

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.**

**JOSE ANTONIO LÓPEZ CONTRERAS
TRABAJO FIN DE MÁSTER. 2014/2015**

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.

Departamento de Didáctica de la Ciencias Experimentales

Universidad de Granada



UNIVERSIDAD DE GRANADA

MÁSTER UNIVERSITARIO DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE IDIOMAS (ESPECIALIDAD BIOLOGÍA-GEOLOGÍA)

Curso 2014/2015

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**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.**

El Autor	V.B. Directora	V.B. Director
Fdo.: José Antonio López Contreras	Fdo.: Dra. María Martínez-Chico	Fdo.: Dr. F. Javier Carrillo Rosúa

IN MEMORIAM
JOSÉ ANTONIO LÓPEZ VÍLCHEZ

Agradecimientos.

En primer lugar, agradecer a mis directores de Trabajo Fin de Máster: Dr. F. Javier Carrillo Rosúa y Dra. María Martínez-Chico, por su buen criterio, orientación y buena disposición. Ellos han sido imprescindibles para que este trabajo llegue a buen puerto.

De igual manera, agradecer a mi tutora de prácticas: Doña Carmen Fernández Pavés, del IES Pedro Antonio de Alarcón de Guadix, por su labor docente, paciencia conmigo y por transmitir muchos de sus conocimientos que sin duda aplicaré en mi futura labor docente. Y destacar su buen trato, bondad y sentido común, que la hace mejor persona aún que la gran profesional que es.

Agradecer al equipo directivo del IES Pedro Antonio de Alarcón que me permitiera realizar las prácticas con los alumnos/as de 2º de Bachillerato del Diurno y obtener datos de ellos. Y agradecer a los alumnos/as su buena disposición, y a su profesor: Gabriel Padial López, por su interés y por posibilitar estas prácticas.

Al Dr. Manuel Fernández López, de EGI-CESIC, por proporcionar parte del material que se ha empleado y por mi formación, necesaria para llegar a buen término.

Igualmente, mencionar al Departamento de Didáctica de la Ciencias Experimentales, que ha facilitado parte del material necesario para las prácticas y a gran parte del profesorado el máster, por transmitir sus conocimientos e intentar que comprendamos la importancia de un buen diseño didáctico.

Mis más grandes agradecimientos a mis compañeros del Máster, Margarita Ibáñez Ibáñez y José Luis Robles Pérez. Hemos hecho un buen equipo con grandes amigos. Hemos sabido trabajar en grupo y aprendido unos de otros. Lo hemos pasado bien juntos. Un gran abrazo para ellos.

Finalmente, mi mayor agradecimiento a Mi Madre, Doña Adelfina Contreras Sánchez, que siempre me anima a seguir adelante en tiempos difíciles. Y a mi novia, Inmaculada Ocón Moraleda, mi puerto seguro en tempestades traicioneras.

A todos, ¡Muchas Gracias!

RESUMEN.

En este Trabajo Fin de Máster se realiza el diseño de una propuesta para la enseñanza de contenidos de Microbiología en 2º de Bachillerato utilizando la *Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación* (IBSE). Se ha realizado un estudio bibliográfico que fundamenta el diseño de la propuesta didáctica y esta se ha implementado en un Instituto de Educación Secundaria de la provincia de Granada para poder ser evaluada. La temática de la propuesta versa sobre la diversidad de colonias de microorganismos en el medio natural, específicamente en el suelo. Dicha propuesta comienza con el interrogante del porqué del interés del estudio de los microorganismos para el ser humano. La indagación que le sigue implica también el trabajo experimental. Además, este enfoque de la enseñanza de las ciencias aporta conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia. Tras la implementación de la propuesta diseñada, se observa que se incrementa los conocimientos autoevaluado por los estudiantes sobre microbiología y especialmente, sobre naturaleza de la ciencia.

Palabras claves: Educación Secundaria, Bachillerato, Enseñanza de las ciencias basada en la indagación, enseñanza de la microbiología, microbiología, antibiótico, suelo, laboratorio, trabajos prácticos

ABSTRACT.

In this Master's Thesis, a proposal for teaching Microbiology in 12th grade using the Inquiry Based Science Education (IBSE) methodology is performed. In this Master's Thesis, a proposal for teaching Microbiology in 2nd year using the Inquiry Based Science Education (IBSE) methodology is performed. A literature review is performed to base the lesson plan. In addition this lesson plan was implemented in a secondary school from Granada province. The theme of the proposal concerns the diversity of colonies of microorganisms in the environment, specifically on the soil. This proposal begins with the question of why the interest of the study of microorganisms to humans. The inquiry that follows also involves experimental work.

In addition, this teaching approach provides insights into the nature of science. After the implementation of the lesson plan, it is observed that the student self-assessed knowledge on microbiology and especially about nature of science increases.

Key words: Secondary Education, High School diploma, Inquiry-Based Science Education, teaching microbiology, microbiology, antibiotic, soil, laboratory, hand-on activities

ÍNDICE DE CONTENIDOS (digital).

1 INTRODUCCIÓN. --> 1

1.1 La sociedad española y el conocimiento científico. --> 1

1.1.1 Origen del conocimiento científico de la sociedad de la información. Medios de comunicación, divulgación científica, grupos de pseudociencia y creencias. --> 2

2

1.1.2 Nivel de conocimientos de los docentes en temas científicos. --> 3

1.1.3 Alfabetización científica a través del currículo académico y la metodología didáctica en secundaria. --> 5

1.1.4 Nivel medio de los conocimientos científicos de los estudiantes de secundaria. --> 8

1.2 Necesidad y justificación del diseño didáctico propuesto. --> 9

2 OBJETIVOS. --> 12

3. MARCO TEÓRICO. --> 13

3.1 Constructivismo, alternativa a la enseñanza tradicional. --> 13

3.2 Ideas previas o concepciones alternativas como paso a un aprendizaje significativo. --> 15

3.2.1 Las ideas previas o concepciones alternativas acerca de la microbiología y los antibióticos en el alumnado de secundaria. --> 17

3.2.1.1 Ideas previas en biología. --> 17

3.2.1.2 Ideas previas en microbiología. --> 18

3.2.1.3 Ideas previas sobre los antibióticos. --> 20

3.3 Competencia científica en el currículo académico de secundaria. --> 21

3.4 Naturaleza de la Ciencia. --> 25

3.5 Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (IBSE). --> 27

4. DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA. --> 33

4.1 Marco curricular. --> 33

4.1.2 Directrices y orientaciones generales para la Pruebas de Acceso a la Universidad (curso 2014/2015, asignatura de Biología). --> 33

4.2 Objetivos. --> 34

4.3 Contenidos, "big ideas" o ideas clave. --> 35

4.3.1 Ideas previas de los alumnos/as que se espera afrontar con este diseño didáctico. --> 35

4.4 Temporalización. --> 36

4.5 Secuencia de actividades. --> 38

4.6 Atención a la diversidad y al alumnado con necesidades educativas específicas. --> 51

4.7 Evaluación. --> 52

4.7.1 Criterios de evaluación. --> 54

4.7.2 Instrumentos de evaluación. --> 55

4.7.2.1 Recogida de información. --> 55

4.7.2.2 Rúbrica: analizar los resultados en relación a los criterios establecidos. --> 58

4.7.3 Calificación. --> 59

4.8 Tabla resumen del diseño didáctico. --> 59

<u>5. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA. --></u>	<u>63</u>
<u>5.1 Objetivos e hipótesis de la investigación. --></u>	<u>63</u>
<u>5.2 Metodología: Participantes, implementación del diseño didáctico e instrumentos de recogida de datos. --></u>	<u>63</u>
<u>5.2.1 Participantes, periodo y localización de la implementación. --></u>	<u>64</u>
<u>5.2.2 Implementación de la propuesta didáctica. --></u>	<u>64</u>
<u>5.2.3 Instrumentos de recogida de datos. --></u>	<u>66</u>
<u>5.3 Resultados y discusión. --></u>	<u>68</u>
<u>5.3.1 Estadísticos descriptivos de las respuestas al cuestionario de autoevaluación KPSI. --></u>	<u>68</u>
<u>5.3.2 Análisis de las diferencias pre-post de las puntuaciones del cuestionario KPSI. --></u>	<u>71</u>
<u>6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA. --></u>	<u>75</u>
<u>7. REFERENCIAS. --></u>	<u>76</u>
<u>8. ANEXOS. --></u>	<u>81</u>
<u>A. Anexos de bibliografía. --></u>	<u>81</u>
<u>B. Guía de laboratorio. --></u>	<u>83</u>
<u>C. Guión del profesor/a de preguntas. --></u>	<u>89</u>
<u>D. Formulario de respuestas. --></u>	<u>92</u>
<u>E. Formulario de evaluación. --></u>	<u>96</u>
<u>F. Características del Centro donde se realizó la implementación del diseño didáctico. --></u>	<u>98</u>
<u>H. Estadísticos descriptivos y test. --></u>	<u>99</u>
<u>I. Material suplementarios y archivos multimedia. --></u>	<u>105</u>

1 INTRODUCCIÓN

En el marco del Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (UGR) se desarrolla la creación de este Trabajo Fin de Máster. Dentro de la diversidad de modalidades ofertadas, se escogió la de Innovación Educativa y Materiales Didácticos, aunque constituye también el inicio de una Investigación Educativa. Así la propuesta didáctica diseñada, se implementó en la medida de lo posible, aprovechando las prácticas en centros educativos y ha podido ser evaluada en algunos aspectos, dejándose otros para trabajos futuros. La temática a enseñar corresponde a la microbiología, debido a mi experiencia previa en este campo. Se centra en un contexto cercano a los estudiantes, los antibióticos, su origen y efectos, así como el suelo.

El enfoque metodológico que se le quiere dar a esta propuesta es el de la enseñanza de las Ciencias basada en la indagación, dado que es uno de los que actualmente está ocupando más la atención de la investigación didáctica y de las innovaciones educativas en el mundo por sus prometedores resultados (ej. Couso, 2014). Este enfoque didáctico se cristalizó en formato de *prácticas de laboratorio* (con actividades manipulativas) junto con debates en el gran grupo y actividades cognitivas individuales y grupales.

1.1 La sociedad española y el conocimiento científico.

La relación de la sociedad española y el conocimiento científico o ciencia experimental ha sido ambigua a lo largo de su historia. Los datos sociológicos obtenidos del informe bianual “VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia”, de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) del año 2014 (FECYT, 2015), sirven para tomar el pulso de la relación de la sociedad española con la ciencia en diferentes ámbitos. Esta visión general se sitúa en este trabajo como primera piedra de toque para contextualizar el conocimiento general de la sociedad actual de la ciencia y poder inferir el nivel basal de la sociedad en que vive el alumnado español de Secundaria obligatoria y bachillerato. El análisis de los datos de dicha encuesta permite poner de manifiesto la visión o percepción de la ciencia entre la población e incluso algunas concepciones alternativas o ideas previas existentes sobre cuestiones científicas.

Solo un 15% de los encuestados tiene un interés espontáneo por la ciencia, llegando en los jóvenes de 15 a 24 años hasta el 25%. Este desinterés por la ciencia del resto de la población se debe entre otros motivos a la falta de comprensión de los mensajes sobre ciencia (35,9%). Esto concuerda con que la mitad de la población (47,1%) cree que ha recibido una formación en ciencia baja o muy baja. Por tanto, la información científica que reciben no es contrastada con los conocimientos reglados que poseen sino con las ideas previas y alternativas al conocimiento científico.

Esta información científica de la que se alimenta la sociedad proviene de canales no especializados en ciencia con contenidos no elaborados por científicos en muchos casos: Internet (39,8%), televisión (31,9%), prensa escrita (11,9%) y radio (4,9%). Estos canales de información no siempre son veraces, ya que la información no está curada y contrastada. Unido esto a carencias formativas en la educación reglada, se da lugar a lo que se conoce como falta de alfabetización científica de la sociedad.

La alfabetización científica de la sociedad en esta encuesta se mide a través de 12 preguntas clave de distintas ramas de la ciencia. El promedio de respuestas acertadas es de un 70,4%, y si se observa la pregunta relacionada con la temática de los microorganismos: “Los antibióticos curan enfermedades causadas tanto por virus como por bacterias”, sólo un 46,5% aciertan en la respuesta. Es preocupante que exista una diferencia para esta pregunta de hasta 6 puntos porcentuales entre las respuestas acertadas de los individuos de 35 a 44 años (53,4%) y los teóricamente con más disponibilidad de información de 15 a 24 años (47,5%). No obstante, hay que reseñar que la alfabetización científica medida por esta encuesta que se aplica periódicamente, ha crecido en todos los campos desde 2006.

Esto puede provocar situaciones tan dantescas como que, en torno al 25% de los encuestados, afirmen que pseudociencias, como la acupuntura o la homeopatía, son muy o bastante científicas, así como otras disciplinas no científicas del conocimiento humano.

Por tanto, la desinformación o la información de mala calidad da pie a que el 40,5% de los encuestados (n=6355) no crean que “Los beneficios de la ciencia y la tecnología son mayores que sus perjuicios”.

Uno de los aspectos más destacables de la encuesta para este trabajo es, como se ha dicho antes, la gran proporción de encuestados que creen que su formación en ciencias y tecnología es baja o muy baja y la falta de interés por estos temas debido a su no comprensión de los mismos. Estos datos hacen reflexionar acerca del papel del profesorado, la metodología didáctica y del currículo educativo en la alfabetización científica.

1.1.1 Origen del conocimiento científico de la sociedad de la información. Medios de comunicación, divulgación científica, grupos de pseudociencia y creencias.

El conocimiento de la sociedad de temas científicos o alfabetización científica hace referencia del conocimiento de conceptos, teorías y leyes de cada una de las ciencias experimentales en mayor o menor profundidad. Pero también a cómo se construye el conocimiento científico; a el interés que suscita los avances científicos y tecnológicos; y a la influencia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo social (Hodson, 2008; citado por García-Carmona *et al.*, 2011). El conjunto de estos otros aspectos se conoce como “naturaleza de la ciencia”.

Las vías de acceso a la información científica de la sociedad general, si no consideramos el ámbito escolar, son predominantemente la prensa escrita (papel o digital) y los *blogs* de internet (*wikipedia* y *blogs “de ciencia”* de divulgación); y muy lejos los sitios especializados en la web (de una mayor complejidad y no adecuada para un usuario con conocimientos básicos, como los “blogs” de divulgación, ej.: <https://twitter.com/NatureNews>) (FECYT, 2014). No hay que desdeñar la importancia de la comunicación directa entre iguales mediante conversaciones informales. Esta puede ser una de las causas de la transmisión de falsas ideas sobre conocimientos científicos cuando no sobre pseudociencia (conocimientos que, no siendo científicos, se hacen pasar por tales para ganar prestigio y notoriedad, en contraposición con los datos científicos reales).

Los medios de comunicación han aumentado la presencia de temas de divulgación científica con espacios especializados a tal fin. La divulgación es esencial para un aprendizaje informal mayor que el que se aprende de forma reglada y su aplicación en ámbitos diversos de la sociedad conocido como enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) (Blanco, 2004; González y Jiménez Liso, 2005). Así, las noticias de prensa pueden incorporarse como material de apoyo con un importante potencial didáctico, que

hace al alumnado comprender de forma crítica los mensajes científicos, aunque su uso es escaso en las aulas. Pero en general, el nivel de redacción de los artículos es muy simple y están enfocados a la divulgación general más que a la didáctica o transmisión exhaustiva, alejándose de la exactitud de los datos y de terminología científica. Los autores de los artículos son periodistas no especializados que redactan una noticia de agencia, periodistas especialistas en divulgación científica y unos pocos científicos que realizan divulgación. No obstante, *“la información proporcionada sobre la Naturaleza de la Ciencia, en la inmensa mayoría de noticias científicas, es bastante consonante con la concepción que se tiene de esta actualmente”* (García-Carmona, 2014, p. 505).

Pero tan importante es conocer la literatura y artículos de divulgación científica cómo distinguir lo que es ciencia de lo que no lo es, **pseudociencia**. Pero esto no es nuevo. En la historia de la humanidad se han dado explicaciones mitológicas o sin fundamento a hechos de la naturaleza. Lo que distingue a la pseudociencia de estos mitos previos es el uso de una pátina científica para justificar ideas no contrastadas o mitológicas, tal como el uso de terminología científica y racionalista con justificación no racionalista como Dios, etc. (Claramonte Sanz, 2013). Ejemplos claros en la actualidad son el creacionismo, los movimientos antivacunas, las paleodietas, recetas anticáncer, el magnetismo en la salud o la energía como concepto místico e irracional (Gil Pérez y Vilches Peña, 2006). Estas creencias se difunden rápidamente usando internet y facilitadas por la falta de alfabetización científica de la sociedad, su sencillez de explicación, promesas fáciles de cumplir y a la promoción con objetivos económicos y religiosos.

1.1.2 Nivel de conocimientos de los docentes en temas científicos.

Pero la sociedad en su conjunto ha pasado a través de unas enseñanzas regladas mínimas, en las que se ha instruido con mayor o menor profundidad en temas de ciencia, según las leyes de educación vigentes. La formación reglada es por tanto muy importante para eliminar conceptos pseudocientíficos de la sociedad, y el papel del docente, especialmente el no familiarizado con la ciencia en edades tempranas, maestros/as, es clave a la hora de no fomentar ideas erróneas de hecho o procedimientos científicos.

Por ello, es destacable la importancia que tiene la enseñanza de las ciencias en el currículo académico de los maestros/as, imprescindibles para una mejor alfabetización científica de la sociedad en su conjunto.

Los conocimientos científicos que los alumnos/as poseen en secundaria se han ido construyendo a lo largo de su vida. Estos conocimientos se construyen, no sólo a partir de la interacción de las personas con su entorno, sino también con la sociedad en su conjunto y específicamente de su entorno familiar, medios de comunicación, grupo de iguales, y educación reglada. La fase previa a la educación secundaria es la educación primaria. En esta etapa se van sentando las bases para la construcción de conocimiento posterior, y las visiones distorsionadas de la ciencia o ideas previas acerca de cuestiones científicas pueden ser arrastradas hacia cursos posteriores.

Es por ello que la adecuada formación de los docentes resulta esencial para poder lograr una apropiada transmisión de información y guía en la construcción de conocimiento de los alumnos/as. Los docentes son la pieza clave para hacer efectivo cualquier cambio en la enseñanza de las ciencias, ya sea en la metodología empleada o a nivel curricular, y por tanto determinan el grado de éxito o fracaso en la enseñanza-aprendizaje de los contenidos de ciencias y sobre ciencias (Martínez-Chico, 2013). La necesidad de la formación de los profesores/as de secundaria en ciencias no es cuestionable, ya que todos ellos poseen

cierto dominio del contenido de las distintas ramas que imparte y en su mayoría han tenido experiencias experimentales y descriptivas derivadas de sus estudios superiores, que hacen que posean nociones sobre la naturaleza del conocimiento científico. Esta formación previa contrasta con la recibida por los maestros/as de primaria, caracterizada, por lo general, por una escasa formación intensiva y específica en ciencias, sus conceptos, leyes o procedimientos. Un trabajo de Guisasola y Morentin (2007) refleja cómo los futuros maestros tienen una visión positiva de la ciencia, al contrastar las teorías con hechos observables, pero no distinguen con claridad entre teorías y datos experimentales, y desconocen los mecanismos que hacen avanzar a la ciencia con flexibilidad de estrategias y procedimientos. Pueden aprender contenidos de la materia a enseñar, pero al no correlacionarse con el contexto ni la finalidad, no es suficiente para transmitirlos correctamente al aula (Guisasola y Morentin, 2007). A este panorama hemos de añadirle la enorme disparidad encontrada en los enfoques de la enseñanza de las ciencias experimentales adoptados por los encargados de formar a los docentes (Martínez-Chico, 2014), y la enorme brecha existente entre los resultados de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias y lo que llega al aula de Primaria o Secundaria, como muestran recientes proyectos de investigación e informes nacionales e internacionales (Worth, Duque y Saltiel, 2006; Osborne y Dillon, 2008; COSCE, 2011; citados por Martínez-Chico, 2014). Todo ello dificulta que los docentes adquieran los conocimientos necesarios para enseñar ciencias a su alumnado según las recomendaciones y los principios establecidos por la investigación didáctica, de manera que no se trate de una mera relación de conceptos, sino que los alumnos/as construyan explicaciones a los fenómenos naturales partiendo de cuestiones cotidianas o cercanas que les permitan acercarse al conocimiento científico objeto de enseñanza de forma similar a como ocurre en la actividad científica.

Respecto al conocimiento que de la naturaleza de las ciencias tiene el profesorado, en el trabajo de García-Carmona *et al.* (2011) los docentes en formación asumen la ciencia como un cuerpo de conocimiento identificado de forma discreta con sus áreas del conocimiento. Muestran una visión antropocéntrica del conocimiento científico, considerándolo sólo como un instrumento útil, medio para alcanzar objetivos técnicos (visión de la ciencia al servicio de la tecnología, la ciencia aplicada). No suelen concebir la tecnología como diseños o procesos sino como meros artilugios, y no distinguen entre hipótesis, teorías y leyes (distintos estadios del conocimiento científico). Conciben el conocimiento científico como verdad absoluta e inamovible sin tener conciencia del componente de paradigma de la comunidad científica y el avance del conocimiento científico mediante el cambio de paradigma reforzado por pruebas revisadas de forma estandarizada. Esto les genera una gran dificultad de discriminación entre los datos científicos y los datos pseudocientíficos al no distinguir la auténtica naturaleza del conocimiento científico.

Ante este panorama se hace necesario tratar de fomentar, desde la formación del profesorado (por ej. el máster de secundaria), el desarrollo de enfoques de enseñanza innovadores que respondan a los requerimientos de la investigación didáctica, promoviendo una adecuada enseñanza de los contenidos de ciencias así como una adecuada visión de la ciencia y la actividad científica.

Cabe preguntarse además por los currículos y el planteamiento adoptado en las normativas que rigen la enseñanza de las ciencias en las aulas, ¿acaso se corresponden con las recomendaciones derivadas de la investigación didáctica?

1.1.3 Alfabetización científica a través del currículo académico y la metodología didáctica en secundaria.

El diseño del **currículo académico** por parte de la administración es esencial a la hora de realizar la Unidades Didácticas. Los fundamentos legales son las líneas directrices del diseño de la unidad didáctica, al tener esta que adecuarse a la legislación. Hay que plantearse cuál es el estatus de las ciencias en la organización curricular que promulgan las diferentes leyes de educación españolas en vigor en los últimos años. En varios trabajos las distintas leyes de educación que rigen secundaria (LOGSE, LOCE, LOE, etc.) no suelen poner en valor la enseñanza de las ciencias (Solbes *et al.*, 2007). Y en la reciente LOMCE continúa la tendencia. Un análisis de los horarios, las materias optativas indica un menor impulso de estas respecto a las “ciencias” sociales. Y como denota Solbes *et al.*, (2007, p. 96) “esto evidencia se trata de un rasgo social que prevalece sobre los avatares políticos” como el hecho de que en el sistema educativo haya personas que dejan de estar en contacto con las ciencias obligatorias hasta 3º de ESO, con sólo 2 horas de Biología y Geología o de Física y Química menos que otras asignaturas obligatorias también en 4º ESO (Solbes *et al.*, 2007). La consecuencia es que tenemos una sociedad con un amplio sector de la población alejado de cualquier conocimiento científico y de su naturaleza, y los más graves, fomentado desde el diseño curricular. El menosprecio de la sociedad a la ciencia se refleja no sólo currículo académico así como en situación tan absurdas como el actual auge de los mitos (ej.: la emisión del programa de televisión “Cuarto Milenio”) y las pseudociencias (ej.: movimiento antivacunas, homeopatía, reiki).

Además, en Bachillerato, las asignaturas obligatorias son de letras. Y como ejemplo “España es el único país europeo que no tiene separadas Física y Química en primer curso de Bachillerato” (Solbes *et al.*, 2007), lo que también ocurre en Biología y Geología.

Por último, la LOMCE intenta promover las ciencias experimentales como impulso de una economía competitiva y emprendedora, robando el valor *per se* de las mismas como fuente de conocimiento. Pero su implantación por parte de las comunidades autónomas hace que se produzca una disminución real de las horas lectivas en las áreas de ciencias (ANPE Sindicato Independiente), siendo algo del todo contradictorio. La disminución de horas lectivas y un currículo en espiral impiden la profundización en diversos temas en las áreas de ciencias y crean un efecto desmotivador en los alumnos/as por la preponderancia de la repetición. En 4º ESO se han de elegir asignaturas de ciencias como opciones y “se observa con preocupación cómo las materias científicas no son elegidas ni tan siquiera por estudiantes que después cursarán el bachillerato científico” (Solbes *et al.*, 2007). Por tanto, uno de los objetivos del profesorado de ciencias es indagar en temas tangenciales en el currículo mediante experiencias motivadoras para el alumnado, a través de una planificación curricular cuidada y adecuada.

La importancia de los **libros de textos** en la educación secundaria radica en que es el material curricular de mayor influencia (Perales Palacios, 2006), algo que resulta especialmente relevante en ciencias. De ahí radica la importancia de los libros como transmisores de una correcta concepción de la ciencia, su metodología, procedimientos e influencia en la sociedad, y el estudio de la adecuación de los libros a su didáctica. Pero los libros de texto de ciencias, suelen mostrar una imagen distorsionada y poco adecuada de la ciencia (Solaz-Portolés, 2010). En la revisión bibliográfica completa de Solaz-Portolés (2010) se enumeran los problemas que se dan en los libros de texto de secundaria de diversos países:

1. “Modelos científicos como objetos reales, ocultando las reglas de correspondencia que le dan validez y sus aspectos teóricos”.
2. Punto de “vista empirista de los modelos y que los alumnos/as construyan su propio modelo a través de experiencias”, sin base teórica.
3. Gran número de explicaciones no justificadas y bajo índice de explicaciones indagativas.
4. Hacer mucho énfasis en el contenido científico y poco en los aspectos relacionados con la investigación (no muestran los errores y procedimientos que se dan en el hecho investigador).
5. “Problemas de carácter algorítmico mayoritariamente”.
6. “Conocimiento elaborado de forma empírico-inductiva”.
7. “No se dan a conocer los aspectos epistemológicos de la formulación de modelos científicos”.
8. “No se justifica la sustitución de un modelo por otro”.
9. “Escasísima presencia de científicas”.
10. “No considerar la creatividad como fundamental en la generación del conocimiento científico”.
11. “Imagen individualista de la ciencia, donde el científico realiza experimentos que le conducen a importantes descubrimientos”.
12. “Validación del conocimiento científico solo por la experiencia” no usando referencias a saber anterior o comunidad científica.
13. Confusión de términos generales como ley, principio, teoría, modelo, etc.
14. No existe una visión histórica de los avances científicos y su influencia social. La ciencia es planteada “como una mera colección de hechos, no como un conjunto de procesos dinámicos de generación”.
15. Imágenes algorítmicas, con malas referencias, difíciles de interpretar o sin escala adecuada.

Por tanto, el profesorado tiene la responsabilidad de formarse para corregir y solventar las carencias de los libros de texto de ciencias en lo que respecta a: conceptos, metodología y epistemología.

El **profesorado** de enseñanza secundaria es la última de las claves que determina la alfabetización científica en las aulas. El trabajo de Martínez Aznar *et al.* (2001) muestra la idea que el profesorado tiene acerca de la asignaturas de ciencias, su epistemología (racionalismo, empirismo, relativismo) y de la didáctica de las ciencias. Para los autores, el profesorado de ciencias concibe en gran medida el aprendizaje de las ciencias desde “posiciones de recepción por *transmisión verbal del conocimiento* o de adquisición *por simple actividad de los alumnos*, mientras que el desarrollo de visiones constructivistas, estarían representadas mayoritariamente dentro de desarrollo didáctico del profesorado de ciencias. E incluso, cuando se manifiestan este tipo de concepciones, tampoco son tan uniformes”.

En este mismo trabajo se cita la tesis doctoral de Martín del Pozo (1994) que analizó las unidades didácticas de estudiantes de maestro y de profesorado de secundaria de ciencias concluyendo que: 1 “los contenidos eran considerados como un conjunto acumulativo y fragmentario de conceptos, leyes y teorías que se organizan en forma de listas” inconexas; 2 “existe una tendencia generalizada a ligar actividad con aprendizaje” y “la explicación del profesor/a con el aprendizaje de los alumnos”; es decir, “la metodología de trabajo como una secuencia única y cerrada de actividades”; y 3, “la evaluación es

considerada como comprobación de aprendizajes conceptuales utilizando básicamente pruebas escritas". Martínez Aznar *et al.* (2001) evaluaron 3 aspectos del "pensamiento curricular" de los estudiantes que se preparan para el cuerpo de profesorado de secundaria de ciencias experimentales. Respecto al contenido: consideran el "conocimiento científico como un producto de la actividad humana y del contexto cultural" y que hay que tener como objetivo la adquisición de unos conocimientos mínimos para que el alumno/a demuestre que ha aprendido. Además, creen que no es necesario usar distintas fuentes de información para seleccionar e impartir los contenidos, basta con los libros de texto. Respecto a la evaluación: consideran importantes los trabajos prácticos, usar instrumentos de evaluación extra además de los exámenes escritos, valorar específicamente la actitud usar autoevaluaciones del alumnos/as y dar importancia evaluativa a los aspectos procedimentales de las ciencias experimentales. Respecto a la metodología: se da importancia a la indagación en las ideas previas, el uso de unidades didácticas que incluya un enfoque social de la temática científica (enfoque CTS), el diseño de actividades adaptadas a la diversidad del aula, y valorar las críticas del alumnado para mejorar su motivación, la cooperación y el trabajo grupal. Por tanto, parece que los profesores/as y profesoras de ciencias poseen ciertas nociones para impartir clases usando metodologías más dinámicas y avanzadas centradas en el papel activo del estudiante en la construcción de su propio conocimiento.

