

PERCEPCIÓN DE LA CIENCIA A TRAVÉS
DE EXPERIENCIAS PRÁCTICAS E
INTERGENERACIONALES
EN EL LABORATORIO

RAÚL RIVAS GONZÁLEZ (coord.)
ALEXANDRA DÍEZ MÉNDEZ
ZAKI SAATI SANTAMARÍA
ALEJANDRO JIMÉNEZ GÓMEZ
JOSÉ DAVID FLORES FÉLIX

PERCEPCIÓN DE LA CIENCIA A TRAVÉS
DE EXPERIENCIAS PRÁCTICAS E
INTERGENERACIONALES
EN EL LABORATORIO

Coedición:
Universidad de Salamanca
Ayuntamiento de Salamanca
Universidad Pontificia de Salamanca

2018

COLECCIÓN CUADERNOS DE LA EXPERIENCIA

Dirección de la colección:

M.^ª DE LA PAZ PANDO BALLESTEROS,
Universidad de Salamanca

M.^ª TERESA RAMOS BERNAL,
Universidad Pontificia de Salamanca

DIRECTORAS DEL PROGRAMA INTERUNIVERSITARIO
DE LA EXPERIENCIA DE CASTILLA Y LEÓN
EN SALAMANCA

© Raúl Rivas González, Alexandra Díez Méndez, Zaki Saati Santamaría,
Alejandro Jiménez Gómez y José David Flores Félix

Diseño de portada: a.f. diseño y comunicación

ISBN: 978-84-16305-98-8

Depósito Legal: S. 481-2018

Imprenta KADMOS
Salamanca, 2018

La ciencia se encuentra ahora en una lucha paradójica con la sociedad: es admirada, pero con desconfianza, ofreciendo esperanza para el futuro, pero creando una elección ambigua; ricamente apoyada todavía no puede cumplir todas sus promesas; jactándose por sus avances notables, pero criticada por no servir más directamente a los objetivos de la sociedad.

JOHN MICHAEL BISHOP
(microbiólogo estadounidense)

ÍNDICE

Prólogo. Ilmo. Sr. D. ALFONSO FERNÁNDEZ MAÑUECO. Alcalde de Salamanca	11
Presentación. D ^{ÑA} . MARÍA DE LA PAZ PANDO BALLESTEROS. Directora del Programa Interuniversitario de la Experiencia en la USAL	13
CAPÍTULO I. LA CIENCIA, UNA HERRAMIENTA PARA COMPRENDER EL MUNDO	
1. La Educación científica	15
2. La ciencia como motor de la Sociedad	17
CAPÍTULO II. CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA	
1. Responsabilidad social de la Universidad	25
2. Proceso Enseñanza-aprendizaje.....	29
3. Metodología práctica frente a sesiones teóricas.....	32
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	
1. Objetivos de la experiencia.....	35
2. Planificación y organización del trabajo	37
3. Sesiones de trabajo.....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA	
1. Sesión 1: Descubriendo los microorganismos	39
1.1. <i>Objetivos de la sesión</i>	42
1.2. <i>Desarrollo y descripción de la jornada</i>	43
1.3. <i>Conclusiones y valoración</i>	46
2. Sesión 2: Biología, química y colores	48
2.1. <i>Objetivos de la sesión</i>	50
2.2. <i>Desarrollo de la sesión</i>	50
2.3. <i>Metodología educativa</i>	52
2.4. <i>Experiencia en el laboratorio</i>	53

3. Sesión 3: ¿Qué es el ADN?.....	57
3.1. <i>Objetivos de la sesión</i>	59
3.2. <i>Desarrollo de la sesión.</i>	59
3.3. <i>Experiencia en el laboratorio</i>	62
4. Sesión 4: Aprendiendo biomimética y a extraer ADN humano	65
4.1. <i>Objetivos de la sesión</i>	67
4.2. <i>Desarrollo de la sesión</i>	67
4.3. <i>Metodología didáctica</i>	70
4.4. <i>Experiencia en el laboratorio</i>	71
CAPÍTULO V. BIBLIOGRAFÍA	75

PRÓLOGO



Las personas mayores son una prioridad para el Ayuntamiento de Salamanca y en esa línea desarrolla diferentes programas e iniciativas con el objetivo de atender sus necesidades, promover su participación en la sociedad, facilitar su autonomía, fomentar el envejecimiento activo y combatir los problemas derivados de la soledad.

Una de las iniciativas es la que da origen a estos cuadernos, producto del esfuerzo de las personas mayores que participan en los cursos intergeneracionales o en otros proyectos. Su implicación, su trabajo y su interés por continuar haciendo aportaciones a la sociedad han puesto en nuestras manos dos nuevos cuadernos, uno sobre Actividad Física, calidad de vida y mayores: una visión intergeneracional" y otro titulado "Percepción de la ciencia a través de experiencias prácticas e intergeneracionales en el laboratorio".

Un convenio entre el Ayuntamiento de Salamanca y las universidades salmantinas hace posible esta iniciativa que año tras año repite su éxito con gran aceptación y participación por parte de nuestros mayores.

Salamanca es Ciudad Amigable con las Personas Mayores porque este colectivo es un público objetivo de todas las políticas municipales y no sólo

de las enfocadas específicamente para ellos, como las recogidas en el IV Plan Municipal de las Personas Mayores.

El Ayuntamiento de Salamanca seguirá aplicando medidas para mejorar la calidad de vida de los mayores y para incrementar su bienestar, además de seguir contando con su inestimable e imprescindible aportación a la sociedad.

ALFONSO FERNÁNDEZ MAÑUECO
Alcalde de Salamanca

PRESENTACIÓN

Como viene siendo habitual desde el año 2005, presentamos el resultado del taller intergeneracional realizado a lo largo del curso académico 2017-2018 en el marco de las actividades realizadas por el Programa Interuniversitario de la Experiencia de la Universidad de Salamanca en colaboración con el Excmo. Ayuntamiento de la ciudad.

En esta ocasión, el monográfico que el lector tiene entre sus manos, coordinado por el Profesor Raúl Rivas González, Titular del área de Microbiología de la Universidad de Salamanca, y en el que colaboran además del propio Profesor Rivas, los alumnos de doctorado Alexandra Díez Méndez; Zaki Saati Santamaría; Alejandro Jiménez Gómez y José David Flores Félix, lleva por título *Percepción de la ciencia a través de experiencias prácticas e intergeneracionales en el laboratorio*.

La divulgación científica y la difusión y transferencia del conocimiento a la sociedad representan una de las funciones más destacadas de la Universidad, cuestión que también aparece recogida en la "Conferencia Mundial sobre la Ciencia", organizada conjuntamente por la UNESCO y el Consejo Internacional para la Ciencia en 1999, así como en las apuestas del Horizonte 2020. Precisamente es la transmisión y el fomento del conocimiento científico el principal objetivo que se persigue en el trabajo que ahora presentamos, llevado a cabo a través de una experiencia intergeneracional, desarrollada mediante talleres prácticos relacionados con la Microbiología y los aspectos biotecnológicos de los microorganismos, en la que han participado alumnos/as del Programa Interuniversitario de la Experiencia y alumnos/as del Doctorado de Microbiología.

El desarrollo de esta actividad, que concluyó con la alta satisfacción tanto del profesorado como del alumnado implicado, pretendía, entre otros muchos objetivos, visibilizar la importancia de la Microbiología en la vida cotidiana. A las interesantes conclusiones alcanzadas puede llegarse a través

de la lectura de las páginas de este monográfico, cuya publicación es fruto, como anticipábamos, del convenio existente entre el Excmo. Ayuntamiento y la Universidad de Salamanca. Colaboración que no dejamos de agradecer.

Del mismo modo, manifestamos nuestra gratitud al coordinador del Proyecto, el Profesor Raúl Rivas y al excelente equipo de profesores y profesoras por él seleccionado para desarrollar el curso, así como al conjunto del alumnado que ha participado en el mismo, verdaderos protagonistas del trabajo.

MARÍA DE LA PAZ PANDO BALLESTEROS
Directora del Programa Interuniversitario de la Experiencia. USAL

CAPÍTULO I

LA CIENCIA, UNA HERRAMIENTA PARA COMPRENDER EL MUNDO

“Después de todo, ¿qué es un científico entonces? Es un Hombre curioso que mira a través del ojo de una cerradura, la cerradura de la naturaleza, tratando de saber qué es lo que sucede.”

JACQUES YVES COUSTEAU

1. LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Los programas educativos de estudiantes de titulaciones científicas o técnicas tales como biología, biotecnología o medicina, entre muchas otras, se han centrado tradicionalmente en la adquisición de conocimientos científicos y habilidades técnicas específicas. Este enfoque es interesante para potenciar el desarrollo de buenos profesionales. Sin embargo, no es suficiente. Con frecuencia los científicos y profesionales fracasan a la hora de gestionar la comunicación de sus investigaciones hacia la Sociedad y por tanto los ciudadanos no son conscientes de la importancia de sus acciones. Esto es especialmente importante en el caso de los investigadores públicos, éticamente responsables de informar a los contribuyentes sobre el uso de los recursos económicos dedicados a la investigación científica. No obstante, no solo atañe al investigador, ya que la falta de capacidad comunicativa puede influir negativamente en la percepción social de la ciencia. Se impone por tanto, un cambio de estrategia en la que el científico también sea capaz de comunicar y de divulgar, y de esta forma fomentar una mejora en la educación científica de la ciudadanía.

La “Declaración sobre la Ciencia y la Utilización del Conocimiento Científico” emergente de la Conferencia Mundial de la UNESCO sobre Ciencia, realizada en Budapest en 1999, destacó varios pasajes que abordaban de manera ejemplar la problemática de la responsabilidad de la ciencia. En el artículo 1 de su Preámbulo, establece:

Las Naciones y los científicos del mundo son llamados a reconocer la urgencia en utilizar el conocimiento de todos los campos de la ciencia de manera responsable para satisfacer las necesidades humanas y aspiraciones, sin caer en su mala utilización.

Asimismo, enfatiza lo siguiente:

Mientras el Marco de Acción pone énfasis en las promesas, el dinamismo, pero también en los potenciales efectos negativos que las ciencias exactas y naturales implican, y en la necesidad de comprender su impacto sobre la sociedad y sus relaciones con ella, el compromiso con la ciencia, así como los desafíos y responsabilidades establecidos en esta Declaración, conciernen a todos los campos de la ciencia.

Hacer que la ciencia sea atractiva para los ciudadanos es un objetivo ambicioso, ya que apunta a mejorar drásticamente la alfabetización tecnológica y científica en nuestra sociedad. La enseñanza y el aprendizaje innovadores de la educación formal e informal tanto en el ámbito académico como fuera de él, son importantes para sensibilizar a los ciudadanos sobre los diferentes aspectos que abarcan la ciencia y la tecnología en la sociedad actual y para abordar los desafíos presentes y futuros a los que se enfrentarán. Por tanto, es necesaria una interacción sostenible e intersectorial que actúe a diferentes niveles educativos y que haga partícipe a las universidades de este proceso de diseminación educativa. Por supuesto la involucración de profesores docentes es indispensable, pero también es aconsejable que se unan a la actuación entidades públicas y privadas, legisladores, centros y museos de ciencia, fondos de investigación e innovación y organizaciones de la sociedad civil.

Si conseguimos poner en marcha las pertinentes actuaciones, conseguiremos desarrollar un modelo de ciudadanía científica promoviendo pedagogías innovadoras en educación científica, atrayendo a más jóvenes hacia la ciencia y mejorando la percepción de la ciencia que tienen los mayores. De esta forma abordaremos los desafíos a los que se enfrentan los jóvenes y los adultos, en la búsqueda de una explicación adecuada a fenómenos cotidianos y a la interpretación de la información científica que les es suministrada por diferentes canales.

Afortunadamente, un imparable movimiento hacia la ciencia en abierto está anclándose con fuerza en nuestra Sociedad. Los partidarios de la colaboración de datos abiertos han argumentado que algunos de los mayores problemas del siglo XXI deben ser resueltos con la ayuda de muchas

personas y que el intercambio de datos será el motor necesario para que eso suceda. Así, las recomendaciones para crear mejores vías para transitar hacia la ciencia abierta incluyen:

- Fomentar la innovación y el aprendizaje ágil.
- Pensar fuera del paradigma.
- Crear simplicidad desde la complejidad.
- Participar en plataformas de evidencia de aprendizaje continuo.

Además, en la actualidad, el concepto del aprendizaje a lo largo de toda la vida es cada vez más aceptado. Este tipo de aprendizaje es un paso importante en la vida de cada individuo y puede significar un gran avance en el trabajo profesional particular o un cambio completo de orientación de nuestra sociedad. El aprendizaje permanente se refiere no solo al tiempo y la capacitación en el trabajo, sino que también incluye el tiempo antes, durante y después de la vida laboral, influye en la formación de cada individuo que se preocupa por su desarrollo cultural, social y profesional y esto repercute positivamente en el conjunto de la Sociedad, transigiendo hacia un modelo más completo y que es capaz de tomar decisiones informadas y documentadas y que por tanto beneficia al conjunto de los ciudadanos.

2. LA CIENCIA COMO MOTOR DE LA SOCIEDAD

El conocimiento está más presente que nunca en nuestra vida cotidiana ya sea en términos de calidad, cantidad, disponibilidad general y facilidad de acceso. Como consecuencia, ha surgido el concepto de lo que hoy conocemos como la Moderna Sociedad del Conocimiento. Uno de los pilares de la futura Sociedad del Conocimiento será sin duda el capital humano que atesoramos, y en concreto la transmisión del conocimiento desde profesionales formados al resto de la Sociedad. Es por ello, que debemos ser conscientes que actualmente los conceptos de aprendizaje formal, informal y no formal están ligados al de formación permanente o al uso de metodologías activas y novedosas en el entorno escolar y social, que motiven la participación del alumnado y despierten el deseo por aprender. Irremediablemente, una parte importante del conocimiento que se genera está ligado a la ciencia.

En este sentido, han sido muchos los científicos que han abogado por la educación científica de la ciudadanía. Uno de ellos fue Hans Albrecht Bethe, un físico germano-estadounidense de origen judío que ganó el premio Nobel de Física en 1967. El premio le fue otorgado por el descubrimiento de como el Sol produce su energía y por su explicación de la nucleosíntesis estelar,

que es el proceso de creación de nuevos núcleos atómicos a partir de otros preexistentes, es decir la explicación de cómo se han generado en el Universo todos los elementos de la Tabla periódica. Este increíble proceso ocurre principalmente en el interior de las estrellas por fusión o fisión nuclear.

Teniendo esto en cuenta, todos los elementos conocidos se formaron a partir del Big Bang que originó nuestro Universo, por lo que los elementos químicos que están presentes en todas las plantas y animales de nuestro planeta, incluidos los humanos, en un principio formaron parte de una extraordinaria estrella, así que, en definitiva, podríamos decir que estamos hechos de polvo de estrellas.

Bethe no solo fue un gran científico, también mantuvo una gran preocupación sobre la búsqueda de una estrategia eficaz para educar científicamente a la Sociedad, ya que estaba convencido que es necesario hacer partícipe a la ciudadanía de los desarrollos científico-tecnológico y de su significancia positiva en el desarrollo de las sociedades modernas.

Así, Hans Albrecht Bethe llegó a afirmar que: *“Necesitamos educación científica para producir científicos, pero necesitamos por igual la alfabetización del público. El hombre tiene un impulso fundamental para comprender el mundo que le rodea, y la ciencia ofrece hoy en día la única imagen del mundo que podemos considerar como válida. Da una comprensión de la parte interior del átomo y del universo entero, o de las peculiares propiedades de las sustancias químicas y de la manera en que los genes se duplican en biología. Cualquier laico educado no puede, naturalmente, contribuir a la ciencia, pero sí puede disfrutar y participar de los muchos descubrimientos científicos que se hacen continuamente. Dicha participación fue bastante común en el siglo XIX, pero tristemente ha disminuido. La alfabetización en ciencia enriquecerá la vida de una persona”*.

Bethe tenía razón, es necesario enseñar y divulgar la importancia de la Ciencia en la Sociedad. Hay que hacerlo a todos los niveles, incluso desde la cotidianidad, adecuando un lenguaje eficiente para cada sector, con capacidad para incidir desde el ámbito de la educación primaria hasta alcanzar al sector de la población que no tiene ningún tipo de formación académica.

Las estrategias para educar científicamente a los ciudadanos son múltiples y diversas. Algunas de ellas han explorado instrumentos literarios de divulgación, ya sea en forma de artículo, novela, discurso, ensayo o incluso cuento. A este respecto, por nuestra condición de microbiólogos, es especialmente interesante una de las obras menos conocidas de Hans Cristian Andersen. Este escritor es autor de cuentos tan populares como *“El traje*

nuevo del emperador", "La pequeña cerillera", "La sirenita", "La princesa y el guisante", "El soldadito de plomo" o "El patito feo". Sin embargo, una de sus obras menos conocidas titulada "La gota de agua", es una auténtica y sutil delicia científica, con la que Hans Cristian Andersen quiso introducir a los más pequeños en el apasionante mundo de la microbiología. Merece la pena leer y descubrir el significado de este breve y bonito cuento infantil. El contenido es el siguiente:

Seguramente sabes lo que es un cristal de aumento, una lente circular que hace las cosas cien veces mayores de lo que son. Cuando se coge y se coloca delante de los ojos, y se contempla a su través una gota de agua de la balsa de allá fuera, se ven más de mil animales maravillosos que, de otro modo, pasan inadvertidos; y, sin embargo, están allí, no cabe duda. Se diría casi un plato lleno de cangrejos que saltan en revoltijo. Son muy voraces, se arrancan unos a otros brazos y patas, muslos y nalgas, y, no obstante, están alegres y satisfechos a su manera.

Pues he aquí que vivía en otro tiempo un anciano a quien todos llamaban Crible-Crable, pues tal era su nombre. Quería siempre hacerse con lo mejor de todas las cosas, y si no se lo daban, se lo tomaba por arte de magia. Así, peligraba cuanto estaba a su alcance.

El viejo estaba sentado un día con un cristal de aumento ante los ojos, examinando una gota de agua que había extraído de un charco del foso. ¡Dios mío, que hormiguero! Un sinfín de animalitos yendo de un lado para otro, y venga saltar y brincar, venga zamarrearse y devorarse mutuamente.

—¡Qué asco! —exclamó el viejo Crible-Crable—. ¿No habrá modo de obligarlos a vivir en paz y quietud, y de hacer que cada uno se cuide de sus cosas?.

Y piensa que te piensa, pero como no encontraba la solución, tuvo que acudir a la brujería.

—Hay que darles color, para poder verlos más bien —dijo, y les vertió encima una gota de un líquido parecido a vino tinto, pero que en realidad era sangre de hechicera de la mejor clase, de la de a seis peniques. Y todos los animalitos quedaron teñidos de rosa; parecía una ciudad llena de salvajes desnudos.

—¿Qué tienes ahí? —le preguntó otro viejo brujo que no tenía nombre, y esto era precisamente lo bueno de él.

—Si adivinas lo que es —respondió Crible-Crable—, te lo regalo; pero no es tan fácil acertarlo, si no se sabe.

El brujo innominado miró por la lupa y vio efectivamente una cosa comparable a una ciudad donde toda la gente corría desnuda. Era horrible, pero más horrible era aún ver cómo todos se empujaban y golpeaban, se pellizcaban y arañaban, mordían y desgñaban. El que estaba arriba quería irse abajo, y viceversa.

–¡Fíjate, fíjate!, su pata es más larga que la mía. ¡Paf! ¡Fuera con ella! Ahí va uno que tiene un chichón detrás de la oreja, un chichoncito insignificante, pero le duele, y todavía le va a doler más.

Y se echaban sobre él, y lo agarraban, y acababan comiéndoselo por culpa del chichón. Otro permanecía quieto, pacífico como una doncellita; sólo pedía tranquilidad y paz. Pero la doncellita no pudo quedarse en su rincón: tuvo que salir, la agarraron y, en un momento, estuvo descuartizada y devorada.

–¡Es muy divertido! –dijo el brujo.

–Sí, pero ¿qué crees que es? –preguntó Crible-Crable-. ¿Eres capaz de adivinarlo?

–Toma, pues es muy fácil –respondió el otro-. Es Copenhague o cualquiera otra gran ciudad, todas son iguales. Es una gran ciudad, la que sea.

–¡Es agua del charco! –contestó Crible-Crable.

En la narración, se apuntan conceptos como lente, microscopio, microorganismo e incluso tinción. La tinción microbiana es una de las técnicas más habituales para la visualización de las bacterias. En 1884, nueve años después de la muerte de Hans Cristian Andersen, el bacteriólogo danés Christian Gram desarrolló la Tinción de Gram. Este tipo de tinción, es una de las tinciones de bacterias más conocidas y utilizadas. Desde luego, Hans Cristian Andersen fue un visionario y aparentemente un divulgador científico comprometido. Andersen vivió en un periodo de la historia muy importante para la ciencia, y en especial para la Microbiología, ya que en aquellos años se empezaron a gestar importantes avances y descubrimientos que desembocaron en la conocida como *Edad de Oro de la Microbiología*. El escritor no era ajeno a esta situación y quiso mostrar su compromiso y curiosidad hacia la ciencia con el cuento de *La gota de agua*.

Hoy en día es fundamental que los investigadores sigamos el ejemplo de Andersen, e intentemos traducir el contexto científico a un lenguaje asequible que pueda ser consumido por el público en general. Así, haremos partícipes a los ciudadanos del conocimiento científico generado y de su aplicación potencial en múltiples áreas de interés para la Sociedad, lo que nos permitirá tender puentes que involucren al público, desarrollando un diálogo bidireccional y crítico con las diferentes categorías de actores sociales y partes interesadas.

La conciencia de la necesidad de una mejor comunicación de la ciencia ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. La información digerida y transmitida correctamente, permite tener una población formada que es capaz de tomar decisiones informadas. Esta situación es clave en el desarrollo de las sociedades modernas y es una de las apuestas del Programa

Horizonte 2020. El Horizonte 2020 es el mayor programa de investigación e innovación en la Unión Europea con un presupuesto de casi 80 mil millones de euros para el periodo 2014-2020. Su principal objetivo es asegurar la competitividad global de Europa y entre los pilares de su propuesta se encuentra la capacidad de abordar los desafíos sociales que son importantes para todos los ciudadanos de la Unión Europea, y pueden tener un impacto real en beneficio de los ciudadanos. Entre estos beneficios se encuentran:

- (i) Salud, cambio demográfico y bienestar.
- (ii) la seguridad alimentaria, la agricultura y la silvicultura sostenibles, la investigación marina, marítima y de aguas continentales, y la Bioeconomía.
- (iii) Energía segura, limpia y eficiente.
- (iv) Transporte inteligente, verde e integrado.
- (v) Acción climática, medio ambiente, eficiencia de recursos y materias primas.
- (vi) Europa en un mundo cambiante, sociedades inclusivas, innovadoras y reflexivas.
- (vii) Sociedades seguras: protección de la libertad y la seguridad de Europa y sus ciudadanos.

La divulgación científica es otra de las apuestas del Horizonte 2020, ya que mediante esta herramienta seremos capaces de aglutinar esfuerzos y marcar nuevas perspectivas basadas en el conocimiento generalizado.

En este sentido, diversas organizaciones han apostado con firmeza por estimular el interés por los temas de ciencia y el pensamiento científico entre los ciudadanos, en muchas ocasiones focalizando el objetivo en los más jóvenes pero sin obviar el papel fundamental que tienen el sector adulto de la sociedad en la transmisión, divulgación y esparcimiento del conocimiento. Así, en estos años han surgido diferentes iniciativas como la que ofrece la Obra Social "la Caixa" y muchas otras, en la que propone concursos con la intención de potenciar la creación de obras literarias o plásticas que traten la ciencia con imaginación y valor científico. La ciencia y la tecnología forman parte de nuestras vidas: expresar una idea en una narración contribuye a la mejor comprensión de dicha idea, por ello es entendible que un concurso de cuentos es una gran oportunidad para fomentar el interés por la ciencia.

Sin duda, debemos ser conscientes que la ciencia y el arte coexisten e interaccionan constantemente en nuestra Sociedad y que la literatura puede ser un vehículo extraordinario de difusión y divulgación de la ciencia. En

este sentido, el poeta y diplomático Saint-John Perse, al recibir el Nobel de literatura en 1960 pronunció un discurso que tituló "Poesía y ciencia" en el que mostraba las peculiaridades compartidas de ambas disciplinas. A continuación se reproduce el discurso de Perse en el que es patente la dualidad de estos conceptos:

"He aceptado para la poesía el homenaje que aquí se le rinde, y tengo prisa por restituirselo.

La poesía no recibe honores a menudo. Pareciera que la disociación entre la obra poética y la actividad de una sociedad sometida a las servidumbres materiales fuera en aumento. Apartamiento aceptado, pero no perseguido por el poeta, y que existiría también para el sabio si no mediasen las aplicaciones prácticas de la ciencia.

Pero ya se trate del sabio o del poeta, lo que aquí pretende honrarse es el pensamiento desinteresado. Que aquí, por lo menos, no sean ya considerados como hermanos enemigos, Pues ambos se plantean idéntico interrogante, al borde de un común abismo; y sólo los modos de investigación difieren.

Cuando consideramos el drama de la ciencia moderna que descubre sus límites racionales hasta en lo absoluto matemático; cuando vemos, en la física, que dos grandes doctrinas fundamentales plantean, una, un principio general de relatividad, otra, un principio "cuántico" de incertidumbre y de indeterminismo que limitaría para siempre la exactitud misma de las medidas físicas; cuando hemos oído que el más grande innovador científico de este siglo, iniciador de la cosmología moderna y garante de la más vasta síntesis intelectual en términos de ecuaciones, invocaba la intuición para que socorriese a lo racional y proclamaba que "la imaginación es el verdadero terreno de la germinación científica", y hasta reclamaba para el científico los beneficios de una verdadera "visión artística", ¿no tenemos derecho a considerar que el instrumento poético es tan legítimo como el instrumento lógico?

En verdad, toda creación del espíritu es, ante todo, "poética", en el sentido propio de la palabra. Y en la equivalencia de las formas sensibles y espirituales, inicialmente se ejerce una misma función para la empresa del sabio y para la del poeta. Entre el pensamiento discursivo y la elipse poética, ¿cuál de los dos va o viene de más lejos? Y de esa noche original en que andan a tientas dos ciegos de nacimiento, el uno equipado con el instrumental científico, el otro asistido solamente por las fulguraciones de la intuición. ¿Cuál es el que sale a flote más pronto y más cargado de breve fosforescencia? Poco importa la respuesta. El misterio es común. Y la gran aventura del espíritu poético no es inferior en nada a las grandes entradas dramáticas de la ciencia moderna. Algunos astrónomos han podido perder el juicio ante la teoría de un universo en expansión; no hay menos expansión en el infinito moral del hombre: ese universo. Por lejos que la ciencia haga retroceder sus fronteras, en toda la extensión del arco de esas fronteras se oíría correr todavía la jauría cazadora del poeta. Pues si la poesía no es, como se ha dicho, "lo real absoluto", es por cierto la

codicia más cercana y la más cercana aprehensión en ese límite extremo de complicidad en que lo real en el poema parece informarse a sí mismo.

Por el pensamiento analógico y simbólico, por la iluminación lejana de la imagen mediadora y por el juego de sus correspondencias, en miles de cadenas de reacciones y de asociaciones extrañas, merced, finalmente, a un lenguaje al que se trasmite el movimiento mismo del ser, el poeta se inviste de una superrealidad que no puede ser la de la ciencia. ¿Puede existir en el hombre una dialéctica más sobrecogedora y que comprometa más al hombre? Cuando los filósofos mismos abandonan el umbral metafísico, acude el poeta para relevar al metafísico; y es entonces la poesía, no la filosofía, la que se revela como la verdadera "hija del asombro", según la expresión del filósofo antiguo para quien la poesía fue asaz sospechosa.

Pero más que modo de conocimiento, la poesía es, ante todo, un modo de vida, y de vida integral. El poeta existía en el hombre de las cavernas; existirá en el hombre de las edades atómicas: porque es parte irreductible del hombre. De la exigencia poética, que es exigencia espiritual, han nacido las religiones mismas, y por la gracia poética la chispa de lo divino vive para siempre en el sílex humano. Cuando las mitologías se desmoronan, lo divino encuentra en la poesía su refugio; aun tal vez su relevo. Y hasta en el orden social y en lo inmediato humano, cuando las Portadoras de pan del antiguo cortejo dan paso a las Portadoras de antorchas, en la imaginación poética se enciende todavía la alta pasión de los pueblos en busca de claridad.

¡Altivez del hombre en marcha bajo su carga de eternidad! Altivez del hombre en marcha bajo su carga de humanidad –cuando para él se abre un nuevo humanismo–, de universidad real y de integridad psíquica... Fiel a su oficio, que es el de profundizar el misterio mismo del hombre, la poesía moderna se interna en una empresa cuya finalidad es perseguir la plena integración del hombre. No hay nada píctico en esta poesía. Tampoco nada puramente estético. No es arte de embalsamador ni de decorador. No cría perlas de cultivo ni comercia con simulacros ni emblemas, y no podría contentarse con ninguna fiesta musical. Traba alianza en su camino con la belleza –suprema alianza–, pero no hace de ella su fin ni su único alimento. Negándose a disociar el arte de la vida, y el amor del conocimiento, es acción, es pasión, es poder y es renovación que siempre desplaza los lindes. El amor es su hogar, la insumisión su ley, y su lugar está siempre en la anticipación. Nunca quiere ser ausencia ni rechazo.

Nada espera sin embargo de las ventajas del siglo. Atada a su propio destino y libre de toda ideología, se reconoce igual a la vida misma, que nada tiene que justificar de sí mismo. Y con un mismo abrazo, como con una sola y grande estrofa viviente, enlaza al presente todo lo pasado y lo por venir, lo que humano con lo sobrehumano y todo el espacio planetario con el espacio universal. La oscuridad que se le reprocha no proviene de su naturaleza propia, que es la de esclarecer, sino de la noche misma que explora, a la que está consagrada a explorar: la del alma misma y la del misterio que baña al ser

humano. Su expresión se ha prohibido siempre la oscuridad y esa expresión no es menos exigente que la de la ciencia.

Ahí, por su adhesión total a lo que existe, el poeta nos enlaza con la permanencia y la unidad del ser. Y su lección es de optimismo. Para él una misma ley de armonía rige el mundo entero de las cosas. Nada puede, ocurrir en ella que, por naturaleza, sobrepuje los límites del hombre. Los peores trastornos de la historia no son sino ritmos de las estaciones en un más vasto ciclo de encadenamientos y de renovaciones. Y las Furias que atraviesan el escenario, con la antorcha en alto, no iluminan sino un instante del muy largo tema que sigue su curso. Las civilizaciones que maduran no mueren de los tormentos de un otoño; no hacen sino transformarse. Sólo la inercia es amenaza. Poeta es aquél que rompe, para nosotros, la costumbre.

Y es así también como el poeta se encuentra ligado, a pesar de él, al acontecer histórico. Y nada le es extraño en el drama de su tiempo. ¡Que diga a todos, claramente, el gusto de vivir este tiempo fuerte! Pues la hora es grande y nueva para recobrase de nuevo. ¿Y a quién le cederíamos, pues, el honor de nuestro tiempo?...

"No temas", dice la Historia, quitándose un día la máscara de violencia y haciendo con la mano levantada ese ademán conciliador de la Divinidad asiática en el momento más fuerte de su danza destructora. "No temas, ni dudes, pues la duda es estéril y el temor servil. Escucha más bien ese latido rítmico que mi mano en alto imprime, renovadora, a la gran frase humana siempre en vías de creación. No es verdad que la vida pueda renegar de sí misma. Nada viviente procede de la nada, ni de la nada se enamora. Pero tampoco nada guarda forma ni medida bajo el incesante flujo del Ser. La tragedia no finca en la metamorfosis misma. El verdadero drama del siglo está en la distancia que dejamos crecer entre el hombre temporal y el hombre intemporal. El hombre iluminado sobre una vertiente ¿girará acaso a oscurecerse en la otra? Y su maduración forzada, en una comunidad sin comunión, ¿no sería quizá una falsa madurez?..."