Pero la alfabetización científica se basa en dos componentes: la enseñanza de la ciencia (conceptos y procedimientos) y también la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (NOS, qué es ciencia). La instrucción en este campo contrarrestaría la tendencia reciente de la sociedad a asimilar ideas pseudocientíficas como científicas debido al desconocimiento que existe sobre la NOS. En el trabajo de García-Carmona *et al.* (2011) se hace una revisión bibliográfica acerca de las creencias del profesorado sobre la NOS, encontrando qué parte del profesorado sostiene que "la tecnología es una aplicación de la ciencia" y que "la ciencia ofrece beneficios materiales", dando así lugar a una perspectiva antropocéntrica. Además, constata que "parte del profesorado no termina de asumir los componentes subjetivos de la ciencia, el carácter tentativo y provisional del poder explicativo del conocimiento científico" y la importancia de la comunidad científica a la hora que influenciar en los resultados científicos a través de un paradigma establecido para cada campo del conocimiento científico. Parte del nuevo profesorado no concibe la progresión de conocimiento en ciencia (discernir entre hipótesis, leyes y teorías) y la metodología y evidencias empíricas que llevan al avance de dicho conocimiento.

Las carencias que se observan en el profesorado de secundaria justifican claramente la realización de un Trabajo Fin de Máster (TFM) correlacionado con las prácticas en un centro educativo. Como partes de mi formación docente se ha decidido centrar el TFM en el desarrollo de una propuesta que responda a las demandas de la investigación didáctica, siguiendo el enfoque de la enseñanza de la ciencia basada en la indagación.

1.1.4 Nivel medio de los conocimientos científicos de los estudiantes de secundaria.

El informe PISA es una de las fuentes más referenciada y pragmáticas para evaluar el aprendizaje significativo de los alumnos/as de secundaria españoles. Se trata de un informe internacional que busca conocer los conocimientos aplicados del alumnado de 15 años para evaluar un aprendizaje profundo y significativo de 3 áreas del conocimiento:

Matemáticas, Lectura, y Ciencias. Los contenidos según PISA que se valoran en ciencias son “los conceptos científicos relativos a la física, la química, la biología, la geología y la astronomía, aplicado a contenido de preguntas, no solo reproducirlo”.

España en el informe PISA 2012 “obtiene 496 puntos en ciencias, 5 puntos por debajo del promedio OCDE” y de UE; con una diferencia estadísticamente significativa. Por tanto, los alumnos/as españoles se encuentran en desventaja en la adquisición y aplicación de los conocimientos científicos; y muy alejados de los países punteros del estudio. En el caso de Andalucía, donde se contextualiza esta experiencia docente, el valor es inferior a la media española (486) estando en el límite entre el nivel 2 y 3 de la competencia científica de 6 posibles. Los alumnos/as españoles en temas de ciencias según su nivel “pueden identificar cuestiones científicas descritas claramente en diversos contextos”. Según el informe PISA “son capaces de interpretar y utilizar conceptos científicos de distintas disciplinas y son capaces de aplicarlos directamente”. Por tanto, estamos en un nivel intermedio de conocimientos científicos. Pero el 15,7% de los alumnos/as españoles se encuentran en el nivel 1 de competencia científica: “un conocimiento científico tan limitado que solo puede ser aplicado a unas pocas situaciones familiares”. Este porcentaje es inferior a los de la OCDE y UE y ha ido disminuyendo en los sucesivos informes. El porcentaje de alumnos/as excelentes (nivel 6) es inferior al 5% e inferior al promedio de la OCDE. Estos datos dan que pensar y plantean la hipótesis de la igualdad a la baja. En España se intenta igualar más al alumnado pero a la baja, sin primar la excelencia, explicando y remarcando en los distintos cursos los mismos temas a través del diseño circular de las materias y quedando fuera conceptos más específicos y profundos del conocimiento científico. Y su importancia es capital, como se demuestra citando textualmente una de las conclusiones del informe PISA acerca del conocimiento científico en España: “la franja de alumnos/as en los niveles de excelencia en matemáticas, lectura y ciencias en España es, por su parte, exigua en comparación a los países de nuestro entorno, lo que podría consolidar en el futuro el retraso de nuestro país en actividades relacionadas con la I+D e intensivas en nuevos conocimientos”.

Como se concluye del informe, existe una proporción no desdeñable de estudiantes que no tiene conocimientos en ciencia ni desarrolla una competencia científica. Los alumnos/as que desconocen o no tiene conceptos y procedimientos claros también viven y observan fenómenos naturales físicos, químicos, geológicos, astronómicos, biológicos, etc. en su vida cotidiana. La interpretación que hacen es similar a la que se ha hecho en la humanidad antes de establecerse el método científico, usando: la razón (filosofía), el ensayo-error (empirismo), el misticismo (religión) y las transmisiones culturales. Esto conforma un cuerpo de conocimientos propios del alumno/a acerca de fenómenos naturales observados. Estas se conocen en didáctica cómo las ideas previas o concepciones alternativas de cada individuo.

¿Qué son las ideas previas o concepciones alternativas? En este punto se realiza una breve pincelada de qué son las concepciones alternativas del alumnado sobre conceptos, metodología y procedimientos, leyes y teorías de las ciencias.

“Las concepciones alternativas son ideas que difieren de la correspondiente explicación científica” (Anderson *et al.*, 2002) establecidas por la comunidad científica de expertos de cada una de las materias y que van contra el paradigma establecido. Tienen la particularidad de no fundamentarse en pruebas científicas, y de ser muy resistentes al cambio. No obstante, lejos de ser vistas como fallos o errores que evitar, en la enseñanza sirven como punto de partida para promover la evolución por parte de los alumnos/as hacia

las ideas científicas contrastadas a través de distintas estrategias didácticas (Clement *et al.*, 1989; Otero, 2000; citado por Anderson *et al.*, 2002); promoviendo la construcción del conocimiento a través de una bases previas y un aprendizaje significativo (von Glasersfeld, 1989; Christianson y Fisher, 1999; Mintzes *et al.*, 2000; citado por Anderson *et al.*, 2002).

Identificar las ideas alternativas de los estudiantes es decisivo para determinar las estrategias y herramientas didácticas que emplee el profesor/a para estimular el aprendizaje constructivista. Las concepciones alternativas permiten conocer las dificultades previas, tanto conceptuales y procedimentales, del alumnado en cada materia (Morrison y Lederman, 2000; citado por Anderson *et al.*, 2002); y posteriormente, comprobar si se produce un déficit en la comprensión y el aprendizaje significativo de la temática aprendida.

Un desarrollo más profundo de la teoría de las ideas previas y su relación con el tema de la microbiología y antibióticos se establece en el apartado 3, marco teórico, de este trabajo.

1.2 Necesidad y justificación del diseño didáctico propuesto.

Los planteamientos incluidos hasta el momento han puesto de manifiesto la importancia del conocimiento de los microorganismos en la sociedad actual. Las nuevas enfermedades que surgen generan un desconocimiento y miedo irracional que es aprovechado por muchos con fines propios. El estudio de la naturaleza y diversidad de los microorganismos palía este desconocimiento, mejora la comprensión de la información médica cotidiana, y combate riesgos sanitarios como los recientes movimientos antivacunas, o el mal uso de los antibióticos por médicos y pacientes (Steiner *et al.*, 2004). Además, la biodiversidad microbiana se refleja en las distintas aplicaciones humanas de estos organismos: producción de tecnología transgénica, investigación en biología molecular, depuración de residuos, restauración de ecosistemas, fuentes de moléculas activas (como los antibióticos), etc. El conocimiento de estos usos fomenta que la sociedad se concencie de la importancia de la investigación en microbiología en general, y de bioproductos en particular. Adicionalmente, el estudio práctico de los microorganismos desarrolla transversalmente otras áreas del conocimiento en biología: como la evolución genética de poblaciones, el estudio de relaciones ecológicas, de la diversidad y de factores ambientales, la puesta en práctica de actividades propias de la ciencia y la actividad científica, etc. El alumnado puede aprender de forma significativa mediante la indagación y de forma experimental la importancia de los factores ambientales en la evolución de una población, conocer la diversidad biológica de un ecosistema como el suelo y la importancia de seguir un protocolo metodológico fundamentado y riguroso para obtener resultados que contrasten una hipótesis previamente planteada, apoyándose en pruebas (en la metodología escogida para el desarrollo de la propuesta profundizaremos más adelante).

El abordar las clases de ciencias con una importante componente práctica a la hora de trabajar los contenidos que se quiere tratar permite que sean los propios estudiantes quienes obtengan pruebas a partir de diseños experimentales. Esto produce un choque conceptual entre los ideas previas del alumnado en microbiología y la experiencia que concluye con un aprendizaje significativo. Por tanto, las prácticas de microbiología son muy útiles para enseñar conceptos de microbiología, que de otra manera serían más abstractos e incomprensibles para los alumnos. En los libros de texto se hacen referencia a la historia de los descubrimientos de los antibióticos, con ilustraciones de antibiogramas, pero no se propone ningún desarrollo práctico o de comprensión de la metodología empleada (López-

Pérez y Boronat-Gil, 2014). Además, la belleza visual de las colonias, la tensión del sembrado en esterilidad o las expectativas del crecimiento motivan al alumnado y le predisponen receptivo a la experiencia didáctica. No obstante estas prácticas no se suelen realizar en los institutos, bien por desconocimiento del profesorado, por falta de material o de recursos, de conocimiento sobre material, de conocimientos procedimentales y de temporización de los ensayos microbiológicos, recelo de alumnos/as y profesores/as por la peligrosidad del concepto “bacteria” en la sociedad.

¿Y por qué el estudio de los antibióticos?

Como se he mencionado antes, son compuestos de gran diversidad química, en mecanismo de acción y en microorganismos diana y productores que provocan un cambio importante en el metagenoma de las poblaciones bacterianas donde se haya. Además, son muy usados por los seres humanos como medicamentos y herramientas en biotecnología (Silver *et al.*, 2012). Todas estas características les otorgan una importancia central en el mundo de la microbiología y hacen que funcionen como un contenido atractivo, motivador y flexible que facilita el trabajar con él en el aula.

En tratamiento del concepto de “antibiótico”, en la literatura relacionada con la didáctica, se suele tratar desde el punto de vista de la inducción de la problemática de la resistencia a antibióticos, la acción de los antibióticos sobre cultivos de bacterias y la relación con las enfermedades infecciosas, un punto de vista antropocéntrico. La importancia del uso de los antibióticos en la salud humana y el peligro de su ineficacia futura por el resurgimientos de cepas multirresistentes patógenas hace que la didáctica de los antibióticos se focalice en los aspectos más utilitarios de estos compuestos (Fonseca *et al.*, 2012; Teodoro y Chambel, 2013; López-Pérez y Boronat-Gil, 2014). Pero se echa en falta el objetivo de mostrar a los alumnos/as el concepto de “antibiótico” desde la perspectiva de la ecología microbiana y el origen natural, y su efecto sobre la evolución de las poblaciones en los microambientes donde se producen. El objetivo es ampliar el concepto de “antibiótico” a algo más que un producto de la industria farmacológica cuya función es paliar una enfermedad. Por tanto, la justificación del diseño de la propuesta de enseñanza que protagoniza este trabajo radica en la ausencia de planteamientos previos similares en la literatura, que desarrollen una secuencia de enseñanza siguiendo un enfoque metodológico que facilite que las ideas previas del alumnado sobre los antibióticos y la naturaleza “maliciosa” de las bacterias evolucionen hacia concepciones próximas a las científicas. Esta evolución en las concepciones alternativas se encamina a **establecer un concepto amplio de “antibiótico” en el medio, a conocer la metodología y materiales emplear para su identificación y clasificación, a visualizar y conocer el concepto de resistencia/sensibilidad de una bacteria a antibióticos, y a deducir cuáles son sus implicaciones ecológicas y evolutivas.**

Finalmente, es muy interesante conocer cómo fueron los descubrimientos de los primeros antibióticos (Fleming, 1929), fomentando el conocimiento de la historia de la ciencia (Solbes y Traver, 1996), y lo sencillo y estimulante que resulta poder aislar una bacteria que los produzca y otra que sea resistente a su acción. Todo ello fomentará el interés de los alumnos/as por la microbiología y con esta motivación también se facilitará que se produzca un aprendizaje significativo de los conceptos y procesos trabajados.

¿Y por qué mediante indagación en el laboratorio? La importancia de la experimentación en las ciencias experimentales es obvia, tanto que se clasifican por esta

característica fundamental. Es la esencia de la metodología científica y generadora de datos que fundamenta razonamientos objetivos característicos de las ciencias experimentales. Las leyes de educación recogen este hecho y lo valoran, como se verá a continuación. Así como corrientes de la filosofía de la didáctica como el constructivismo que engloba corrientes más específicas como la Educación de la Ciencia Basada en la Indagación.

Por tanto, un objetivo claro del diseño didáctico es la aplicación de actividades propias de la indagación, como abordar problemas o preguntas científicas, adelantar respuestas o hipótesis y obtener y comunicar conclusiones basadas en pruebas. Con esta forma de trabajo, se está dando respuesta a las demandas de la investigación didáctica sobre la necesidad de que se aprenda no sólo lo conceptual, sino también el propio proceso (cómo funciona la ciencia).

Por tanto, es esencial que para tener una visión global de las ciencias se desarrollen proyectos con una mínima carga experimental, con datos, y análisis de los mismos, fomentando la competencia científica del alumnado. Se asume que la competencia científica ha sido adquirida en cursos pretéritos. Pero es necesario reforzarla con nuevas experiencias exhaustivas y representativas de la creación del conocimiento científico.

2 OBJETIVOS.

Son 4 los objetivos generales planteados con este TFM:

I. Realizar una revisión bibliográfica para la fundamentación teórica del trabajo, orientada a delimitar las características del enfoque de enseñanza de las ciencias hacia el que convergen las aportaciones de la investigación didáctica y coherente con las exigencias de numerosos Informes internacionales.

II. Diseñar una propuesta de enseñanza de las ciencias mediante un enfoque basado en la indagación (IBSE, por sus siglas en inglés) fundamentado para la enseñanza-aprendizaje de contenidos relacionados con microbiología en el aula de 2º de Bachillerato.

III. Implementar la propuesta de enseñanza diseñada en un contexto real, atendiendo a las exigencias fundamentadas de la investigación didáctica para enseñar ciencias por indagación.

IV. Obtener unos resultados de evaluación preliminares que informen sobre el efecto de la propuesta de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes, así como den idea de posibles modificaciones en pro de conseguir mejoras en el diseño de la misma.

3. MARCO TEÓRICO.

La didáctica de las ciencias ha experimentado un gran desarrollo desde el final de las década de los 80s en torno a planteamientos constructivistas (Novak, 1988), la base sobre la que radica todo el desarrollo de este campo en la actualidad que enmarca un cuerpo de conocimiento coherente para aspectos relativos a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Hodson, 1992). De hecho, el desarrollo de la didáctica de las ciencias fue una gran revolución (Gil Pérez *et al.*, 1999; White, 1999) que se ha trasladado a la legislación y pero no tanto a la didáctica, proceso de enseñanza-aprendizaje, de las ciencias en las aulas.

Dentro de este marco constructivista se va concretando hacia un enfoque actual y novedoso de enseñanza de las ciencias, IBSE (acrónimo en inglés de *Inquiry Based Science Education*), abordando cuestiones tan centrales en este enfoque como son: aprendizaje significativo, ideas previas, naturaleza de la ciencia y competencia científica.

Este marco conceptual sirve de base para la justificación de la elección del enfoque IBSE en el diseño didáctico aplicado a la enseñanza de la microbiología desde un enfoque motivador, estructurado, cooperativo y práctico que alcance un aprendizaje significativo por parte de los alumnos/as de la materia, sus implicaciones sociales y la naturaleza del conocimiento científico.

3.1 Constructivismo, alternativa a la enseñanza tradicional.

El constructivismo es una corriente de la epistemológica que se centra en la forma de aprendizaje del alumno. El principio básico del constructivismo es que *“todo conocimiento es construido por las personas como individuos, más que percibido por los sentidos”* y es que *“el constructivismo parte de la suposición de que el conocimiento se construye en el cerebro de la gente a partir de lo que ya conocen y a partir de las experiencias que tienen. Todo el pensamiento está basado en las experiencias individuales y por esto es subjetivo”* (Von Glasersfeld, 1984, citado por Martínez-Chico, 2013). Es una visión revolucionaria respecto al realismo-positivista que imperaba hasta su formulación. La visión realista -positivista implica que la verdad está fuera y que los alumnos/as pueden observar tal cual, de manera objetiva, usando métodos de comprobación de la verdad o correcto, siendo el planteamiento fundamental en los modelos de enseñanza directa. Desde esta visión reduccionista del aprendizaje, se ignora la existencia de concepciones alternativas por parte del alumno/a y considera a la mente del estudiante como un recipiente vacío en el que introducir las nuevas ideas (Martínez-Chico, 2013). Por tanto, se menosprecia el bagaje previo del alumnado y la importancia de las ideas previas sobre la concepción del mundo. Se puede reconocer la existencias de concepciones alternativas pero menospreciando su importancia poniendo el orden, estructura y procedimiento de enseñanza por encima de la psique del estudiante, ya que *“no abandonamos una idea que nos resulta útil simplemente porque nos propongan una idea distinta o porque nos digan que nuestra idea no es correcta”* (Martínez-Chico, 2013, p. 345).

Por tanto, una visión constructivista del aprendizaje valora las ideas previas y concepciones alternativas de los alumnos/as y constituyen una base a partir de la cual procesar la información externa y una recombinación de las ideas previas y la nueva información, que amplía y cambia los esquemas propios del individuo. Desde la perspectiva

constructivista es el sujeto el que aprende y su actividad mental es decisiva en el proceso de aprendizaje significativo¹ "construyendo" nuevos esquemas mentales mediante la nueva información adquirida y sus ideas previas. La información ha de presentarse estructurada y dirigida para favorecer la implicación, motivación y actividad del estudiante. Por tanto, en el constructivismo, aprender es sinónimo de "construir significados", de relacionar la nueva "información de forma sustancial y no arbitraria" con los esquemas cognitivos del sujeto que aprende. Esto conlleva a que el sujeto que aprende ha de tener un papel activo y reflexivo en el proceso de aprendizaje (Martínez-Chico, 2013, p. 345).

Una de las grandes ideologías del constructivismo es Driver, que en 1986 recoge las características principales de la visión constructivista del aprendizaje:

- 1) Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
- 2) Encontrar sentido supone establecer relaciones: los conocimientos no se conservan aislados en la memoria sino estructurados y con múltiples relaciones.
- 3) Quien aprende construye activamente significados, es decir, relaciona la nueva información con sus esquemas de conocimiento.
- 4) Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

Para desarrollar un enfoque constructivista del aprendizaje, el docente debe según Moral Santaella (2015):

- 1) Motivar y promover que el alumno/a sea activo, ya que el aprendizaje es siempre activo, facilitando las condiciones para que el alumno/a alcance la construcción significativa del nuevo esquema cognitivo.
- 2) fomentar los conflictos cognitivos, mediante experiencias y procesos de reflexión y de metacognición².
- 3) Construir actividades de aprendizaje alrededor de las grandes temáticas o experiencias que permiten que el alumno/a construya significado.
- 4) Estimular el trabajo en grupo y la discusión, ya que el aprendizaje se construye socialmente por la interacción con el docente y el resto de estudiantes (gran grupo).
- 5) Tener un conocimiento profundo de los procesos de desarrollo individual del estudiante que permita valorar la construcción individual del conocimiento.
- 6) Reunir y explorar como un todo los distintos aspectos que conforman la materia, para construir un significado entre ellos analizarlo en conjunto y no por partes.
- 7) Fomentar la reflexión del estudiante sobre su experiencias propias, y materiales cercanos y contextualizados
- 8) Relacionar el proceso de aprendizaje con las preconcepciones del sujeto, influenciadas por el contexto sociocultural que determina el proceso de enseñanza-aprendizaje.

¹ Aprendizaje significativo: dentro de la psicología constructivista, es el tipo de aprendizaje en el que el aprendiz relaciona la nueva información con la que ya posee, la reestructura y reconstruye ambas informaciones en el proceso.

² Metacognición: se presenta como el pensamiento estratégico para utilizar y regular la propia actividad de aprendizaje y habituarse a reflexionar sobre el propio conocimiento (Pozo Muncio, 1999)

Este último punto no muestra la importancia del entorno sociocultural sobre las ideas previas del alumnado y su percepción de la realidad. Y la importancia del grupo de iguales a la hora de formar una opinión consenso. Una corriente moderada y más actual del constructivismo es el Constructivismo Socio-Cultural, con su máximo: "*Aprender es construir conocimiento como parte de hacer cosas con otros.*" (Harlen, 2013, p. 37). Esta corriente destaca la importancia de la comunicación y el intercambio de ideas imprescindibles en el proceso de construcción del conocimiento y la transformación de las ideas previas o concepciones alternativas en otra más cercanas a las científicas. Por tanto, el aprendizaje, para el constructivismo socio-cultural, se produce de la interacción de las concepciones alternativas con la nueva información y la interacción entre iguales.

3.2 Ideas previas o concepciones alternativas como paso a un aprendizaje significativo.

Las concepciones alternativas, según Anderson *et al.* (2002), son definidas como "*ideas que difieren de la correspondiente explicación científica*", es decir no coinciden con las establecidas por la comunidad científica de expertos de cada una de las materias y que van contra el paradigma establecido. Tienen la particularidad de no fundamentarse en pruebas científicas, y de ser muy resistentes al cambio. No obstante, lejos de ser vistas como fallos o errores que evitar, en la enseñanza sirven como punto de partida para promover la evolución por parte de los alumnos/as hacia las ideas científicas contrastadas a través de distintas estrategias didácticas (Clement *et al.*, 1989; Otero, 2000; citados por Anderson *et al.*, 2002); promoviendo la construcción del conocimiento a través de una bases previas y un aprendizaje significativo (von Glasersfeld, 1989; Christianson y Fisher, 1999; Mintzes *et al.*, 2000; citados por Anderson *et al.*, 2002).

Existe en la literatura la tendencia a identificar las ideas previas y sus sinónimos como: "*un conjunto inconsistente de conocimientos equivocados*"; "*o como un conjunto coherente de concepciones y teorías intuitivas, funcionales para los desempeños en el mundo real*" (Galagovsky, 2004, p. 229). Esta misma autora nos muestra una nueva tendencia de las ideas previas como andamiaje sobre el que evolucionar hacia ideas más cercanas a las científicas, lo que se conoce como cambio de un aprendizaje significativo a un aprendizaje sustentable. Esta corriente de no otorgar a la ideas previas un simple valor de error o de explicación puntual, sino de base de la construcción de un andamiaje fundamentado en pruebas y debates para la construcción de esquemas cognitivos hacia los conocimientos científicos establecidos actualmente.

Por tanto, a utilidad de identificar las ideas previas (*misconceptions*) o concepciones alternativas (*alternative conceptions*) de los estudiantes radica en que es decisivo para determinar las estrategias y herramientas didácticas que emplee el profesor/a para estimular el aprendizaje constructivista. Las concepciones alternativas permiten conocer las dificultades previas, tanto conceptuales y procedimentales, del alumnado en cada materia (Morrison y Lederman, 2000; citado por Anderson *et al.*, 2002); y posteriormente, comprobar si se produce un déficit en la comprensión y el aprendizaje significativo de la temática aprendida. Las ideas previas son fundamentales en la concepción de constructivismo, que considera a la mente del estudiante como algo no vacío, sino ideas previas, útiles para la vida cotidiana, pero con una explicación fundamental no científica (Campanario y Otero, 2000; Tsai y Chou, 2002).

Pero no se puede hablar de ideas previas como algo cerrado y estático, ya que las ideas previas son propias de cada individuo, de su bagaje personal y su influencia socioculturales, pero también de una explicación funcional e intuitiva de los hechos naturales. No obstante existen semejanzas entre ideas previas, con esquemas comunes e identificables (Pintó *et al.*, 1996, citado por Campanario y Otero, 2000), muchos de ellos mitos (o leyenda urbana, algo más actual) que se difunde en su ambiente social.

Una característica fundamental de las ideas previas es la desconexión que se produce entre ellas, sin formar una red inconexa y contradictoria (Pozo y Carretero, 1987; citado por Campanario y Otero, 2000), en ocasiones, de ideas que intente explicar unos fenómenos con múltiples matices, cada uno de ellos explicado con una idea previa.

Una característica de las ideas previas y una dificultad para su evolución hacia ideas de la ciencia es el hecho de que los individuos no son conscientes de poseer concepciones erróneas de los fenómenos de la naturaleza (Campanario y Otero, 2000). Existe una serie de trabajos que refleja además el paralelismo de estas concepciones alternativas de la ciencia con muchas las teorías desarrolladas a lo largo de la historia de la ciencia.

Campanario y Otero (2000) disertan sobre el origen de las ideas previas:

- 1) Esquemas conceptuales ampliamente extendidos: son esquemas útiles y sencillos para explicar fenómenos naturales tras experiencias cotidianas, pero que chocan con los conocimientos científicos.
- 2) El lenguaje común inespecífico: las concepciones alternativas son reforzadas por un “*aprendizaje inadecuado*” en el entorno social y a través de los medios de comunicación.
- 3) Ámbito escolar: ciertas ideas previas sobre fenómenos naturales se producen por analogías falsas en las aulas, como la corriente eléctrica es un fluido (Duit, 1991; citado por Campanario y Otero, 2000).

La importancia del conocimiento de las ideas previas del alumnado radica, no sólo en que se pueden usar de base para la construcción de un aprendizaje significativo fundamentado en pruebas y evidencias científicas indagadas, sino en que las ideas previas sirven de tamiz y prisma para asimilar la información sobre este tema u otros del mundo natural. Conocer, por tanto, estas ideas es esencial para su evolución y que estas no interfieran en otro conocimiento ulteriores. Algunos autores las han asimilado al concepto de paradigma que se tiene en ciencia (Thiberghien *et al.*, 1995; citado por Campanario y Otero, 2000).

La modificación y evolución de las ideas previas es complicada, ya que, como comenta, las evidencias pueden ser percibidas como algo sesgado, o no siempre se convence a los alumnos. De aquí radica la importancia que tiene las evidencias claras y contundentes, del conocimiento del razonamiento científico, y del uso de la indagación por parte del alumno/a y el grupo donde se integra para producir una evolución de las ideas previas hacia ideas de la ciencia. Pero la “resiliencia” de las ideas previas es mucho más compleja y da para una disertación más profunda. Campanario y Otero (2000) recogen una revisión bibliográfica de las principales causas que dificulta la evolución y modificación de las ideas previas en el alumnado. En este trabajo se han resumido en una tabla del **anexo A**.

Pero las ideas previas no sólo se circunscriben al ámbito de los conceptos científicos. Las ideas previas sobre la naturaleza de la ciencia y la generación de la

información científica están presentes en el alumnado. Y no solamente las ideas previas dificultan una comprensión de la naturaleza de manera científica, las concepciones epistemológicas del alumnado influye también en su resultados en el aprendizaje. Por tanto, el tipo de enseñanza tradicional no satisface la necesidad de cambiar estas concepciones alternativas sobre el pensamiento científico (Campanario y Otero, 2000). Como consecuencia, varios autores propugnan el cambio metodológico al enseñanza de las ciencias, como es el caso de la enseñanza por indagación.

En resumen, para evolucionar las ideas previas no basta solo con conocer el qué el cómo y el cuándo (conocimientos declarativo, procedimental y condicional; respectivamente) si no lo que se conoce como metacognición (“*conocimiento sobre los propios procesos y productos cognitivos; y sobre propiedades de la información, datos relevantes para el aprendizaje*”) (Campanario y Otero, 2000).

Por tanto, las destrezas metacognitivas (competencia de aprender a aprender) son esenciales en el aprendizaje de las ciencias y facilitar al evolución de las ideas previas a otras cercanas de a las científicas.

3.2.1 Las ideas previas o concepciones alternativas acerca de la microbiología y los antibióticos en el alumnado de secundaria.

3.2.1.1 Ideas previas en biología.

Los conocimientos sobre biología, como las otras áreas de ciencias, implican la existencia de gran cantidad de ideas alternativas entre la población, alternativas a las leyes y teorías que forman el cuerpo del paradigma de la comunidad científica actual. Los paradigmas en ciencias, las ideas establecidas, siempre son dinámicas y no fijas, pudiendo cambiar con el uso de nuevas técnicas e ideas que aporten nuevas evidencias que las modifiquen o refuten; siendo un ejemplo claro de cambio de paradigma el darwinismo clásico y la incorporación de la genética molecular en el neodarwinismo. Dentro de los conocimientos en biología existen campos más propicios a la presencia de ideas alternativas como las temáticas de leyes de la herencia (Abraham *et al.*, 2014), clasificación de las especies animales y diferencias entre análogos y homólogos (Trowbridge y Mintzes, 1988), sistemas del cuerpo humano (Arnaudín y Mintzes, 2006), la naturaleza de la evolución (Anderson *et al.*, 2002; Williams, 2009), la biodiversidad (Yen *et al.*, 2007) o bioquímica (Grayson *et al.*, 2001). Suelen ser áreas dentro del conocimiento biológico con conceptos abstractos y leyes o teorías poco intuitivas, como una molécula bioquímica, la teoría neodarwinista, la anatomía comparada o las interacciones ecológicas. Otras áreas del conocimiento científico en biología no se ven tan afectadas por este tipo de ideas preestablecidas al ser más descriptivas, como la anatomía o la botánica, o por el total desconocimiento de las mismas, como la bioinformática o la biología molecular.

Es interesante para este trabajo poner el punto de mira de forma breve en la teoría unificadora fundamental de la biología actual. La teoría de la evolución de las poblaciones mediante selección natural y variabilidad genética o neodarwinismo. Los factores ambientales que influyen en la evolución por selección natural de las poblaciones es un concepto que se aprende de manera tangencial en la experiencia didáctica diseñada para este trabajo. Como señala Anderson *et al.* (2002) en su artículo, un lenguaje antropocéntrico, de tendencia de evolución con finalidad humana y lamarkista, por parte de los medios de comunicación y parte de los propios profesionales de la enseñanza e

investigación crea un caldo de cultivo ideal para concepciones erróneas sobre esta teoría; sin restarle importancia a movimientos religiosos y pseudocientíficos que históricamente han ido contra esta teoría, como los creacionistas y fundamentalistas religiosos de distintas confesiones. El estudio de Anderson se realiza sobre una muestra de población de estudiantes que previamente han cursado biología y establece una serie de parámetros relacionados con la teoría de evolución. Los parámetros que se infieren en este planteamiento didáctico son los que Anderson nombra como “Cambios en la población”, “Variación dentro de la población” y “Diferencias de supervivencia”. Las respuestas correctas en “Cambios en la población” fueron de 18-28% siendo una de las categorías de especial dificultad para el alumnado. Las respuestas correctas en “Variación dentro de la población” fueron de un 52-80% y las de “Diferencias de supervivencia” de un 55-39%. Las concepciones alternativas del alumnado en relación con los “Cambios en la población” fueron estas: “los cambios de la población ocurren a través de un cambio gradual de los miembros”, “los comportamientos aprendidos son inherentes” y “las mutaciones ocurren por la necesidades de la población”.