Al poeta indiviso tócale atestiguar entre nosotros la doble vocación del hombre. Y esto es alzar ante el espíritu un espejo más sensible a sus posibilidades espirituales. Es evocar en el siglo mismo una condición humana más digna del hombre original. Es asociar, en fin, más ampliamente el alma colectiva con la circulación de la energía espiritual en el mundo... Frente a la energía nuclear, la lámpara de arcilla del poeta ¿bastará para este fin? -Sí, si de la arcilla se acuerda el hombre.

Y ya es bastante, para el poeta, ser la mala conciencia de su tiempo".

CAPÍTULO II CONTEXTO DE LA EXPERIENCIA

“El potencial de la universidad en el futuro recaerá menos en la información y más en la academia como comunidad, menos en las clases magistrales y más en las tutorías, menos en la ciber-enseñanza y más en el carisma de sus profesores.”

*E.M. NOAM,
Electronics and the dim future of the university,
Science, 1995*

1. RESPONSABILIDAD SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD

Se puede definir la Responsabilidad Social Universitaria como la capacidad de la Universidad de aplicar un conjunto de principios y valores en la realización de sus funciones básicas: formación académica y pedagógica, investigación y difusión, gestión de la organización y participación social, mediante la creación de canales de comunicación y participación para responder a las demandas de sus grupos de interés.

Sin embargo, la idea actual de Universidad apenas ha cambiado en relación con el concepto tradicional de la misma. Hoy, existe una amplia aceptación de la comunidad universitaria sobre la necesidad de que se introduzcan cambios, pero no se trata de cambiar la misión de la Universidad sino más bien de adaptarla a los nuevos tiempos.

Parece clara la función de la Universidad como creadora, trasmisora y gestora del conocimiento científico y técnico a nivel de enseñanza/aprendizaje y de investigación. Está además la función social de la Universidad en su relación con la cultura predominante no científica. Esta doble función de la Universidad, ya era planteada por Ortega y Gasset en su trabajo sobre la *Misión de la Universidad*.

Además, en palabras de Francisco Michavila, director de la Cátedra UNESCO de Gestión y Política Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid, "las estrategias de mejora de la calidad serán banales o retóricas si no están acompañadas con un esfuerzo mucho mayor en dotación de más recursos a las universidades, a la vez que el Gobierno de turno exija la eficiencia en su uso". De forma que al mismo tiempo que se solicita una mayor inversión en educación, se demanda un sistema de rendición de cuentas a posteriori a la sociedad y una evaluación de los resultados alcanzados.

En los tiempos actuales la necesidad de adquirir conocimientos tecnológicos y científicos es de vital importancia dadas las condiciones sociales a las que la población se enfrenta. La inclusión de la ciencia en la vida cotidiana ha dado un salto cualitativo desde los años 80 del pasado siglo, debido en parte a una mayor difusión de aparatos de carácter tecnológico, con una evolución rápida e incesante, popularizándose tecnologías, muchas de ellas de carácter biológico, cuya aplicación era totalmente desconocida hace no más de 50 años. Por tanto, el avance científico es innegable. Sin embargo, si algo puede caracterizar a la sociedad en la que vivimos actualmente, es la transmisión de la información de una forma rápida y con un volumen que en muchos casos puede llegar a abrumar al receptor. Esta información es capaz de llegar a todos los rincones pero no se aprecia suficientemente debido a la falta de entendimiento y comprensión de algunos conocimientos básicos. Una de las estrategias fundamentales para crear cultura científica adecuada, es empezar, tal y como hemos apuntado, a difundirla entre los diversos sectores de la población utilizando la figura del tutor.

El papel del supervisor, tutor o mentor es clave en la transferencia de competencias prácticas dentro del desarrollo científico y tecnológico. En este sentido, es sencillo identificar las fuentes básicas que influyen en la transferencia del conocimiento. Por un lado tenemos las características formativas del alumno. En segundo lugar la estructura y diseño del proceso de capacitación. Por último, el ambiente de trabajo y aprendizaje. Cada uno de estos aspectos tiene una incidencia especial en la asimilación y retención del aprendizaje. Sin embargo, una de las variables más destacadas de los tres ámbitos y que resulta vital en el proceso de transferencia y aprendizaje, sigue siendo el apoyo del tutor.

Por tanto, es esencial que el mentor sea consciente que cuando se enfrenta a una situación donde el alumnado carece de bagaje en formación científica, debe modificar y adecuar el discurso hacia los alumnos ya que estos, en muchos de los casos, durante la experiencia formativa están transitando hacia el manejo de ideas abstractas, el planteamiento de hipótesis, la

percepción de que cualquier fenómeno no tiene una sino varias causas y que las soluciones hay que buscarlas abriendo la mente y ensayando ideas que elaboramos entre todos. La Universidad de Salamanca, como pilar educativo, está familiarizada con esta disposición, y pretende potenciar su influencia formativa facilitando las acciones de propuesta que incidan en el aprendizaje tanto de los alumnos más jóvenes como en este caso, en los alumnos de edad más avanzada matriculados en la Universidad de la Experiencia.

En este marco de enseñanza moderna y dirigida, el empleo de prácticas específicas o de talleres prácticos cobra una importancia destacada y fundamental, ya que la potencialidad expresiva de estas metodologías está estrechamente relacionada con la capacidad que el docente tiene para transmitir un contenido educativo completo, favoreciendo así la asimilación de contenidos. Citando a Silberman: *"De lo que escucho, me olvido. De lo que escucho y veo, me acuerdo. De lo que escucho, veo y me hago preguntas o hablo sobre ello con otra persona, lo empiezo a comprender. De lo que escucho, veo, hablo y hago, aprendo conocimientos y aptitudes. Lo que enseñé a otro, lo domino"*. Por tanto, este nuevo escenario supone que el profesor ya no es un mero transmisor de conocimientos, sino que su papel es el de inductor del aprendizaje del alumno. Esta situación provoca cambios y hace que la docencia esté en proceso de transformación. El peso de la enseñanza está en conseguir que el alumnado aprenda y, por tanto, las estrategias no son de transmisión sino de interacción, motivación, implicación, aplicación, investigación, tutoría, resolución de problemas y simulación. Hoy en día son muchas las ideas y propuestas para una divulgación y difusión de un conocimiento de calidad. Sin duda, una de las más relevantes y que tiene un mayor impacto en alumnos sin formación científica, es la realización de talleres prácticos. Esta situación es particularmente interesante para las materias o disciplinas científicas en las que los contenidos no son tratados con profundidad y pueden originar situaciones de desconocimiento, abstracción o incluso desinformación. Este es el caso de la Microbiología y la Biotecnología, cuya relevancia es absolutamente trascendente e implica repercusiones notorias en todos los ámbitos de la vida y que sin embargo, aparece de forma laxa en el currículum educativo de los ciudadanos, creando en algunos casos más confusión que conocimiento.

Teniendo en cuenta el tipo de alumnado en el que se quiere llevar a cabo este tipo de actividades, lo adecuado es realizar actividades interactivas que posibiliten una mayor atención por parte de este público, mejorando también la capacidad para interiorizar los conceptos mostrados a través de una asociación. Es por ello que, contemplando esta situación y conociendo la necesidad que tiene este tipo de estudiantes, queremos ofrecerles

la posibilidad de participar en talleres científicos prácticos y demostrativos, donde ellos sean los protagonistas y los elegidos para realizar los experimentos, a fin de adquirir nuevas oportunidades e introducirlos en el áreas experimentales, fomentando así su interés por la ciencia. Desde un punto de vista pedagógico el análisis de cosas y objetos de la vida cotidiana, puede ser un medio para lograr esta vinculación entre conocimientos y cotidianidad, y a partir de allí despertar el interés de los alumnos por estos conocimientos, que en gran parte pertenecen al campo de la ciencia y la tecnología.

A este respecto, la metodología basada en la acción posibilita el desarrollo de habilidades-destrezas por parte de los alumnos. Esta situación se acrecienta cuando los alumnos carecen de formación previa. Hace 2.400 años decía Aristóteles que *"Lo que tenemos que aprender a hacer, lo aprendemos haciéndolo"*. Esta afirmación rotunda del filósofo griego continua vigente hoy en día.

Según las teorías del pedagogo estadounidense Edgar Dale, como mejor se aprende es experimentado. Dale hizo diversas contribuciones a la instrucción visual y auditiva y representó la profundidad del aprendizaje de manera gráfica mediante su "Cono de la experiencia" (figura 1). Los métodos que implican pasividad por parte del alumno son los menos efectivos en el aprendizaje y los que implican más la atención y acción del estudiante son los más efectivos.

A las dos semanas...



Figura 1. Pirámide del aprendizaje basada parcialmente en el Cono de la Experiencia de Edgar Dale.

2. PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

La enseñanza/aprendizaje es un proceso bipolar, donde en un extremo se encuentra la *enseñanza* cuyo protagonista principal es el profesorado y en el otro el *aprendizaje* cuyo protagonista principal es el alumnado. Es evidente que ambos términos no son lo mismo, pero son dos caras de una misma moneda y por tanto indisolubles. Requerimos pues, de un modelo flexible y abierto en orden a responder a los retos que la sociedad, el desarrollo cultural, científico, técnico y profesional que se demandan en cada momento histórico. Al mismo tiempo, es necesaria cierta independencia y autonomía para aprender y mantener la capacidad de crítica. Debe existir también un equilibrio entre sus componentes local y universal. Parece evidente que el objetivo de lograr este nuevo método educativo pasa por la sustitución de los "viejos" métodos de enseñanzas, principalmente reactivos, por los nuevos sistemas de aprendizaje con métodos proactivos y la participación esencial del estudiante en el diseño de su currículo, lo cual nos introduce directamente en el contexto del aprendizaje.

La primera cuestión que surge al abordar este tema es cómo aprende el ser humano y por ello es conveniente dedicar un apartado a las principales teorías sobre el aprendizaje. En suma, se trata de conocer cómo transcurren los procesos de enseñanza/aprendizaje a fin de poder intervenir sobre ellos de manera planificada y eficaz, controlarlos y dirigirlos hacia las metas deseadas.

Pese a que no hay todavía una respuesta clara a la pregunta de cómo adquiere y organiza el conocimiento el ser humano, existen varias hipótesis interesantes y algunas teorías que permiten a los docentes reflexionar sobre la dirección que deben tomar los procesos de enseñanza/aprendizaje bajo su responsabilidad.

Una de las teorías más aceptadas acerca del proceso de aprendizaje es el "Constructivismo", que en realidad es un conjunto de teorías y de hipótesis de procedencia diversa y con diversos grados de fiabilidad y que tiene al psicólogo suizo Jean Piaget (1971) como principal defensor. Para Piaget y su escuela, el desarrollo intelectual es un proceso de reestructuración del conocimiento. El proceso comienza con una estructura o una forma de pensar propia de un nivel; algún cambio externo o intrusión en la forma ordinaria de pensar crea un conflicto, un desequilibrio. La persona compensa esa confusión y resuelve el conflicto mediante su propia actividad intelectual. De todo ello resulta una nueva forma de pensar y estructurar las ideas que da nueva comprensión y satisfacción al sujeto, en definitiva, un nuevo estado de equilibrio.

Existen dos procesos continuamente presentes a lo largo de todo nuestro desarrollo intelectual: la resistencia al cambio y la necesidad del mismo; uno de ellos, la acomodación, lleva a la estabilidad, en tanto que el otro, la asimilación, lleva al crecimiento, pero ambas operan simultáneamente. Por el proceso de asimilación tratamos de incorporar la información de las nuevas experiencias a los esquemas actuales; por el contrario, por el proceso de acomodación tratamos de modificar los esquemas actuales a partir de las nuevas percepciones: en este sentido promovemos el cambio. Es indudable que entre ambos procesos se hace imprescindible una compensación, a la cual Piaget denomina "Equilibración" (Piaget, 1975).

Esta concepción de los procesos de aprendizaje como conflicto es una de las más sugerentes y, posiblemente, de mayor capacidad explicativa. Por lo tanto, parece claro que ha de constituirse en una de las hipótesis de partida básicas para la construcción de un método didáctico que encauce y de coherencia a la planificación de la enseñanza.

Es interesante destacar que en este proceso de construcción del conocimiento el sujeto comete errores, que son manifestaciones de los pasos que está dando y de las dificultades con que se está encontrando. Para ayudar a los alumnos a superar un error conceptual hay que buscar las razones que le condujeron a él: el saber no reemplaza un vacío, sino que se construye siempre a partir de conocimientos, empíricos o transmitidos, ya presentes en el alumno. No obstante, parece claro que la mayor parte del conocimiento social que poseen los sujetos es aprendido por recepción (transmisión oral) y no por descubrimiento. A este respecto, las ideas de Ausubel y colaboradores en relación a lo que ellos han llamado Aprendizaje Significativo no son contradictorias con las ideas de Piaget, sino todo lo contrario. En los últimos años, la "Teoría de la Asimilación", propuesta por estos autores, está demostrando ser de gran utilidad para los profesores interesados en el problema del aprendizaje.

La gran aportación de Ausubel es hacernos ver que la adquisición de conocimientos se puede llevar a cabo de dos formas: de manera arbitraria, que conduce a que el alumno aprenda de memoria los conocimientos que le inculca el profesor; o de manera significativa, haciendo un esfuerzo por buscar y entender la relación, la significación de lo nuevo con lo que el alumno sabe en un momento determinado. Obviamente, los aprendizajes significativos no se consiguen por sí solos; Ausubel considera imprescindible que al menos dos condiciones estén presentes: en primer lugar, el material de aprendizaje debe de poseer un significado en sí mismo, es decir, sus diversas partes deben estar relacionadas con cierta lógica; en segundo lugar que el

material resulte potencialmente significativo para el alumno, es decir, que éste posea en su estructura de conocimiento ideas inclusoras con las que pueda relacionarse el material.

En los últimos años se ha criticado duramente la enseñanza expositiva, a la que se ha acusado de fomentar la simple memorización, la pasividad intelectual y la carencia de significatividad. Ausubel rechaza esta idea por simplista y reduccionista. El aprendizaje por descubrimiento, por ejemplo, es útil en investigación y para pequeños cuerpos de conocimiento, pero no se puede pretender que un alumno adquiera los conocimientos que debe adquirir en toda una vida recurriendo sólo a este método. Lo que ha costado enormes esfuerzos y lapsos de tiempo a los científicos no puede ser “descubierto” por los alumnos en unas horas de clase.

La teoría del Aprendizaje Significativo ha inspirado el desarrollo del llamado “Modelo del Organizador Previo”, que proporciona directrices válidas y sugestivas para seleccionar, organizar y presentar la información nueva en las situaciones en las que el profesor juega el papel de transmisor -situación habitual en el desarrollo de las clases teóricas universitarias-, y por tanto es responsable de presentar lo que hay que aprender. Los Organizadores Previos son un medio fundamental de potenciar la estructura cognoscitiva, fomentando la retención de la información nueva, ya que no es un simple y breve enunciado, sino una idea, y su rasgo fundamental es que está a un nivel de abstracción y generalidad superior al del material de aprendizaje, lo que lo diferencia esencialmente de otras cuestiones introductorias.

Junto con la idea del Organizador Previo, Novak considera dos importantes aspectos para llevar a cabo una enseñanza significativa: la “Diferenciación Progresiva” y la “Reconciliación Integradora”, que sirven para programar el contenido de las asignaturas, de manera que los conceptos se conviertan en parte estable de la estructura intelectual del alumno. La Diferenciación Progresiva consiste en presentar primero las ideas más generales de las disciplinas, seguidas por graduales incrementos de detalle y significación. La Reconciliación Integradora hace alusión al hecho de que las ideas nuevas deben referirse conscientemente a los contenidos aprendidos previamente.

Para finalizar, debemos citar las ideas de Vygotski (1973, *Aprendizaje y Desarrollo Intelectual en la Edad Escolar*), para el cual la única buena enseñanza es aquella que se adelanta al desarrollo, que dinamiza y crea las condiciones necesarias para que se produzca el desarrollo cognitivo y social del sujeto. Este concepto de Zona de Desarrollo Potencial es de gran importancia, pues sólo dentro de ella es posible lograr con éxito el aprendizaje de

nuevo material. Otra gran aportación de Vygotski es la constatación y teorización del hecho de que las interacciones entre los alumnos aumentan esta Zona de Desarrollo Potencial, es decir, favorecen el aprendizaje. Los escritos de Vygotski subrayan el valor intelectual de la interacción entre compañeros. Un grupo de psicólogos ginebrinos, investigadores rusos y japoneses han llegado a conclusiones similares de que la interacción entre compañeros ayuda a mejorar el conocimiento individual, e integra una variedad de perspectivas relativas a un problema; este proceso de coordinación, por su parte, produce unos resultados intelectuales superiores.

En lo que respecta a la enseñanza en España, en los últimos años se han revisado las teorías sobre el aprendizaje y todos los investigadores en el campo de la Didáctica de las Ciencias coinciden en la necesidad de desarrollar modelos innovadores de enseñanza en el campo tanto de las denominadas Ciencias Experimentales como de las Ciencias Sociales, introduciendo nuevas técnicas de enseñanza que permitan al alumno una mejor calidad en el aprendizaje. En esta experiencia proponemos un sistema híbrido pero con especial predominancia de las metodologías prácticas.

3. METODOLOGÍA PRÁCTICA FRENTE A SESIONES TEÓRICAS

Decía Roger Schank que “el aprendizaje para toda la vida no es tanto la continua adquisición de conocimiento, sino la mejora de nuestra habilidad para realizar esos procesos por medio de la adquisición y el análisis de las experiencias aportadas”. Hoy en día, la adquisición de destrezas manuales sólo es posible en un laboratorio tradicional. Las clases prácticas tradicionales desarrolladas en el laboratorio tienen como fin la comprensión por los alumnos de los hechos escuchados en las clases teóricas, leídos en libros de texto y discutidos en los seminarios. En ellas el alumno tiene la oportunidad única de trabajar por su cuenta y de obtener el convencimiento de que los resultados obtenidos dependen de su habilidad e interés, proporcionándole una visión dinámica de los hechos. En esta experiencia, se conjuga teoría y práctica dentro de una misma sesión práctica de laboratorio lo que fomenta el interés de los alumnos y mejora su proceso formativo.

Por otra parte, los estudiantes de doctorado en disciplinas científicas pasan innumerables horas aprendiendo cómo llevar a cabo investigaciones de vanguardia pero muy poco tiempo aprendiendo a comunicar la naturaleza y el significado de su ciencia a las personas fuera de su campo. Decidimos profundizar en este aspecto, y para reducir esta disparidad, creamos un curso inusual

titulado *Percepción de la Ciencia a través de experiencias prácticas e intergeneracionales en el laboratorio*”, en el que estudiantes de doctorado del Departamento de Microbiología y Genética de la Universidad de Salamanca, formaban a alumnos y alumnas de la Universidad de la Experiencia sin formación científica y con edades superiores a los 60 años. De esta forma podríamos analizar si existe brecha intergeneracional a la hora de transmitir conocimientos científicos y en el caso de que exista, comprobar si puede subsanarse mediante un método educativo aplicado y específico.

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

“No hay inversión más rentable que la del conocimiento”

BENJAMIN FRANKLIN

1. OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

A pesar de bienestar social que han suscitado los cambios científicos y tecnológicos de las últimas décadas, es preocupante la evidencia de la escasa información o de la información parcial que tienen los ciudadanos en referencia al ámbito científico. Por esa razón, el principal objetivo que se persigue con este proyecto es la transmisión y fomento del conocimiento científico a través de una experiencia intergeneracional en la cual la información y la comunicación debe fluir entre rangos de edad dispares y siendo en este caso los más jóvenes los que detentan la figura de transmisor y los de edad más avanzada la figura de receptor. Para lograr este objetivo utilizaremos entre otras, unas herramientas que conocemos bien, la Microbiología y la Biotecnología.

Los objetivos particulares que se persiguen son los siguientes:

Objetivo 1: Divulgación de la ciencia y el conocimiento científico a través de talleres prácticos de una duración aproximada de 90 minutos, que a su vez estarán divididos en sub-talleres de temática particular, siempre relacionados con el ambiente científico, la Microbiología y los aspectos biotecnológicos de los microorganismos. De esta forma, se implementará un formato dinámico y ameno donde se abordarán de forma sencilla conceptos y términos básicos de la Microbiología como bacteria, levadura, virus, hongo, micorriza, fermentación, alga, y habilidades prácticas como es el empleo de microscopios.

Objetivo 2: Acercar la figura del científico a los alumnos de la Universidad de la Experiencia. El proyecto permitirá que los alumnos conozcan científicos

reales y puedan interactuar con ellos en el laboratorio, estableciendo un diálogo enriquecedor en ambas direcciones y constituyendo un apoyo formal a la figura tradicional de profesor/a que tenían preestablecida. De esta forma se pretende alentar la curiosidad, la participación e incluso las vocaciones científicas tardías pero que siguen latentes entre los alumnos.

Objetivo 3: Por supuesto, dentro de los objetivos específicos, pretendemos que los alumnos comprendan la importancia de la Microbiología en la vida cotidiana y sus beneficios a nivel alimentario, sanitario y ambiental. También que sean conscientes de la dualidad que presentan los microorganismos desde un punto de vista antropocéntrico, explicando microorganismos que tienen un efecto perjudicial sobre los alimentos, las personas y el resto de los seres vivos, o aquellos que mejoran o participan de manera recurrente en las actividades del día a día, como es el uso de probióticos para elaborar yogurt y queso, la producción de antibióticos o las fermentaciones microbianas utilizadas en la elaboración de pan y bebidas.

Objetivo 4: Del mismo modo, otro de los objetivos parciales planteados en el desarrollo de este proyecto es afianzar las competencias transversales relacionadas con las ciencias, como son la capacidad crítica y la aplicación de un pensamiento racional a situaciones cotidianas. Se buscará también incentivar la capacidad de los alumnos para aplicar conocimientos teóricos a la realización de actividades prácticas, siendo esta una de las competencias que se trabajarán de manera más activa. A través de la realización de actividades prácticas, se pretende conseguir mejorar la interiorización de competencias transversales de la ciencia como la lógica o el método científico, favoreciendo el pensamiento reflexivo y la valoración de la Biotecnología o la Genética entre otras especialidades.

Objetivo 5: Otro de los objetivos secundarios que se busca abordar mediante la realización de esta experiencia inter-generacional, es la difusión de esta disciplina científica entre nuestros mayores y sobre todo, entre aquellos que no han tenido la posibilidad de realizar una formación básica en el ámbito de las ciencias. De esta manera, se intentará acercar a este sector de la población unos recursos que de otra manera, presentarían severas dificultades de accesibilidad.

La experiencia planteada muestra una clara relación con los objetivos del Programa Interuniversitario de la Experiencia promovido por la Junta de Castilla y León, en la que colaboran todas las Universidades de la Comunidad Autónoma y que se dirige a las personas mayores de 55 años que buscan un aprendizaje a lo largo de la vida.

El diseño de los talleres está vinculado no sólo a la divulgación de conocimiento y la cultura científica sino también a las actuaciones vitales que promueve este programa. En base a alguna experiencia previa relacionada con el planteamiento de este proyecto, creemos que la realización de estos talleres, impactará a los alumnos, incitando y promoviendo la avidez por el conocimiento científico y sentando las bases para la consolidación de una Sociedad del conocimiento.

2. PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Cuándo nos planteamos la organización de esta experiencia, tuvimos claro que era fundamental captar la atención de los alumnos, ya que este punto resulta un proceso ineludible en la instrucción de los participantes. Sin embargo, para enriquecer los modelos de aprendizaje no es necesario alterar el contenido, sino, en muchas ocasiones, el modo de enseñarlo. Según los datos publicados por algunos autores, los estudiantes retienen el 20% de lo que escuchan y el 30% de lo visualizado, sin embargo, un estudiante puede retener un 50% de lo que ve y escucha, algo que se cumple con la participación de los talleres prácticos aquí propuestos. Además, como se ha comentado y mencionado anteriormente, la didáctica educativa actual, muchas veces carece de iniciativas innovadoras y entretenidas que ofrezcan a los escolares una visión divertida y amena de la ciencia y la tecnología. Por otra parte, se debe resaltar la cierta complejidad de comprensión que requieren algunos conceptos científicos a los que los alumnos deben hacer frente. En este sentido, la realización de talleres prácticos experimentales como los aquí propuestos, minimizan su dificultad y son de gran apoyo en el proceso de aprendizaje, así como una nueva vía de divulgación y difusión de la ciencia. Así, teniendo en cuenta estas premisas, surge la idea de diseñar un formato asequible, dinámico y divertido en el que los alumnos aprendan conceptos científicos mientras manipulan microscopios, observan preparaciones, conocen microorganismos y en definitiva ensayan y entrenan a ser científicos.

En cada sesión asisten un mínimo de 16 alumnos que son asistidos por 4 alumnos de doctorado y un profesor responsable que coordina la experiencia. El diálogo y la interrelación son establecidos entre los alumnos de doctorado y los alumnos de la Universidad de la Experiencia, siendo el profesor un mero observador externo. La planificación, organización y ejecución de las tareas, han sido consensuadas por el profesor y los alumnos de doctorado, estableciéndose diferentes prioridades y métodos de actuación.

La experiencia se estructuró en cuatro sesiones diferentes y diferenciadas pero coordinadas. Las sesiones tuvieron una duración máxima estimada que osciló entre los 90 minutos y los 100 minutos, con el fin de optimizar la atención de los alumnos, ya que por experiencia, una duración más prolongada reduce la atención y disminuye el rendimiento efectivo.

Para proceder a la evaluación de la experiencia, se realizó una valoración general que tuvo en cuenta el impacto de las actividades en los individuos afectados directamente por la misma, alumnos y profesores. Al final de cada actividad se realizaron encuestas y cuestionarios individualizados para analizar la repercusión de la sesión en cuanto a los conocimientos adquiridos, la transmisión del conocimiento, las relaciones interpersonales generadas entre alumnos y profesores o la adecuación de los contenidos, entre otras cuestiones.

3. SESIONES DE TRABAJO

El equipo humano propuesto para desarrollar esta experiencia, cuenta con una amplia experiencia en el tipo de talleres aquí descrito, pues durante los últimos años académicos hemos realizado varios talleres piloto de temática similar enfocados a diversos sectores de la Sociedad. Cada taller está dividido en diferentes experimentos, todos ellos de participación activa que permitirán a los alumnos de la Universidad de la Experiencia manipular e interactuar con el material que les presentamos.

Para afianzar esta metodología y su vinculación con el ámbito científico, suministramos a todos los alumnos una bata de laboratorio desechable, lo cual facilitó la asimilación del papel protagonista que tenían los alumnos en la experiencia así como una disposición activa desde el primer momento.

Durante las actividades, los alumnos formaron vínculos de colaboración entre ellos e interactuaron en todo momento con los alumnos de doctorado que mantenían el papel de tutores de las actividades. La nomenclatura de las sesiones ha sido la siguiente:

Sesión 1: Descubriendo los microorganismos.

Sesión 2: Biología, química y colores.

Sesión 3: ¿Qué es el ADN?

Sesión 4: Aprendiendo biomimética y a extraer ADN humano.

CAPÍTULO IV RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

1. SESIÓN 1: DESCUBRIENDO LOS MICROORGANISMOS

Esta sesión centra su atención en la presentación de la Microbiología y su importancia diaria en la vida de la población. Son numerosos los conceptos microbiológicos que son utilizados por los ciudadanos, aunque no siempre se conoce su significado real, y en ocasiones, se utilizan mal contextualizados, en parte debido a que se conciben ideas erróneas sobre ellos.

La importancia de la microbiología se fundamenta en las repercusiones y efectos sobre una amplitud de aspectos de la vida cotidiana, que no se limitan exclusivamente a las ciencias de la salud, como se puede pensar en un primer lugar. La incidencia y acción de los microorganismos genera un impacto muy elevado en una amplia variedad de áreas y disciplinas, desde la industria a la agricultura, pasando por el medio ambiente, los recursos energéticos y la administración pública entre otros ejemplos.

La existencia real de los microorganismos es conocida desde hace relativamente poco tiempo, hace apenas unos siglos. Han sido muchos los microbiólogos que han influido en el asentamiento de las bases modernas de la Microbiología. Algunos de ellos, fueron auténticas eminencias en su época como Robert Koch o Louis Pasteur. En base a los trabajos de Louis Pasteur, que posteriormente confirmó John Tyndall, se pudo descartar la Teoría de la Generación Espontánea, que había estado vigente durante siglos y que sostenía que ciertas formas de vida (animal y vegetal e incluso microbiana) surgen de manera espontánea a partir de materia orgánica, inorgánica o de una combinación de las mismas, originando nuevos individuos viables prácticamente de la nada. De hecho, era una teoría aceptada por ilustres científicos y las personas mejor formadas de la Sociedad. Por poner un ejemplo característico, Jean-Baptiste van Helmont fue un notable químico, físico, alquimista, médico, y fisiólogo flamenco que vivió desde finales del siglo XVI

hasta mediados del siglo XVII y que a pesar de ser uno de los hombres mejor formados de su época, era un ferviente defensor de la Teoría de la Generación Espontánea. Su defensa de la teoría llegaba a tal grado que diseñó una receta para crear ratones. La receta decía lo siguiente:

Las criaturas como los piojos, las garrapatas, las pulgas y los gusanos son nuestros miserables huéspedes y vecinos, pero nacen de nuestras entrañas y excrementos. Porque si colocamos ropa interior llena de sudor con trigo en un recipiente de boca ancha, al cabo de veintiún días el olor cambia, y el fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones. Pero lo que es más notable aún es que se forman ratones de ambos sexos y que éstos se pueden cruzar con ratones que hayan nacido de manera normal... pero lo que es verdaderamente increíble es que los ratones que han surgido del trigo y la ropa íntima sudada no son pequeñitos, ni deformes ni defectuosos, sino que son adultos perfectos...

Por supuesto, van Helmont estaba totalmente equivocado. Los estudios de Pasteur para refutar la Teoría de la Generación Espontánea fueron de vital importancia, tanto en relación a la experimentación que llevó a cabo (Figura 2), como a las ponencias que impartía y que difundían los resultados obtenidos a las sociedades científicas y universidades de la época.

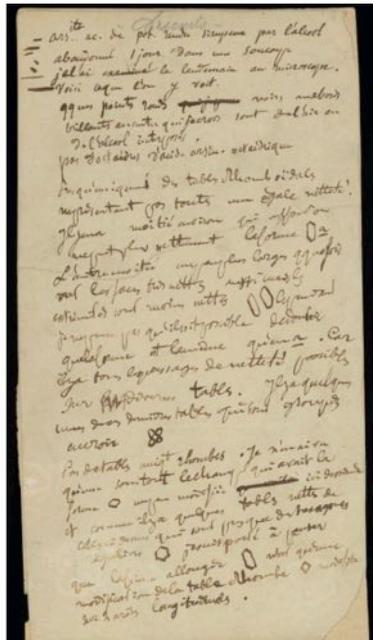


Figura 2: Manuscrito original de Louis Pasteur sobre sus investigaciones realizadas.

En la larga historia de nuestro planeta, formado hace 4.500 millones de años, los microorganismos han sido los protagonistas, aparecieron hace unos 3.800 millones de años y han sido los únicos pobladores de la Tierra durante más de 3.000 millones de años. Son tan importantes que los ecosistemas están influenciados y controlados por las actividades microbianas. Los microorganismos ejercen un papel vital en el mantenimiento de las condiciones necesarias para la vida en la tierra. Por ejemplo, algunas microalgas y cianobacterias son las responsables de producir casi el 50% del oxígeno terrestre imprescindible para la vida del ser humano y muchos otros organismos.