Dentro del área de conocimiento biológico, la microbiología se enmarca en el grupo de materias que posee conceptos poco evidentes o intuitivos. Los seres de los que se hablan no son visibles, y si se observan sólo se perciben como puntos estáticos o con poca movilidad (microscopio óptico 1000x). Es difícil intuir las reglas que afectan al mundo microbiano por el uso de escalas, tanto por la ingente cantidad de microorganismos en pequeñas muestras, como por el rápido ciclo de vida de muchas especies y sus implicaciones evolutivas.

3.2.1.2 Ideas previas en microbiología.

Las ideas previas o concepciones alternativas en microbiología suelen ser amplias. El papel como patógeno de los microorganismos es una de las primeras ideas que se dan en la sociedad acerca de la microbiología. Las enfermedades infecciosas han coevolucionado con los humanos, por tanto, el miedo y la concepción de la infección es complejo y universal, pero no se ha relacionado con los microorganismos hasta tiempos recientes (Rachman, 2004; citado por Jones *et al.*, 2013). Como se indica en el estudio de Jones *et al.* (2013), cuando se ha recopilado información sobre patógenos, su origen, vía de transmisión o patogenicidad, los resultados en distintos países la evaluar las respuestas de adultos y estudiantes muestran conceptos alternativos como confundir virus con bacterias (Janahi *et al.*, 2011; citado por Jones *et al.*, 2013), la necesidad de que el patógeno siempre mate al huésped (Gstraunthaler y Day, 2008; citado por Jones *et al.*, 2013), o que la población menos instruida percibe más riesgos relacionados con la ciencias de la microbiología que los expertos en ella (Slovic, 1992; citado por Jones *et al.*, 2013).

Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre los virus son muy variadas, desde los que creen que son de mayor tamaño que una bacteria, que resultan más virulentos, o bien les asocian unas descripciones y actitudes antropomorfas. El principal concepto sobre virus es en relación con enfermedades humanas, obviando otro tipo de virus y viróides que afecta a plantas, bacterias y otros organismos y su influencia en los ecosistemas. Generalmente se confunde virus con bacterias, e incluso se piensa que se pueden transformar unos en otros (Jones *et al.* 2013).

La importancia de conocer las concepciones alternativas acerca de las vacunas radica en prevenir el riesgo sanitario que conlleva el desconocimiento y la desinformación

de su naturaleza y uso. Los grupos pseudocientíficos antivacunas promueven desde internet su no uso a través de desinformación que intenta convencer a la población no suficientemente formada. Estos grupos están ligados a gurús con intereses económicos en libros y grupos naturalistas y alternativos. Los riesgos son claros, como se ha demostrado recientemente con la aparición de un caso de difteria (agente patógeno: *Corynebacterium diphtheriae*) por la no vacunación de un niño (<http://goo.gl/78cAJF>). Lundstrom (2011; citado por Jones *et al.*, 2013) en su estudio sobre adolescentes concluyó que usan sus conocimientos científicos para atacar el uso de las vacunas, un ejemplo de argumentaciones de pseudociencia.

Los estudiantes tienen conceptos fragmentados del mecanismo de acción de las vacunas y su relación con el sistema inmune. En otros estudios, las vacunas se asimilaban a antibióticos o desinfectantes. Mientras que Jones y Rua (2008; citado por Jones *et al.*, 2013) mostraron que no encontraron relación entre la prevención por vacunación y las enfermedades víricas, sólo con las enfermedades bacterianas. O alumnos/as de primaria que tienden a simplificar al pensar que las vacunas son simplemente microorganismos muertos que se inyectan, idea a la cual puede contribuir el profesorado de primaria al simplificar la realidad.

Las bacterias son los microorganismos más conocidos por la sociedad, de tal manera que se suele asimilar el concepto bacteria al de microorganismos. Una de las características más recordadas de la bacterias es que son pequeñas y para algunos estudiantes “infinitamente pequeñas” (Simonneaux, 2000; Byrne, 2011; citado por Jones *et al.*, 2013). En el mismo estudio se percibe a las bacterias como patógenos más benignos que los virus al ser agentes externos y poder combatirse con higiene, esterilización y designaciones. Y se constataba una visión positiva de las bacterias pero errónea, como seres que ayudan a eliminar los desperdicios en el intestino humano (Simonneaux, 2000). Se asocia además una visión más sofisticada al papel de simbiosis de las bacterias del intestino humano, como recicladoras e imprescindibles para la vida (Jones *et al.* 2013). Existe también un porcentaje bajo de alumnos/as en el estudio de Jones *et al.* (2013) que tengan una visión positiva no relacionada con enfermedades de las bacterias y que conozca sus usos en ciclos biogeoquímicos, biorremediación y biotecnología. Esto pone de manifiesto el predominio de una visión más negativa que positiva del papel de las bacterias en el medio ambiente.

Un estudio reciente de Simonneaux (2010) en alumnado adolescente francés muestra una serie de concepciones alternativas acerca de los virus y bacterias, la localización de las bacterias y el uso que los humanos tienen de ellas. En dicho estudio, se muestran concepciones alternativas sobre virus y bacterias como: una demonización mayor de los virus representados con mayor “agresividad y daño” hacia los humanos, respecto a una menor peligrosidad y daño de las bacterias. Virus y bacteria son conceptos intercambiables para los individuos del estudio. Para ellos los virus son células y se reproducen igual que estas. También, les capacidad de movimientos autónomos en el caso de los virus. Las bacterias por su parte son consideradas como células dañinas, mientras que las células con núcleo somáticas no lo son. Los estudiantes están de acuerdo con que virus y bacterias son de muy pequeño tamaño y que no se pueden ver a simple vista. Confunden la escala de tamaño, asimilando su tamaño a nivel atómico. Por tanto, no conciben el hecho de ver agrupaciones de bacterias y virus y desconocen los procedimientos para conseguir visualizarlas a simple vista.

Las concepciones alternativas de la localización de las bacterias muestran cómo la mayor parte de los estudiantes concluye que las bacterias se encuentran en condiciones

húmedas, y unos pocos en el suelo. Según ello, las condiciones extremas son incompatibles con las bacterias, desconociendo los conceptos de extremófilas y ciclos biogeoquímicos. Y algunos expresaron que se encuentran en todas las partes. También se relaciona su presencia con la comida, como huevos y lácteos y en las fermentaciones, confundiéndolas con hongos unicelulares. Unos conocían la presencia de bacterias en el interior del cuerpo humano para ayudar al reciclaje, mientras que otros concebían que la presencia de bacterias en el cuerpo fuera problemática y conduce a enfermedades, entrando principalmente por el tracto respiratorio y digestivo. Desconocían los conceptos de flora microbiana simbiote, siendo las vías de transmisión principales por respiración, contaminación de alimentos o contacto con enfermos. Con lo cual le dan un cariz infeccioso a la asociación de las bacterias y el cuerpo humano. Es muy curioso que asocien los mayores índices de contaminación y polución con la mayor presencia de bacterias y el “aire fresco y puro” con la ausencia de estas. De nuevo se asocia a las bacterias con algo claramente negativo. Y sobre su ciclo de vida, creen que las bacterias comen algo nauseabundo o a sí mismas, comiendo sobre los propios alimentos.

Finalmente, Simonneaux (2010) constató que los alumnos/as no estaban familiarizados con la utilización de las bacterias por patentes de los humanos, no siendo capaces de dar respuestas o dando respuestas erróneas al asimilarlas con procesos biotecnológicos de hongos (fermentaciones). Hay productos asociados a bacterias como el yogur, pero su procesos de producción no estaban asociados a ellas. Tampoco se asoció el uso en biotecnología ni como fuente de moléculas o productos interesantes, como los antibióticos.

Por último, y en concordancia con lo anterior, en el trabajo de revisión bibliográfica de Teodoro y Chambel (2013) se enumera un serie de ideas previas o concepciones alternativas sobre microorganismos y antibióticos que niños y adolescentes poseen y que corroboran ideas previas que se han expuesto anteriormente (ver **anexo A**, Tabla de concepciones de microorganismos y antibióticos por niños y jóvenes estudiantes).

Por tanto, este grupo de alumnos/as tenía una visión negativa de las bacterias, asociándolas sólo a enfermedades y descomposición de alimentos, y no a procesos beneficiosos o útiles para el hombre. Asociando su presencia a zonas degradadas y contaminadas y no a zonas naturales “frescas y puras”.

3.2.1.3 Ideas previas sobre los antibióticos.

Los **antibióticos** (bactericidas y bacteriostáticos) son sustancias producidas por un organismo vivo o por síntesis química derivada de una sustancia natural que matan o impiden el crecimiento de ciertos microorganismos que son sensibles actuando por distintas vías. Estos microorganismos nunca son virus. Suele restringirse a microorganismos **bacterias**, ya que en el caso de los hongos existe el término específico: “antifúngico”. La naturaleza química de los antibióticos es muy variada y se distribuyen en familias (macrólidos, quinolonas, tetraciclinas, betalactámicos, glucopéptidos, cloranfenicol, fluoroquinolonas, etc.), así como sus mecanismos de acción: nivel de membrana plasmática, síntesis de ácidos nucleicos, ribosoma, etc. La efectividad de los antibióticos depende de la naturaleza del microorganismo sobre el que actúa (antibióticos de amplio espectro, mezcla de antibióticos y específicos) como Gram +, anaerobias, fermentadores, proteobacterias, bacilos especuladores, etc. Y también depende de si la cepa del microorganismo tiene adaptaciones de resistencia a antibióticos (genes de resistencia a

antibióticos en el genoma bacteriano o en plásmidos conjugativos con procesos de parasexualidad). Son muy usados por los seres humanos como medicamentos y herramientas en biotecnología (Dougherty y Pucci, 2012).

Las ideas previas y concepciones alternativas que hay sobre los antibióticos y que se reflejan en la revisión de Teodoro y Chambel (2013) son: “los remedios contra el resfriado contienen *químicos*”; “hay *químicos* que matan los gérmenes”; “los antibióticos son drogas usadas para tratar infecciones”; “la vacuna de la gripe nos protege de la gripe por darnos antibióticos”; “no conocer que la acción antibiótica está limitada a bacteria”; “los antibióticos están asociados con serios problemas de salud”; “los antibióticos puede hacer que tú te cures del VIH”; “comer bien protege de las infecciones”; “aunque conocen que los antibióticos no son adecuados para la infecciones virales, los estudiantes piensan que necesitan los antibióticos cuando previenen una enfermedad infecciosa”.

Así, los estudiantes consideran que los antibióticos son el tratamiento más común para las enfermedades cotidianas, ya que consideran a todos los microorganismos iguales y por tanto los consideran universalmente eficientes (Teodoro y Chambel, 2013). No distinguen por tanto entre familias de antibióticos y resistencia a múltiples antibióticos (multirresistencias). Existe una confusión clara entre la efectividad sobre virus y bacterias de los antibióticos, fomentado por el uso de estas sustancias como profilaxis bacteriana en infecciones víricas. Tampoco existe una concepción negativa del abuso de antibióticos ni de su relación con la proliferación de bacterias patógenas multirresistentes (Teodoro y Chambel, 2013). En esta revisión se puede constatar cómo el tema de los antibióticos y microorganismos se trata desde un punto de vista antropocentrista. En los planes de divulgación y actuaciones didácticas se le da un enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad). Sin embargo no se enseña al alumnado del papel de estos compuestos en su ambiente natural, su origen o su influencia en este, los que permitiría comprender la naturaleza real de estas sustancias. Los trabajos más destacados sobre didáctica de antibióticos están enfocados a la microbiología clínica, y a la concienciación del uso de antibióticos y los riesgos sanitarios de las bacterias patógenas multirresistentes (Fonseca *et al.*, 2012).

3.3 Competencia científica en el currículo académico de secundaria.

El concepto de competencia: según la RAE en su segunda acepción competencia es la “*pericia, aptitud, idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado*”. La vinculación de este concepto con la educación está relacionada con el mundo de la Formación Profesional (Cockenill, 1989; citado por Yus Ramos *et al.*, 2013) y la búsqueda que en el siglo pasado de estudiantes que fuesen buenos operarios o funcionarios para puestos muy mecanizados y fijos. Una visión muy mercantilizada la proceso educativo.

La tendencia de organismos supranacionales (OCDE, 1997) de dar a la educación un ámbito competencial en áreas del conocimiento busca un crecimiento económico de los países a través de la educación. Se fundamenta en la conocida escalera del conocimiento de North, la cual tiene como objetivo adquirir (no necesariamente por aprendizaje significativo) destrezas y conocimientos. En todo ello radica el concepto de *competitividad*

como motor de la dinámica de grupos (Yus Ramos *et al.*, 2013) necesaria para un avance económico.

En la actualidad, con autores como Pérez Gómez (2007 y 2008) se entiende la competencia como un “*sistema complejo de pensamientos y actuación, al combinar conocimientos, habilidades, actitudes, valores y emociones*” (Yus Ramos *et al.*, 2013).

Por tanto, la *competencia* en educación es algo más complejo que la simple definición lingüística. Por tanto, hay que distinguir los conocimientos (aprendizaje de conceptos y habilidades), las destrezas básicas (que forman parte de las competencias, como son la lectura, cálculo, escritura) y las competencias (un sistema de actuación complejo ante retos planteados).

Pero a la hora de aplicar estos conceptos se suelen utilizar referenciadas a las materias existentes; dejando aparcada la visión holística y centrándose en un enfoque analítico. La influencia del informe PISA (dependiente de OCDE) en los sistemas educativos y marca este enfoque determinista del concepto competencia.

La competencia científica.

Según el informe PISA la competencia científica se define como: “*La capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Además, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas sobre la ciencia como un ciudadano reflexivo*” (OCDE, 2006). Por tanto, es un compendio de conocimientos de los distintos campos científicos y su aplicaciones mediante una reflexión científica (Yus Ramos *et al.*, 2013) basada en la metodología científica de hipótesis y pruebas que se desarrollan en las ciencias experimentales. En la actualidad, PISA (OCDE, 2006) entiende la competencia científica con el “*objetivo de evaluar el «conocimiento» (conceptos) y la «aplicación del mismo» a una situación o contexto (capacidades)... la «disposición» (actitud) de los alumnos/as hacia las pruebas y el conocimiento científico*” (Yus Ramos *et al.*, 2013).

En el trabajo de Yus Ramos *et al.* (2013) indica la valoración de la competencia científica que realiza PISA a través de: procesos o destrezas científicas; conceptos y contenidos científicos; y contexto que se aplica al conocimiento científico. La evaluación de la competencia científica se enmarca dentro del desarrollo del hecho científico que la OCDE identifica en cinco procesos: “*reconocer cuestiones científicamente investigables; identificar las evidencias necesarias en una investigación científica; extraer o evaluar conclusiones; comunicar conclusiones válidas; demostrar la comprensión de conceptos científicos en determinadas situaciones*” (Yus Ramos *et al.*, 2013, p. 567). Los procesos se integran con las capacidades preponderantes en su ejecución, dando lugar a un organigrama de la competencia científica por capacidades y procesos. Este organigrama facilita el proceso de evaluación y diseño de las actividades que incluyen la competencia científica, haciendo posible diversificarse para cubrir un amplio rango de capacidades y procesos.

La tabla 3.1 está adaptada de Yus Ramos *et al.*, (2013) y muestra la relación entre las capacidades y los proceso del hecho científico que la OCDE (2006) establece en el informe PISA para la competencia científica.

Tabla 3.1 de capacidades en la Competencia Científica.

Identificar cuestiones	Reconocer hechos y plantear cuestiones susceptibles de ser investigadas
	Búsqueda de información científica con términos clave y fuentes fiables
	Reconocer los rasgos clave de la investigación en ciencias experimentales
Explicar fenómenos	Aplicar el conocimiento científico a una situación determinada
	Describir, interpretar y predecir fenómenos científicamente
	Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas
Utilizar pruebas	Interpretar pruebas científicas y elaborar conclusiones coherentes
	Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones
	Reflexionar sobre los avances científicos y tecnológicos y su influencia en el cambio social

Como se puede observar, la competencia científica es mucho más amplia y compleja de lo presupuesto. No es simplemente hablar de ciencia, o hacer actividades de manos, o conocer noticias científico-tecnológicas. Es esto y mucho más. Es también conocer la naturaleza de la ciencia y el método científico y sus procedimientos. La competencia científica, para que desarrolle globalmente, ha de abarcar todas estas capacidades y procesos. Si las actividades y diseños didácticos recogen la competencia científica centrada siempre en uno o dos procedimientos “clásicos” (describir, interpretar y predecir fenómenos científicamente; e identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas), el alumnado no alcanzará el desarrollo de una competencia científica rica y completa.

El diseño didáctico planteado en este trabajo pretende desarrollar una competencia científica rica y completa, con una suma de actividades que recoja la diversidad de proceso y capacidades que engloba la competencia científica.

Competencia científica en la legislación actual.

El Informe PISA es un informe internacional de la OCDE que, entre otras funciones, compara los sistemas educativos de los países miembros (desarrollados) entre sí, a través de los resultados obtenidos por una muestra aleatoria de sus alumnos/as en una evaluación sumativa externa e independiente (prueba PISA). Esta prueba sigue unos criterios de evaluación y de valoración de la competencia científica, expuestos anteriormente. La comparación entre países, provoca, entre otras cosas, un afán de superación de las administraciones de cada país respecto a sus referentes cercanos. Esto provoca que la legislación de muchos países se oriente, en mayor o menor medida, hacia las exigencias de evaluación de PISA.

Este hecho ha sucedido en la legislación de España. La legislación se ha ido adaptando al procedimiento del informe de PISA. La incorporación de las competencias y el encabezado de la legislación lo atestiguan.

El REAL DECRETO 1631/2006 (p. 685) que regula la Educación Secundaria Obligatoria si recoge el concepto de competencias y lo usa para regular y enfocar los diseños didácticos y los objetivos que éstos persiguen. Su importancia radica para el legislador en que el alumno/a que desarrolla las competencias básicas establecidas, donde se incluye la científica, alcanza *“la realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y es capaz de desarrollar un aprendizaje permanente”*.

La competencia científica se conoce en el texto jurídico mencionado como *“competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico”*. En el texto de la ley (RD 1631/2006, p. 687) la competencia científica destaca por su antropocentrismo, los conocimientos de la naturaleza como instrumentos al servicio del hombre como:

“ser consciente de la influencia que tiene la presencia de las personas en el espacio, su asentamiento, su actividad, las modificaciones que introducen y los paisajes resultantes, así como de la importancia de que todos los seres humanos se beneficien del desarrollo y de que éste procure la conservación de los recursos”

También es marcada su finalidad laboral y no tanto holística, como preparación para el mercado laboral en muchos casos con referencias a *“destrezas asociadas a la planificación y manejo de soluciones técnicas, siguiendo criterios de economía y eficacia, para satisfacer las necesidades de la vida cotidiana y del mundo laboral”*.

Y por último refleja la importancia de enseñar la naturaleza de la ciencia, así como la importancia de la indagación científica: el planteamiento de preguntas, la emisión de hipótesis, el diseño experimental, apoyar los resultados en la búsqueda pruebas, y las conclusiones en la construcción del conocimiento científico:

“poner en práctica los procesos y actitudes propios del análisis sistemático y de indagación científica: identificar y plantear problemas relevantes; realizar observaciones directas e indirectas con conciencia del marco teórico o interpretativo que las dirige; formular preguntas; localizar, obtener, analizar y representar información cualitativa y cuantitativa; plantear y contrastar soluciones tentativas o hipótesis; realizar predicciones e inferencias de distinto nivel de complejidad; e identificar el conocimiento disponible, teórico y empírico necesario para responder a las preguntas científicas, y para obtener, interpretar, evaluar y comunicar conclusiones en diversos contextos”

Este texto pone de manifiesto la importancia de que el alumnado aprenda naturaleza de la ciencia y de incorporar actividades propias de la indagación científica en el diseño didáctica de los cursos de forma oportuna. El planteamiento de enfoques de Enseñanza de las Ciencias Basados en la Indagación (IBSE) trata de cumplir con este propósito, algo que lo convierte en una herramienta eficaz para conseguir un desarrollo la competencia científica rica en todas sus capacidades.

En el nuevo REAL DECRETO 1105/2014 (p. 172) que regula el Bachillerato y ESO define a la competencia, como la *“capacidad para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada*

de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos”. La competencia científica se une con la competencia matemática (*competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología*), aunque se subdivide en el desarrollo de la ley.

La ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se desarrolla las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de LOMCE (p. 6994) fija lo nuevos criterios de valoración y aplicación de la llamada “competencias básicas en ciencia y tecnología”. En este punto enfatizamos en aspectos de la ley relacionados con un enfoque IBSE: “Investigación científica: como recurso y procedimiento para conseguir los conocimientos científicos y tecnológicos logrados a lo largo de la historia. El acercamiento a los métodos propios de la actividad científica, propuesta de preguntas, búsqueda de soluciones, indagación de caminos posibles para la resolución de problemas, contrastación de pareceres, diseño de pruebas y experimentos, aprovechamiento de recursos inmediatos para la elaboración de material con fines experimentales y su adecuada utilización no sólo permite el aprendizaje de destrezas en ciencias y tecnologías, sino que también contribuye a la adquisición de actitudes y valores para la formación personal”.

Este “sistema de referencia” que indica la ley denota la importancia que se le da a la indagación en la enseñanza de la ciencia en la actual legislación.

Respecto al diseño didáctico plantado en este trabajo, la legislación que regula el 2º curso de Bachillerato (REAL DECRETO 1467/2007) no recoge el concepto de competencia que ha de adquirir el alumno, a diferencia de la Educación Secundaria Obligatoria. Pero en la ORDEN de 5 de agosto de 2008 que lo desarrolla en la comunidad autónoma de Andalucía se reconoce la importancia de la adquisición de las competencias básicas ya que promueve su refuerzo en Bachillerato incorporando una asignatura específica llamada Proyecto Integrado: “*profundice en el desarrollo de las competencias básicas, que constituirían una referencia central para el currículo de la etapa anterior*”.

3.4 Naturaleza de la Ciencia.

La Naturaleza de las Ciencias (o NOS, por sus siglas en inglés) es un nuevo componente curricular que recientemente se ha incorporado al currículo de ciencias. Adúriz-Bravo (2005, p. 2) diserta sobre el concepto de Naturaleza de las Ciencias a través de una revisión bibliográfica de múltiples autores (Lederman, 1992; Matthews, 1994, 2000; Driver et al., 1996; Jiménez Aleixandre, 1996; Duschl, 1997; McComas, 1998; citados por Adúriz-Bravo, 2005) afirma que consiste en conocer y aprender “*qué son y cómo se elaboran [los conocimientos científicos], qué características las diferencian de otras producciones y emprendimientos humanos, cómo cambian en el tiempo, cómo influyen y son influenciadas por la sociedad y la cultura*”. Este conocimiento de la ciencia enriquece el aprendizaje significativo de los hechos científicos. Ya no son meras sucesiones de datos que entran en una “cabeza vacía” o la “corrección” de errores por observación. El estudio y comprensión del método científico, como se generan sus datos y que es o no ciencia permite enriquecer los conceptos aprendidos en cada materia y correlacionar eficientemente las leyes, principios y teorías científicas con las observaciones y experimentos realizados (creación de hipótesis, diseño experimental, análisis de datos, conclusiones fundamentadas en los datos y la bibliografía). Por tanto, incorporar la Naturaleza de las Ciencias a parte del

currículo es esencial para alcanzar una competencia científica plenamente desarrollada. Y su buen conocimiento es la mejor manera de combatir la pseudociencia imperante.

En la actualidad se ha reconocido la importancia de conocimiento de NOS, a través de lo que se conoce como *metaciencias* (epistemología, historia y sociología de la ciencia) para generar imágenes de la ciencia más ajustadas a la realidad. Esta importancia se ve reflejada en la incorporación de materias como *Ciencias para el Mundo Contemporáneo*. Una asignatura común en 1º de Bachillerato siendo una de sus finalidades “*familiarizarse con algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que se utilizan para abordar su conocimiento*” (RD 1467/2007, p. 45387).

La didáctica de la NOS lleva a cabo a través de tres enfoques: estudio de la historia de la ciencia, la reflexión filosófica del método científico y la sociología de la ciencia, o la influencia de esta en la sociedad y como marca los objetivos de la ciencia (Vázquez *et al.*, 2001).

Existen varias escuelas que estudian la NOS desde diferentes marcos conceptuales. En el positivismo, los estudios epistemológicos de la ciencia no se han de ocupar de cómo se produce el descubrimiento científico, solamente de los resultados publicados de la investigación. La Naturaleza de la Ciencia en el positivismo se reduce a un instrumento para *codificar y anticipar la experiencia* y considera que el método científico como el único conocimiento válido basado en la experiencia. En la actualidad, “*la tradición positivista está superada y no goza de una aceptación mayoritaria*” (Vázquez *et al.*, 2001, pág. 139).

El relativismo considera la naturaleza de la ciencia en relación al impacto social y humano de esta y es una actividad igual importante que el resto de la empleadas por la humanidad. Relativiza la importancia de las ciencias, las cuales no son exclusivas ni excluye otro tipo de conocimientos y disciplinas con la misma validez. No considera a las pruebas como decisivas y está contra el empirismo, dando interpretaciones sociales y psicológicas. Considera la NOS enmarcada dentro de paradigmas que influyen decisivamente en la interpretación de los datos, aunque la esencia de la naturaleza es igual para dos paradigmas competidores (Vázquez *et al.*, 2001).

El realismo es una posición antagónica a la anterior y cree que la descripción científica del mundo presenta una relación muy estrecha con el objeto de estudio, el mundo natural. Considera la ciencia como único camino para la obtención de la verdad, el objetivo final de la ciencia, y no una de sus cualidades, y como única vía que se enfrenta a la falsación, obteniendo es a verdad a través de rebatir las falsedades. El realismo pretende obtener teorías amplias que explique fenómenos complejos de forma única y amplia (Vázquez *et al.*, 2001). El concepto de la NOS realista puede pecar de simplista, reduccionista e inabarcable.

El pragmatismo como corriente epistemológica que estudia la NOS como un “*instrumento cuyo objetivo es producir teorías capaces de superar contrastes empíricos más exigentes*” (Vázquez *et al.*, 2001, p. 156), lo que lo hace más fiables. Descarta el falsismo y da la ciencia un papel de adquisición de conocimientos de la naturaleza funcional, distinguiendo entre los objetos reales y las ideas teóricas. El pragmatismo es garantista con la hipótesis e integra distintos ámbitos del conocimiento, de tal manera que dos teorías complementarias no sean contrapuestas y relativiza la influencia del paradigma en el ambiente científico (Vázquez *et al.*, 2001).

McComas y Almazroa (1998) ponen en valor del aprendizaje y enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia. Sobre la NOS existen también ideas alternativas de profesores/as y alumnos: considerar que los modelos científicos son copia de la realidad; entender como relaciones simples hieráticas en las que las hipótesis se convierten en teorías y estas en

leyes dependiendo de la potencia de la idea; que la ciencia usa cualquier método para obtener resultados; o que una visión detallada de la ciencia podría descansar en la suposición de una interferencia divina.

Estas distorsiones en la visión de la NOS provoca un alejamiento de la ciencias, una relativización de sus conocimientos y una incomprensión de los procedimientos para alcanzar el conocimiento científico. Es necesario, por tanto, incorporar a los currículos de educación el estudio de la NOS para combatir sus ideas alternativas.

Autores como Driver *et al.* (1996) argumenta el estudios de la NOS en las aulas con cinco justificaciones: 1) encontrarle sentido a la ciencia y manejar objetos tecnológicos; 2) tener una visión socio-científica de los temas y participar en los procesos de toma de decisiones; 3) percibir la ciencia como un elemento principal de la cultura contemporánea; 4) entender las normas morales que rigen la comunidad científica en la obtención de resultados y conclusiones, que les da una fuerza moral esencial para el establecimiento de verdades confiables y paradigmas; y 5), como un soporte para el aprendizaje de los contenidos científicos al mejorar la comprensión del método científico se facilita el entendimiento y una mayor conexión de conceptos científicos y la realidad (McComas y Almazroa, 1998).

El diseño didáctico planteado, a través del uso de la metodología conocida como Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación, fomenta el aprendizaje de la NOS a través de actividades tanto manipulativas como otras que requieren un elevado esfuerzo cognitivo, al promover el aprendizaje de los contenidos científicos mediante la realización de actividades coherentes con la metodología científica y, por tanto, la modificación de las ideas alternativas que se tiene acerca de la NOS.

3.5 Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (IBSE).

En los puntos anteriores se ha disertado algunas ideas esenciales para enmarcar el desarrollo del marco teórico de la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (IBSE, acrónimo del inglés *Inquiry Based Science Education*): 1) El marco psicológico y didáctico actual más aceptado en el diseño de estrategias didácticas para promover un aprendizaje significativo es el constructivismo, que a grandes rasgos, refleja que la mente del alumnado acarrea una serie de ideas previas y explicaciones acerca de aspectos científicos, no es un “lienzo en blanco”. Y que, por tanto, para un aprendizaje significativo es necesaria la construcción de esquemas de ideas fundamentadas e interconectadas entre sí, para ensamblar un andamiaje sólido de los conceptos, habilidades, procedimientos y valores aprendidos. 2) En la línea de lo que establece el constructivismo se haya el concepto de idea previa o concepción alternativa (explicaciones alternativas a las científicas que se construyen a partir de la experiencia o bien son infundadas por el entorno social o escolar). Las ideas previas pueden presentarse sobre conceptos científicos, procedimientos científicos, protocolos, leyes, teorías o principios de la ciencia, o sobre la metodología científica y las leyes morales y sociales que las rigen. Estas ideas pueden considerarse un excelente punto de partida para acercar al alumno/a a ideas científicas y las teorías y leyes que las rigen. Y son la base para construir nuevos esquemas cognitivos reformulando la información adquirida con las ideas previas de los alumnos/as. El problema es que esas concepciones o ideas previas son muy resistentes al cambio, y para que se produzca una

evolución hacia un conocimiento científico (objeto de enseñanza), es necesario ponerlas en conflicto y buscar pruebas que permitan construir ese conocimiento de forma similar a como ocurren en la ciencia, y no apoyarlo en creencias. La evolución en estas ideas previas a través de una metodología, como lo es IBSE, provoca un aprendizaje duradero y significativo. 3) Por tanto, no sólo es esencial la enseñanza de conceptos y teorías de la ciencia, sino también de los mecanismos de obtención del conocimiento científico, para formar un buen andamiaje conceptual. Ahí es donde se incorpora un nuevo elemento curricular, la naturaleza de las ciencias (NOS), a los programas de educación. 4) estos programas de educación, al menos en sus niveles básicos, tiene como objetivos que los alumnos/as alcancen una serie de competencias básicas útiles en la vida contemporánea. La competencia científica abarca el conocimiento y manejo de concepto, procesos, metodología, habilidades y valores científicos que permitan enfrentar una situación habitual o un problema más profundo con base científica y según las naturalezas propias del conocimiento científico (*alfabetización científica*).

Con esta visión del contenido científico amplia, IBSE pretende introducir al alumnado en el conocimiento de ciencias así como en los procesos de investigación. De esta manera comprende la ideas científicas y conocen los procedimientos que los científicos aplican al estudio los fenómenos de la naturaleza (Alake-Tuenter *et al.*, 2012). Por tanto, IBSE pretende acabar con la visión reduccionista de la ciencia que tiene la sociedad y algunos docentes. Estos evaluarán el aprendizaje de los alumnos/as en función de su conocimiento sobre los hechos, conceptos, leyes, principios y teorías acerca del mundo natural. Y pese a que en muchas ocasiones en libros de texto y por parte del profesor/a se realizan aproximaciones entre el contenido de la ciencia y experiencias concretas y cercanas, se suele realizar de manera superficial, como un mero medio de aplicación de contenidos teóricos. Esta distinción es clave para entender lo que representa IBSE como un método novedoso de enseñanza de las ciencias, así como una aportación de estudiar el conjunto de formas de pensar y hacer, que se utilizan para establecer, divulgar y clarificar el conocimiento científico (NRC, 2011; citado por Martínez-Chico, 2013).

En la legislación se incluyen contenidos sobre NOS, dejando fuera una visión reduccionista de la ciencia. Pese a ello, no siempre se llegan a desarrollar en el aula siguiendo una metodología exhaustiva con aproximaciones similares al enfoque IBSE. Y si se emplean lo hacen como meros instrumentos o complementos para un aprendizaje conceptual tradicional; sin el reconocimiento *per se* de la importancia de aprender las formas de hacer y pensar de la ciencia (Martínez-Chico, 2013).

El enfoque IBSE contempla una visión amplia del aprendizaje y enseñanza de las ciencias, fundamentada en la construcción del conocimiento científico. Pero no es sólo eso, IBSE es un método innovador de enseñanza, que lleva asociada una manera de organizar y desarrollar las clases de ciencias dirigida a favorecer aprendizaje significativo no sólo de hechos y teorías, sino también del propio proceso de construcción del conocimiento. El desarrollo de este enfoque de enseñanza ha sido potenciado tanto desde los EEUU (*National Research Council*), como desde instituciones de la UE, en proyectos europeos, como Pollen y Fibonacci, encontramos una definición académica:

“IBSE es un enfoque de enseñanza y aprendizaje de las ciencias basado en una concepción de cómo aprenden los alumnos, de la naturaleza de la investigación científica y de cuál es el contenido básico que hay que aprender”.

El término *Inquiry* se ha usado en diversos tipos de enfoques que se quiere asimilar a IBSE, sin ser equivalentes, lo que genera una cierta confusión acerca del funcionamiento aplicado del enfoque IBSE (Verdú, 2004; Barrow, 2006; citados por Martínez-Chico, 2013). Para aclarar el diseño y propiedades específicas de IBSE, se elaboró por Worth *et al.* (2009), en el marco del proyecto Pollen, el esquema conceptual del proceso completo de indagación, en el que resaltan actividades como cooperar, discutir, debatir, intercambiar, reflexionar y registrar (Martínez-Chico, 2013). La figura 3.1 representa este diagrama y proviene de Martínez-Chico (2013). En este mismo informe se establecen los principios del enfoque IBSE:

- Los estudiantes tienen experiencia directa con los fenómenos que están estudiando.
- Los estudiantes se implican gracias a comprender las preguntas y problemas trabajados.
- Los estudiantes deben desarrollar destrezas propias de la indagación científica: observar, formular preguntas, hacer predicciones, diseñar investigaciones, analizar datos y afirmaciones probadas.
- Los estudiantes deben actuar sobre objetos y razonar, discutir con los demás, y transmitir los conocimientos a los demás de forma oral o escrita.
- La experimentación no siempre es necesaria y hay conceptos que no se pueden construir a través de la manipulación, con lo cual es importante usar fuentes de información secundarias al servicio de la indagación pero sin sustituirla, como las fuentes bibliográficas.
- El trabajo en grupo y el diálogo en este y la interacción con el gran grupo, compartir ideas, debatir con el profesor/a y el resto qué hacer y cómo realizarlo, cuáles son los objetivos a conseguir, las ideas más importantes, las conclusiones lógicas obtenidas a través de la cooperación, que es tan propia del ámbito científico (Worth *et al.*, 2009; Martínez-Chico, 2013).

Martínez-Chico (2013) describió las actividades que pueden realizar los alumnos/as siguiendo un enfoque IBSE. Están basadas en el informe del National Research Council de 2000 (p. 25):

- 1) El alumno/a ha de enfrentarse a cuestiones y planteamiento de carácter científico relacionados con fenómenos del mundo natural, cuya respuesta pueda ser confirmada o rechazada mediante la obtención de pruebas. Las preguntas han de tener sentido para los estudiantes y pueden ser formularlas por los estudiantes o el propio docente. Las pruebas han de tener relación con sus experiencias previas, para correlacionarlos, y siendo adecuadas a su nivel de desarrollo cognitivo. El alumno/a ha de implicarse en el proceso y en la búsqueda de la información hasta hacerla suya.
- 2) El alumno/a ha de formular explicaciones o modelos personales justificados en sus experiencias previas (bagaje personal, conocimientos e información anteriores relacionados con el tema). Estas respuestas pueden convertirse en hipótesis de correlación entre variables o en modelos más ambiciosos del hecho a explicar que expresen su comprensión de la realidad a la que se refiere la pregunta. La verbalización o escritura de estas respuestas es un *momento esencial* para la *expresión y discusión* de las ideas previas y concepciones alternativas como una explicación personal y fundamentada de

una cuestión o problemas. Este es un hecho diferenciador o específico distinto a los enfoques tradicionales basados en el cambio conceptual (Martínez Torregrosa *et al.*, 1993; Verdú, 2004; López-Gay, 2012; citado por Martínez-Chico, 2013). Los estudiantes han de dar su explicaciones previamente, evitando los fenómenos de manipulación que suelen dejar inmutables las concepciones alternativas del alumno/a (Windschitl *et al.*, 2008).

- 3) Es esencial que el alumno/a busque pruebas para confirmar o refutar la hipótesis que ha planteado (Jiménez Aleixandre, 2010; Garrido-Espeja, 2012; citado por Martínez-Chico, 2013). Estas pruebas pueden proceder de datos obtenidos a través de diseños experimentales propios o bien de la búsqueda de información o la consistencia encontrada en otros conocimientos ya consolidados. Para obtener una pruebas clara y confiables para los alumnos, los diseños experimentales han de ser claros, no complicados, sin resultados ambiguos.
- 4) El alumno/a ha de analizar e interpretar la información y los datos obtenidos, adaptando las explicaciones inicialmente formuladas o el modelo planteado a la nueva información, mejorando con ello su validez o utilidad. Esta es la parte fundamental del enfoque IBSE, ya que en ella se da la *conexión entre los hechos y los fenómenos y las teorías* valorando las pruebas interpretativamente, lo que demuestra que dentro de la Naturaleza de la Ciencia, el conocimiento científico no es inmutable mostrando el carácter interpretativo de la ciencia (Garrido-Espeja, 2012; citado por Martínez-Chico, 2013).
- 5) Comunicar e intercambiar ideas con el resto del alumnado y el profesor, de tal manera que consideren otras explicaciones alternativas a su postura personal. Tras la interpretación de las pruebas a la luz de los modelos utilizados, se hace imprescindible comunicar a los demás y someter a crítica el proceso y las conclusiones obtenidas, contrastando las ideas discutidas. En el enfoque IBSE es esencial la comunicación y el diálogo dentro del gran grupo, en pequeños grupos de trabajo y todos con el profesor. La comunicación ha de vehicularse mediante un lenguaje oral y escrito como un sistema para hablar y pensar en ciencia (Osborne *et al.*, 2004; citado por Martínez-Chico, 2013). El informe de NRC de 2000 resalta la importancia de una comunicación entre iguales dentro del debate guiado al contrastar las ideas previas con las interpretaciones propias de los hechos, y estas, a su vez, con las conclusiones de los demás alumnos/as. La indagación guiada, comparada con la indagación estructurada, incluye más flexibilidad entre los alumnos/as y con el docente; y muestra grandes avances en el aprendizaje de contenidos y procesos científicos (Bunterm *et al.*, 2014). El contraste entre diversos puntos de vista sirve para evolucionar las ideas previas hacia otras basadas en las pruebas similares o muy cercanas a las científicas. Como se afirma en NRC (2000; citado por Martínez-Chico, 2013), *“compartir explicaciones puede poner en duda o fortalecer las conexiones que los estudiantes han hecho entre las pruebas, el conocimiento científico existente y sus explicaciones propuestas. Como resultado, los estudiantes pueden resolver contradicciones y dar solidez a un argumento con base empírica”*. Por tanto, lo importante es introducir cambios en las ideas previas, cuando no

rechazarlas, fruto de la comprobación y el intercambio de ideas, y no tanto de los interlocutores y el poder de convicción (esto último sí es esencial en ritos, creencias y pseudociencias).

Pero el enfoque IBSE a veces es malinterpretado y reducido a una simple aplicación de actividades manipulativas (*hands-on activities*) que no requieren gran esfuerzo cognitivo, y por tanto, sin integración de la experiencia en la teoría a enseñar, sin modificar las ideas personales por una falta de reflexión al no integrar actividades de reflexión que favorezcan la construcción del conocimiento (*minds-on activities*) (Windschitl *et al.*, 2008). Como se recoge en el trabajo de Martínez-Chico (2012), combatir la tendencia reduccionista del IBSE es difícil. No obstante, algunos autores como Verdú (2004; citado por Martínez-Chico, 2013) y Schwarz y Gwekwerere (2007) “*plantean un enfoque de indagación centrada en modelos, representaciones que abstraen y simplifican un sistema, que hacen explícitas y visibles sus características fundamentales y pueden ser usados para generar explicaciones y predicciones*”. El objetivo principal de estos modelos es la creación, revisión y evaluación de los modelos científicos predictivos que hagan comprender al alumnado las ideas científicas que se quieren transmitir (Schwarz y Gwekwerere, 2007).

Pero la situación actual en nuestro país, pese al impulso legislativo en alfabetización y competencia científica, es que la enseñanza de las ciencias es *factual y reproductiva*, con poca exploración de fenómenos e indagación y necesario conjuntar con la *conceptualización de las grandes ideas* en ciencias (COSCE, 2011; citado por Martínez-Chico, 2013).

Las ventajas del enfoque IBSE se ven reflejadas en la gran cantidad de informes (Fibonacci, Pollen, Mind the gap, Rocard, Nuffield, etc.) de diversos organismos públicos internacionales que lo promueven y refleja los beneficios de la indagación a lo largo de la vida lectiva de los estudiantes. Los beneficios radican en que el alumnado desarrolla: habilidades científicas, aprendizaje colaborativo, explicaciones fundamentadas con argumentos y pruebas (Martínez-Chico, 2012) y la comprensión de la Naturaleza de la Ciencia (Harlen, 2010; Alake-Tuenter *et al.*, 2012). El enfoque IBSE promueve estudiantes activos que hacen, hablan, crean, diseñan, dialogan, consensuan, evalúan, refutan ... dando una motivación extra a las clases, al romper con habitual dinámica del docente como protagonista frente al gran grupo, y considerando al docente el guía y acompañante de la experiencia de aprendizaje del alumnado. El aumento de motivación y la aplicación de IBSE fomenta el interés por la ciencia a edades tempranas, lo que potencia la alfabetización científica de la sociedad y la competencia científica de los individuos.

Finalmente, la suma de todos estos argumentos nos han llevado a plantear el diseño didáctico para la enseñanza de los antibióticos en su medio natural siguiendo un enfoque IBSE. La facilidad de manipulación y los resultados evidentes hacen que se facilite un auténtico aprendizaje significativo por la evolución de las ideas previas de los alumnos/as hacia las científicas en el marco de la microbiología. Además, los estudiantes tienen la oportunidad de contactar con técnicas y habilidades reales del laboratorio de microbiología; e iniciarse en procedimientos básicos en el desarrollo de la actividad investigadora en ciencias como el planteamiento de hipótesis, el diseño experimental, el análisis de datos y la obtención conclusiones fundamentadas en pruebas.

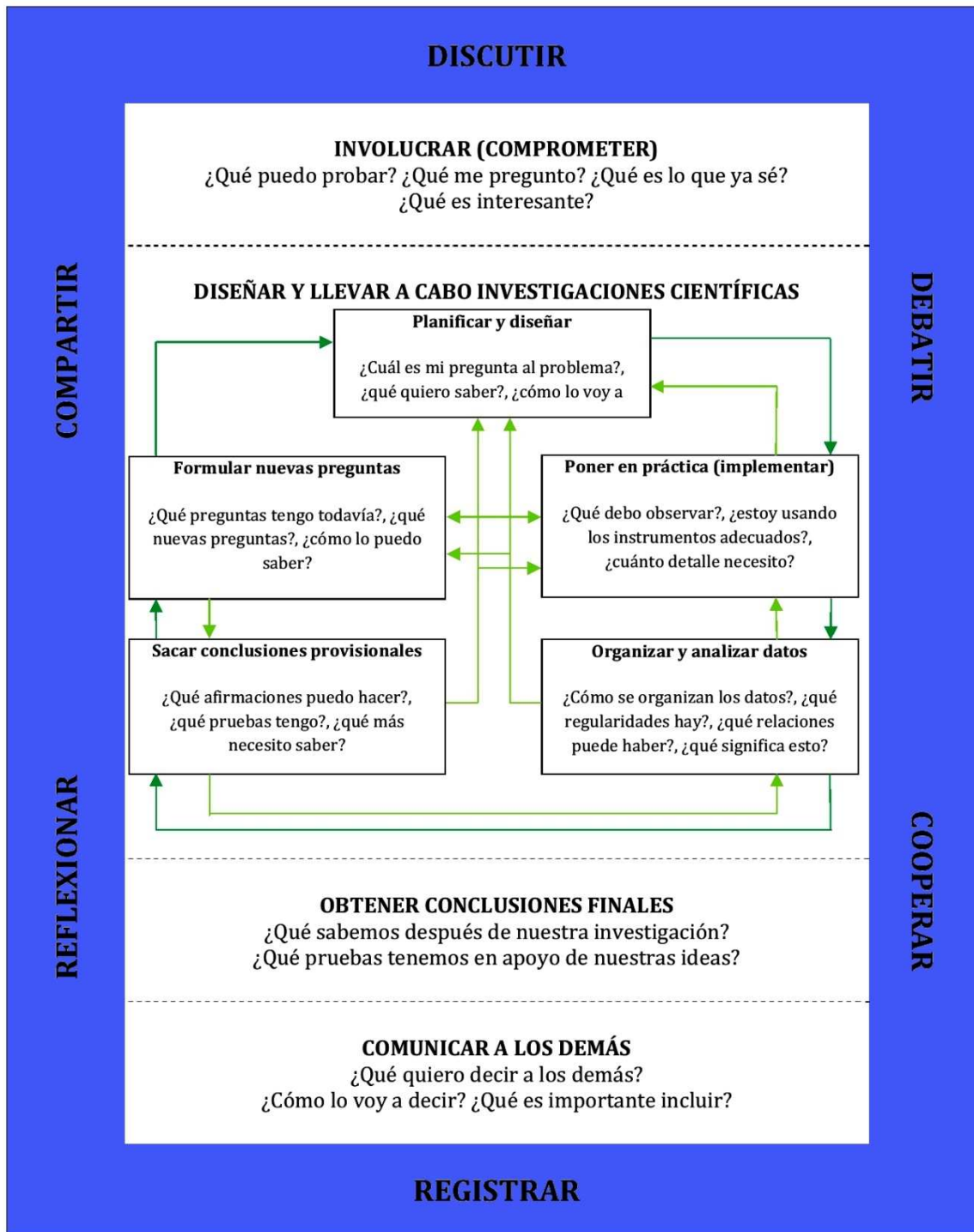


Figura 3.1. Actividades clave en el proceso de indagación (adaptado de Martínez-Chico, 2013).

4. DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA.

En este bloque se detalla el diseño de la propuesta didáctica planteada para el estudio de la microbiología en Biología de 2º de Bachillerato. En cada uno de los apartados se va a detalla la fundamentación legislativa que correspondan.

4.1 Marco curricular.

El diseño de toda propuesta didáctica ha de estar fundamentado por la legislación reguladora del curso al que va destinado. En este caso, la 2º curso de Bachillerato en régimen normal de un instituto público de la comunidad autónoma de Andalucía. La legislación que le afecta a efectos de programación didáctica es: REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Ministerio de Educación y Ciencia (BOE núm. 266, martes 6 de Noviembre de 2007). Este Real decreto se desarrolla en el marco de la comunidad autónoma de Andalucía a través de la ORDEN de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía.

En este bloque se hará referencia a parte del texto del al legislación relacionado con el aspecto tratado en cada apartado. Aquí se justifica el diseño didáctico por el espíritu de la ley. En el REAL DECRETO 1467/2007 (p. 45432) se plantea como uno de los objetivos de la enseñanza de la Biología el *“promover una actitud investigadora basada en el análisis y la práctica de los procedimientos básicos del trabajo científico que han permitido el avance de la biología: planteamiento de problemas, formulación y contraste de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica y manejo de fuentes de información”*. Por tanto, el diseño didáctico planteado aquí cumple claramente con uno de los objetivos generales de la enseñanza de la Biología en el REAL DECRETO 1467/2007, y casa con las teorías didácticas y la concepción de competencia científica recogida en el bloque de Metodología.

La legislación andaluza en la ORDEN de 5 de agosto de 2008 (p. 176) nos “sugiere” una metodología *“para poner de manifiesto la diversidad de microorganismos”* como es que *“cuando sea posible deben hacerse en el laboratorio cultivos de algunos microorganismos”*. Además, en la pág. 99 de la misma ORDEN se establece como uno de los principios para el desarrollo de los contenidos *“el fomento de la actividad investigadora en el aula como fuente de conocimiento, con objeto de armonizar y conjugar los aprendizajes teóricos con los de carácter empírico y práctico”*.

Por tanto, gran parte de los fundamentos del diseño didáctico están recogidos y recomendados legislativamente.

4.1.2 Directrices y orientaciones generales para la Pruebas de Acceso a la Universidad (curso 2014/2015, asignatura de Biología).

Este documento es una guía importante para la prueba de acceso a la universidad que edita las Universidades Públicas de Andalucía y que distribuye a los profesores/as encargados de las correcciones de la Prueba de Acceso a la Universidad (<https://goo.gl/BZM2DQ>).

Este documento es usado por gran cantidad de profesores/as que imparten clase en 2º de Bachillerato para el diseño de sus Unidades Didácticas. Esto es debido a que este curso se entiende como preparatorio para los exámenes de la Prueba de Acceso a la Universidad.

El documento distribuye el temario de Biología de 2º de Bachillerato por bloques temáticos. El bloque temático en el que se desarrolla este diseño didáctico es el IV (Microbiología). Se divide en 3 partes: I Principales temas del *currículum*, II Orientaciones y III Observaciones. Dentro del punto I.6. se encuentran “*la relaciones entre microorganismos y la especie humana*”. En este punto se enmarcaría este planteamiento didáctico, ya que en él observamos tanto organismos productores de antibióticos, que pueden ser usados por los humanos, como organismos resistentes o multirresistentes, potencialmente peligrosos por procesos de parasexualidad con patógenos. En Orientaciones, el punto 11 y 13 son adaptables al diseño didáctico planteado. El punto 11 “*reconocer la importancia de microorganismos en la investigación y en numerosos procesos industriales*” se cubre ya que se realiza un proceso de investigación del suelo con el fin de caracterizar la microbiota productora de antibióticos y su tipología, así como el resistoma de la comunidad microbiana de cultivables que se obtienen. El punto 13 “*conocer algunos ejemplos de aplicaciones biotecnológicas: antibióticos, etc.*” se cubre claramente al ser la experiencia didáctica una práctica de laboratorio que desarrolla un ejemplo sencillo y claro de *screening* (selección de microorganismos por su fenotipo) de productos biológicos naturales con posible aplicaciones biotecnológicas (antibióticos).

Por tanto, el diseño didáctico planteado encaja plenamente en las Directrices de la Prueba de Acceso a la Universidad y facilitará un aprendizaje significativo que podrá reflejarse en dicha Prueba.

4.2 Objetivos.

En el REAL DECRETO 1467/2007 (p. 45432) establece como objetivo 8 general de la enseñanza de la Biología en Bachillerato: “*analizar las características de los microorganismos, su intervención en numerosos procesos naturales e industriales y las numerosas aplicaciones industriales de la microbiología. Conocer el origen infeccioso de numerosas enfermedades provocadas por microorganismos y los principales mecanismos de respuesta inmunitaria*”.

Basándose en este objetivo general se ha propuesto unos objetivos específicos para este diseño didáctico:

1. Identificar que en el suelo existe una gran diversidad de poblaciones microbianas.
2. Diferenciar entre los microorganismos perjudiciales y beneficiosos para los humanos.
3. Reconocer que los antibióticos tiene un origen natural.
4. Reconocer que las resistencias a los antibióticos son un proceso natural.
5. Relacionar los factores ambientales con la evolución de las poblaciones del medio.
6. Familiarizarse con técnicas básicas del laboratorio de microbiología.
7. Usar el método científico para obtener un conocimiento objetivo de la naturaleza.

4.3 Contenidos, “big ideas” o ideas clave.

El REAL DECRETO 1467/2007 (p. 45432) nos marca una serie de contenidos para la asignatura de Biología en Bachillerato. El contenido 4 es el que engloba este diseño didáctico: “*El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones*”. Este diseño didáctico trabaja los contenidos de: “*estudio de la diversidad de microorganismos*”, “*interacciones con otros seres vivos*”, “*introducción experimental a los métodos de estudio y cultivo de los microorganismos*” y “*utilización de los microorganismos en los procesos industriales*”. Y de manera tangencial: “*los microorganismos y las enfermedades infecciosas*” e “*importancia social y económica*”.

En la legislación andaluza ORDEN de 5 de agosto (p. 178) como punto 4 de estudio al Microbiología y dice: “*es importante resaltar la importancia de los microorganismos en la investigación, en los procesos industriales y en el desarrollo de la biotecnología y sus aplicaciones*”. “*Para poner de manifiesto la diversidad de microorganismos, puede ser útil el estudio de fotografías al microscopio electrónico y la realización en el laboratorio de observaciones al microscopio de diferentes microorganismos*”. “*Cuando sea posible deben hacerse en el laboratorio cultivos de algunos microorganismos*”.

Se han desarrollado unos contenidos específicos para este diseño didáctico planteado, basándose en los contenidos previos recogidos en la legislación:

1. El suelo como ecosistema biológico.
2. La diversidad microbiana en los ambientes naturales.
3. Los antibióticos son de origen natural e influyen en la microbiota del medio.
4. Técnicas de microbiología básicas.
5. Los procedimientos propios de la actividad científica sustenta el conocimiento objetivo y experimental.

4.3.1 Ideas previas de los alumnos/as que se espera afrontar con este diseño didáctico.

La importancia de la ideas previas en el diseño didáctico por indagación se ha visto reflejada en el apartado 1.2 y el 3 de metodología. En este punto del diseño didáctico se hace hincapié en las ideas previas conocidas por la bibliografía existente y que se trabajan específicamente en este diseño didáctico.

Ideas previas generales sobre la **biología**:

La naturaleza de la evolución (Anderson *et al.*, 2002; Williams, 2009) y la biodiversidad (Yen *et al.*, 2007) contienen conocimientos abstractos y leyes o teorías poco intuitivas. Este trabajo indaga y muestra los efectos de la teoría de la evolución de las poblaciones mediante selección natural y variabilidad genética o neodarwinismo. Los factores ambientales que influyen en la evolución por selección natural sobre las poblaciones es un concepto que aparece en la comparación de los fenotipos de resistencia de las poblaciones generales del suelo y la posibilidad de aparición de especies productoras de ese antibiótico (ver las secuencias de actividades justificadas). Se pretende aclarar y transformar ideas previas de los alumnos/as como: 1) la evolución de un individuo y no de

las poblaciones, 2) la selección natural ocurre en un largo periodo de tiempo y 3) los fenotipos se producen a consecuencia de las condiciones y no por selección. Por tanto, las ideas previas acerca de este tema pueden transformarse y acercarse a las científicas a través de la indagación propuesta por la experiencia didáctica diseñada.

De igual manera, la indagación sobre la biodiversidad se produce en las actividades de crecimiento de placas de suelo y de fenotipos de resistencia de las poblaciones de microorganismos del suelo. Se pretende transformar ideas previas de los alumnos/as como que los microorganismos son homogéneos, o que en el suelo existe una baja diversidad de vida.

Ideas previas sobre la **microbiología**:

Las ideas previas de los alumnos/as que se quieren transformar con este diseño didáctico radica en la naturaleza de los microorganismos, más concretamente de las bacterias. En este sentido la intención es desestimar la relación recíproca exclusiva de bacteria y patógeno, mostrando la existencia de bacterias del suelo con utilidad para el hombre (productoras de antibióticos) y no patógenas, algo que se pretende trabajar a lo largo de toda la propuesta de enseñanza. El diseño didáctico muestra cómo las bacterias se localizan en el suelo (una ambiente natural y puro), haciendo cuestionar entre los alumnos/as las ideas previas que las asocian solo a sitios húmedos, contaminados, en animales o personas, o bien alimentos en descomposición.

Ideas previas sobre los **antibióticos**:

La visión artificial de los antibióticos como un producto químico de la industria farmacéutica es una de las ideas previas más arraigadas de todas en las que se indagan con este diseño didáctico, funcionando como eje fundamental de la secuencia de actividades. Mostrar los antibióticos como algo natural y con una función distinta a la farmacológica en infecciones es el hilo conductor de todas las actividades planteadas.

La existencia de una correlación directa entre el abuso de antibióticos y la aparición de resistencias bacterianas está promovida por los medios de comunicación. Es muy útil para evitar el abuso de antibióticos en los tratamientos. Pero este hecho, genera la idea previa de que los fenotipos de resistencia a antibióticos surgen en una población como respuesta a estos antibióticos y asociados a tratamientos. A lo largo del diseño didáctico los alumnos/as han de indagar en la idea de que son unos fenotipos naturales que se encuentran en las poblaciones naturales y se seleccionan por presencia de antibióticos en el medio.

4.4 Temporalización.

Estas actividades se desarrollan en sesiones de 50 min aproximadamente. Las sesiones distan unas de otras en torno a 3 días. Esto es debido a que este tiempo es requerido incubar de las placas³ que se producen en dos de las sesiones (actividades de

³ Tiempo de incubación: periodo de tiempo necesario para que una población de microorganismos o conjunto de microorganismo se desarrolle hasta alcanzar un número de células adecuadas para el proceso requerido por el investigador, que en nuestro caso es la observación directa de colonias de microorganismos del suelo, cuyo tiempo estimado es de 3 días.

siembra, actividades AM1.3 y AM2.1 del apartado 4.5). Pero puede ser variable ya que se suelen incubar a temperatura ambiente, aunque la temperatura ideal es 30°C. Si por razones de calendario escolar u horario de asignaturas no se pueden espaciar las sesiones 3 días, el profesor/a ha de valorar el estado de crecimiento de cada placa y si ha conseguido los fenotipos deseados y si estima que ha de terminar de crecer, debe refrigerar las muestras a 4°C hasta el momento de su uso en el laboratorio.

Legislación de la temporalización.

En la ORDEN de 5 de agosto de 2008 (p. 222), en el anexo III, se establece un total de 4 horas lectivas semanales para Biología de 2º de Bachillerato. El calendario escolar fijado para el curso 2014/2015 por Resolución de 28 de mayo de 2014 de la Delegación Territorial de Educación, Cultura y Deporte de Granada para 2º de Bachillerato establece una duración de 30 semanas aproximadamente, de la cual hay que restar 2 semanas por algún día festivo local, y preparación de pruebas evaluativas o exámenes y recuperaciones muy importantes de 2º Bachillerato, con lo reales contamos con 28 semanas.

La duración de cada clase es de 1 hora aproximadamente, 55 min. reales, según la ORDEN de 5 de agosto de 2008 (p. 102).

Microbiología es una quinta parte del contenido de la materia según se recoge en el REAL DECRETO 1467/2007 (p. 45432), de los cuales con esta experiencia copa el 30% del contenido detallado por el REAL DECRETO. Es decir, parte del segundo objetivo, el tercer objetivo completo y parte del cuarto. Se concluye que se ha de usar en torno a 1/15 del horario total del curso total. Lo que conlleva que sean 28/15=1,87 semanas; en torno a 7 días lectivos. Pero para el desarrollo de esta práctica de laboratorio no es necesario tanto tiempo. Los días restantes se podrán emplear de forma flexible en desarrollar la temática microbiología en otros puntos y reforzar el aprendizaje por este diseño experimental.