Por otra parte, una de las funciones de los microorganismos con gran influencia en el desarrollo de la vida, es el reciclaje de nutrientes para su reutilización por parte de otros organismos. Los microorganismos pueden mineralizar o solubilizar algunos elementos como son el nitrógeno, el fósforo o el magnesio. Estas acciones se deben a que, a lo largo de la evolución los microorganismos han desarrollado la capacidad de producir sustancias capaces de digerir todo tipo de material orgánico. Un ejemplo muy conocido son los organismos descomponedores de la madera, que degradan este material a través de producción de sustancias específicas y de esta forma hacen accesible una amplia variedad de nutrientes esenciales a otros organismos. Un ejemplo conocido es el caso de las termitas. Estos pequeños insectos son capaces de degradar la madera gracias a la relación simbiótica establecida con varias especies de microorganismos que se encuentran en el interior del aparato digestivo de las termitas (Figura 3) y a través de los cuales se degrada la celulosa, componente mayoritario del material vegetal.



Figura 3: Fotografía de termitas involucradas en la degradación de contenido vegetal.

Si pensamos en el campo de la alimentación, su influencia es imprescindible y de relevada importancia. Hace 6.500 años un campesino tártaro, por mera casualidad o lo que en ciencia llamamos serendipia, descubrió la fabricación del yogur. Inconscientemente había descubierto uno de los alimentos más consumidos a lo largo de la historia. La leche que era transportada por los pueblos nómadas en sacos de piel de cabra, durante el trayecto fermentaba por acción de la temperatura y la actividad de bacterias concretas que transformaban la leche en yogur, produciendo un alimento más denso, agradable y nutritivo.

Sin embargo, no fue hasta comienzos del siglo XX que la producción de yogur se estandarizó e internacionalizó, en parte gracias a Iliá Ilich Méchnikov, premio Nobel de Medicina en 1908. Méchnikov era un microbiólogo ruso gran apasionado de la bacteriología y la medicina. En sus estudios e investigaciones sobre la proliferación de bacterias en el estómago quedó asombrado con la alta longevidad de los campesinos búlgaros y comenzó a realizar investigaciones sobre el yogurt y el efecto de los microorganismos que contenía este alimento. Sus trabajos relacionaron el consumo de yogurt con una mejora en la salud.

Es tal la abundancia, diversidad y ubicuidad de los microorganismos, que en nuestro cuerpo casi dos kilogramos de peso se deben a las bacterias. Llegamos a tener 10 veces más bacterias que células humanas propias. Albergamos alrededor de 39 billones de células bacterianas. Además, cada vez hay más investigaciones científicas que relacionan nuestro estado de salud y una amplia variedad de enfermedades con los microorganismos presentes en nuestra microbioma.

1.1. Objetivos de la sesión

El objetivo principal de esta experiencia se basa en el aprendizaje, conocimiento y exposición de la Microbiología, vista como ciencia fundamental de gran repercusión en la vida y rutina diaria, tanto de la salud humana como del medio ambiente.

La Microbiología es una herramienta indispensable, cuyos conocimientos y aplicaciones se destinan a mejorar la calidad de vida de ser humano y los procesos industriales entre otros aspectos.

De una forma distendida, amena, práctica y entretenida, se pretende que los alumnos de la Universidad de la Experiencia sean los protagonistas

de la sesión, de tal forma que puedan sentir, apreciar y experimentar los entresijos de la ciencia y la Microbiología en particular.

1.2. Desarrollo y descripción de la jornada

La puesta en marcha y desarrollo de esta primera jornada sobre el descubrimiento de la Microbiología, comienza con la presentación del equipo docente que acompañará a los alumnos durante las sesiones. La pieza clave y esencial de la experiencia es el intercambio y miscelánea generacional. Los organizadores son 1 profesor y 4 estudiantes de doctorado pertenecientes al área de Microbiología del Departamento de Microbiología y Genética. Los estudiantes de doctorado son los encargados de explicar los conocimientos y acompañar a los participantes durante el completo desarrollo de la experiencia.

En primer lugar tras la presentación de los organizadores, se procedió a la explicación y visualización de las normas de un laboratorio de Microbiología, así como a la presentación del material a usar en la sesión. Para muchos de nuestros participantes esta era la primera vez que visitaban un laboratorio, por tanto la seguridad y los materiales a usar requerían una especial atención. El fin último del prólogo explicativo inicial, era que la sesión se llevase a cabo sin ninguna incidencia, y se conociese en todo momento la función y el manejo del material que se estaba usando.

Al tratarse de una experiencia totalmente práctica, donde se trabajaría con organismos vivos, y aunque fueron totalmente inocuos para la salud humana y el medio ambiente, se entregó a cada participante una bata de laboratorio como medida e instrumento rutinario y usual de vestimenta de trabajo en un laboratorio. Además, este simple hecho aumentaría la involucración de los participantes durante toda la experiencia. Estas batas fueron usadas durante las 4 sesiones en la que se extendió la experiencia.

Una vez que ya se conocían las normas de seguridad del laboratorio, el siguiente paso fue la visualización por primera vez de placas tipo Petri. Las placas tipo Petri fueron inventadas por Julius Richard Petri cuando en 1877 trabajaba con Robert Koch, premio Nobel por sus descubrimientos e investigaciones sobre tuberculosis y otras enfermedades de origen bacteriano. La función principal de estas placas es contener el medio de cultivo necesario para el trabajo y manejo de los microorganismos. Las placas mostradas en esta primera jornada contenían diferentes medios de cultivos donde previamente se habían crecido bacterias de diferente morfología. Debido a la

novedad que suponía esta parte fueron muchas las dudas surgidas, las cuales fueron todas aclaradas por parte de los docentes.

Por parte del equipo docente se realizó la visualización y explicación de una amplia variedad de cultivos microbianos tanto de bacterias como de hongos, los cuales presentaban diferentes formas y estaban crecidos en distintas placas con medios de cultivo de varios colores (Figura 4). La finalidad era la visualización de la alta biodiversidad de microorganismos, así como su diferente morfología.

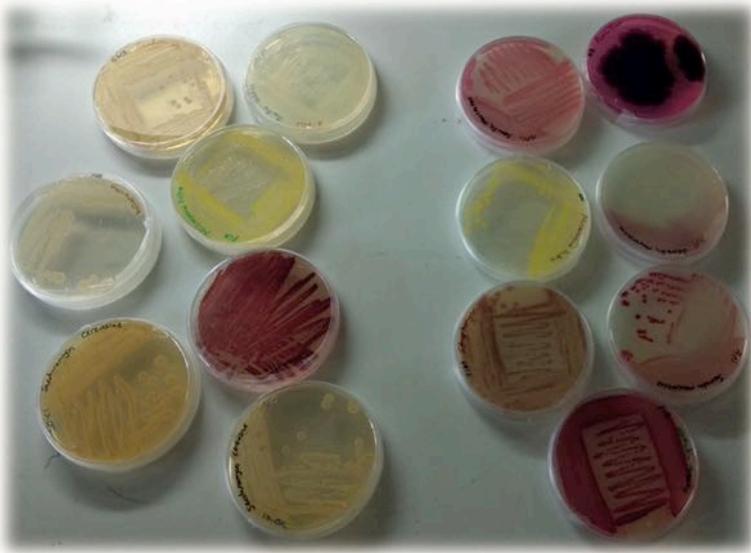


Figura 4: Parte de los microorganismos observados en la primera sesión.

En Microbiología es fundamental la siembra de microorganismos, este paso es definido como la extensión de unas pocas células provenientes de una placa con medio de cultivo a otra placa nueva que también dispone de medio de cultivo y la cual se pondrá a la temperatura idónea de crecimiento de las bacterias u otros microorganismos con las que estemos trabajando. Para ello se entregó a los alumnos placas con microorganismos vivos y crecidos y placas nuevas con medio de cultivo limpio, para que fuesen ellos quienes realizaran este proceso y se familiarizaran con el material, la metodología y las precauciones a llevar a cabo en el protocolo.

Posterior a la realización de las resiembras de microorganismos y la visualización de las diferentes placas de cultivo se procedió a realizar una Tinción Gram. La Tinción de Gram, es una técnica de laboratorio que nos permite identificar distintos tipos de bacterias según la coloración de su superficie. Fue diseñada por Christian Gram, en 1884. El objetivo era conseguir una prueba con la que fuese posible diferenciar diferentes grupos de bacterias para su mejor clasificación. La prueba resultó todo un éxito y se ha convertido en una técnica muy útil en Microbiología. Los participantes guiados por los profesores fueron capaces de seguir paso a paso la metodología descrita y consiguieron realizar la tinción sin problemas (Figura 5).



Figura 5: Realización por parte de los participantes de una Tinción de Gram.

Una vez que se han seguido los pasos indicados en el protocolo, se procedió a la visualización de las muestras en el microscopio (Figura 6). Debido a que para la gran mayoría de los participantes el uso de un microscopio era un hecho totalmente novedoso, previamente a su utilización, se explicó punto por punto y detalladamente los pasos a realizar para observar el resultado de sus tinciones.



Figura 6: Diferentes alumnos utilizando los microscopios para visualizar las tinciones de microorganismos que habían realizado.

Además, en esta práctica se realizó también una tinción de levaduras con nigrosina. En este caso se trata de un tipo de tinción denominada tinción negativa. La nigrosina es un colorante de un intenso color negro. Los participantes pudieron observar las diferencias entre ambas tinciones, tanto en los protocolos de realización como en el resultado en los microscopios.

1.3. Conclusiones y valoración

En este apartado exponemos el punto de vista y opiniones de todos los participantes de la experiencia, tanto los alumnos como los docentes encargados del desarrollo de la sesión.

En la primera parte vamos a analizar la experiencia percibida y las sensaciones finales desde el punto de vista de los alumnos de la Universidad de La Experiencia. Al finalizar esta primera sesión se les entregó una encuesta

con diferentes apartados de respuesta abierta. Además, se redactaron preguntas relacionadas con los conceptos tratados, el material y la metodología de la jornada, así como una valoración individual y anónima de su opinión general. Así pues, se puede llevar a cabo una evaluación cualitativa de la labor docente, además de un análisis de la consecución de los objetivos planteados previamente. En base a las opiniones recibidas y las actitudes observadas se puede concluir que la experiencia ha sido totalmente positiva.

Por parte de los alumnos, los verdaderos protagonistas de la experiencia, sus impresiones se centran en una misma línea. A modo de ejemplo, recogemos una muestra representativa de las mismas:

- "Alucinante y sorprendente. Es increíble y maravilloso poder observar la cantidad de microorganismos que existen en nuestro entorno y en nuestro cuerpo. La forma de trabajar en pequeños grupos hace que podamos atender y seguir las instrucciones sin ningún problema".
- "Me gustaría que hubiésemos tenido algunos días más, es decir, más horas y más experimentos. El equipo humano que nos facilitó y atendió han sido estupendos".
- "A mí me ha encantado, ha sido muy interesante, hemos aprendido la cantidad de bacterias y microorganismos con lo que estamos en contacto permanentemente".
- "Me ha encantado, me gustaría participar en más talleres de este tipo".
- "Hemos aprendido a observar la naturaleza, de una forma divertida y sencilla, me ha gustado mucho. Ha merecido la pena participar en esta experiencia".

Por parte de los miembros del grupo docente responsable existe una coincidencia unánime en las sensaciones percibidas, todos destacan la experiencia como una actividad gratificante y motivadora. Estas sensaciones coinciden con las de los alumnos. Aunque entre los docentes se confirma la existencia de cierta dificultad en adecuar y adaptar ciertos conceptos científicos y microbiológicos al nivel educativo de los participantes, finalmente no supuso un problema significativo para desarrollar la sesión. En realidad, este problema es definido como uno de los retos más difíciles a los que los docentes deben de hacer frente pero que permite un crecimiento personal en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, al trabajar con un grupo pequeño, es más sencilla la interacción entre alumnos y profesores, desembocando en unas explicaciones más animadas y fáciles de seguir por los participantes. La cercanía y la creación de un vínculo especial ha hecho que la distancia profesor-alumno disminuyese a medida que avanzaba la experiencia. La sesión ha finalizado con un gran ambiente distendido y animado, donde la ejecución de las diferentes prácticas realizadas en la sesión, era una nueva oportunidad de reforzar el lazo tanto entre los alumnos como con el equipo docente.

Todos estos datos y opiniones permiten obtener una grata satisfacción final de la experiencia. En definitiva, la apuesta por este tipo de actividades en el que interaccionan personas de diferente nivel educativo, no solo es positiva para las menos formadas sino que es muy provechosa y estimulante para los jóvenes docentes, que han aprendido a adecuar el discurso de enseñanza y fomentar las relaciones intergeneracionales, obteniendo apreciaciones estimulantes y enriquecedoras. Además, este tipo de actividades, promueven el aprendizaje bidireccional y el respeto por los demás, valores esenciales y necesarios hoy en día en la sociedad.

2. SESIÓN 2: BIOLOGÍA, QUÍMICA Y COLORES

Esta sesión se centró en diferentes procesos bioquímicos y su relación con la vida cotidiana. Uno de los términos protagonistas es el concepto de pH, debido a la familiaridad del concepto, ya que este término se puede encontrar escrito en productos tan cotidianos como por ejemplo champús, jabón de manos, geles de ducha, cremas, etc.

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución, de modo más específico, se podría definir que el pH (potencial de hidrogeniones) mide la cantidad de iones de hidrógeno que contiene una solución. Los ácidos y las bases tienen diferentes concentraciones de iones de hidrógeno, de manera que los que contiene más cantidad de esos iones se les considera fuerte y las soluciones que contengan menos, se consideran débiles. Para poder evaluar y/o analizar la cantidad de iones de hidrógeno se utiliza la "escala de pH". Esta escala abarca desde el 0 hasta el 14, siendo el 0 el valor de máxima acidez y 14 el valor de máxima alcalinidad, el 7 representa un valor intermedio y es considerado como un valor neutro.

La mayoría de los ambientes naturales tiene un pH comprendido entre 5 y 9. Por lo que, cualquier cambio de pH desencadena un gran impacto medio ambiental. La lluvia ácida es el ejemplo más conocido, y derivada

principalmente, de actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles, fábricas y emisiones procedentes de calefacciones y automóviles. La lluvia ácida causa efectos nocivos para el entorno, siendo los ríos, lagos, arroyos y pantanos los ambientes más perjudicados, ya que aumenta su grado de acidificación, lo cual resulta tóxico para muchas especies que no toleran estos cambios de pH. Las aves acuáticas, son uno de los principales seres vivos que resultan perjudicados. La cubierta de los huevos está formada por carbonato cálcico que en contacto con la lluvia ácida, se disuelve matando al embrión. Por otro lado, los bosques y selvas, también se ven afectados, a través de sus hojas y agujas en el caso de las coníferas. Estos efectos nocivos derivados de cambios de pH, no sólo se limitan a organismos superiores, sino que también afectan al desarrollo y metabolismo de microorganismos inhibiendo su crecimiento o potenciando el crecimiento de microorganismos que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud.

El contacto con microorganismos patógenos, es decir, con microorganismos perjudiciales, desencadena la aparición de enfermedades. Por ello, los servicios de salud como la OMS (Organización Mundial de la Salud) hacen un gran hincapié en la higiene como herramienta para la prevención de enfermedades. Vivimos en un mundo no estéril, y los seres humanos al igual que el resto de organismos vivos, convivimos en simbiosis con diferentes microorganismos beneficiosos, pero también podemos transportar y transmitir microorganismos perjudiciales para la salud, es por ello, que la higiene personal es tan importante. El lavado de las manos con agua y jabón es una medida preventiva para evitar la transmisión de microorganismos de una persona a otra. No obstante, un exceso de limpieza también puede desencadenar enfermedades, por ejemplo los seres humanos presentamos en la piel, una microbiota residente que nos protege frente agentes externos reduciendo el impacto de aquellos microorganismos perjudiciales.

El concepto de microorganismos engloba tanto a bacterias, hongos, levaduras, virus, como a otros organismos unicelulares tales como paramecios y algas microscópicas. Estos últimos, están presentes en ríos, lagos, charcas, y desempeñan una labor ecológica como agentes para mejorar la calidad del agua impidiendo la proliferación masiva de bacterias perjudiciales o como alimento para otros organismos, respectivamente.

Por tanto, la formación y acercamiento de la microbiología a la sociedad, así como la visualización a través de la experimentación de problemas derivados de las actividades humanas, es el principal propósito educacional englobado dentro de esta sesión.

2.1. *Objetivos de la sesión*

Los objetivos planteados para el desarrollo de esta sesión son los siguientes:

- Realizar experimentos de índole científica, favoreciendo la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades.
- Elaborar experimentos reproducibles en casa, de modo que se conviertan en un instrumento educativo intergeneracional.
- Capacitar al grupo de alumnos de la Universidad de la Experiencia dentro del ámbito científico, fomentando la adquisición de actitudes críticas y constructivas.
- Facilitar la comprensión de procesos bioquímicos en conexión con la vida cotidiana.
- Fomentar el aprendizaje y el trabajo cooperativo.
- Concienciar sobre los efectos nocivos derivados de la contaminación, fomentando el desarrollo de nuevos valores pro-ambientales.
- Sensibilizar sobre la importancia de la higiene personal.

2.2. *Desarrollo de la sesión*

Este apartado hace referencia al desarrollo y puesta en marcha de las distintas actividades que componen la sesión de Biología, Química y Colores. La sesión comenzó con la creación de un indicador de pH casero empleando la col lombarda. La lombarda posee antocianinas que cambian de color cuando están en contacto con ácidos y bases, adquiriendo un color rosa o rojo en un medio ácido y azul, verde o amarillo en un medio básico.

Para la elaboración de este experimento, en primer lugar se coció la lombarda en abundante agua o también se puede calentar a la máxima potencia en el microondas. Una vez cocida, se reserva el líquido, ya que ese extracto constituye el indicador casero. El líquido resultante tiene un color morado intenso.

Para la observación de cambios de pH, se utilizaron diferentes soluciones como distintas sustancias ácidas como zumo de limón, vinagre, jabón de manos comercial, neutras como agua de grifo y soluciones alcalinas como son el amoníaco y el bicarbonato sódico. El extracto de la lombarda (morado), cambiará de color en función de la solución que le añadamos. Este tipo de experimentos (Figura 7) son muy educativos, ilustrativos, fáciles de realizar y reproducibles en casa.

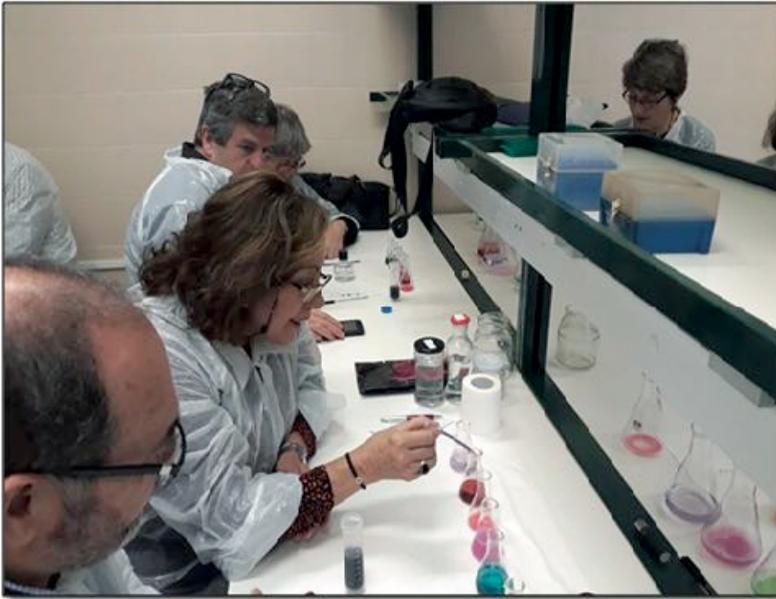


Figura 7. Alumnos de la Universidad de la Experiencia observando los cambios de pH.

En cuanto al experimento simulador del efecto de la lluvia ácida, se utilizó un huevo de gallina y vinagre. El huevo semejaba los huevos de las aves marinas o las conchas de moluscos y el vinagre simularía el efecto de la lluvia ácida. En un vaso de precipitado se colocaron el huevo y las conchas por separado y se cubrieron con vinagre. Ambos materiales, están constituidos por carbonato cálcico, que al entrar en contacto con una solución ácida como es el vinagre se disuelve. En esta reacción se produce acetato de calcio, agua y dióxido de carbono (CO_2). La producción de CO_2 es fácilmente observable, ya que es un efecto inmediato y se forman pequeñas burbujas alrededor de conchas y del huevo. Al cabo de un tiempo, la cáscara de huevo está completamente disuelta quedando rodeado por una membrana semipermeable. Asimismo, el huevo se hincha, adquiriendo una forma esponjosa; debido a los procesos de difusión y osmosis, es decir, debido al movimiento de moléculas de agua desde una zona de menor concentración, que en este caso es la solución de vinagre, a una zona de mayor concentración como es el interior del huevo.

Seguidamente, se observaron al microscopio diferentes muestras de aguas que los alumnos/as habían traído procedentes de pozos naturales,

charcas, aguas destinadas al regadío dónde pueden habitar algas unicelulares como las pertenecientes al género *Euglena* (Figura 8). Además, se observaron preparaciones de espirulina. La espirulina es una cianobacteria que tiene forma de espiral, que se puede adquirir en cualquier supermercado como suplemento alimenticio ya que tiene un alto valor nutritivo, con una variedad de proteínas, nutrientes y minerales.

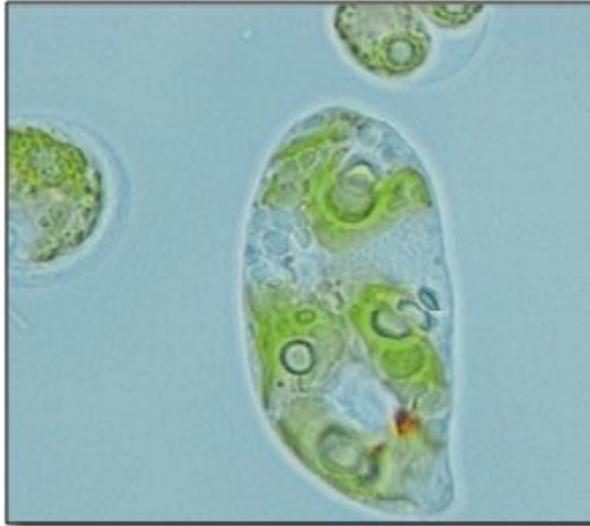


Figura 8: Ejemplar de una *Euglena* observada en el agua que analizaron los alumno/as de la Universidad de la Experiencia.

Para finalizar la sesión, y en relación con la higiene, se propuso a los alumno/as colocar sus dedos en una placa Petri, para observar el crecimiento de los potenciales microorganismos que contenían sus manos.

2.3. Metodología educativa

La metodología educativa, debe de favorecer la capacidad de los alumno/as a aprender por sí mismos, mediante el trabajo en equipo y la aplicación del método científico para el planteamiento y resolución de problemas. Asimismo, debe de hacer hincapié entre los aspectos teóricos y su aplicación práctica.

En relación con lo expuesto anteriormente, los criterios metodológicos tienen como base la autonomía del alumnado, motivación, variedad

metodológica e integración, de modo que fomenten la dinámica durante el desarrollo de la práctica en el aula de laboratorio.

Las actividades prácticas propuestas, persiguen fomentar y facilitar los principios de trabajo cooperativo y trabajo individual. De este modo, los alumno/as adquieren habilidades tales como organización, responsabilidad, etc.

No obstante, el desarrollo de las actividades no sólo se centró en la simple manipulación, sino en impulsar el pensamiento lógico y científico, la comprensión, aplicación, síntesis y el análisis crítico. Para la elaboración y desarrollo de las diferentes actividades de la sesión, los alumno/as se agruparon en parejas.

Los criterios que se tuvieron en cuenta a la hora de seleccionar las actividades para la sesión son los siguientes.

- Que sean motivadoras y conecten con los intereses del alumnado.
- Que den una proyección práctica de los contenidos que se están tratando.
- Que tengan una formulación, de modo que el alumnado entienda de uno modo claro y conciso cuál es el objetivo de dicha actividad.
- Que desarrollen la capacidad del alumnado para aprender por sí mismo, empleando varias estrategias.
- Que sean heterogéneas y que permitan afianzar conceptos y trabajar los procedimientos.

2.4. Experiencia en el laboratorio

En este apartado nos centraremos en analizar la experiencia educativa de esta sesión, tanto desde el punto de vista de los alumno/as de la Universidad de la Experiencia como desde el punto de vista del docente.

En primer lugar, nos vamos a centrar en las experiencias percibidas por los mayores. Para poder evaluar el efecto de la sesión en los alumno/as de la Universidad de la Experiencia, al finalizar la sesión, se les facilitó una encuesta, en las que se realizaban diferentes preguntas relacionadas con conceptos, material empleado, metodología, así como una valoración individual sobre cómo habían sentido y/o percibido la sesión práctica y qué es lo que habían aprendido. De este modo, podemos evaluar de un modo cualitativo la labor del docente en el proceso de enseñanza.

Asimismo, durante el desarrollo de la sesión, los mayores participaban de forma activa, en las explicaciones, realizando preguntas sobre los temas tratados en la sesión, mostrando un gran interés en la realización de las prácticas e incluso tomaban apuntes de las explicaciones. De hecho, al final de la sesión, muchos de ellos, nos preguntaban curiosidades e inquietudes, relacionadas con el ámbito que corresponde a esta sesión.

Por ello, y derivado tanto de la observación en el aula de laboratorio, como de los resultados obtenidos en las encuestas, se puede concluir que la experiencia ha sido muy positiva y enriquecedora para los alumno/as de la Universidad de la Experiencia.

Todo/as los participantes, al final de la sesión, han elogiado y valorado de un modo positivo el trabajo en equipo, las características de los experimentos realizados, así como la labor del personal encargado. A continuación, se expone algunas de las preguntas realizadas, así como las respuestas escritas por algunos alumno/as (tabla 1).

Tabla 1. Resumen de algunas preguntas y respuestas realizadas al finalizar la sesión de Biología, Química y Colores, por parte del grupo de alumnos y alumnas de la Universidad de la Experiencia.

Pregunta	Respuesta
¿Qué objetivo perseguimos?	Comprobar visualmente el color del pH de distintos líquidos.
	Aprender y convivir con alumnos más jóvenes que nosotros.
	Observar cómo cambia el color de la lombarda cocida.
	Familiarizarnos con el trabajo en el laboratorio, ver el color que cambia del pH en distintos líquidos.
	Que hemos podido ver a través del microscopio la suciedad y partículas diversas del agua.
	Detección del pH con el líquido de cocción de lombarda.
	Comprobar cómo se analizan las aguas y observar qué microorganismos podemos encontrar (algas, filamentos vegetales y algunas bacterias). Cómo es un segmento de espirulina.

Pregunta	Respuesta
¿Con quién trabajamos?	Los alumnos y profesor en funciones.
	Alexandra, Alex, Zaki y David
	La dirección la lleva Raúl Rivas y los alumnos del curso de doctorado (Alejandro, Alex, David, y Zaki) que con sus amables explicaciones de las funciones de los ácidos y las bases.
¿Cómo hemos trabajado?	Muy atendidos y buen ambiente, buenos maestros.
	Analizando distintas aguas, de distintos sitios, pozos, charcas, fuentes, etc.
	En equipo.
	Hemos estado haciendo mezclas con productos básicos y ácidos y con hojas de lombarda para ver los distintos colores que se forman al hacer la mezcla.
	Muy bien.
	En equipo y bajo sus explicaciones, bastante claras y entendibles.
Material utilizado en la sesión	Muestra de líquidos, caldo de lombarda, segmento de espirulina, vinagre, jabón neutro, bicarbonato
	Pipeta Pasteur, placas Petri, asas de siembra, cristales porta objetos, microscopio
	Lombarda, amoniaco, bicarbonato, agua, jabón de manos, vinagre y limón.
¿Qué nos ha parecido? ¿Qué hemos aprendido?	Aprendemos a observar la naturaleza.
	Aprendes que tanto los ácidos como las bases fuertes son corrosivas para la piel y para los ojos.
	Muy positivo en todos los términos no sólo por el hecho de aprender sino también por ver como un grupo joven de estudiantes de doctorado con una gran formación participaban con ilusión, tanto o más que la que ponemos nosotros por conocer un poco la Ciencia. Ha sido una experiencia muy positiva. Gracias
	Muchas gracias.

La educación dentro del ámbito de la microbiología es una herramienta favorable para acercar a la sociedad elementos y recursos que potencien el conocimiento sobre aquello que no vemos a simple vista, pero que existe. En este sentido, y más concretamente esta sesión, para el grupo que conforma la responsabilidad de enseñar, ha sido una experiencia muy gratificante, positiva y alentadora.

Además, desde nuestro punto de vista, creemos que este tipo de relaciones intergeneracionales son necesarias para la difusión, comunicación y acercamiento de la ciencia, haciéndola atractiva, sencilla, útil e interesante. La buena disposición del grupo, así como su interés, ganas de aprender han sentado las bases para la creación de un ambiente favorable para el diálogo, la comunicación y el proceso de enseñanza, no sólo por parte del grupo docentes, sino también por parte del grupo del alumnado, lo cual ha sido muy enriquecedor para ambas partes.

Lo más repetitivo por el grupo, era que se deberían de alargar los días de trabajo, ya que se han enriquecido de nuevos conceptos y conocimientos, teniendo la oportunidad de estar en un laboratorio, aprender y observar el trabajo de científico/as. Estos testimonios y opiniones, alegran a cualquiera, y es que no hay mayor gratificación, dentro del ámbito de la educación, que sentir y observar que el trabajo realizado ha sido interesante, aprendido e útil, mejorando los conocimientos previos.

El trabajo por parejas, creemos que ha fomentado el vínculo y conexión entre diferentes personas. Esto mismo, ha permitido que valores tan sencillos y necesarios como son la generosidad, compromiso, empatía, responsabilidad e integridad hayan sido protagonistas durante el desarrollo de la sesión.

Todos estos datos, nos permiten concluir que la experiencia ha sido muy positiva y rejuvenecedora, no sólo para los mayores de la Universidad de la Experiencia, sino también para los más jóvenes, ya que la edad no es un número sino un pensamiento. También, creemos que este tipo de actividades, en las que se unen personas de diferentes edades y ámbitos educativos, son muy necesarias e importantes para trabajar y fomentar relaciones intergeneracionales abriendo una vía de comunicación bidireccional, beneficiosa para ambas partes mejorando la convivencia en la sociedad.

3. SESIÓN 3: ¿QUÉ ES EL ADN?

En esta sesión nos centramos principalmente en explicar conceptos de Genética. La Genética engloba conceptos muy extendidos en la cultura de la Sociedad, pero que no mucha gente es capaz de comprender con la suficiente profundidad. Para facilitar ésta comprensión, además de una explicación dinámica del tema, se llevó a cabo un experimento en el que realizaron una extracción de ADN bacteriano, con el objetivo que entendieran mejor qué es el ADN.

El ADN, o ácido desoxirribonucleico, es una macromolécula formada por una serie de "ladrillos" unidos unos tras otros: los nucleótidos. El ADN se encuentra en las células de los seres vivos, conteniendo la información genética responsable de cómo somos y de cómo funciona nuestro cuerpo, pero... ¿cómo puede ser esto así? Esta macromolécula, como hemos dicho, está formada por nucleótidos, moléculas pequeñas llamadas adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C), las cuales pueden estar ordenadas siguiendo multitud de combinaciones distintas, dando lugar a la formación de genes. Los genes contienen la información necesaria para dar lugar a las distintas proteínas por las que estamos formados y, por citar algunos ejemplos, son los responsables de que tengamos los ojos de un color o de otro, de que tengamos un metabolismo capaz de metabolizar o no la lactosa, de que las plantas puedan realizar la fotosíntesis, de que algunas bacterias y hongos puedan producir antibióticos o incluso de que sean resistentes a ellos. El hecho de que cada uno tenga una secuencia distinta de nucleótidos, nos permite estudiar y conocer para qué sirve cada gen.

La Genética es la ciencia que estudia los genes, se dice que, al igual que el siglo XX fue el siglo de la Física y la Química, el siglo XXI será el de la Genética y la Biotecnología. Gracias a los estudios genéticos, somos capaces de averiguar el origen de muchas enfermedades, puesto que muchas veces tienen su origen o están relacionadas con pequeños cambios en algún gen, lo cual también nos permite desarrollar y dirigir nuevas terapias farmacológicas a los pacientes según cómo sea su ADN. Esta ciencia también nos ha permitido realizar un estudio de la evolución de la Vida, pudiendo relacionar unas especies de seres vivos con otras, ayudando a su conservación y al estudio de sus orígenes. También nos es útil para identificar organismos como las bacterias y los hongos, lo cual es de vital importancia para el diagnóstico de enfermedades infecciosas entre otras cosas.