Por tanto, se establecen para este diseño didáctico 4 sesiones de 55 min. cada una; con una duración fundamentada en la legislación del contenido tratado y el horario disponible. En cada actividad se detalla el tiempo estimado necesario para su correcto desarrollo. La recogida de datos mediante el cuestionario KPSI (del inglés *Knowledge and Prior Study Inventory*) y valorativo de la actividad se realiza en 15 min extras en otra sesión 2 semanas después de finalizar las prácticas en sí. Ha de sumarse al tiempo lectivo, la actividades realizadas en casa y su corrección, un total de 15 h extraescolares más 30 min de correcciones en clase.

4.5 Secuencia de actividades.

A continuación se presenta una relación de actividades que componen el diseño didáctico planteado.

Como a menudo el enfoque IBSE de enseñanza de las ciencias queda reducido a actividades manipulativas (*hands-on activities*), es esencial necesidad de introducir la modelización de los fenómenos naturales, variante del enfoque conocida como MBI, que promueve que los alumnos/as se impliquen en actividades indagatorias para la creación, evaluación y revisión de modelos (Stewart *et. al.*, 2005; Schwarz, 2009; citados por Couso, 2014). Este enfoque incide tanto en la indagación como en la modelización, a través *mind-on activities* que promueven la comprensión del propio proceso de construcción de conocimiento. Este proceso implica la revisión de los modelos de fenómenos naturales de “*forma iterativa y consistente con la teoría y las pruebas*” (Windschitl *et. al.*, 2008; Schwarz *et. al.*, 2009; citados por Couso, 2014).

Por tanto, las sesiones constan de actividades de dos tipos. Por un lado se proponen actividades que requieren un mayor esfuerzo cognitivo o siguiendo la terminología anglosajona *mind-on activities*. Las hemos llamado Las actividades Cognitivas (AC) y son aquellas en las que el alumnado, de forma individual o en grupo: expresa sus ideas, en papel o de forma oral, escucha a los demás argumentos en una discusión, adelanta explicaciones y formula hipótesis, analiza resultados y obtiene conclusiones, contrasta sus hipótesis previas apoyándose en pruebas, reflexiona y formula predicciones.

El diseño también contempla actividades de tipo más manipulativo, a las que hemos llamado Actividades Manipulativas (AM) (*hands-on activities*), y en las que el alumno/a pone en práctica actividades propias del trabajo científico, próximas al fenómeno natural estudiado que requieren cierta experimentación: observación de fenómenos, uso de los materiales a su disposición para operativizar diseños experimentales, recogida o interacción con la muestras y observación del trabajo práctico que realizan los compañeros, lectura y seguimiento de protocolos establecidos, etc.

Con actividades de estos tipos, tratamos de operativizar el enfoque IBSE, evitando así que quede reducido a sólo un conjunto de actividades manipulativas que entretengan al alumnado. Las actividades AM diseñadas en esta propuesta didáctica no son sólo de tareas manipulativas. El hecho de que se discuta las distintas posibilidades, se reflexione sobre por qué es conveniente actuar de una forma u otra para comprobar lo que queremos comprobar... todo esto sería también AC, con lo cual se trata de algo mixto, (una especie de ACM). **Pero he preferido usar la forma AM, sin que por ello se excluya o quite importancia la parte de AC que contiene para que sea más claro y funcional la hora de que el profesorado sepa si toca usar material de laboratorio.**

La secuencia de actividades propuesta está diseñada también pensando en **motivar y captar la atención** de todos los alumnos/as. El enfoque de enseñanza IBSE posee un carácter motivador porque hace protagonista al alumnado desde el primer momento de su propio aprendizaje, involucrándose en preguntas que tienen sentido para ellos, favoreciendo el intercambio entre iguales, y además resulta muy experiencial.

En la descripción de cada una de las actividades manipulativas tanto los protocolos seguidos como los materiales necesarios para llevar a cabo su ejecución se encuentran descritos en el apartado correspondiente de la Guía de Laboratorio en el anexo B.

Al final de cada actividad se inserta un cuadro resumen con las características curriculares más destacables:

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
-------------------------	-----------------------	------------------------	----------------------------

SESIÓN 1.

AC1.1: Introducción al alumno en contexto y debate guiado para exponer y reflexionar sobre las propias ideas previas y compararlas con las de los demás.

Descripción y justificación: Es la actividad inicial de las prácticas de microbiología. Para romper el hielo e introducir la materia a trabajar, se comienza trabajando en gran grupo y planteando preguntas que faciliten la explicitación de las ideas previas que se espera que posean los alumnos/as acerca de los antibióticos y los microorganismos. Se parte de una pregunta para que los estudiantes empiecen a trabajar a partir de ésta, se impliquen y motiven, en lugar de que sea el docente el que directamente adelante los contenidos. La importancia de comenzar en las clases de ciencias planteando preguntas se ha puesto de manifiesto en la investigación en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias (Márquez y Roca, 2006). Se trata de preguntas en su mayoría indirectas, encaminadas a que los y las estudiantes respondan con sus ideas, y no con una respuesta académica-memorística o con lo que creen que el profesor/a espera escuchar. Consigue paulatinamente poner en contexto a los alumnos/as acerca de la temática tratada. Detecta las dificultades en los alumnos/as como son las ideas previas no científicas que poseen. La intención del diseño didáctico es lograr una evolución en esas ideas previas hacia otras científicas siguiendo un enfoque de enseñanza por indagación. La actividad consta de una batería de preguntas, recogida de respuestas individuales y debate guiado que establece el profesor/a con el alumnado en gran grupo. Consta de una serie de **preguntas clave** formuladas junto a otras **preguntas guía**. Cuando se formula la pregunta clave, esta es contestada por escrito y en silencio en un documento creado *ex proceso*, ya que es fundamental que sus respuestas queden de algún modo registradas o al menos ellos y ellas sean conscientes de las ideas que tienen, para poder trabajar a partir de ellas.

Existen 4 preguntas clave, que tratan de dar énfasis a su importancia al tener que contestar los alumnos/as y que a su vez permiten descubrir la existencia de ideas previas sin base científica en el alumnado. Las preguntas guía sirven enlazar unas preguntas clave con otras, y aunque nos permite identificar ideas previas distintas a las científicas, estas son colaterales al tema propio de los antibióticos. Cada pregunta clave está enfocada a uno de las **ideas clave** que se desarrolla en el diseño experimental y fundamentado en las ideas previas expuestas anteriormente. P1: concepto de microorganismo y si es perjudicial o no. P3: origen natural o no de los antibióticos. P4: origen natural o no de los antibióticos. P9: concepto de suelo como algo vivo y conjunto de factores ambientales que influyen en las características de las poblaciones microbianas. Esta serie de preguntas y debates se han unificado en una sola actividad y que forma parte de un cuerpo didáctico independiente que podría ser aplicado en otras circunstancias relacionadas con antibióticos (ej. visionado de un documental).

Pero existe una pregunta clave muy importante que da sentido a la secuencia y que los alumnos/as podrán responder gracias al desarrollo del diseño didáctico por indagación. Esta pregunta se conoce como pregunta/problema y es la P3 *¿De dónde imaginas que provienen los antibióticos?*

El debate guiado trata de poner de manifiesto la diversidad de respuestas existentes, concretarlas y aclararlas, unificando algunas de ellas si fuera necesario para continuar con la secuencia. A lo largo del debate los alumnos/as pueden constatar las diferencias de opiniones, justificar las suyas y escuchar las de sus compañeros. La misión del profesor/a es guiar las respuestas, poniendo de manifiesto las debilidades de algunas de ellas al profundizar en las mismas con preguntas o mostrar ideas de otros temas ya dados, pero nunca decir la respuesta clara y académica.

Tras contestarla, se realiza una puesta en común de las respuestas de los alumnos/as y se debate de forma guiada por el profesor/a. Los debates guiados tras la preguntas clave permiten unificar el pensamiento del gran grupo a través de una respuesta consenso usando las posiciones de los miembros del gran grupo. Esto facilita al profesor/a su tarea la conseguir que todos los alumnos/as alcancen la siguiente pregunta desde un mismo punto de partida, y le permite guiar las deducciones e ideas de los alumnos/as hacia un objetivo discreto, evitando la dispersión de ideas y objetivos.

A continuación se muestran las preguntas usadas en la secuencia. Las preguntas en negrita son las preguntas clave. Se muestra también la respuesta esperada por parte del profesor/a y la temática de la puesta en común. Se pueden encontrar en el anexo C que sirvió de Guión del profesor/a de preguntas en clase (en verde, respuestas esperadas y puesta en común).

P1: ¿Por qué es interesante el estudio de los microorganismos (m.o.) para el ser humano? Justifica tu respuesta y pon ejemplos. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

Dentro de la respuestas esperadas por parte de los alumnos/as se encuentra la idea previa de relacionar microorganismos con enfermedades solamente. Esta respuesta esperada sirve de enlace para la siguiente pregunta. Al ser una pregunta clave, se hace una puesta en común en un debate guiado con el objetivo de debatir la relación entre enfermedades y microorganismos y si existen también microorganismos beneficiosos. Se justifica recoger la respuesta por escrito ya que nos muestra una visión general de la ideas previas de los alumnos/as sobre la microbiología.

P2: Habéis hablado de enfermedades... ¿cómo se atajan las enfermedades producidas por m.o.?

Una respuesta esperada muy usual es la relación de los microorganismos patógenos y su tratamiento con antibióticos, que son medicamentos muy usuales y utilizados desde la infancia. Esta respuesta sirve de enlace a la siguiente pregunta.

P3: ¿De dónde imaginas que provienen los antibióticos? Justifica tu respuesta. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

Una respuesta esperada a esta pregunta según la bibliografía es relacionar los antibióticos con la fabricación por la industria farmacológica. Es la respuesta clave para todo el diseño didáctico. Tras la respuesta individual que se ha recogido por escrito se realiza un debate guiado sobre el origen artificial o natural de los antibióticos a través de preguntas que denotan las contradicciones de las teorías de los alumnos. A lo largo del debate sobre los antibióticos salen que estas sustancias matan bacterias pero hay algunas que pueden sobrevivir. Esta respuesta sirve de enlace para la siguiente pregunta. Se justifica recoger la respuesta por escrito ya que nos muestra una visión general de las ideas previas de los alumnos/as sobre el origen y producción de los antibióticos.

P4: Antes habéis mencionado la resistencia de bacterias ¿por qué crees que hay bacterias que sobreviven a los antibióticos? Justifica tu respuesta. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

La respuesta esperada más probable es el hecho de que existen bacterias resistentes a antibióticos por el mal uso clínico de los antibióticos por parte de los pacientes o los médicos/as. En la puesta en común de las ideas previas de los alumnos/as y debate guiado sale las ideas muy mediática del único origen de mal uso clínico de los antibióticos farmacológicos. En el debate sale a relucir el problema de las bacterias multirresistentes (con otros conceptos más sencillos). Estas ideas sirven de enlace para la siguiente pregunta. Se justifica recoger la respuesta por escrito ya que nos muestra una visión general de las ideas previas de los alumnos/as sobre la antibiosis como fenómeno natural o cotidiano.

P5: ¿De dónde podemos extraer los nuevos antibióticos necesarios para eliminar las bacterias más difíciles de tratar?

Las respuestas esperadas son muy dispares y se confunde los antibióticos con otras sustancias bacteriostáticas, o fungicida y pesticidas. Las respuestas como “de los hongos”, “de la industria”, las plantas, etc. y los microorganismos, como algo genérico. Esta última respuesta es la que sirve de enlace con la siguiente pregunta.

P6: ¿Dónde hay más microorganismos?

Las respuestas esperadas son muy dispares muchas veces relacionadas con saprofitos y patógenos: animales muertos, materias orgánicas, suelo o enfermedades. La respuesta del suelo es la que se usa de enlace para la pregunta P8. Si no surgiera la idea de suelo se pasaría a la pregunta P7.

(Pregunta formulada sólo si en la anterior no sales la idea de suelo): **P7: Puede ser en los lugares donde haya bacterias también, ¿y dónde acaba la materia orgánica o los despojos y desechos?**

La respuesta esperada y que sirve de enlace es el suelo.

P8: ¿Y cómo recogerías una muestra para buscarlos?

Dentro de las respuestas esperadas se intuyen las ideas que prefieren y las condiciones de muestreo que creen los alumnos/as óptima, como la superficie donde se realiza, la profundidad de muestreo, el lugar propicio, bajo árboles, superficies sin plantas, etc. El suelo por tanto es el protagonista de las respuestas y el enlace para la última pregunta clave.

P9: ¿Qué es para ti el suelo? ¿De qué está hecho?

Dentro de las respuestas esperadas se intuyen: minerales, plantas, m.o., materia orgánica. En esta última pregunta el debate guiado gira en torno a la idea de “suelo vivo”: un nicho ecológico con factores ambientales y especies propias, donde los organismo interaccionan y evolucionan. Esta idea se trabaja mediante indagación a lo largo de la secuencia de actividades. Se justifica recoger la respuesta por escrito ya que nos muestra una visión general de las ideas previas de los alumnos/as sobre el suelo y su naturaleza viva.

Resultados esperados: Está expresado anteriormente para cada una de las respuestas. En conjunto se espera que el alumnado exprese sus ideas previas en la línea de las reflejadas en la bibliografía. Algunas de ellas pueden coincidir con ideas científicas, pero de las que desconocen su fundamento.

Temporalización: 30 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1 y 4	1 y 7	1 y 5	CCExp, CLing

AM1.1: La importancia del Muestreo en el proceso investigador.

Descripción: Se trata de la recogida de muestra de suelo para la posterior preparación para la siembra de la solución del suelo en placas Petri con medio. La muestra se extrae de suelo del jardín del Centro, ya que de esta manera no hay que pedir autorización para salir del recinto. Uno de los alumnos/as prepara el terreno y otro recoge la muestra. El proceso concreto está descrito en la Guía de Laboratorio en el anexo B. El profesor/a va explicando los pasos seguidos por el protocolo y va preguntando al alumnado la fundamentación de cada paso dado. Las preguntas del diálogo planteadas son similares a: *¿debo mezclar varias muestras en una o usar solo una?, ¿cuál es la profundidad ideal?, ¿hay que mantener condiciones estériles en la recogida?, ¿se podría contaminar el suelo?, etc.*

Justificación: La realización del muestreo para la recogida de datos resulta esencial en el desarrollo de la secuencia, cuyo fin último es la búsqueda de pruebas que contrasta las hipótesis que realiza el alumnado. Con esta actividad práctica se pretende mostrar la importancia de realizar un buen muestreo y reflexionar acerca de la técnica y los objetivos que se persiguen con el mismo. La reflexión sobre el muestreo, sobre qué queremos comprobar y cómo hacerlo, se produce en la actividad anterior tras la formulación de una pregunta (P8). El empleo de una técnica de recogida de muestras adecuada es esencial en ciencias. En este caso, es fundamental la manipulación cuidadosa de la muestra para evitar contaminaciones con microbiota de superficie de la piel humana, así como la estimación de la profundidad adecuada de muestreo para que la muestra sea homogénea.

Resultados esperados: Los alumnos/as reflexionan activamente en gran grupo sobre el lugar y la profundidad idóneos de muestreo, dentro de una zona señalada previamente por el profesor/a. Los alumnos/as voluntarios cavan y recolectan las muestras.

Temporalización: 12 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1 y 3	1 y 6	1 y 4	CCExp

AM1.2: Trabajando la idea de diluciones seriada a través del método de obtención de colonias aisladas en la muestra.

Descripción: Se trata de realizar una serie de diluciones seriadas de la muestra inicial en medios estériles para obtener unas concentraciones bacterianas cada vez más bajas y poder sembrar y obtener colonias separadas, al desconocer la concentración bacteriana de cultivables⁴ inicial. El profesor/a va explicando los pasos seguidos por el protocolo y va preguntando al alumnado la fundamentación de cada paso dado. El protocolo descrito está en el anexo B. Las preguntas del diálogo planteadas son similares a: *¿cuál será el tubo más apropiado para ver colonias separadas al sembrar?, ¿por qué hacemos tantas diluciones?, ¿por qué no se siembra sólo de un tubo?, ¿puedo utilizar la misma punta de pipeta para realizar la diluciones y sembrar, y en qué orden?, etc.*

Justificación: Es un paso fundamental para obtener colonias separadas en las placas sin conocer la densidad previa de bacterias cultivables. Al ser tan específico, ha de imponerse unos pasos por parte del profesor (tipo receta), pese a los cuales, los estudiantes pueden reflexionar sobre su utilidad y el porqué de las acciones. Desde el punto de vista didáctico, el concepto físico de dilución se muestra claramente en esta actividad junto con la actividad de observación de los resultados en placa (AC2.1). Por tanto, AM1.2 se cataloga como una actividad transversal en la que un concepto físico se aplica en la biología y su consecuencia se observa a simple vista. Los resultados de esta experiencia hacen que los alumnos/as debatan y reflexionen sobre el concepto “ya no tan abstracto” de dilución y lo pongan en funcionamiento, dando al alumnado las herramientas para combatir las ideas de la moderna pseudociencia de la homeopatía⁵ (basada en el desconocimiento de las diluciones y concentraciones).

Resultados esperados: Los alumnos/as son capaces de entender qué son las diluciones y reflexionar sobre su utilidad en la práctica en el gran grupo por sí solos o por interacción guiada por el profesor/a. Son capaces de explicar el procedimiento a algún compañero/a que encuentre dificultades para entenderlo. Y manejan el material empleado en la realización de las diluciones.

Temporalización: 3 min.

⁴ Conjunto de microorganismos que pueden ser aislados de su medio natural y cultivados en medios creados por el hombre.

⁵ Medicina alternativa originada en s. XVIII que se fundamenta en que lo similar cura lo similar. Sus preparados consisten en diluciones seriadas de la sustancias hasta 10^{-30} en agua o alcohol y un golpe en un cuerpo elástico. En la actualidad está sufriendo un auge en ambientes alternativos a la ciencia y naturistas.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
3	6	4	CCExp, CMat

AM1.3: Del líquido al sólido: sembrado en placa petri.

Descripción: Consiste en echar un volumen conocido de dilución de la muestra en cada placa preparada previamente y realizar las técnicas de siembra con asa de vidrio por extensión. Parte del sembrado se realiza por los alumnos/as. El profesor/a va explicando los pasos seguidos por el protocolo y va preguntando al alumnado la fundamentación de cada paso dado. El protocolo y materiales necesarios están descritos en el anexo B. Las preguntas del diálogo planteadas son similares a: ¿por qué se pone el medio de cultivo “boca abajo”?, ¿por qué hemos de extender el fluido?, etc.

Justificación: Es la actividad final de esta sesión y preparatoria de la siguiente. En esta actividad los alumnos/as aprenden a valorar la práctica y la experiencia a la hora de realizar actividades en el laboratorio como las extensiones en las placas. Se quiere mostrar la importancia de tener no solo conocimientos teóricos sino habilidades manuales, lógica y actitudes positivas necesarias para un buen resultado en el laboratorio. Además, los alumnos/as practican una técnica fundamental y básica en todo laboratorio donde se trabaje con microorganismos.

Resultados esperados: Los alumnos/as ha participado activamente en el sembrado de las placas y pregunta el por qué se usa esa técnica y no otra dando ellos su opinión y contestando el profesor/a a su inquietudes. Se espera que los alumnos/as se pregunte por qué se usan dos técnicas distintas para dos objetivos concretos y que sea lo que se quiere conseguir con las dos tipos de sembrado.

Temporalización: 10 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
3	6	4	CCExp

SESIÓN 2.

Al comienzo de la sesión 2 se harán grupos naturales de 3 a 4 personas que trabajan conjuntamente, mediante enseñanza cooperativa (Maldonado-Pérez, 2008).

AC2.1: Evaluar y reflexionar sobre los resultados de la siembra con diluciones en placa mediante la observación de placas.

Descripción: Esta actividad se compone de dos partes diferenciadas que en conjunto permite una observación total e integral de las placas sembradas con las diluciones. En un primer momento los integrantes de cada grupo los estudiantes adelanten qué esperan obtener y por qué (el proceso de formular hipótesis y relacionar esas hipótesis con lo que deberían encontrar; tras lo cual, se acerca a las placas que se dispone seriadas según su concentración. Cada grupo ha de hacer un esquema (y fotografía si estima oportuno) de alguna placa o de la placa más interesante indicando la concentración de la placa y la

morfología de la colonias o conjunto de colonias. Han de redactar el porqué de su interés por esas colonias.

Una vez realizado la comprobación se realiza un debate guiado con una serie de preguntas clave ¿Qué resultados habéis encontrado? ¿Has observado alguna con forma de media luna? ¿A qué crees que se debe? ¿Está relacionada con otras con o sin las mismas características? ¿Cuál de ellas elegirías para comprobar a qué se debe el círculo o halo de inhibición de crecimiento?

Todas las respuestas y conclusiones que se den por parte del alumno/a han de reflejarse en la contestación de la pregunta P10.

Justificación: Esta actividad se plantea con la intención de realizar un esquema de lo observado, y destacar los puntos más destacables para los alumnos/as hace que se fijen en aspectos que de otra manera pasarían desapercibidos por la rapidez de la observación. El cuestionamiento inquieto de la naturaleza causa y origen de fenómeno natural observado es el primer paso del método científico. Su resolución justifica el resto del proceso investigador. Indagar lo sucedido a través de la metodología científica genera información objetiva y que permite contrastar sus ideas basándose en los datos fiables lo que contribuye, junto con el debate guiado y el intercambio entre iguales, a que se produzca una evolución en sus ideas y explicaciones respecto al fenómeno estudiado qué modifica las ideas previas a través de un atentado aprendizaje significativo. El debate guiado sirve para unificar criterios entre todos los alumnos/as y que observen los distintos puntos de vista e ideas que surgen al observar un mismo fenómeno natural.

Resultados esperados: Los alumnos/as dibujan las grandes colonias más destacables y grandes, con colores o texturas llamativas. Si se produce en todos los casos, el profesor/a ha de incidir en algunos aspectos, como las “colonias de media luna” y en las colonias pequeñas.

Temporalización: 20 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1, 3 y 4	1, 2 y 7	1, 2 y 5	CCExp, CArt

AC2.2: Creación de una hipótesis de trabajo y diseño de su comprobación.

Descripción: Esta actividad se compone de tres partes que se complementan.

1) Tras observar las placas y por grupos, los alumnos/as han de formular una **hipótesis** de trabajo para explicar la situación en la que se producen halos de inhibición, o en el texto de las preguntas: “colonias con forma de media luna”. Han de poner en común sus posturas y llegar a un consenso en la creación de una sola hipótesis que explique el fenómeno natural. Tras ello se pondrá en común por cada grupo, pero sin realizar ningún debate guiado.

2) Tras la puesta en común de las hipótesis, los alumnos/as han de reflexionar sobre el protocolo que diseñarían para **comprobar la hipótesis** planteada al contestar y justificar en grupo la pregunta: P10 ¿Qué experimento haríais para evaluar qué es lo que sucede? Posteriormente, se realiza un debate guiado para poner en común las contestaciones de cada grupo.

3) Los alumnos/as contrastan la hipótesis y las comprobaciones planteadas con las de otros grupos. El profesor/a ha de guiar a través del debate a los alumnos, con una serie de

cuestionamientos que conduzcan a estos a aceptar la metodología propuesta por el profesor/a como útil para comprobar sus hipótesis, o la hipótesis más consensuada entre los grupos.

Justificación: Uno de los fundamentos de la indagación científica es el reconocimiento de un problema conceptual o fenómeno natural y el planteamiento de una hipótesis que intente explicarlo. La hipótesis ha de estar justificada en algún dato subjetivo y experiencias previas (bibliografía). En este caso, la hipótesis diseñada será “más pura” y se basará sólo en la intuición, el debate inicial y el bagaje cultural del alumno/a. Esta hipótesis se contrastará con los datos objetivos y una reflexión final que modelice el fenómeno basándose en los resultados conseguidos.

La importancia que se le da en el diseño didáctico a la formulación de hipótesis reflexivas pretende poner de manifiesto la relevancia que tiene en la indagación científica y por tanto en el enfoque IBSE. Por ello, plantear una hipótesis de trabajo es esencial en este diseño didáctico, y su confirmación o refute funcionará como hilo conductor para el diseño de actividades que siguen.

Otra actividad fundamental de la indagación científica es establecer la metodología, técnicas y materiales necesarios para comprobar la hipótesis. La creatividad unida a la aplicación pragmática de los conocimientos es esencial en el desarrollo de protocolos capaces de comprobar hipótesis.

El debate guiado y la exposición en común posterior de cada grupo al gran grupo permite unificar los criterios en el gran grupo, coordinar el planteamiento del alumnado con el del profesor/a, mejorar la comunicación oral del alumnado en público al compartir sus ideas, y permite ponerlas en conflicto al ser explicadas a los demás y escuchar otras mejor fundamentadas.

A su vez, el trabajo en grupos en este ejercicio ayuda a todos los alumnos/as a poner en común sus ideas ya a reflexionar sobre lo adecuado de las mismas y proponer un consenso. Es cierto que puede darse casos de “caudillismo” en el grupo e imposición de ideas, pero al ser grupos reducidos y naturales se tiende a corregir esas relaciones.

Resultados esperados: Los alumnos/as crearán hipótesis alejadas de la explicación científica debido a su falta de fondo bibliográfico y de conocimiento sobre la materia. No obstante, algunas serán más acertadas. En el debate guiado se pondrán en común, siendo adoptada la hipótesis consenso de mayor fortaleza. De igual manera ocurrirá con la metodología de la comprobación de la hipótesis. Los diseños de protocolo serán más irrealizables aún ya que carecen de conocimientos técnicos para ello. No obstante, el plantearlo hará que visualicen su dificultad. Con el debate guiado, el profesor/a le irá dando unas pautas lógicas de por qué se sigue un protocolo u otro.

Temporalización: 25 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1 y 7	1, 2 y 7	1, 2 y 5	CCExp, Auto, Apr, CLing

AM2.1: Cómo adaptar las técnicas en el laboratorio a las necesidades de la investigación mediante el uso de distintas técnicas de sembrado en placas petri.

Descripción: Una práctica de laboratorio que aúna dos técnicas, el sembrado con asa de siembra de platino, y picado de colonias con palillos. Ambas técnicas se usan con

objetivos diferentes, la primera con el objetivo del estudio de las características de resistencia a antibióticos de las cepas seleccionadas en un caso de halo de inhibición. Y la segunda técnica con palillos estériles para comprobar la sensibilidad a antibióticos de una parte mayor de la microbiota del suelo que cohabita con las cepas productoras. Parte del proceso de sembrado se realiza por los alumnos/as. El profesor/a va explicando los pasos seguidos por el protocolo y va preguntando al alumnado la fundamentación de cada paso dado. El protocolo y materiales necesarios están descritos en el anexo B. Las preguntas del diálogo planteadas son similares a: ¿por qué creéis que se usan dos técnicas distintas de sembrado en placa?, ¿cuál creéis que es más informativa?, etc.

Justificación: Es una actividad esencial y preparativo para obtener resultados en la sesión 3. Desde la perspectiva didáctica, con esta actividad se muestran dos nuevas técnicas de sembrado en placa distintas a la primera que se realiza. Con ello se pretende mostrar la variabilidad de técnicas básicas en microbiología, así como fomentar en los alumnos/as un pensamiento crítico que le lleve a crear y usar métodos alternativos específicos para cada problema.

Resultados esperados: Los alumnos/as participan en las prácticas y charla entre ellos sobre el porqué de las dos técnicas de sembrado y su conveniencia. Se espera que dos alumnos/as siembren por extensión y por picado.

Temporalización: 10 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
3	6	4	CCExp

SESIÓN 3.

AC3.1: Análisis diferencial de fenotipos y obtención de conclusiones mediante la observación de placas con medio selectivo.

Descripción: En esta actividad se va a llevar a cabo la observación de dos conjuntos de placas. En esta actividad se produce el análisis de resultados, que es un momento fundamental en la indagación, ya que es aquí donde se produce la conexión entre el fenómeno estudiado y la teoría. Consta de 3 pasos muy correlacionados, que en conjunto, crean una actividad completa:

1) La observación de las placas y la anotación de las características de cada una por grupo (parte manipulativa). Los alumnos/as deben levantarse, acercarse a las placas, observarlas durante al menos 10 min. y comentar entre ellos libremente, sin que el profesor/a intervenga salvo para resolver dudas de que placa es o que se ve. Se ha de dejar a los alumnos/as interactuar con el material y los demás libremente.

2) La realización de un debate abierto al gran grupo en el que se racionaliza los fenotipos observados en las placas de extensión con asa y deducen conclusiones lógicas, con la ayuda del profesor/a con esquemas fenotípicos en la pizarra, a modo de ejercicio de lápiz y papel práctico. El objetivo de esta fase es la indagación por parte del alumnado del tipo de antibiótico que produce el halo de inhibición de crecimiento, a través de debate y la deducción de fenotipos.

3) La realización de un debate acerca de la frecuencia de los fenotipos de resistencia a antibióticos que se muestran en la placas de picado, indagando en la correlación que se

puede establecer entre el tipo de resistencias en la población y la presencia de bacterias productoras de antibióticos.

Justificación: Esta actividad es el culmen de todo el proceso experimental. De ella se obtienen los resultados que permiten inferir a los alumnos/as la realidad de lo que sucede en el halo de inhibición de crecimiento, el tipo de sustancia de que se trata y su efecto sobre las poblaciones de otras bacterias. El empleo de datos y las conclusiones que se infieren de ellos es la base de la ciencia y del proceso científico. Se pretende que el alumnado obtenga resultados claros y contundentes que sirvan para completar o producir una evolución en sus ideas previas establecidas al ponerlas en conflicto, como por ejemplo, la idea de que las resistencias se producen por el mal uso de los fármacos.

Resultados esperados: Esta es la sesión donde analizar los resultados obtenidos y correlacionarse con la hipótesis y el fenómeno observado, dando lugar a una serie de conclusiones acerca de la naturaleza de los antibióticos, su origen, uso e influencia ecológica.

1) Se espera que haya un debate en torno a los resultados obtenidos en las placas, dinámico y libre entre los alumnos. Han de reflexionar acerca de qué significa cada uno de los resultados y plantearse el porqué de ellos y si existe o no relación entre las placas del mismo antibiótico y distinto tipo de colonias (microorganismos).