Sin embargo, no sólo se explicaron conceptos relacionado con la Genética, sino que en esta sesión y, en continuidad con los conceptos explicados

en la sesión anterior, también realizamos un experimento en el que separaban por difusión distintas sustancias contenidas en las espinacas, permitiendo así explicar los métodos fisicoquímicos por los que se extraen sustancias de la naturaleza para darle un uso en la Sociedad, como los fármacos, colorantes, elementos empleados en alimentación, etc.

Tras haber explicado conceptos abstractos relacionados con el ADN y métodos fisicoquímicos con una base no tan sencilla, incluimos en la sesión un apartado algo más dinámico y visual. Como previamente se ha comentado, en la sesión anterior todos pusimos nuestras manos en placas de Petri con medio de cultivo sólido, tanto los alumnos de la Universidad de la Experiencia como los docentes. Tras haberlas incubado a una temperatura óptima, en esta sesión observaron el resultado del experimento, donde pudieron ver la cantidad y diversidad de microorganismos que tenemos en la piel.

El conjunto de microorganismos que tiene un ser vivo conviviendo en él se denomina microbiota. Gracias a este experimento, los alumnos pudieron visualizar la diversidad de microorganismos que tenemos y aprender la importancia de la microbiota en un organismo, puesto que las bacterias y hongos no sólo provocan enfermedades. Aprendieron que estos microorganismos nos ayudan a defendernos de patógenos, por ejemplo gracias a su acción local en la piel, actuando como barrera ante posibles patógenos, y gracias a su acción en el sistema gastrointestinal, donde compite con microorganismos antagonistas. Aquí además nos ayudan a digerir y metabolizar los alimentos que consumimos e incluso intervienen en el metabolismo de diversos fármacos. Además, también en el intestino, proporcionan una labor fundamental en la síntesis de vitaminas como la vitamina B12 o la vitamina K.

La microbiota, o microbioma, también puede afectar a aspectos más complejos dentro del cuerpo humano, como puede ser el estado de ánimo. Esto es posible debido a que, a través de su metabolismo, pueden regular el equilibrio hormonal responsable de muchas emociones. Por otro lado, la microbiota intestinal puede ser responsable de padecer o no distintas enfermedades, llegando a producir obesidad, por ejemplo.

Debido a todo lo expuesto en los últimos párrafos, se debe tener bastante cuidado con el uso de antibióticos, no sólo por las resistencias a antimicrobianos que se puedan desarrollar tras su uso inadecuado, sino por la posible alteración de la microbiota "normal", algo por lo que es de vital importancia no tomar antibióticos cuando no se necesitan y, en los casos en los que sean necesarios, llevar a cabo el tratamiento de forma completa y correcta,

complementando incluso con productos probióticos y prebióticos que ayuden a nuestra microbiota habitual a no ser afectada por dichos fármacos.

3.1. *Objetivos de la sesión*

Los objetivos planteados para el desarrollo de esta sesión fueron los siguientes:

- Realizar experimentos de índole científica, favoreciendo la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades.
- Capacitar al grupo de alumnos de la Universidad de la Experiencia dentro del ámbito científico, fomentado la adquisición de actitudes críticas y constructivas.
- Fomentar el aprendizaje y el trabajo cooperativo.
- Facilitar la comprensión de conceptos abstractos como el ADN, la herencia y los genes.
- Potenciar una cultura que valore la Ciencia y sea consciente de la potencialidad que tiene el estudio de la Genética.
- Ayudar al entendimiento de procesos fisicoquímicos de difusión mediante experimentos visuales.
- Explicar la importancia de los recursos biológicos como fuentes de sustancias de aplicación en ámbitos cotidianos de la vida.
- Dar a entender qué es la microbiota y la importancia de esta simbiosis en nuestra salud mediante un aprendizaje visual.
- Proporcionar un ambiente dinámico para el aprendizaje.

3.2. *Desarrollo de la sesión*

Ésta sesión comenzó, como otras, con un pequeño recordatorio de normas de seguridad y de buenas prácticas en el laboratorio, principalmente con el objetivo de que las conocieran y que se involucrasen un poco más en la práctica, ya que todos los experimentos que realizamos, como se explicará, son seguros.

Tras tener todas las normas claras, se procedió a la realización de un sencillo experimento práctico en el que se buscaba extraer el ADN bacteriano de un cultivo puro en placa de Petri y la posterior visualización de una fase líquida en la que se diluye el ADN.

Para ello, se realizó una suspensión de células bacterianas en una solución salina contenida en tubos tipo Eppendorf, manteniendo durante el proceso un ambiente de esterilidad y afianzando metodologías microbiológicas. Esto lo lograron con un mechero de alcohol, el cual proporciona un pequeño espacio de trabajo que evita contaminaciones tanto hacia los trabajadores como hacia los cultivos. También emplearon asas de siembra de plástico estériles, con las que recogieron un pequeño volumen de células bacterianas y que inocularon en la solución (figura 9).



Figura 9. Imagen de la recogida de células de bacterias por alumnos de la Universidad de la Experiencia.

Tras esto, se buscó romper éstas células para liberar su contenido genético al medio líquido. Esto se consiguió utilizando un detergente aniónico, el SDS o Sodio Docecil Sulfato, el cual interacciona con los componentes lipídicos de las bacterias, dando lugar a su desestabilización y a la lisis celular.

Una vez que tenían el ADN disuelto en la solución salina de partida había que precipitarlo, por lo que se utilizó una molécula que interacciona con éste, el isopropanol, un alcohol que, añadiéndolo a -20°C , da lugar a una separación de fases en las que se forma un agregado visible en la interfase, donde se localizará el contenido genético de las bacterias.

La base de ésta técnica es utilizada en otras metodologías más complejas para la extracción de un ADN puro que permita su utilización en estudios genéticos de rutina en un laboratorio de Microbiología y Genética.

Para visualizar los resultados de sus huellas en placas de Petri, se le entregó a cada uno la suya. Mientras las observaban, se fascinaban sobre la cantidad y diversidad de microorganismos que crecieron, muchos de distintas morfologías y colores. Compararon con las placas de los compañeros (figura 10), creando un ambiente ameno y dinámico donde incluso llegaban a autonombrarse los más sucios o los más limpios de la clase en función de qué microorganismos les hubiera crecido a partir de la mano. Aprovechando este ambiente relajado, se aprovechó para explicar la importancia de la microbiota en nuestra salud.



Figura 10. Alumnos de la Universidad de la Experiencia compartiendo opiniones sobre los experimentos realizados.

Por último, se realizó un experimento con espinacas, las cuales fueron machacadas en etanol, un alcohol en el que se pueden disolver las sustancias de interés de la práctica experimental en cuestión (figura 11). Éste líquido, verde tras éste proceso, fue vertido en placas de Petri, sobre las cuales se depositó un papel de filtro. Tras unos minutos en los que el papel hizo de vehículo para la absorción del líquido, se pudieron observar bandas con distintas intensidades de verde, correspondientes a clorofilas y xantofilas de las espinacas. La clorofilas son una familia de pigmentos de color verde que se encuentra en las cianobacterias, algas y plantas y que son críticas en el

proceso de fotosíntesis, mientras que las xantofilas, las cuales también participan en ésta función fotosintéticas, son un tipo de carotenoides amarillos.

Una vez visto esto, se pudo explicar el fenómeno de difusión por el cual, las moléculas con distinto tamaño, solubilidad y afinidad por el papel son capaces de "viajar" más deprisa o más despacio por él, extrapolando la explicación a otros aspectos donde estos principios son aplicables, como las técnicas cromatográficas para la obtención e identificación de sustancias.



Figura 11. Experimentos de separación de pigmentos de las espinacas realizados por los alumnos de la Universidad de la Experiencia durante la sesión.

3.3. Experiencia en el laboratorio

Una parte muy importante a la hora de evaluar el éxito de un trabajo es conocer las opiniones de quienes han participado en él, por un lado, para darnos cuenta de qué es lo que se pueda mejorar y, por otro lado, saber qué es lo que funciona bien y lleva a obtener buenos resultados en el trabajo que llevamos a cabo para así poder, tal vez, repetir ciertas fórmulas en futuros aspectos y situaciones similares. En éste caso, tanto los alumnos como quienes impartimos la sesión, tuvimos una experiencia altamente grata.

Debido a que éstas sesiones fueron muy cercanas, pudimos interactuar mucho y con cercanía con todos los participantes, escuchando de primera

mano todas sus opiniones, impresiones y sugerencias que se les ocurrieron. Entre ellas se podrían destacar dos reflexiones tuyas muy relevantes:

- Los participantes, quienes en su mayoría eran ajenos al ámbito científico, obtuvieron o reforzaron excelentes opiniones con respecto a la Ciencia y la Investigación, dándose cuenta de la importancia que tiene en la Sociedad. Consideramos que éste cambio en sus impresiones resulta de vital importancia, sobretodo dada la situación actual del ámbito universitario en nuestro país, ya que conseguimos que una sección de la población a la que, hoy en día, es más difícil llegar para mostrar estos aspectos, se dé cuenta de la relevancia de la Investigación.
- También resultó positiva la opinión que se llevaron los participantes al trabajar con gente joven en etapa formativa, dándonos a entender que valoraban bastante la labor que realizamos.

Como se ha dicho, éstas opiniones reflejadas fueron recibidas personalmente, pero también se entregó una encuesta a cada alumno/a, al igual que en sesiones previas, en las que se realizaron diversas preguntas relacionadas con el desarrollo y las percepciones de la práctica, pudiendo analizar qué les había parecido y qué habían aprendido.

A continuación se reflejan algunas de las preguntas y respuestas obtenidas por los participantes en la sesión "¿Qué es el ADN?".

¿Qué objetivo perseguimos?

- "Conseguir separar en una solución el ADN del resto de los componentes de los microorganismos. Comparar las placas Petri donde depositamos nuestras huellas digitales. Ver en diferentes capas cómo se deposita en papel una solución con espinacas, para obtener clorofila."
- "Desarrollar habilidades analíticas y experimentales mediante la observación y el desarrollo de los experimentos. Con el ADN perseguimos información genética de un ser vivo."
- "Conocer que el material que constituye el componente genético de todos los seres vivos es fácil de extraer, incluso por métodos caseiros."
- "Darnos a conocer qué es y cómo se consigue el ADN con distintos procedimientos. Es el ácido desoxirribonucleico, que nos da a entender la genética en el desarrollo y funcionamiento de los organismos vivos y el responsable de transmisiones hereditarias."

¿Con quién trabajamos?

- “Con el equipo, el jefe de equipo y mi compañero.”
- “José David, Alexandra, Zaki, Raúl y Alejandro.”
- “Con el mismo equipo que el anterior día. Súper a gusto y encantados con este equipo de profesionales.”

Material utilizado en la sesión

- “Matraz, placas Petri, bacterias *E. coli* para extraer el ADN a través de diversos líquidos y con espinacas para extraer y separar los pigmentos.”
- “Matraz, pipeta, mechero, placa Petri, papel poroso, centrífuga, asa de siembra, etc.”
- “Matraces, asa de siembra, pipetas, placas de Petri, tubos de Eppendorf, alcohol, hojas de espinaca sin nervios...”

¿Qué nos ha parecido? ¿Qué hemos aprendido?

- “Lo importante que es el estudio de la Ciencia. Sin ella el mundo no hubiera progresado en todos los aspectos. Todo lo que ha aportado y que debemos valorarla más y agradecerle todo el bien que está haciendo a la Humanidad, en descubrimiento de enfermedades y nuevas medicinas, También en el medio ambiente y que cualquier persona que se dedique a esta investigación ya es un genio.”
- “Sigo diciendo que, como los días anteriores, las clases son muy interesantes, amenas y he aprendido muchísimo. Siempre salgo con ganas de más.”
- “Me ha parecido muy interesante, me encanta la clase. Hemos aprendido cómo se separan los pigmentos de los vegetales (“la clorofila”) a través de un papel y ver cómo conseguir sacar el ADN de bacterias.”

Por otra parte, los docentes también tuvimos buenas impresiones:

- “Ha sido muy bonito poder transmitir conocimientos de Ciencia a gente alejada de ella. Me he sentido realizado al conseguir que los alumnos menos formados en la materia fuesen capaces de entender conceptos abstractos y complejos.”
- “Me ha gustado que se dieran cuenta de la importancia de la Ciencia y la Investigación, del papel que desempeñamos los investigadores y del sacrificio que este trabajo conlleva.”

- “Ha sido una experiencia gratificante y enriquecedora. Pensábamos que la brecha intergeneracional iba a ser un problema a la hora de congeniar y de transmitir conocimientos, pero nada más lejos de la realidad. Hemos tenido un *feedback* continuo y hemos conectado muy bien.”
- “Me voy muy contento tras haber trabajado con alumnos tan interesados en las clases, tan trabajadores y tan simpáticos.”

Concluyendo ésta sección, decir que resulta muy motivador ver a gente que quiere aprender por aprender, sin buscar una formación para un futuro trabajo, sino por el simple hecho de la gratitud que aporta el saber. Estas experiencias resultan muy enriquecedoras para los docentes, acostumbrados por lo general a alumnos con otras características y particularidades. Las dificultades que podrían surgir debido a la brecha generacional resultaron ínfimas gracias al entusiasmo que mostraron los alumnos. No sólo aprendimos un poco más a enseñar, sino que, con el mero hecho de enseñar, aprendimos.

A parte de todo aquello relativo a la docencia, destacar el ámbito humano de la experiencia. Estos alumnos consiguieron transmitirnos muchos valores y experiencias gratificantes, las cuales, al igual que la semana anterior, nos hicieron quedarnos con ganas de la próxima sesión de trabajo con ellos.

“Cualquiera que deja de aprender es viejo, ya tenga veinte años u ochenta. Cualquiera que sigue aprendiendo se mantiene joven.”

HENRY FORD

4. SESIÓN 4: APRENDIENDO BIOMIMÉTICA Y A EXTRAER ADN HUMANO

En esta sesión se continuará con los conceptos y habilidades adquiridos por los alumnos durante las sesiones anteriores y que servirán para adentrarse aún más en el mundo del ADN, en este caso, a través de la extracción y visualización de su propio ADN. También se llevó a cabo la introducción en el mundo de la biomimética, disciplina que estudia la naturaleza para dar soluciones a problemas tecnológicos.

En primer lugar, aunque la experiencia intergeneracional se encontraba ya muy avanzada y las actividades con el ácido desoxirribonucleico (ADN) habían sido muy productivas, la visualización de su propio ADN utilizando un protocolo sencillo y rápido fue una actividad gratificante ya que, en primer lugar, permite la interiorización de un concepto que puede ser difícil

de entender, como es la presencia de ADN en todos los seres vivos, al ser una molécula común pero que resulta imposible de apreciar en condiciones normales. Además, el acercamiento de las técnicas y la comprobación de estos aspectos de la biología, ayudan a que esta experiencia sea sumamente interesante y productiva.

La inclusión de conceptos científicos en los programas de televisión y otros medios de comunicación es una tendencia imparable, donde continuamente se tratan temas de actualidad como la medicina forense. En este área el estudio de las características genéticas de los individuos tiene un papel fundamental. Entender, a través de la visualización del ADN propio, la base científica de estos programas televisivos supone un desafío para la generaciones no acostumbradas a la nomenclatura científica. Así, con esta experiencia tratamos de familiarizar a los alumnos con estos términos y actividades, favoreciendo la comprensión de conceptos científicos arraigados en el entorno cotidiano.

El segundo concepto tratado fue la biomimética o biomímesis. Se trata de una disciplina que en los últimos años ha mostrado ser sumamente eficaz en la resolución de problemas tecnológicos. La vida existe en la Tierra desde hace al menos 3800 millones de años, evolucionando y adaptándose en un proceso de continuo cambio y colonizando los múltiples ambientes que componen este planeta, dando así lugar a una diversidad enorme.

Los diseños, formas y estrategias que podemos encontrar en la naturaleza son el resultado de innumerables pruebas de error y acierto hasta conseguir los diseños que observamos en la actualidad, por lo que éstos han sido probados un sinnúmero de veces demostrando así su eficacia. De esta manera, el uso de tipologías similares y diseños naturales aplicados a problemas humanos, permite la reducción en el tiempo de búsqueda, asegurándose un porcentaje de éxito considerable. Por esta razón, la biomimética se inspira en estos diseños para dar solución a problemas tecnológicos de la humanidad.

En realidad, el concepto de Biomimética ha sido acuñado en las últimas décadas, aunque los principios que rigen esta especialidad científica han sido utilizados desde centenas de años por la humanidad y algunos genios como Leonardo da Vinci ya utilizaban sus fundamentos activamente para el diseño de sus invenciones. Suya es la frase "La mente humana nunca encontrará invención más bella, ni más fácil o más breve que en la naturaleza, porque en sus invenciones nada falta y nada es superfluo" que nos indica claramente como para este ilustre inventor renacentista, la naturaleza era una fuente de inspiración especialmente significativa y con un potencial inimaginable.

4.1. Objetivos de la sesión

El trabajo realizado durante la jornada de trabajo se estructuró sobre la transversalidad de los conocimientos adquiridos, desarrollándose una serie de objetivos que buscaban no sólo el crecimiento de la propia conciencia científica, sino que también se centraba en la comprensión de la importancia de la ciencia en la sociedad, así como esta aporta aspectos beneficiosos e innovadores en todas sus formas de expresión. Los objetivos planteados sobre los que se desarrolló la jornada fueron los siguientes:

- Comprender la importancia del ADN como unidad fundamental de la vida, presente en todos los seres vivos.
- Manejar técnicas sencillas de índole científica, descubriendo como la ciencia no precisa de grandes instrumentaciones para ser apasionante.
- Capacitar a los alumnos de la Universidad de la Experiencia para comprender los conceptos de ADN que se utilizan habitualmente en el ámbito audiovisual y como las técnicas que se muestran presentan una base científica real.
- Fomentar el pensamiento científico y la racionalización a través del pensamiento abstracto y los procesos de ingeniería inversa utilizados en la biomimética.
- Relacionar diversos aparatos de inspiración biomimética con los conceptos fisicoquímicos que permiten su aplicación a la vida diaria.
- Incentivar nuevas formas de disfrutar de la naturaleza, aprendiendo una faceta nueva y habitual aunque desapercibida de la misma.

4.2. Desarrollo de la sesión

Los asistentes a esta jornada de la Universidad de la Experiencia comenzaron su trabajo continuando con los conceptos de ADN que habían sido introducidos en la jornada anterior. Sin embargo, en este caso la posibilidad de visualizar su propio material genético fue un incentivo que despertó una gran curiosidad entre los asistentes. El material biológico se obtuvo mediante una técnica sencilla y no lesiva como es un enjuague de boca con agua ligeramente salada para facilitar que todos los asistentes pudieran realizarla.

A continuación, se utilizó una solución de un detergente denominado SDS (dodecilsulfato sódico), utilizado para facilitar la ruptura de las células y la liberación del material genético. En este punto, los alumnos de la Universidad

de la Experiencia realizaron el primer paso del protocolo con gran entusiasmo y expectación. Este proceso se llevó a cabo mediante agitación suave para finalizar con la parte más determinante que es la precipitación de ADN extraído mediante la adicción de un alcohol a baja temperatura (Figura 12).



Figura 12. Alumnos agitando la solución para visualizar el ADN.

En este punto los asistentes vieron como comenzaban a formarse pequeños acúmulos de color blanquecino en la interfase formada entre el alcohol y la solución inferior, que varió en eficiencia entre los asistentes pero que en todos los casos fue observado (Figura 13).



Figura 13. Fotografía de un tubo tipo Falcon donde se observa la masa de ADN suspendido en la solución.

A continuación, y tras haber realizado esta experiencia molecular, cambiamos radicalmente de tema y nos dispusimos a abordar un tema muy diferente, el de la biomimética. Este proceso lo abordamos en primer lugar a través de la explicación de ejemplos teóricos que iniciaron a los alumnos de esta experiencia intergeneracional en el nuevo mundo de la biomimesis.

Las explicaciones de cómo funciona esta disciplina y ejemplos tan sencillos de entender como por ejemplo la utilización del diseño del pico del martín pescador, un pequeño pájaro azulado que recorre las orillas de charcas y ríos lanzándose en picado sobre el agua para capturar pequeños peces desprevenidos. El diseño del pico del Martín pescador ha sido empleado por ingenieros japoneses para reducir la fricción del aire del tren bala japonés y así permitir alcanzar mayores velocidades con un menor gasto energético y evitando las molestas explosiones sónicas que se originaban en la salida de los túneles. También se analizó la inspiración de las alas de las aves, forma y perfil, para el diseño de aviones, o la utilización en biorrobótica. Estos ejemplos rápidamente surtieron efecto, permitiendo a estos aplicados alumnos descubrir como la naturaleza tiene un sinnúmero de oportunidades que ofrecer.

Posteriormente, se utilizaron casos prácticos interactivos para ver en primera persona diferentes ejemplos de productos en cuyo diseño la biomimética ha jugado un papel fundamental como en el caso del Lotusan o el Ultra Ever Dry (Figura 14), que son productos inspirados en la hoja de la planta de loto. Esta hoja tiene una peculiar estructura microscópica que no permite que el agua ni la suciedad se acumulen sobre ella que origina un efecto de super-hidrofobicidad. En el primer caso, el modelo de biomimética sigue un proceso de imitación de diseño y en el segundo caso es un proceso de inspiración.

Los asistentes a esta sesión intergeneracional vieron también al microscopio como era algo tan cotidiano como el velcro y como sus dos partes funcionaban. Este revolucionario invento está inspirado en como las semillas de *Arctium lappa* se “pegan” a los pelos de los mamíferos para que mediante un proceso de zoocoria, puedan dispersarse lejos de sus progenitores.



Figura 14. Efecto flor de loto sobre la superficie de un utensilio de cocina.

4.3. Metodología didáctica

El desarrollo de la jornada estuvo marcado por la clara dualidad de contenidos abordados, en un primer lugar la realización de la extracción de su propio ADN, y en segundo lugar el estudio de las características de artículos de diseño biomimético.

La extracción de ADN de los participantes se llevó a cabo utilizando una técnica sencilla y rudimentaria, basada en la utilización de una solución salina para, mediante un enjuague, recuperar células epiteliales de la boca. Sobre esta solución se añadió una solución de SDS (Sodio DodecilSulfato), un detergente, que se utilizaría para romper las células o como se expresa en nomenclatura científica, lisar las células. Si es verdad, que este detergente puede ser sustituido por cualquier otro, preferiblemente incoloro. El detergente actúa desestabilizando y rompiendo las membranas celulares, liberando de esta manera, los diferentes componentes celulares entre los que se encuentra el ADN. Estos componentes celulares junto con el ADN quedan disueltos en la solución salina inicial. El siguiente paso, fue la adición de isopropanol

a temperatura de -20°C . El isopropanol es un alcohol de bajo peso molecular que induce la precipitación del ADN. En estas condiciones el ADN pasa de estar disuelto en la solución inicial a precipitarse en acumulaciones de color blanquecino. Si al añadir isopropanol lo añadimos con cuidado se forman dos fases diferentes, en cuya zona de contacto se formaran las acumulaciones de ADN precipitado.

La siguiente parte de la sesión se realizó de manera eminentemente práctica, apoyándonos con la inclusión de conceptos teóricos mediante la realización de experiencias que facilitan el aprendizaje.

Tras una breve sesión teórica de inmersión en los conceptos de biomimética y la incentivación de un pensamiento racional, se abordaron conceptos de ingeniería inversa mediante la deconstrucción de estructuras naturales y de proyectos biomiméticos para familiarizar a los alumnos con el proceso seguido en cualquier análisis biomimético. Los alumnos tuvieron la oportunidad de experimentar ellos mismos como los productos mostrados presentaban las características claves inspiradas en la naturaleza, añadiendo agua coloreada sobre madera tratada con Lotusan para observar el efecto hoja de loto, en contraposición con otra porción tratada con pintura convencional. También pudieron ver el efecto de Ultra Ever Dry sobre distintos objetos como botas, martillos, guantes o utensilios de cocina y como el agua prácticamente escapaba o se concentraba en forma casi esférica. En último lugar, se procedió a realizar la observación al microscopio de las fibras del Velcro, observando como cada lámina presentaba unas características que le permitían realizar el efecto de anclaje.

Las metodologías utilizadas se basaron en los principios de inclusividad del alumno, el favorecimiento del pensamiento reflexivo, la realización de actividades transversales y con un marcado carácter práctico para dinamizar el aprendizaje.

4.4. Experiencia en el laboratorio

Debido a que esta fue la última sesión, el desarrollo de la misma estuvo marcado por la confianza entre ambas partes, fruto de la realización de varias sesiones de trabajo anteriores y del sumergimiento hacia descubrimiento científico que habían hecho en semanas precedentes. Por ello, pudimos jugar con la predisposición de los alumnos, un papel fundamental en el desarrollo de la misma.

En primer lugar, las experiencias de alumnos de la Universidad de la Experiencia fueron transmitidas de manera directa, mostrando su agradecimiento hacia los profesores que habíamos compartido nuestro tiempo con ellos. Sin embargo, también se completaron encuestas que nos ayudaron a analizar las experiencias vividas de forma anónima. Algunas de las preguntas y respuestas obtenidas se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de algunas preguntas y respuestas realizadas al finalizar la sesión de Aprendiendo biomimética y a extraer ADN humano, por parte del grupo de alumnos y alumnas de la Universidad de la Experiencia.

Pregunta	Respuesta
¿Qué objetivo perseguimos?	Hoy estamos extrayendo nuestro ADN.
	Extracción de DNA humano y Biomimética.
	Extraer el ADN, la ciencia que estudia a la naturaleza a través de la planta de Lotus.
¿Con quién trabajamos?	Javi, Alexandra, José David, Zaki y Alex.
	José David, Zaki, Alexandra, Javi y Alex.
	Raul Rivas González, Alexandra, Alex, José David, Zaki.
Material utilizado en la sesión	Tubo Falcon, pipeta, Solución salina, Jabón y agua.
	Tubo Falcon, Solución salina, pipeta, Jabón y agua.
	Tubo Falcon con agua, jabón, alcohol para conseguir ver el ADN.
¿Qué nos ha parecido? ¿Qué hemos aprendido?	Interesante como todas que nos han impartido. Hoy nos hablan de la biomimética que es una disciplina que se inspira en la naturaleza para solucionar problemas cotidianos. Hemos visto Lotusan: pintura autolimpiable, Ultra ever dry liquido que significa siempre seco.
	Aparte de la extracción de ADN, la biomimética que como la ciencia que estudia la naturaleza, se sirve de esta como inspiración de nuevas tecnologías innovadoras para resolver problemas de los humanos que la naturaleza ha resuelto.

Pregunta	Respuesta
	<p>Muy interesante, instructivo y conociendo el valor de la investigación.</p> <p>Extraer nuestro propio ADN.</p> <p>Que observando los procesos de la naturaleza el ser humano ha inventado o sacado productos que nos facilitan la vida.</p> <p>El velcro observando la adherencia de cardos alpinos.</p> <p>El lotusan observando cómo resbala el agua en las hojas de loto.</p> <p>Diseño del tren bala observando cómo pesca el Martín pescador, sirviendo de ejemplo su pico.</p>

En esta última sesión, fruto de los conocimientos adquiridos en sesiones anteriores, se observó como los mayores mostraban gran destreza tanto en el manejo de material de laboratorio como en el uso de metodología científica, se comportaban como alumnos atentos y altamente incentivados por la materia impartida, algo que es sumamente gratificante para cualquier docente.

Nuestra experiencia, dejando a un lado la complicidad ganada con nuestros aplicados alumnos durante estas sesiones, puede resumirse en lo gratificante y agradable que supuso el intercambio de impresiones y conocimientos con personas que, a pesar del desconocimiento de los temas tratados, rápidamente se unieron al hilo de la ciencia, dándonos una visión totalmente diferente a lo que solemos estar acostumbrados.

Aunque puede considerarse un reto este tipo de experiencias intergeneracionales, suponen una actividad necesaria en una sociedad que avanza, desde el punto de vista de la ciencia, a pasos agigantados. El intercambio de opiniones siempre es enriquecedor y además, permite conocer las inquietudes científicas de las personas. Esta situación, nos ayuda a comprender como la investigación debe incorporarse a la vida cotidiana mediante el acercamiento de los conceptos científicos a la ciudadanía.

CAPÍTULO V BIBLIOGRAFÍA

- Carballo, J., Rodríguez, L. & Pérez M. J. (2015). Experiencias de aproximación a la microbiología para alumnos no universitarios. *Docencia y Difusión de la Microbiología*. *Sem@foro*, 59, 45-46.
- Carreras, J. S. (2011). Educación y aprendizaje en las personas mayores. Librería-Editorial Dykinson.
- Castaño-Orozco, M. E. (2017). Guía de laboratorio. Microbiología básica. *Documentos de Docencia*, 3.
- Collado Ruano, J. (2017). Biomímesis: un abordaje transdisciplinar a la educación para la ciudadanía mundial. *Revista Iberoamericana de Educación y Servicio*, 3, 35-54.
- Guillen, M. (2014). ADN forense: problemas éticos y jurídicos. Ed. Casado. España.
- López Contreras, J. A. (2015). En la guerra de las bacterias el antibiótico es el rey: una propuesta de indagación para la enseñanza de la microbiología en 2º curso de Bachillerato (Trabajo Fin de Máster). Editorial Universidad de Granada.
- López Forniés, I., & Berges Muro, L. (2012). *Modelo metodológico de diseño conceptual con enfoque biomimético* (Doctoral dissertation, Universidad de Zaragoza, Prensas de la Universidad).
- Luque, J. (2009). *Biología Molecular e Ingeniería Genética*. Ed. Harcourt.
- Madigan, M. (2015). *Brock Biología de los microorganismos*. Ed. Pearson. España.
- Mazo, E. P., Marín, M. A., & Flórez, J. D. J. (2016). Biomimética o la traducción de los fenómenos biológicos al diseño. *Iconofacto*, 11(16), 201-212.

- Mínguez, J. G. (2005). *Programas de educación intergeneracional* (Vol. 22). Librería-Editorial Dykinson.
- Marchena, J. A. M. (2014). Educación y personas mayores. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 17(1), 121.
- Mínguez, A. M. (2011). La reproducción intergeneracional de las desigualdades educativas: límites y oportunidades de la democracia. *Revista de educación*, (1), 183-206.
- Mínguez, J. G. (2004). *La educación en personas mayores: Ensayo de nuevos caminos* (Vol. 55). Narcea Ediciones.
- Marchena, J. A. M. (2014). Educación y personas mayores. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 17(1), 121.
- Requejo Osorio, A. (2003). Educación permanente y educación de adultos: intervención socioeducativa en la edad adulta. Ariel Educación.
- Rocha Rangel, E., Rodríguez García, J. A., Martínez Peña, E., & López Hernández, J. (2012). Biomimética: innovación sustentable inspirada por la naturaleza. *Investigación y Ciencia*, 20(55).
- Rojas Hurtado, M. L. (2017). *Prácticas de comunicación intergeneracionales de dos maestros de educación secundaria de Popayán* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- Rosas, I. (2004). *Microbiología ambiental*. Instituto Nacional de Ecología.
- Schlegel, H. G., & Zaborosch, C. (1997). *Microbiología general*. Barcelona: Omega.
- Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2007). *Introducción a la microbiología*. Ed. Médica Panamericana.
- Yamazaki, R. M., dos Santos, J. V. A., Stuani, G. M., & Yamazaki, S. C. (2014). Extracción de ácido desoxirribunucleico-ADN: una actividad que emite luz, pero también proyecta sombras. *Revista de Educación en Biología*, 17(1), pp-122.
- Zarza, O. (2009). Aprendizaje por descubrimiento. Innovación y experiencias educativas (18), 1-11.