2) Se espera que los alumnos/as deduzcan el tipo de antibiótico que se encuentra en el halo de inhibición problema mediante la correlación de los fenotipos de las colonias de cada una de las placas.

3) Se espera que se correlacione la conclusión del punto anterior con la distribución de resistentes a antibióticos de la población general. Que concluyan como una consecuencia de la disponibilidad de un antibiótico en el medio la presencia de un mayor número de poblaciones con resistencia a ese antibiótico y este hecho con las teorías neodarwinistas.

Temporalización: 40-45 min.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
2 y 4	3, 4, 5 y 7	3 y 5	CCExp, Apr, Auto

AC3.2: Informe grupal.

Descripción: Se trata de una actividad de casa y grupal que en la guía de laboratorio aparece como *AC1: Redacta un breve informe acerca de las conclusiones que has obtenido con los datos, y cotejadlos con tus hipótesis previamente formuladas en grupo.* El profesor/a explica que han de ser de unas conclusiones detalladas de 2-4 páginas con el contraste entre su hipótesis previa y los resultados obtenidos, justificando las conclusiones con razonamientos basados en los datos.

Justificación: La realización de un informe final en grupo sirve para asentar la ideas trabajadas sobre los antibióticos y la diversidad microbiana de cultivables, resultado de la indagación del alumnado a través del proceso de experimentación y contrastarlas con las sus ideas sobre antibióticos. Además, al tener que incluir las hipótesis adelantadas a la pregunta planteada inicialmente, así como los resultados obtenidos en el proceso de experimentación, se favorecerá también que los estudiantes sean conscientes de las actividades realizadas para la construcción del conocimiento científico al que han llegado, actividades propias de la indagación científica. Por otro lado, a través del análisis de la

redacción, el docente podrá comprobar si el efecto de la propuesta realizada ha sido el de favorecer el aprendizaje de los contenidos acerca de los antibióticos. El trabajo en grupo (colaborativo) permite que se desarrolle las actitudes colaborativas y participativas y los valores de solidaridad y trabajo en equipo (Maldonado Pérez, 2008), que se suelen fomentar en la Educación Secundaria Obligatoria y es conveniente reforzar en la secundaria no obligatoria.

Además, con este informe, los alumnos/as dan importancia a la creación de hipótesis que expliquen el fenómeno observado, al diseño de ensayos comparativos, a la obtención de resultados, al contraste con la hipótesis, a la obtención de conclusiones fundamentadas, y, por fin, al cambio de paradigma; que en su caso son la ideas previas acerca de los antibióticos que poseían. Por tanto, los alumnos/as al justificar su respuestas usando datos crean una experiencia muy cercana a la propia de la indagación científica, potenciando su conocimiento y su uso racional, muy útil para tener una visión crítica de la informaciones que les llegan, a veces manipuladas y pseudocientíficas.

Resultados esperados: El alumnado es capaz de trabajar en grupo de forma autónoma y buscando información complementaria que refuerce sus conclusiones. Estas conclusiones han de estar bien fundamentadas en los datos y relacionadas con la teoría que han de buscar. La redacción ha de ser correcta con terminología adecuada. El informe ha de reflejar a través de sus apartados que se ha realizado siguiendo la metodología científica por sus diversos apartados.

Temporalización: En horario extraescolar, 10 h. de trabajo aproximadamente.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1 y 2	1, 2, 3, 4 y 5	1, 2 y 3	CCExp, CLing, Auto

AC3.3: Aplicamos lo aprendido al contexto investigador (Lipasas).

Descripción: Se trata de una actividad de casa y grupal que en la guía de laboratorio aparece como AC2: *Plantead una serie de experimentos para detectar Lipasas microbianas útiles en la industria actual: zona de muestreos, selección de medios, detección de m.o. de interés, técnicas usadas, etc.* El profesor/a explica que ha de ser un trabajo original, en grupo, usando información adecuada y de extensión libre.

Justificación: Se prevé comprobar a través de este supuesto práctico si los alumnos/as han aprendido los contenidos trabajados y son capaces de aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y metodológicos a un supuesto concreto, esbozando un protocolo de actuación adecuado a su objetivo. Hace que el alumnado por indagación compruebe qué técnicas y conocimientos, desarrollados y aplicados en un campo de la ciencia, se pueden aplicar a otro campo científico. Este hecho es una parte esencial metodología científica actual (multidisciplinar).

Resultados esperados: Los alumnos/as son capaces de aplicar los conocimientos aprendidos sobre el estudio los antibióticos a otras moléculas de origen microbiano. Se espera que modifiquen ligeramente los protocolos, o que seleccionen cual usarían y cuáles no y justificarlo, así como plantear un diseño experimental realista.

Temporalización: En horario extraescolar, 3 h. de trabajo aproximadamente.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
2, 3 y 4	2, 6 y 7	2, 4 y 5	CCExp, Auto, CLing, Info

AC3.4: Aplicamos lo aprendido al contexto biosanitario.

Descripción: Se trata de una actividad de casa y grupal que en la guía de laboratorio aparece como AC3: *Imaginemos que trabajamos en un hospital y tenemos una serie de pacientes con una infección, ¿qué haríais para eliminar de manera eficaz dicha infección según las conclusiones del experimento?* El profesor/a explica que ha de ser un trabajo original y en grupo de extensión libre.

Justificación: Se prevé comprobar a través de este supuesto práctico si los alumnos/as han aprendido los contenidos trabajados y son capaces de aplicar los conocimientos adquiridos teóricos y metodológicos a un supuesto concreto, esbozando un protocolo de actuación adecuado a su objetivo. Es una actividad en la que se muestra las aplicaciones prácticas del estudio de los antibióticos, y su aplicación en la mejora de la calidad de vida de la sociedad.

Resultados esperados: El alumnado es capaz de resolver coordinadamente un problema real en muchos hospitales, usando los conocimientos y criterio adquiridos sobre los antibióticos y resistencias a lo largo de la práctica y usando información contrastada.

Temporalización: En horario extraescolar, 2 h. de trabajo aproximadamente.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
2 y 4	3, 4, y 7	3 y 5	CCExp, Auto, CLing, Info, CSoc

SESIÓN 4.

AC4.1: Actividad de aplicación de lo aprendido centrada en contenidos CTS: Bacteria de pesadilla.

Descripción: Se procede al visionado del vídeo titulado: *Bacteria de pesadilla* y que actualmente se puede encontrar en el enlace de la web de RTVE siguiente: <http://www.rtve.es/television/20150701/documentos-tv-bacteria-pesadilla/910361.shtml>

Tras el visionado del vídeo, se comenta en un debate abierto y guiado por el profesor/a, los conceptos y frases que refleja el documental y que el alumnado ha comprobado que no son expresiones ciertas o exactas. Un ejemplo es la expresión que se encuentra en el documental: *“El abuso de estos medicamentos ha originado que las bacterias se hagan resistentes a ellos”*. Una serie de preguntas clave pueden ser: *¿Existen superbacterias hospitalarias? ¿A qué crees que se debe? ¿Has encontrado contradicciones con lo visto en clase? ¿Qué harías para no fomentar la aparición de superbacterias?, etc.*

Justificación: Un enfoque CTS genera una correlación entre los conocimientos adquiridos en clase y la problemática social. Este hecho fomentará en los alumnos/as la visión útil de la ciencia en la sociedad. El visionado del documental permite al alumnado contextualizar los conceptos e ideas adquiridas a lo largo de la experiencia didáctica en casos concretos y observar la importancia de esto en la actualidad científica. Además,

permite al profesor/a y los alumnos/as destacar conceptos e ideas del documental que se contradicen con la experiencia obtenida. Destacando la importancia de no creer de forma irreflexiva toda la información que se recibe de los medios de comunicación. La transversalidad de esta actividad se fundamenta en conocer el lenguaje periodístico y su problemática a la hora de divulgar conceptos complejos y científicos al querer simplificarlos para la población general. De divulgación científica suele emplearse un lenguaje no exacto (Berruecos, 2002; Alcívar, 2004) acarrea ideas lamarckistas, antropocéntricas o pseudocientíficas en muchas ocasiones. Por tanto, es necesario transmitir a los alumnos/as la necesidad de detectar ideas falsas, indagando de forma autónoma en fuentes de conocimiento fiables; en este caso, las prácticas de microbiología.

Resultados esperados: Tras el visionado del documental, los alumnos/as por si solos y a pregunta del profesor/a *¿habéis detectado alguna frase o expresión que choque con las ideas que hemos trabajado en las prácticas de microorganismos?* han sido capaces de detectar ideas preconcebidas y expresiones que contrastan con la ideas adquiridas por ellos en las prácticas de microbiología.

Temporalización: 55 min de visionado más 10 de debate. No es necesario realizar esta sesión justo a continuación de las prácticas, ya que así se evaluará mejor si los alumnos/as han aprendido de forma significativa las ideas transmitidas en el diseño experimental.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
2	4, 5	3	CCExp, CSoc, Info, Apr

4.6 Atención a la diversidad y al alumnado con necesidades educativas específicas.

Al estar en 2º de Bachillerato suele ser más común que los alumnos/as que necesidades especiales sean por discapacidad sensorial y de altas capacidades intelectuales.

Para el alumnado con discapacidad sensorial se dispone de material adaptado que proporcionan las organizaciones especializadas, como la ONCE. Pero las prácticas de microbiología son muy visuales, conteo de colonias, siembra, flameado, fenotipos, etc. con lo cual es difícil su adaptación. Se debería preparar muestras previas de placas petri estéril químicamente y liofilizadas⁶ para que sean seguras y pueda ser tocada y percibidas por el tacto.

En el caso del alumnado con altas capacidades intelectuales, el REAL DECRETO 1467/2007 en su disposición adicional quinta dice: *“la escolarización del alumnado con altas capacidades intelectuales, identificado como tal por el personal con la debida cualificación y en los términos que determinen las administraciones educativas, se flexibilizará, en los términos que determine la normativa vigente.”*

La legislación andaluza que regula este ámbito es la ORDEN de 25 de julio de 2008, por la que se regula la atención a la diversidad del alumnado que cursa la educación básica en los centros docentes públicos de Andalucía. En su artículo 16 punto 3 establece que las

⁶ Liofilización: Técnica preparativa que consiste en la ultracongelación de una muestra y su posterior eliminación del agua mediante vacío por sublimación.

adaptaciones curriculares han de recoger “la ampliación y enriquecimiento de los contenidos y las actividades específicas de profundización”.

Por tanto, lo ideal es implementar esta propuesta con problemas específicos de gran profundidad reflexiva e indagatorios en la bibliografía y el uso de datos. La propuesta de adaptación curricular en este diseño didáctico es:

Sesión 3.

1. **AC Φ ⁷**: *Observa la morfología conjunta de todas las placas de la microbiota del suelo que hemos obtenidos. Anota los tipos de colonias y tamaños. Emplea fotos y esquemas si es necesario. Una vez obtenido los datos explica el porqué de la disposición de las colonias, de su tamaño y correlacionarlo con los factores ambientales que influyen en esta disposición. Discute su historia evolutiva y sus perspectivas de cambio desde el punto observado actual. Usa las teorías neodarwinistas para apoyar tus conclusiones.*

Descripción: Se trata de una actividad enfocada a alumnos/as de altas capacidades. El profesor/a explica que ha de ser un trabajo original, usando un marco teórico adecuado y de extensión libre. Para evitar un perjuicio temporal en este curso, el alumno/a, éste puede decidir de forma discreta no hacer las actividades AC3.3 o AC3.2.

Justificación: Es una actividad de recompensa y motivación para este tipo de alumnos. De mayor complejidad en la que desarrolla gran cantidad de competencias y capacidades para su correcta resolución.

Resultados esperados: Se espera que el alumno/a resuelva satisfactoriamente todos los planteamientos e incluso descubra otros que el profesor/a no ha descubierto. Se espera que use información científica y teorías por encima del nivel normal del curso.

Temporalización: En horario extraescolar, 20h. Pero es difícil de calcular debido a la alta capacidad del alumno.

Criterios de evaluación	Objetivos específicos	Contenidos específicos	Competencias desarrolladas
1 y 2	1, 2, 3, 4 y 5	1, 2 y 3	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr

4.7 Evaluación.

En la literatura se distinguen dos términos muy similares que pueden llevar a confusión: “evaluación de aprendizaje” que “se utiliza para referirse a los juicios sobre el desempeño individual del estudiante y el logro de objetivos de aprendizaje. Este concepto cubre la evaluación basada en el aula, así como los test externos y pruebas de gran escala” (Nusche et al., 2012). Y la “evaluación” que se “relación a la generación y uso de la evidencia acerca de los sistemas, materiales, procedimientos y procesos” (Harlen, 2013; p. 6). En este punto de la descripción de la secuencia didácticas se describe la evaluación del aprendizaje de los alumnos/as. La evaluación del propio diseño didáctico se realiza en el apartado 5 correspondiente.

⁷ Φ : Letra griega usada para representar el número áureo.

Las actividades de evaluación se han diseñado con el doble propósito de: 1, averiguar los conocimientos, actitudes y procedimientos aprendidos en este diseño didáctico; y 2, ayudar a los estudiantes a realizar un auténtico aprendizaje significativo a través de autoevaluación para que tome conciencia de lo aprendidos, del avance en el cambio cognitivo de sus ideas previas (*evaluación para el aprendizaje*, AfL en inglés; Harlen, 2013).

Se van a aplicar dos tipos de evaluación según los objetivos que se persiguen. Por un lado, la **evaluación sumativa** permite al profesor/a calificar a los alumnos/as. Permite la comparación entre estudiantes y todos los estudiantes son evaluados con idénticos criterios, no siendo una evaluación personalizada. Este tipo de evaluación se relaciona con criterios de evaluación estándares a través del empleo de la herramienta de evaluación Rúbrica. La calificación es el producto final de la evaluación sumativa. Los criterios de calificación se recogen en el apartado 4.7.3.

La **evaluación formativa** recibe especial importancia en la enseñanza de las ciencias. Dentro de la filosofía del enfoque IBSE, la comprensión no es un proceso sumativo de cantidad de conocimientos memorizados, sino que es más bien, la organización en el andamiaje cognitivo de ideas y actitudes que dan lugar a las “ideas grandes” que se pueden aplicar a futuras experiencias. Es la evaluación formativa la que combate la evaluación por mera suma de conocimientos inconexos. Esto provoca que la evaluación formativa “*pueda aumentar la tasa de aprendizaje de los estudiantes den un 50-100%*” (Leahy y William, 2012; p. 52). Además, permite “*tomar decisiones sobre los próximos pasos en la instrucción*” (Black y William, 2009; p. 9). A lo largo del diseño didáctico presentado en este trabajo, los resultados y el trabajo de los alumnos/as en una actividad, con unos objetivos específicos, sirve de vía para obtener evidencias para evaluar si se alcanza una meta final de mayor calado cognitivo (el objetivo general). En este caso, un aprendizaje significativo y fundamentado de microbiología, antibióticos y procedimientos científicos.

Además, una característica clara de la evaluación formativa es que el aprendizaje de los estudiantes se retroalimenta con las actividades de otros estudiantes por comparación. Los estudiantes expresan sus ideas al gran grupo, comprenden sus reflexiones, y se fomentan las habilidades de trabajo en equipo y sean capaces de formular preguntas abiertas. También se potencia la autoevaluación para la toma de conciencia y la identificación de mejora a lo largo del aprendizaje. En este caso, el cuestionario KPSI es una actividad con doble función, evaluación formativa y recogida de información para investigación del diseño didáctico. Harlen (2013, p. 35) reflexiona sobre la importancia de la coherencia de la evaluación con las actividades planteadas y concluye que “*no sirve de nada sugerir que el contenido debe centrarse en las "grandes" ideas, si la evaluación requiere de la memorización de múltiples datos o si la pedagogía no establece vínculos que son necesarios para formar estas grandes ideas*”. Así, la evaluación formativa provoca una mejora en el aprendizaje, a través de la retroalimentación entre las ideas del alumnado y los objetivos que el profesor/a quiere transmitir (Harlen, 2013).

En este **diseño didáctico** se va a combinar la evaluación formativa con la evaluación sumativa. Cada actividad se va a valorar de manera formativa (usando mecanismos de **recogida de datos**, apartado 4.7.2.1). El profesor/a en la evaluación formativa ha de estimar el grado de evolución de los conceptos, de la actitud indagatoria y crítica y del aprendizaje significativo y fundamentado (aplicación de conocimientos adquiridos) a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Las anotaciones y producciones del alumnado son esenciales para obtener datos para evaluar formativamente. Una segunda parte es la calificación, para la cual se usa como herramienta la evaluación sumativa. Con los datos

recogidos para la evaluación formativa, el profesor/a sopesa el nivel de desempeño alcanzado por cada alumno/a en cada criterio de evaluación (establecido en la rúbrica). Existen gran cantidad de críticas hacia el uso de niveles de desempeño en la evaluación de los alumnos/as (Department for Education, 2011). Pero el uso de la rúbrica en este diseño didáctico responde a la necesidad de obtener una calificación justa y exacta de los alumnos/as y coordinar esta parte de la materia con el resto de la programación didáctica del curso lectivo. Por tanto, su objetivo final es calificar al alumno/a. Un producto que es exigido por el centro y la administración.

Pero en la evaluación formativa el objetivo es distinto, es evaluar para producir una reflexión de lo aprendido por el alumno/a que favorezca el aprendizaje significativo. Por ello, es necesario establecer un proceso de retroalimentación entre el profesor/a y los alumnos. Una de las maneras de conseguirlo es al final de las actividades, entregando una evaluación final. Se trata de una en forma de comentario escrito por parte del profesor/a en el que se identifican sus logros y por qué se ha hecho bien, lo que podría mejorarse y cómo podría mejorarse. Estos comentarios han de servir a los estudiantes para comprender qué han aprendido y reflexionar con tiempo suficiente sobre las mejoras propuestas. Los comentarios han de ser constructivos. Además, disminuye la competitividad entre alumnos/as por las notas y el encasillamiento de ciertos alumnos/as a una nota numérica. No usar solamente evaluaciones numéricas (calificaciones) hace que los estudiantes se centren en los comentarios del profesor/a de las actividades, mostrando más atención a las observaciones y produciéndose una retroalimentación que fomenta el hecho del aprendizaje. Por tanto, con la evaluación final con comentario escrito que se realiza se le da al alumno/a una fuente de comentarios del profesor/a que permite que el alumno/a juzgue sus resultados y reflexione sobre las mejoras futuras.

En resumen, la evaluación de las actividades planteadas en este diseño didáctico se va a realizar con un enfoque dicotómico:

1) Evaluación formativa:

- objetivo: favorecer el aprendizaje por retroalimentación.
- producto: retroalimentación y reflexión desde que se inicia el procesos de enseñanza-aprendizaje (formulación de hipótesis, su justificación, el debate guiado de la ideas previas, la discusión de las pruebas, la redacción de sus conclusiones, redireccionar sus ideas previas hacia el marco de la ciencia) y evaluación final con comentario escrito.

2) Evaluación sumativa:

- objetivo: calificar como fin administrativos.
- producto: calificación numérica.

4.7.1 Criterios de evaluación.

Aprender el significado del concepto de antibiótico, su diversidad y origen relacionado con la diversidad microbiana en entornos cercanos y naturales como el suelo, de forma práctica e interactiva, mediante la indagación científica a través de un planteamiento didáctico por indagación (IBSE).

El primer criterio de evaluación establecido por el REAL DECRETO 1467/2007 (p. 45433) dice: “*analizar el carácter abierto de la biología mediante el estudio de*

interpretaciones e hipótesis sobre algunos conceptos básicos como la composición celular de los organismos, la naturaleza del gen, el origen de la vida, etc., valorando los cambios producidos a lo largo del tiempo y la influencia del contexto histórico en su desarrollo como ciencia". Y el octavo es: "explicar las características estructurales y funcionales de los microorganismos, resaltando sus relaciones con otros seres vivos, su función en los ciclos biogeoquímicos, valorando las aplicaciones de la microbiología en la industria alimentaria y farmacéutica y en la mejora del medio ambiente, así como el poder patógeno de algunos de ellos y su intervención en la enfermedades infecciosas".

Los criterios de evaluación específicos para este diseño didáctico se han inspirado en parte del texto de estos dos criterios de evaluación expuestos anteriormente. El último criterio de evaluación específico está enfocado a fomentar la educación en valores y actitudes positivas hacia los demás. Estos son:

1. Reconoce la diversidad microbiana del suelo como un conjunto de poblaciones de especies distintas, unas perjudiciales, otras no perjudiciales y otras beneficiosas para los humanos como fuente de recursos biotecnológicos.
2. Identifica los antibióticos como sustancias de origen natural que ejercen como factores ambientales sobre la microbiota del suelo, favoreciendo las poblaciones resistentes a antibióticos; y lo contrasta con la idea del origen farmacológico de estos fenotipos bacterianos.
3. Se ha familiarizado con las técnicas del laboratorio de microbiología, como la esterilidad y la importancia de los medios de cultivo.
4. Usa y aplica actividades propias de la indagación científica: formula y justifica hipótesis y plantea cómo contrastarlas mediante la búsqueda de pruebas; recopila y discute sobre los resultados obtenidos, los analiza y obtiene conclusiones.
5. Mantiene un buen comportamiento en clase, participando, cuidando el material, siendo responsable de la seguridad y limpio y ordenado.

4.7.2 Instrumentos de evaluación.

El origen de los datos que se emplean en la evaluación de la secuencia de actividades son: datos recogidos por el profesor/a, datos provenientes del profesor/a y los alumnos/as y productos de los alumnos/as. Estos datos son recogidos de diferentes fuentes mediante *"respuestas escritas... portafolios, observación de acciones, discusión o presentaciones de trabajo"* (Harlen, 2013). La obtención de todos estos datos da una clara evidencia sobre los logros alcanzados por los alumnos/as en la comprensión y las competencias que se relacionan con cada uno de los criterios de evaluación. La recogida de estos datos servirá para evaluar formativamente a los alumnos/as según los criterios de evaluación establecidos.

4.7.2.1 Recogida de información.

❖ Información recopilada por parte del profesor/a:

La recogida de datos se realiza a través de la observación directa de los estudiantes que están involucrados en investigación científica, y usando un cuaderno de notas para realizar las observaciones. En este **cuaderno de anotaciones** se refleja tanto las actitudes ante las actividades de cada uno de los alumnos, respuesta y preguntas y colaboración en

de grupo de debate y con el resto de compañeros. Esta ardua tarea se facilita con la **grabación en video** de las sesiones previa autorización de los padres/madres tutores/as. El análisis de este material, tanto escrito como audiovisual, facilita la evaluación formativa, ya que permite anotar las impresiones del profesor/a respecto a las actividades y la recogida del máximo número de datos que el profesor/a pueda perder en el transcurso de la clase.

❖ Información recopilada de la interacción entre los alumnos/as junto a el profesor/a:

El **diálogo en el aula** a través del debate guiado dentro del gran grupo es usual en la evaluación formativa. El profesor/a consigue estimular a los alumnos/as a través de una secuencia de preguntas fundamentadas y sistemáticas, y durante la realización de las actividades manipulativas, con la realización de preguntas más espontáneas sobre los procedimientos y su fundamento. Así, el proceso de indagación es percibido sutilmente por los alumnos/as como un conjunto de acciones sistemáticas. El diálogo en el aula también fomenta la de reflexión y exposición de ideas por parte del alumno/a y practicar la comunicación al gran grupo, algo fundamental en la construcción de conocimiento científico. En la evaluación formativa, las **preguntas guiadas** son usadas habitualmente para proporcionar información útil en la mejora el aprendizaje de los alumnos/as. Se tratan de preguntas abiertas y claramente contextualizadas. Las series preguntas guiadas consiguen aflorar las ideas previas de los estudiantes a través de las respuestas de los alumnos/as en el gran grupo y el planteamiento de debate entre sus miembros. Otra característica de un debate guiado es que las preguntas planteadas por el profesor/a facilita la conducción de la clase centrándose en los objetivos didácticos de cada sesión. El profesor/a ha de plantear las no directamente sino sugiriendo ideas, con preguntas “abiertas” de tal manera que “*permite a los estudiantes expresar su visión u observación*” (Harlen, 2013). También sirven para conducir al alumnado en ideas de que las preguntas han surgido en colaboración entre todos, pese a que han sido guiadas por el profesor/a. Un ejemplo: *P3: ¿De dónde imaginas que provienen los antibióticos? frente a la menos oportuna: ¿Cuál es el origen de los antibióticos?*

Además, se produce un enriquecimiento de en el aprendizaje de los alumnos/as al asimilar las respuesta de otros alumnos/as como propias y entenderlas (*retroalimentación de los estudiantes*). Con este procedimiento, el grupo en su conjunto, tiene mayor capacidad de interpretación del hecho experimental, y guía más eficientemente el proceso de indagación que los individuos singulares, con un nivel o umbral de comprensión no siempre suficiente para la indagación eficaz de estos hechos (Harlen, 2013). Para realizar una evaluación formativa es esencial la recogida de datos y “*la conversación entre los estudiantes es una fuente de información clave*” ya que el profesor/a valorar la ideas de los estudiantes, las explicaciones a los compañeros, las conjeturas, la intervención y la discusión de los estudiantes sin interrupción del profesor/a.

La evaluación se produce tras sopesar la intervención de los alumnos/as con respuestas y la justificación de estas, y la reflexión que el gran grupo. La evaluación es inmediata y sirve para plantear una nueva pregunta que haga avanzar el debate hacia los objetivos planteados. Por tanto, la dinámica del debate guiado, consta de repeticiones de esquema “**pregunta - respuesta - evaluación**”, siendo esta evaluación del tipo formativa, la cual retroalimenta al grupo con una nueva pregunta o con observaciones (Harlen, 2013).

Los datos de los debates guiados se recogen tanto mediante el cuaderno de anotaciones del profesor/a y las grabaciones audiovisuales y principalmente por la

producción de los estudiantes a preguntas clave guiadas por el profesor/a. Las respuestas se enmarca en lo que se denomina "pruebas de respuesta abierta", donde el alumno/a responde de forma concisa y con sus palabras a la pregunta planteada. Estos datos, junto con los obtenidos en la producción de los alumnos/as, sirven al profesor/a para evaluar tipo formativo los logros del alumnado en el proceso de indagación y la consecución de los objetivos didácticos (en concordancia con los criterios de evaluación).

Las actividades de este tipo, en las que se favorezca el "hablar ciencia" (además de fomentar la argumentación y actividades propias del trabajo científico que a su vez permiten la explicitación de concepciones alternativas) son interesantes como instrumento de evaluación porque nos sirven como termómetro la clase, informándonos de lo que ocurre y lo que se piensa en el aula

- *Actividades fundamentadas en el diálogo en el aula (hablar ciencia): AC1.1, AC2.1, AC2.2, AC3.1.*

❖ Producciones de los alumnos/as:

➤ Actividades para aplicar los conocimientos en contextos diversos:

La tarea de evaluación tiene que incluir la aplicación del conocimiento, no sólo recuerdo. Esto significa que la tarea a evaluar tiene que ser nueva, pero al mismo tiempo no debe estar tan lejos de su experiencia que no tenga ningún significado para los estudiantes. Se ha de evaluar la adquisición de un auténtico aprendizaje significativo, a través de la aplicación de los conocimientos adquiridos en situaciones nuevas de aplicación contextualizadas. Este enfoque es primordial en la enseñanza IBSE, donde se valora, no solo haya datos recordados, sino que se demuestre las habilidades indagatorias de los estudiante y la comprensión científica de los hechos indagados.

- *Actividades para aplicar los conocimientos en contextos diversos: AC3.2, AC3.3, AC3.4, AC4.1, ACΦ.*

➤ Autoevaluación. KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory):

Una parte importante de la evaluación es la que los propios alumnos/as hacen sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del diseño didáctico. Esta información permite evaluar la eficacia del diseño didáctico planteado, así como el grado de aprendizaje que los alumnos/as creen que han obtenidos. Es por tanto, una fuente que retroalimenta las decisiones del profesorado en cuanto al diseño didácticos (Harlen, 2013). Además, dentro de la evaluación formativa los estudiantes con la autoevaluación identifican los aspectos de mejora para avanzar y ayudar a diseñar propuestas didácticas que favorezcan su conocimiento y capacidades indagatorias en ciencias (Harlen, 2013).

Finalmente, ha de servir como reflexión de lo aprendido por parte de los alumnos/as. Esta toma de conciencia es fundamental en el proceso de aprendizaje significativo, fijando las ideas aprendidas y comparándolas con las ideas previas que se poseían. Esto permite establecer por el alumno/a una autorregulación del aprendizaje por parte de los alumnos/as (Arellano *et al.*, 2008). Por tanto, el cuestionario KPSI se considera como una actividad más en el diseño didáctico, al servir como refuerzo y toma de conciencia de los conceptos y habilidades aprendidas en el alumnado. El cuestionario KPSI se adjunta en el **anexo E**. El diseño del cuestionario KPSI se aborda en el apartado 5, en *Instrumentos de recogida de datos*.

La actividad de cuestionario KPSI se realiza 2 semanas después de finalizar las actividades. Con ello, se pretende evaluar con la perspectiva del tiempo y reflexión del alumnado el proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.7.2.2 Rúbrica: analizar los resultados en relación a los criterios establecidos.

La rúbrica es una herramienta de evaluación sumativa que encaja las habilidades y conocimientos adquiridos por el alumnado en el diseño didáctico (enseñanza y aprendizaje) en una serie de niveles de desempeño. Esta herramienta permite relacionar los criterios de evaluación con las actividades planteadas y los rangos de aprendizaje exigidos en cada nivel. A continuación se muestra la tabla 4.1 resumen con la relación entre criterios de evaluación y niveles de desempeño.

Tabla 4.1. Rúbrica			
Criterios de evaluación	Nivel de desempeño I	Nivel de desempeño II	Nivel de desempeño III
Reconoce la diversidad microbiana del suelo como un conjunto de poblaciones de especies distintas, unas perjudiciales, otras no perjudiciales y otras beneficiosas para los humanos como fuente de recursos biotecnológicos.	No reconoce la diversidad microbiana del suelo. No distingue entre microorganismos perjudiciales y beneficiosos.	Reconoce que existe la diversidad microbiana en el suelo, pero no distinguen los microorganismos potencialmente perjudiciales de los beneficiosos, de los que se pueden obtener algún recurso biotecnológico.	Reconoce que dentro de la diversidad del suelo existen organismos perjudiciales, como los que contienen resistencias a antibióticos; así como otras fuentes de posibles nuevas sustancias antibióticas beneficiosas para la humanidad.
Identifica los antibióticos como sustancias de origen natural que ejercen como factores ambientales sobre la microbiota del suelo, favoreciendo las poblaciones resistentes a antibióticos; y lo contrasta con la idea del origen farmacológico de estos fenotipos bacterianos.	Cree que los antibióticos son de origen farmacéutico en su mayoría y su aplicación en salud genera nuevas resistencias en bacterias.	Identifica los antibióticos como de origen natural, pero no los conecta con la selección de resistencias naturales en poblaciones del suelo.	Identifica los antibióticos como de origen natural y como factores ambientales que influyen sobre las poblaciones naturales de microorganismos del suelo, como el aumento de resistencias a antibióticos.
Se ha familiarizado con las técnicas del	Conocen alguna técnica usada en el	Conocen la mayor parte de las técnicas	Conoce las técnicas básicas de

laboratorio de microbiología, como la esterilidad y la importancia de los medios de cultivo.	laboratorio de microbiología.	usadas en el laboratorio de microbiología, pero no sabe explicar el fundamento de ellas.	microbiología y el fundamento detrás de ellas.
Usa y aplica el método científico: crea hipótesis y conoce cómo contrastarlas; recopila y discute de los resultados obtenidos; y concluye una verdad contrastable, verificable, dinámica y objetiva.	No ha usado el método científico ni concluye una afirmación objetiva y contrastable.	Usa el método científico, creando hipótesis, recopilando datos, pero no sabe aplicarlas a sus conclusiones.	Obtiene unas conclusiones objetivas aplicando el método científico y sabiendo los fundamentos de su uso.
Mantiene un buen comportamiento en clase, participando, cuidando el material, siendo responsable de la seguridad y limpio y ordenado.	Su comportamiento en clase es bueno, pero no mantiene una actitud segura, ordenada y limpia, y no cuida del material.	Su buen comportamiento en clase se refleja en el cuidado del material y limpieza, pero no hace caso a las recomendaciones de seguridad en un laboratorio de microbiología.	Su comportamiento es bueno, tanto con los compañeros, como con el cuidado con el material, siguiendo las normas de seguridad del laboratorio.

4.7.3 Calificación.

La calificación refleja la valoración final del profesor/a sobre el proceso de evaluación que ha realizado de cada uno de los alumnos/as. Es el fin último de la evaluación sumativa. Y una condición necesaria en los centros del sistema educativo público de Andalucía. Por tanto, es un exigencia de los centro valorar a los alumnos/as con una calificación, ya sea numérica o escrita, su trabajo, aptitudes y aprendizaje de la materia. Por tanto, y pese a que la evaluación formativa no tiene estos objetivos se procede a calificar a cada uno de los alumnos/as con la fórmula siguiente:

La calificación final va a constar de un 80% de la obtenida en la rúbrica y un 10% de la autoevaluación. Respecto a la rúbrica, si se alcanza el nivel I se obtiene un 3; para el nivel II, un 6; y para el nivel III de cada criterio, un 9. Se sumaran todos y se hace la media aritmética. A estos ha de sumarse 1 punto máximo de la autoevaluación, si se ha producido un aprendizaje significativo de cada criterio que se refleja en las preguntas planteadas.

La calificación es numérica, y se podrá adaptar a calificaciones escrita según los criterios de centro.

4.8 Tabla resumen del diseño didáctico.

Las actividades que se ha diseñado en este proyecto están relacionadas con los objetivos y criterios de evaluación expuestos anteriormente. Pero En bachillerato no existe el concepto de competencia que ha de adquirir el alumno, a diferencia de la Educación Secundaria Obligatoria. Ya se ha mencionado la importancia de desarrollar una competencia científica adecuada. En la ORDEN de 5 de agosto de 2008 se reconoce la importancia de la adquisición de las competencias básicas ya que promueve su refuerzo en bachillerato incorporando una asignatura específica llamada Proyecto Integrado ya que dice que *“se trata de ayudar al alumnado a que sepa qué hacer con lo que sabe, con los conocimientos que ha adquirido y que profundice en el desarrollo de las competencias básicas, que constituían una referencia central para el currículo de la etapa anterior”*. Por tanto parece conveniente reforzarla y por tanto proponer actividades a lo largo del curso que las refuerce. Por tanto, se va a usar las competencia de ESO que se fija en el REAL DECRETO 1631/2006 (p. 685) para inspirar el diseño de la actividades y se van a reflejar en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Resumen del diseño didáctico: “En la guerra de las bacterias el antibiótico es el rey”.				
Criterios de evaluación basado en punto 1 y 8 de 2º de Bachillerato	Contenidos específicos	Objetivos específicos	Actividades	Competencias desarrolladas₁
Reconoce la diversidad microbiana del suelo como un conjunto de poblaciones de especies distintas, unas perjudiciales, otras no perjudiciales y otras beneficiosas para los humanos como fuente de recursos biotecnológicos.	El suelo como ecosistema biológico.	1. Identificar que en el suelo existe una gran diversidad de poblaciones microbianas.	AC1.1	CCExp, CLing
			AM1.1	CCExp
			AC2.1	CCExp, CArt
			AC2.2	CCExp, Auto, Apr, CLing
			AC3.2	CCExp, CLing, Auto
			ACΦ	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
	La diversidad microbiana en los ambientes	2. Diferenciar entre los m.o. perjudiciales y	AC2.1	CCExp, CArt

	naturales.	beneficiosos para los humanos.	AC2.2	CCExp, Auto, Apr, CLing
			AC3.2	CCExp, CLing, Auto
			AC3.3	CCExp, Auto, CLing, Info
			ACΦ	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
Identifica los antibióticos como sustancias de origen natural que ejercen como factores ambientales sobre la microbiota del suelo, favoreciendo las poblaciones resistentes a antibióticos; y lo contrasta con la idea del origen farmacológico de estos fenotipos bacterianos.	Los antibióticos son de origen natural e influyen en la microbiota del medio.	3. Reconocer que los antibióticos tiene un origen natural.	AC3.1	CCExp, Apr, Auto
			AC3.4	CCExp, Auto, CLing, Info, CSoc
			ACΦ	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
		4. Reconocer que las resistencias a los antibióticos son un proceso natural.	AC3.1	CCExp, Apr, Auto
			AC3.2	CCExp, CLing, Auto
			AC3.4	CCExp, Auto, CLing, Info, CSoc
			AC4.1	CCExp, CSoc, Info, Apr
			ACΦ	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
		5. Relacionar los factores ambientales con la evolución de las poblaciones del medio.	AC3.1	CCExp, Apr, Auto
			AC3.2	CCExp, CLing, Auto
			AC4.1	CCExp, CSoc, Info, Apr
			ACΦ	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
Se ha familiarizado con las técnicas del laboratorio de microbiología, como la esterilidad y la importancia de los medios de cultivo.	Técnicas de microbiología básicas.	6. Familiarizarse con técnicas básicas del laboratorio de microbiología.	AM1.1	CCExp
			AM1.2	CCExp, CMat
			AM1.3	CCExp

			AM2.1	CCExp
			AC3.3	CCExp, Auto, CLing, Info
Usa y aplica el método científico: crea hipótesis y conoce cómo contrastarlas; recopila y discute de los resultados obtenidos; y concluye una verdad contrastable, verificable, dinámica y objetiva.	El método científico sustenta el conocimiento objetivo y experimental.	7. Usar el método científico para obtener un conocimiento objetivo de la naturaleza.	AC1.1	CCExp, CLing
			AC2.1	CCExp, CArt
			AC2.2	CCExp, Auto, Apr, CLing
			AC3.1	CCExp, Apr, Auto
			AC3.3	CCExp, Auto, CLing, Info
			AC3.4	CCExp, Auto, CLing, Info, CSoc
Mantiene un buen comportamiento en clase, participando, cuidando el material, siendo responsable de la seguridad y limpio y ordenado.	Técnicas de microbiología básicas.	Familiarizarse con técnicas básicas del laboratorio de microbiología.	Valoración de las actitudes en <u>todas las actividades</u> indicadas anteriormente. Es más importante aún la relación entre el criterio de evaluación y el objetivo por la clara necesidad de trabajar en el laboratorio de microbiología con seguridad.	
¹ Competencias del RD 1631/2006: competencia en comunicación lingüística (CLing); competencia matemática, (CMat); competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico (CCExp); tratamiento de la información y competencia digital (Info); competencia social y ciudadana (CSoc); competencia cultural y artística (CArt); competencia para aprender a aprender (Apr); autonomía e iniciativa personal (Auto).				

5. IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.

En los puntos anteriores del trabajo se ha introducido, justificado, contextualizado y teorizado sobre el diseño didáctico planteado, así como exponer y fijar los objetivos de este trabajo. En este apartado se explica la metodología empleada para la evaluación de la propuesta didáctica planteada, los objetos de estudio y sus características, los datos obtenidos y su análisis y finalmente una discusión fundamentada de los mismos.

5.1 Objetivos e hipótesis de la investigación.

Objetivo: Analizar el efecto de una propuesta de enseñanza fundamentada siguiendo un enfoque por indagación para alumnado de 2º de Bachillerato, en las ideas de los estudiantes sobre los microorganismos y sus aplicaciones.

Hipótesis: Al implementar la propuesta se espera conseguir una evolución en las ideas de los estudiantes, en lo referente, no sólo a conocimiento conceptual, sino también sobre naturaleza de la ciencia.

5.2 Metodología: Participantes, implementación del diseño didáctico e instrumentos de recogida de datos.

La investigación realizada, que se refiere a la evaluación de la propuesta didáctica en distintos aspectos, es de tipo mixta, con metodología cuantitativa y cualitativa. Se cuenta con un grupo experimental (grupo de alumnado de 2º de Bachillerato con el que se implementa la propuesta), y no con grupo control. Los instrumentos cuantitativos que se utilizan en este estudio empírico corresponden a un cuestionario KPSI (*“Knowledge and Prior Study Inventory”*) que se aplica post-intervención. En lo que se refiere a la investigación cualitativa corresponde a un estudio de casos intrínseco (Montero y León, 2007) donde se analizan las producciones propias de los estudiantes durante la intervención, diario de campo docente, grabación audiovisual de las intervenciones y un cuestionario de valoración de la propuesta cumplimentado por los alumnos/as.

5.2.1 Participantes, periodo y localización de la implementación.

La implementación de la propuesta didáctica descrita en el capítulo 4 se ha realizado en el Instituto de Educación Secundaria (IES) Pedro Antonio de Alarcón de la localidad de Guadix. Una breve descripción del centro y su contexto se incluye en el anexo F.

Participantes: Por dificultades logísticas y temporales del Centro no se ha realizado ninguna selección de la muestra. El diseño didáctico ha sido implementado en un grupo-clase de alumnos único de 2º de Bachillerato y de la asignatura de Biología del IES Pedro Antonio de Alarcón en el horario Diurno. Del total de alumnos/as matriculados en el curso

(16), 9 han realizado la totalidad de la propuesta didáctica. El resto de alumnos/as han faltado a alguna de las sesiones (3) o dejaron de cursar esta asignatura antes de realizar las prácticas de laboratorio (4). En este grupo de 9 alumnos/as, la distribución de sexos es muy dispar: 7 son alumnas y 2 alumnos. Las edades son concordantes con el curso (17-18 años). Y no existe ningún alumno/a que necesite adaptaciones curriculares. Las calificaciones medias en la asignatura de Biología son muy variables, desde 9,5 hasta 6; pero todos han superado el curso académico y las Pruebas de Acceso a la Universidad en el que se ha implementado la propuesta.

Autorización: Para la obtención de datos y grabaciones de los alumnos/as se ha contado con la autorización de la dirección del centro, el profesor/a titular y los alumnos/as a través de un compromiso firmado por estos últimos y sus tutores legales que autoriza al centros hacer grabaciones de los alumnos/as que estén realizando actividades autorizadas por el Centro de carácter didáctico o divulgativo.

Periodo: La intervención se ha llevado a cabo dentro del periodo lectivo del curso 2014-15. Las sesiones que se han implementado del diseño didáctico se realizaron entre las últimas semanas de abril y la primera de mayo. Y la recogida final de información (cuestionario KPSI y de valoración del alumnado de la propuesta) se hizo dos semanas después de la última sesión. Los alumnos/as se encontraba en el periodo previo a la realización de los exámenes de 3º trimestre, siendo este último muy corto en 2º de Bachillerato.

Localización y Materiales usados en la implementación de la propuesta: Todas las sesiones se realizaron en el laboratorio de Biología y Geología del citado Instituto. Los materiales de laboratorio usados en trabajo práctico (indicados en el anexo B) en su mayoría proceden del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales (UGR) y del grupo de investigación de Ecología Genética de la Rizosfera (EEZ-CSIC); y el resto de materiales del propio IES.

5.2.2 Implementación de la propuesta didáctica.

Hay que señalar que, pese al deseo del autor, no se ha podido implementar la propuesta diseñada y que está descrita en el capítulo 4 debido a varias razones. Así ha influido la disponibilidad temporal, la disposición de alumnos/as que conformaron el grupo experimental para la implementación, el periodo en el que se ha implementado la experiencia didáctica y limitación de materiales.

La limitación temporal ha sido el principal factor que ha alterado la aplicación del diseño didáctico. La programación diseñada por el profesor/a titular de la asignatura ha tenido que casar con la propuesta de actividades. Se han usado dos clases de la asignatura de Biología y un “recreo” para llevar a cabo 3 de las 4 sesiones planteadas. No se han podido usar más clases por la necesidad del profesor/a de terminar el temario completo de la asignatura mediante un enfoque didáctico tradicional.

Esta limitación temporal está muy relacionada con el periodo lectivo en el que se ha implantado la propuesta, el periodo previo a los exámenes finales de 2º de Bachillerato. En este periodo, los alumnos/as están muy concentrados en el estudio y preparación de exámenes, con un alto nivel de estrés y sin la voluntad o tiempo de realizar tareas

extraescolares fuera de la preparación de exámenes. Esto provoca que las actividades extraescolares o “de casa” diseñadas no se hayan realizado.

La limitación de materiales para realizar las prácticas no ha sido un factor primordial en la implementación gracias a la creación de grupos de trabajo mencionados anteriormente. Pero sí que ha limitado que todo el alumnado accediera a usar las técnicas de microbiología empleadas. El volumen de placas necesario para que se realicen en pequeños grupos es demasiado grande para que lo faciliten grupos de investigación colaboradores. Esta limitación ya se ha tenido en cuenta en el diseño didáctico planteado. Pero si esta propuesta se implementará en centros de enseñanza con mayores recursos, placas con medio fundamentalmente, se puede aumentar el número de placas y distribuir las por grupos pequeños para aumentar la interacción el alumnos/as con los materiales experimentales.

Tabla 5.1. Actividades no implementadas en: “En la guerra de las bacterias el antibiótico es el rey”.

Actividades no Implementadas	Causa de no realizarla	Contenidos específicos	Objetivos específicos	Criterios de evaluación	Competencias desarrolladas
AC3.2	Falta de tiempo de los alumnos/as para actividades extras “de casa”	1, 2 y 3	1, 2, 3, 4 y 5	1 y 2	CCExp, CLing, Auto
AC3.3	Falta de tiempo de los alumnos/as para actividades extras “de casa”	2, 4 y 5	2, 6 y 7	2, 3 y 4	CCExp, Auto, CLing, Info
AC3.4	Falta de tiempo de los alumnos/as para actividades extras “de casa”	3 y 5	3, 4 y 7	2 y 4	CCExp, Auto, CLing, Info, CSoc
ACΦ	No hay alumnos/as de Altas Capacidades	1, 2 y 3	1, 2, 3, 4 y 5	1 y 2	CCExp, CLing, Info, Auto, Apr
AC4.1	Falta de horas lectivas y coordinación con la programación del profesor/a titular	3	4 y 5	2	CCExp, CSoc, Info, Apr

La limitación administrativa-didáctica ha provocado que no se haya llevado a cabo el proceso de evaluación de los alumnos/as por parte del profesor/a en práctica que ha realizado la implementación del diseño didáctico. Tampoco se han tenido en cuenta los resultados de las prácticas por el profesor/a titular que evalúa a los alumnos. Esto es debido a la falta de tiempo y a “no estimarse como necesario la calificación de esta actividad”.

El número de alumnos/as diana en los que se ha podido implementar el diseño didáctico ha sido muy limitado. Está influido por las características del centro, en el que gran parte de su alumnado no cursa Bachillerato. El número reducido de alumnos/as no influye

en la aplicación del diseño didáctico tal cual, pero si en la calidad de los resultados cuantitativos obtenidos sobre la evaluación de la eficacia de la propuesta, al ser bajo el número muestral de alumnos. En la tabla 5.1 se muestran las actividades no implementadas.

5.2.3 Instrumentos de recogida de datos.

Grabación audiovisual de la intervención didáctica. La grabación de las 3 sesiones implementadas se pudo efectuar gracias a la autorización del centro IES Pedro Antonio de Alarcón y a los alumnos/as y tutores. Poder analizar unas sesiones de vídeo permite disponer de la transcripción de las conversaciones mantenidas en el aula entre el profesorado y el alumnado y entre el propio alumnado, además de poder percibir el ambiente de la clase, detalles de audio y microgestos (Climent y Carrillo, 2007). Este análisis profundo de los vídeos realizados es complejo (Villalta Páuca, 2009) y suele requerir de varios investigadores. Por tanto, aunque se dispone de las grabaciones, no se analizan en este TFM por falta de tiempo.

Las grabaciones son en torno a 2 horas de videos interrumpidos por cortes. Fueron realizados con *smartphone* sin que los alumnos mostraran pudor a ser grabados, por lo habitual que les resultaba tales prácticas, cotidianas en el IES.

Producciones del alumnado. Al no haberse implementado las actividades diseñadas para casa, la producción de los alumnos/as se reduce a:

- 1) Las respuestas a preguntas en el debate guiado para detectar las ideas previas.
- 2) Actividades de producción de hipótesis de trabajo y diseño experimental.
- 3) Análisis de los resultados del trabajo experimental, discusión y conclusiones.

El análisis de todos estos resultados cualitativos es de gran complejidad (Taylor y Bogdan, 1987) y debido al limitado e insuficiente tiempo para la confección del TFM, no se incluye en esta memoria.

Cuestionario de valoración del alumnado de la implementación de la propuesta didáctica. La opinión del alumnado sobre la propuesta didáctica da una gran cantidad de información acerca del resultado de la acción docente y del propio material utilizado, incluyendo la capacidad de motivar, si tiene en cuenta los gustos del alumnado, la adecuación del nivel de contenidos de la propuesta con los del grupo-aula información que no puede ser recogida por otro medio. El cuestionario que se ha utilizado en este TFM es de elaboración propia (anexo E). Consta de 4 preguntas abiertas que acerca de lo que consideran “mejor” y “peor” de la experiencia, que cambiarían de esta y si esta les ha motivado y cómo.

El análisis cualitativo de estos datos se posterga para futuros trabajos.

Cuestionario KPSI. Los instrumentos de autoevaluación permiten la evaluación diagnóstica de los conocimientos científicos. El cuestionario de autoevaluación usado es el conocido como KPSI (del inglés *Knowledge and Prior Study Inventory*) diseñado expresamente para este trabajo. Con esta herramienta de evaluación se pretende obtener información valiosa sobre el grado de conocimientos que han adquiridos los estudiantes en relación a los contenidos científicos de microbiología y naturaleza de la ciencia propuestos. Martínez y Laurido (2012) concluyen que la aplicación de este método de evaluación

diagnóstica se obtiene información eficaz para la evaluación de propuestas didácticas. El cuestionario KPSI fue propuesto por Tamir y Lunetta (1978) y permite obtener una información sobre el grado de conocimientos del alumnado sobre los ítems propuestos por el profesor/a. Consta de una serie de preguntas que ha de valorar con una escala tipo Likert de 5 niveles, (en el caso de este trabajo: 1 = “No sé nada”, 2 = “Sé un poco”, 3 = “Lo sé bien”, 4 = “Lo sé muy bien”, 5 = “Puedo explicarlo a un amigo/a”; de Arellano *et al.*, 1978). El cuestionario es contestado por el alumnado con atendiendo a lo que ellos “*creen que saben*” previo y posterior al proceso de instrucción sobre los contenidos didácticos considerados. No obstante, en esta investigación solo se ha podido aplicar posteriormente a la instrucción, si bien la pregunta sobre sus conocimientos hace referencia a la situación pre-instrucción y post-instrucción.

Esta herramienta de evaluación tiene una doble función:

- 1) como actividad para que los estudiantes autoreflexionen sobre lo aprendido, siendo más conscientes de ello, dentro de un contexto de evaluación formativa (visto ya anteriormente).
- 2) como instrumento de recogida de datos para evaluar la evolución que los estudiantes perciben de sus propias ideas (construcción de un aprendizaje significativo). Por tanto aporta información sobre la efectividad de una propuesta didáctica para generar aprendizajes.

Este tipo de cuestionario tiene varias ventajas. Ofrece unos resultados cuantitativos, con lo que ello implica. A su vez, para el alumno/a puede suponer un tipo de herramienta de autoevaluación sencilla de usar y en nuestro contexto educativo, probablemente novedosa. Y para “*el profesor/a resulta un instrumento evaluativo de gran importancia para conocer el estado del curso en el momento inicial*” y final de una unidad o diseño didáctico (Martínez y Laurido, 2012, p. 93).

El cuestionario KPSI, diseñado expresamente para esta propuesta como ya se ha dicho se encuentra en el anexo E.

Consta de 13 preguntas con contenidos adecuados a los temas, 6 ítems correspondientes a cuestiones de microbiología (suelos, antibióticos y resistencias), 3 ítems correspondientes a procesos de laboratorio, y 4 ítems a Naturaleza de la ciencia. El diseño fue establecido por el autor y sus tutores a través de un estudio de ideas previas e ideas afloradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los datos procedentes del formulario KPSI son usados en esta memoria para evaluar de forma inicial la propuesta didáctica planteada por el gran número de ventajas que posee y a la relativa rapidez y facilidad que implica su análisis cuantitativo.

5.3 Resultados y discusión.

Se ha diseñado una propuesta didáctica bajo el enfoque IBSE para la enseñanza de la microbiología en 2º de Bachillerato, la cual, tras su diseño, se ha podido implementar y evaluar su eficacia aceptando o rechazando la hipótesis de trabajo planteada.

Para comprobar la hipótesis, entre otros datos, se ha realizado un formulario de autoevaluación KPSI sobre los conocimientos previos y posteriores a la experiencia de enseñanza-aprendizaje propuesta en el diseño didáctico.

¿Por qué sólo analizar los resultados de KPSI? Los resultados obtenidos han sido variados y extensos pese a una intervención didáctica corta. Y precisamente su extensión y complejidad limita su análisis metódico de la totalidad de datos para una extensión limitada en un Trabajo Fin de Máster. Por ello, el autor y sus directores han decidido centrar el análisis de resultados en los datos cuantitativos de la autoevaluación KPSI. La justificación de esta decisión es la mayor facilidad y menor duración del análisis de los datos obtenidos de KPSI.

Los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario KPSI se encuentran en el anexo H.

Dichos resultados han sido analizados mediante el programa estadístico IBM SPSS® 20 (<http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>), usando los métodos estadísticos adecuados en cada momento. El intervalo de confianza escogido es del 95%.

5.3.1 Estadísticos descriptivos de las respuestas al cuestionario de autoevaluación KPSI.

El primer punto el análisis de datos consta de la descripción de éstos mediante los estadísticos descriptivos que se muestran en las tablas correspondientes del anexo H. Lo primero a destacar es el muy reducido tamaño de población (N=8) que hace que, pese a que se puedan realizar inferencias estadísticas, los resultados haya que mostrarlos con cautela. Como se pueden observar en las tablas del anexo H y en figura 5.1, el rango de las respuestas dadas (grado de conocimiento) es muy variable entre las distintas preguntas tanto en el conocimiento que ellos dicen tener previo como en el que dice tener posterior al desarrollo de la experiencia de enseñanza-aprendizaje. El valor de rango más abundante es 4 seguido por 3, siendo el máximo 5.

En la figura 5.1 se muestra la amplitud tanto de los valores extremos (bigotes) como de las cajas (valores del primer y tercer cuartil de la distribución de los datos). También se observa la mediana, el valor que está al 50% de la distribución. La mediana es mayor para cada ítem después de la intervención, aunque el rango de los cuartiles aún se solape en muchos. En conjunto, el tamaño de las cajas, o la dispersión de los cuartiles no disminuyen, solo en alguno de los casos. Es como si la experiencia didáctica le sumara a sus conocimientos aprendidos 1-2 “puntos” de comprensión del fenómeno, sin que el alumno/a que se autoevalúa mejor sobre la temática se equipare con el que se evalúa con menos conocimientos.

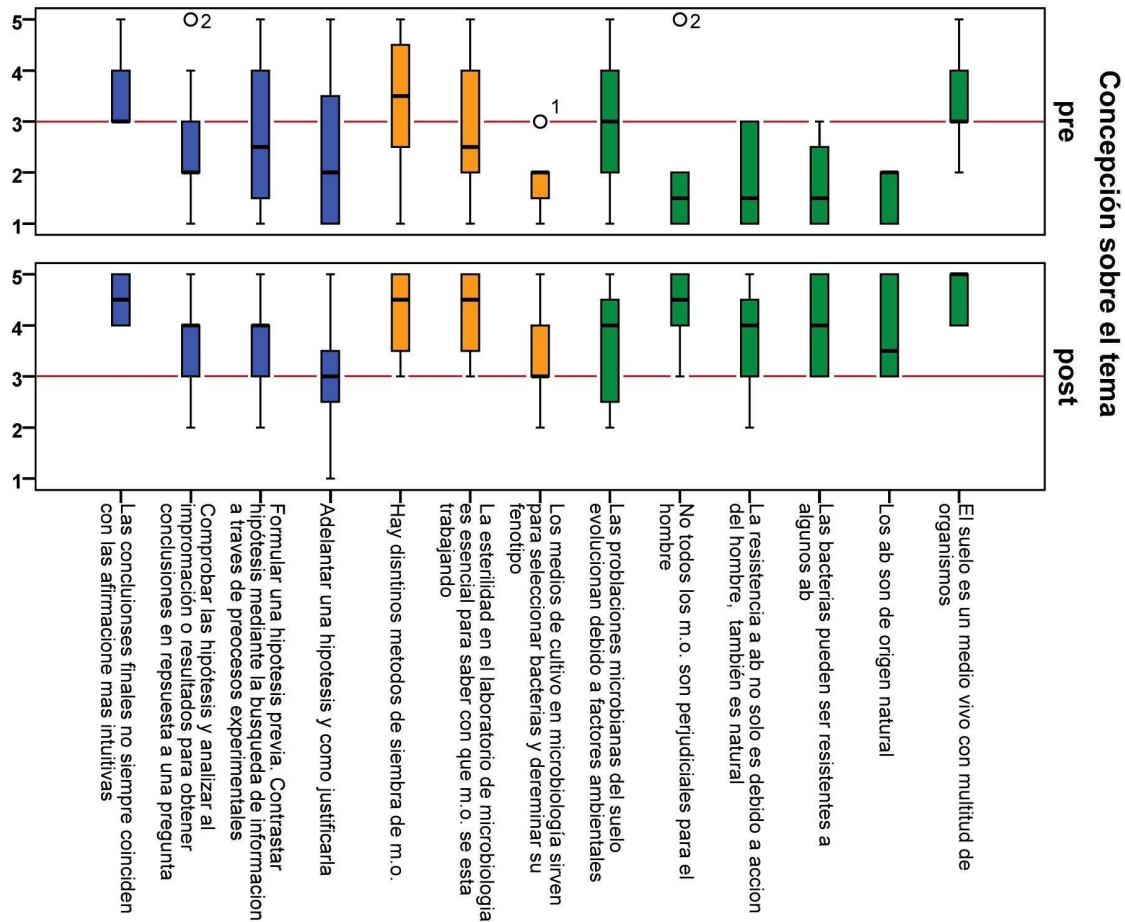


Figura 5.1. Diagrama de cajas⁸ para las respuestas al cuestionario KPSI sobre conocimientos previos y posteriores a la implementación de la propuesta para cada una de las cuestiones. En la gráfica se representa con 3 colores para las 3 categorías de ítems: azul para Naturaleza de las ciencias, naranja para procedimientos en el laboratorio de microbiología y verde para conceptos de microbiología. En la gráfica se representa la mediana, cuartiles 1 y 3 y los valores extremos.

La amplitud de rango de datos y el tamaño de “las cajas” está relacionada con la varianza. En las tablas de estadísticos descriptivos se observa como las varianzas de las repuestas dadas por el alumnado son muy diversas tanto inter como *intra* ítems (afirmaciones). Los test posteriores confirmarán que son iguales dentro de la misma categoría. El cambio de varianza no parece estar relacionado con la instrucción, ya que no se observa una tendencia a aumentar, disminuir o permanecer la varianza, con un comportamiento distinto según el ítem analizado.

⁸ Los diagramas de cajas permiten identificar la distribución y la dispersión de los datos de una variable de escala. Con este tipo de gráfico se representa la mediana, los Cuartiles (1 y 3), los valores atípicos y los valores extremos. La estructura de este tipo de gráfico está basada en una caja, donde el límite superior corresponde al valor del tercer cuartil (75% de los datos) y el límite inferior al primer cuartil (25%); a su vez dentro de la caja se incluye una línea representando el valor de la mediana. Además se incluye dos barras verticales (Bigotes), los cuales determinan la distancia o rango del 95% de los casos; adicionalmente el procedimiento anexa algunos símbolos representativos de los valores atípicos y extremos. La utilidad de este tipo de gráficos radica en la posibilidad de resumir el comportamiento y las principales medidas de una o varias variables de escala, mediante un solo diagrama.

Pero uno de los estadísticos más cotidianos e imprescindibles, por su facilidad de comprensión es la media. La figura 5.2 representa las medias aritméticas de los valores asignados a las respuestas para cada afirmación y su error típico. Se observa un incremento de la puntuación de la autoevaluación tras la intervención didáctica. Son especialmente destacables las diferencias entre medias en la tonalidades naranjas y azules, que representan preguntas en torno a ítems de “procedimientos en laboratorio de microbiología” y sobre la naturaleza de la ciencia (método científico). Hay menos diferencias (ej.: menores aprendizajes realizados) en relación con los contenidos de microbiología (tonalidades verdes).

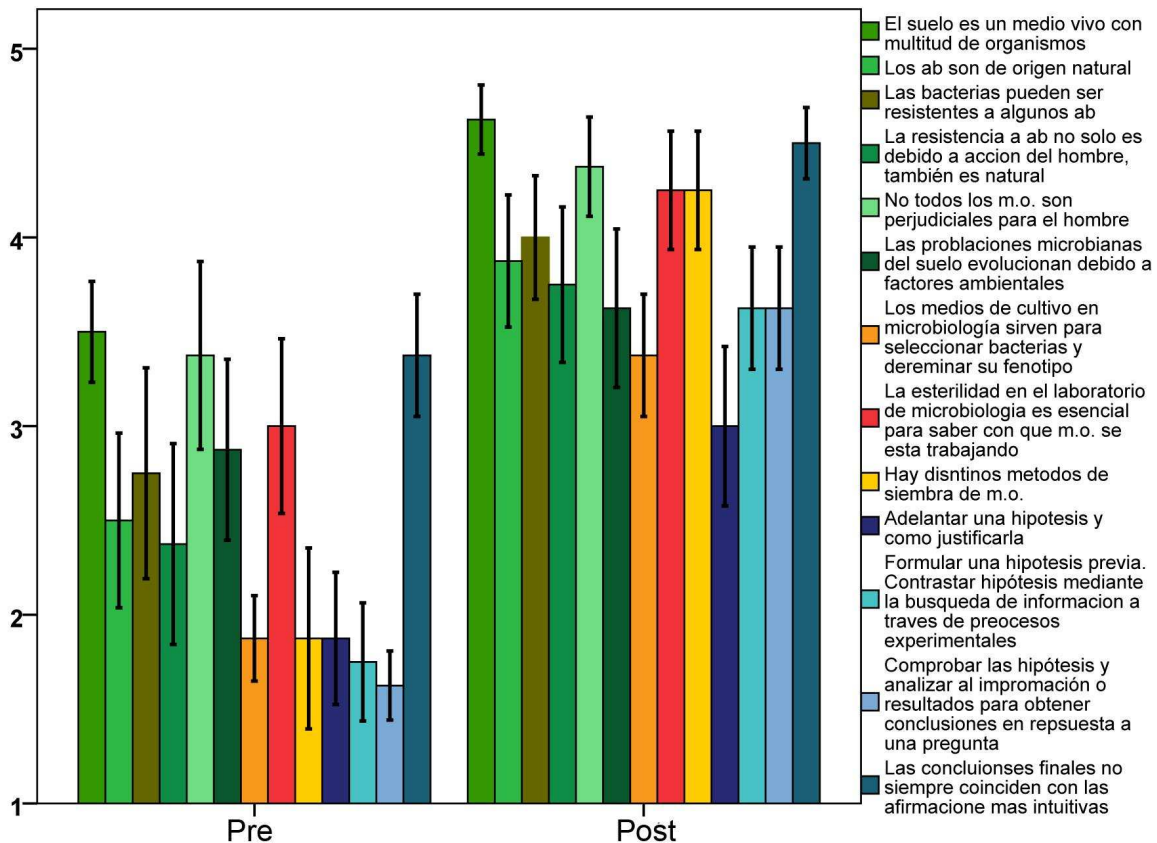


Figura 5.2. Diagrama de barra de los conocimientos previos y posteriores a la implementación de la propuesta didáctica para cada uno de los ítems del cuestionario KPSI. Se representa con 3 colores para las 3 categorías: azul para naturaleza de la ciencias, naranja para procedimientos en el laboratorio de microbiología y verde para conceptos de microbiología. En la gráfica se representa la media aritmética y el error típico.

Son cuatro las afirmaciones más destacables en cuanto a diferencia de medias entre la valoración del conocimiento previa y posterior y se pueden observar en la figura 5.2:

Hay distintos métodos de siembra de m.o.

Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales.

Comprobar las hipótesis y analizar la información o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta.

Y es destacado que sea el uso de hipótesis como herramienta de la ciencia y el uso de medios de cultivo como herramienta en microbiología los ítems que mayor grado

aprendizaje han alcanzado para el alumnado. Son afirmaciones de aprendizajes procedimentales, alejados de conceptos teóricos abstractos, pero relacionados con estos. Son ideas que habitualmente no se encuentra en los libros de texto que los escolares usan o han usado, ya que son muy específicas (las del laboratorio de microbiología) o no se les suele prestar atención en los currículos tradicionales, más dedicados a datos y conceptos que a la naturaleza de la ciencia. Aunque durante los cuatro cursos de la ESO, este alumnado que se ha formado en un marco curricular LOE, sí que ha debido trabajar contenidos sobre naturaleza de la ciencia (bloque 1 de contenidos de Ciencias de la Naturaleza (Biología y Geología y Física y Química para 3º y 4º de la ESO), REAL DECRETO 1467/2007).

En cualquier caso, esta apreciable mejora de la percepción de los conocimientos en estos tópicos enlaza con el propósito del enfoque IBSE para fomentar el aprendizaje no solo de los contenidos científicos sino también las habilidades y procedimientos, así como la aplicación de mecanismos del método científico (naturaleza de la ciencia).

5.3.2 Análisis de las diferencias pre-post de las puntuaciones del cuestionario KPSI.

El cuestionario de autoevaluación KPSI consiste en una serie de afirmaciones valoradas en una escala Likert (numérica). Todas estas afirmaciones son reflejo de distintos temas a aprender significativamente y son las variables dependientes. El único factor independiente es la implementación de actividades del diseño didáctico realizadas por los alumnos/as. Por tanto, se trata de comprobar si estas actividades han producido una evolución de las ideas de los estudiantes en cada uno de los ítems de los que consta el cuestionario KPSI. Esta reflexión subjetiva permite evaluar el grado de conocimiento que tienen los estudiantes sobre el tema y comprobar si ha existido aprendizaje significativo gracias a las actividades planteadas (aparte de servir para tomar conciencia de lo aprendido, como unas actividades propias de evaluación formativa).

Centrándonos en las diferencias pre-post de las puntuaciones, el primer paso del análisis es comprobar usando el contraste de Levene (F) la homogeneidad de las varianzas. Para el nivel de significación usado ($\alpha=0,05$) podemos suponer que las varianzas poblacionales son iguales si la probabilidad asociada a F es mayor a 0,05. En nuestro caso, aceptamos la hipótesis de igualdad de varianzas al ser en todos los casos mayores a 0,05 (ver tabla en anexo H). Asumimos que todas las varianzas son iguales.

Posteriormente se realiza un MANOVA (del inglés *Multivariate analysis of variance*). Se determina el grado de relación del factor (las actividades realizadas) con la variación que se produce en las variables dependientes, con un intervalo de confianza del 95%. En el anexo H se encuentra la tabla principal de la salida llamada "Estimaciones de parámetros". Todos los cambios en las puntuaciones de los ítems del cuestionario KPSI en los que el valor *Sig.* (probabilidad asociada) es menor a 0,05 están influenciados por la implementación de la propuesta. Estos ítems, que corresponden a las diferentes ideas o tópicos del cuestionario KPSI con diferencias estadísticamente significativas se recogen en la tabla 5.2. El total de resultados se encuentran en la tabla de salida de MANOVA para cada ítem mostrada en el anexo H.

Tabla 5.2. Ítems del cuestionario KPSI con diferencias estadísticamente significativas.			
Idea autoevaluada	Media de la diferencia de conocimientos pre-post	Significación estadística	Ámbito de pregunta
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos.	1,13±0,295	0,004	Microbiología
Los antibióticos son de origen natural.	1,38±0,324	0,033	Microbiología
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo.	1,50±0,500	0,002	Microbiología
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con qué m.o. se está trabajando.	1,25±0,366	0,042	Laboratorio
Hay distintos métodos de siembra de m.o.	2,38±0,460	0,001	Laboratorio
Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales.	1,88±0,295	0,001	Naturaleza de la ciencia
Comprobar las hipótesis y analizar la información o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta.	2,00±0,378	0,000	Naturaleza de la ciencia
Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas.	1,13±0,398	0,010	Naturaleza de la ciencia
± Error típico			

Estos resultados ratifican lo observado en las gráficas de estadísticos descriptivos. A las tres ideas que se observaban diferencias a simple vista se le suman otras cinco. Como se ha comentado anteriormente, se puede dividir los ítems entre los referidos a conceptos de microbiología, los referidos a procedimientos de laboratorio de microbiología y los de comprensión y estudio de la naturaleza de las ciencias.

Al observar la figura 5.3 parece contrariar los resultados estadísticos. Pero no es contradictorio, ya que la gráfica representa la distancia entre media del índice de conocimiento autoevaluado entre pre y post actividades. Los índices estadísticos (F) dan la fiabilidad del proceso, que existe diferencias estadísticamente significativas, pero no la amplitud de la magnitud y la distancia. Es decir, podremos tener una gran distancia (que equivale a un gran aprendizaje autoevaluado) pero no ser significativo y viceversa. Esto ocurre con el ítem “el suelo es un medio vivo con multitud de organismos” que tienen una bajo tamaño de efecto de la propuesta didáctica (el aprendizaje se reduce en un crecimiento de poco más de un punto por nivel), pero existen diferencias estadísticamente significativas entre la situación cognitiva del alumnado pre y post. Por el contrario, “La resistencia a

antibióticos no sólo es debida a la acción del hombre, también es natural” posee mayor distancia entre pre y post pero esta no es estadísticamente significativa.

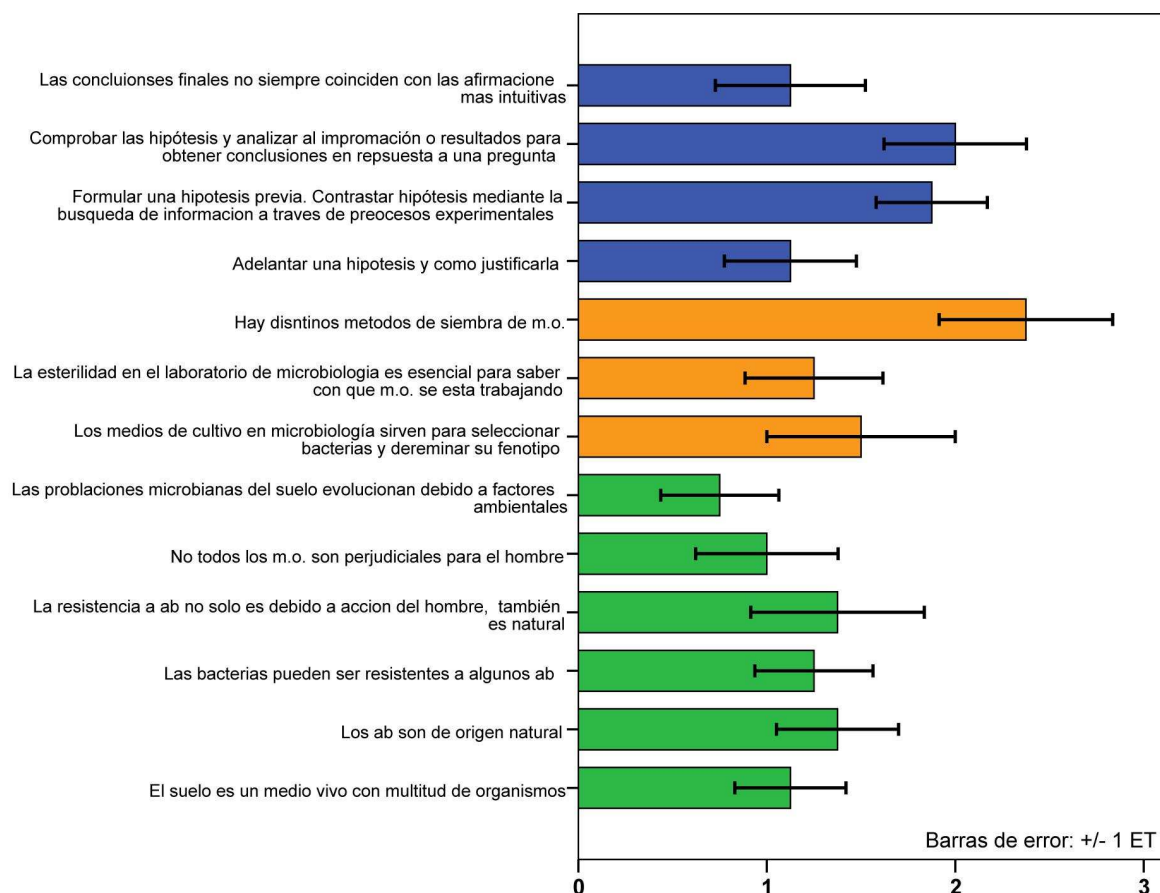


Figura 5.3. Gráfica de barras del tamaño de efecto de la propuesta didáctica sobre la autoevaluación del alumnado sobre sus conocimientos para cada ítem de las cuestiones. En la gráfica se representa con 3 colores para las 3 categorías de ítems: azul para naturaleza de la ciencia, naranja para procedimientos en el laboratorio de microbiología y verde para conceptos de microbiología. En la gráfica se representa la media aritmética y el error típico.

Pese a que existen 8 ítems con un incremento autoevaluado del conocimiento, la mayor parte de este incremento es de 1 sólo punto, y alguno de ellos con errores que los dejan por debajo de una ganancia superior a 1, como se muestra en la tabla 5.2. Las causas pueden ser varias, pero como se observa en la figura 5.2, cuando los valores previos de nivel de conocimiento autoevaluado son altos, la tasa de crecimiento de estos es baja, aunque se produzca un aprendizaje significativo estadísticamente, como en el caso de: “Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas.”

Las tres ideas mencionadas en el apartado de estadísticos descriptivos son las que se encuentran con una ganancia en torno a 2 (como se intuía en los datos descriptivos): “Hay distintos métodos de siembra de m.o.” “Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales.” Y “Comprobar las hipótesis y analizar la información o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta.”

Con ello podemos afirmar que la percepción del alumnado sobre los aprendizajes realizados en relación con los 3 bloques de contenidos (lo que a su vez se podría relacionar

con la eficacia de la enseñanza), sigue el siguiente orden, de mayor a menor aprendizaje: los relacionados con la naturaleza de la ciencia, los procedimientos de laboratorio y los temas conceptuales de microbiología. Esto se puede deberse a la tendencia de los docentes a abordar fundamentalmente los contenidos conceptuales mediante una instrucción basada en la clase magistral y la de los estudiantes a intentar “aprenderlos” de forma memorística (Gavidia y Fernández, 2001). Pese a que no se ha construido un aprendizaje significativo y una red de conocimiento, los alumnos/as pueden valorar como sabido un tema que realmente no dominan.

Por tanto, las ideas que más han evolucionado mediante este planteamiento didáctico IBSE son las ideas menos frecuentes en las aulas y en los que probablemente tampoco los medios de comunicación de masas pueden contribuir (ideas procedimentales y metodológicas). Por contra, ideas como las resistencias y los microorganismo beneficiosos son más comunes en el currículo escolar previo y que suelen aparecer en los medios de comunicación por su relevancia y, por tanto su nivel de conocimiento previos es superior, viéndose mermado el efecto de la actuación didáctica.

En cualquier caso hay que destacar que la implementación de la propuesta didáctica ha conseguido aumentar al menos en 1 punto en 8 de los 13 ítems autoevaluados. Esto es algo que es considerado exitoso por parte del autor de esta memoria, sin menoscabo de que también considere que se ha de intentar mejorar y hacer hincapié en las ideas menos aprendidas, y así alcanzar el máximo nivel de aprendizaje siguiendo una metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación.

El análisis de resultados realizado hasta el momento resulta insuficiente para evaluar la efectividad de la propuesta didáctica diseñada, que sería el objetivo de fondo que subyace en esta propuesta. Sin embargo, sí se puede afirmar, conforme a la hipótesis de partida que ha habido una evolución en las ideas de los estudiantes en lo referente a conocimientos conceptuales y procedimentales de microbiología y de naturaleza de la ciencia.

La manera de avanzar en las conclusiones que se pueden obtener de esta investigación iría por: analizar el resto de los datos e implementar la propuesta con un grupo de alumnado mayor ya que el tamaño de la población analizado (N=8) provoca problemas estadísticos (amplios rangos, varianzas irregulares, etc.).

En un futuro muy cercano, al menos, se espera realizar el análisis cualitativo del resto de datos recogidos. Así se espera que se pueda afianzar el juicio de éxito de la propuesta didáctica con enfoque IBSE diseñada e implementada, a la hora de producir un aprendizaje significativo en los campos de la microbiología y naturaleza de la ciencia.

6. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA.

En función de los objetivos planteados en el capítulo 2 de este TFM, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- I. La revisión bibliográfica realizada ha servido para dotar de fundamento teórico a la propuesta didáctica planteada, así como para introducir al autor de esta memoria en el conocimiento de algunas de las teorías existentes en el ámbito de la didáctica de las ciencias, como la enseñanza de las ciencias por indagación, aspectos sobre naturaleza de la ciencia, o fundamentos de investigación educativa.
- II. La propuesta de enseñanza diseñada cumple con los postulados del enfoque de la enseñanza de las ciencias basado en la indagación (IBSE) y concuerda con los contenidos de microbiología establecidos en la ley para el currículo de 2º curso de Bachillerato.
- III. La implementación de la propuesta didáctica demuestra que es una propuesta creíble, realista y factible en cualquier centro de educación, con unos recursos materiales adecuados.
- IV. La implementación de la propuesta didáctica ha logrado generar los datos suficientes para poder realizar una investigación didáctica preliminar. Como resultado relevante obtenido, cabe señalar que los estudiantes participantes manifiestan que la intervención didáctica ha producido diferencias significativas en los conocimientos adquiridos respecto a la situación inicial al menos en 8 de los 13 ítems o tópicos estudiados.

La positiva experiencia vivida durante el diseño didáctico y su implementación nos permiten ser optimistas ante la eficacia de la propuesta didáctica planteada. Pero como en todo, se ha de mejorar cosas. En primer lugar, hemos de conseguir implementar toda la propuesta, para evaluar globalmente el diseño didáctico. Por tanto debemos de disponer de mayor tiempo para desarrollarla, con una mayor colaboración de los docentes de cada grupo en el que se implemente. En segundo lugar, se necesita hacer un estudio cuantitativo con mayor fortaleza. Y ¿cómo?, de dos maneras, aumentando la población del estudio, el número de alumnos/as por aula, y usando grupos de control, para poder comparar entre factores que forman parte del diseño didáctico. Estas medidas darán una mayor fuerza estadística a los resultados, y las conclusiones serán más claras. En tercer lugar, se necesita hacer un concienzudo estudio cualitativo de los datos obtenidos del vídeo, valoración y la producción de los alumnos/as para, de este modo, tener una visión más rica del desarrollo de la experiencia de enseñanza-aprendizaje. Y en cuarto lugar, en relación con la propuesta didáctica, se puede incrementar el número de variables en los experimentos para hacer más evidente la influencia de los antibióticos, como la presencia de una cepa productora de antibióticos junto a una sensible y otra resistente en un medio no selectivo.

Todas estas propuestas las tienen previsto aplicar el autor de esta memoria como parte de una investigación futura en el marco del disfrute de una beca de iniciación a la investigación ya concedida.

7. REFERENCIAS.

- Abraham, J. K., Pérez, K. E., & Price, R. M. (2014). The dominance concept inventory: a tool for assessing undergraduate student alternative conceptions about dominance in mendelian and population genetics. *CBE-Life Sciences Education*, 13(2), 349-358.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores deficiencias? Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Tecne, Episteme y Didaxis*, 23-33.
- Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J., Tobi, H., Wals, A. E., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-based science education competencies of primary school teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640.
- Alcíbar Cuello, J. M. (2004). La divulgación mediática de la ciencia y la tecnología como recontextualización discursiva. *Análisi*, 31, 43-70.
- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of research in science teaching*, 39(10), 952-978.
- Arellano, M., Jara, R., Merino, C., Gatica, M. Q., & Fernández, L. C. (2008). Estudio comparativo de dos instrumentos de evaluación diagnóstica aplicados a profesores de Química en formación: un estudio piloto. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7(1), 1-22.
- Arnaudin, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. *Science Education*, 69(5), 721-733.
- Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability (formerly: Journal of Personnel Evaluation in Education)*, 21(1), 5-31.
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86.
- Berruecos, M. (2002). El discurso explicativo en la divulgación científica. *Estudios de Lingüística Aplicada*, 20(36), 53-77.
- Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.
- Campanario, J. M., y Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 18, 155-169.
- Claramonte Sanz, V. (2013). La evolución del creacionismo: del mito cosmogónico a la pseudociencia biológica. *História e Filosofia da Biología*, 8(2), 361-379.
- Climent, N., y Carrillo, J. (2007). El uso del vídeo para el análisis de la práctica en entornos colaborativos. *Investigación en la Escuela*, 61, 23-36.
- Couso, D. (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía)
- Department for Education (2011). *The Framework for the National Curriculum. A report by the Expert Panel for the National Curriculum review*. London: Department for Education.
- Driver, R., Leach, J., & Millar, R. (1996). *Young people's images of science*. McGraw-Hill Education (UK).
- FECYT. (2015). VII Encuesta de percepción social de la ciencia, Informe de resultados - Año 2014.

- Fleming, A. (1929). On the antibacterial action of cultures of a *Penicillium*, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. *British Journal of Experimental Pathology*, 10, 226–236.
- Fonseca, M. J., Santos, C. L., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Increasing Awareness about Antibiotic Use and Resistance: A Hands-On Project for High School Students. *PLoS ONE* 7(9): e44699
- Fundación Española para la Ciencia y Tecnología FECYT- (2015). *VII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia. Dossier informativo*. Ministerio de Economía y Competitividad.
- Galagovsky, L. R. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240.
- García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la ciencia en noticias científicas de la prensa: análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 32(3), 493-509.
- García-Carmona, A., Vázquez Alonso, Á., y Manassero Mas, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 29(3), 403–412.
- Gavidia, V., & Fernández, J. J. (2001). Análisis de los trabajos prácticos de biología en los libros de texto de secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 15, 77-94.
- Gil Pérez, D., Carrascosa Alís, J., Dumas-Carré, A., Furió Mas, C., Gallego, R., Duch, A. G., ... y Valdés, P. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 17(3), 503-512.
- Gil Pérez, D., y Vilches Peña, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-54.
- González, F y Jiménez Liso, R.. (2005). Escribir ciencia para enseñar y divulgar o la ciencia en el lecho de Procusto. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 43, 8-20.
- Grayson, D. J., Anderson, T. R., & Crossley, L. G. (2001). A four-level framework for identifying and classifying student conceptual and reasoning difficulties. *International Journal of Science Education*, 23(6), 611–622.
- Guisasola, J., y Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246–262.
- Harlen, W. (2013). *Evaluación y Educación en Ciencias basada en la Indagación: Aspectos de la Política y la Práctica*. Trieste Italia. Global Network of Science Academy (IAP) Science Education Programme. (SEP).
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of science education*, 14(5), 541-562.
- IBM SPSS (2011). IBM SPSS statistics base 20. *Chicago, IL: SPSS Inc.*
- Jones, G., Gardner, G. E., Lee, T., Poland, K., & Robert, S. (2013). The Impact of Microbiology Instruction on Students' Perceptions of Risks Related to Microbial Illness. *International Journal of Science Education, Part B*, 3(3), 199–213.
- Leahy, S., & William, D. (2012). From teachers to schools: scaling up professional development for formative assessment. *Assessment and learning*, 1, 49-71.

- López Pérez, J. P., y Boronat Gil, R. (2011). El antibiograma. Un recurso en el laboratorio de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 353-357.
- Maldonado Pérez, M. (2008). Aprendizaje basado en los proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior Laurus. *Revista de Educación. Universidad Pedagógica Experimental Libertador*, 14(28), 158-180.
- Márquez, C., y Roca, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 18(45), 63-71.
- Martínez, J. L., & Laurido, C. (2012). Evaluación diagnóstica de conocimientos científicos en los cursos de educación secundaria mediante un mismo instrumento de autoevaluación. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24, 90-96.
- Martínez Aznar, M. M., Rodrigo Vega, M., Guerrero Serón, A., Varela Nieto, M. P., Martín del Pozo, R., y Fernández Lozano, M. P. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria?. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 67-87.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza* (Doctoral dissertation, Tesis doctoral). Editorial Universidad de Almería.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., y Jiménez Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 28, 153–173.
- McComas, W. F., Almazroa, H., & Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7(6), 511-532.
- Montero, I., y León, O. G. (2007). Guía para nombrar los estudios de investigación en Psicología. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 7(3), 847-862.
- Moral Santaella, M. C. (2015). Conocimiento didáctico general para el diseño y desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas en al formación del profesorado. Apuntes de clase. *Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas*. UGR.
- Novak, J. D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 6, 213-223.
- NRC, National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academy Press, Washington, DC.
- Nusche, D., Laveault, D., MacBeath, J., & Santiago, P. (2012). *OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education: New Zealand 2011*. Paris: OECD.
- OCDE (2006). PISA 2006. *Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Informe español*. Madrid: Ministerio de Educación.
- OCDE (2013). PISA 2012. *Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos. Informe español*. Madrid: Ministerio de Educación.
- ORDEN de 25 de julio de 2008, por la que se regula la atención a la diversidad del alumnado que cursa la educación básica en los centros docentes públicos de Andalucía (BOJA 22-8-2008).
- ORDEN de 5 de agosto de 2008, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato en Andalucía (BOJA 26-08-2008).
- ORDEN ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (BOE 29-01-2015).

- Perales Palacios, F.J. (2006). Pasado, presente y ¿futuro? de los libros de texto. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 57-63.
- Pérez, J. P. L., y Gil, R. B. (2014). Serendipia en el laboratorio de educación secundaria. La antibiosis. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(3), 410-415.
- Pozo Municio, I. J., y Monereo, C. (1999). El aprendizaje estratégico. *Enseñar a aprender desde el currículo. Madrid. Santillana*.
- REAL DECRETO 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE nº3, 03-01-2015).
- REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas (BOE nº 266, 06-11-2007).
- REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE nº5, 05-01-2007).
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Silver, L. L., & Bostian, K. A. (1993). Discovery and development of new antibiotics: the problem of antibiotic resistance. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 37(3), 377-389.
- Simonneaux, L. (2000). Cómo favorecer la argumentación sobre las biotecnologías entre el alumnado. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7(25), 27-44.
- Solaz-Portolés, J. J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión. *Educación XX1: Revista de la Facultad de Educación. UNED*, 13(1), 65-80.
- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117.
- Solbes, J., y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.
- Steiner, E., Sandler, L. C., & Fagnan, L. (2004). 'Promoting appropriate antibiotic use: teaching doctors, teaching patients. *Californian Journal of Health Promotion*, 2, 22-30.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Editorial Paidós.
- Teodoro, A., & Chambel, L. (2013). *The role of teachers in students' education for antibiotic use*. En A. Méndez-Vilas (Eds.), *Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education (1957-1968)*. Formatex Research Center.
- Thomas J. Dougherty, Michael J. Pucci. (Eds.). (2012). *Antibiotic Discovery and Development*. Boston, MA: Springer US.
- Trowbridge, J. E., & Mintzes, J. J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: A cross-age study. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(7), 547-571.
- Tsai, C. C., & Chou, C. (2002). Diagnosing students' alternative conceptions in science. *Journal of computer assisted learning*, 18(2), 157-165.
- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Romero, P., Acevedo Díaz, J. A., y Manassero Mas, M. A. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de razón técnica: Revista española de ciencia, tecnología y sociedad, y filosofía de la tecnología*, 4, 135-176.
- Villalta Páuca, M. A. (2009). Análisis de la conversación: una propuesta para el estudio de la Interacción didáctica en sala de clase. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 35(1), 221-238.
- White, R. (2001). The revolution in research on science teaching. *Handbook of research on teaching*, 4, 457-471.
- Williams, J. D. (2009). Belief versus acceptance: Why do people not believe in evolution? *BioEssays*, 31(11), 1255-1262.

- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science education*, 92(5), 941-967.
- Worth, K., Duque, M., & Saltiel, E. (2009). Designing and implementing Inquiry-Based Science units. Pollen Project.
- Yen, C. F., Yao, T. W., & Mintzes, J. J. (2007). Taiwanese students' alternative conceptions of animal biodiversity. *International Journal of Science Education*, 29(4), 535-553.
- Yus Ramos, R., Fernández Navas, M., Gallardo Gil, M., Barquín Ruiz, J., Sepúlveda Ruiz, P., y Serván Núñez, M. J. (2013). La competencia científica y su evaluación. Análisis de las pruebas estandarizadas de PISA. *Revista de Educación*, 36, 557-576.

8. ANEXOS.

A. Anexos de marco teórico.

Tabla de concepciones de niños y jóvenes sobre microorganismos y antibióticos (Teodoro y Chambel, 2013).

Conception	Age group
Microorganisms are small living things; they cannot be seen with the naked eye	14/7;11;14
Microorganisms considered to be living organisms	18-25/7;11;14
Being dangerous, or causing diseases to humans, is a sufficient reason for considering microorganisms to be alive	7;11;14
Microbes are cells	18-25
Bacteria drawn as eukaryotic cells	14
Bacteria are germs	15/14/14;17/7;11;14
Germs, bugs or viruses considered as malevolent little animals/or animal-like	5-11/15/18-25/7;11;14
Bacteria confused with fungus	14
Viruses and bacteria are identical	15/14/11;14;17/11;14
Bacteria cause viruses	11;14;17
Bacteria are present everywhere	14/11
Bacteria are exogenous and their presence in the body causes problems and ailments	5-11/18-25/14/7;11;14
Contact with bacteria, viruses and fungus cause disease	8-14/6-7;10-11;14-15
Harmful/bad and useful/good bacteria coexist	18-25/14/11;14;17/11;14
Bacteria are useful in the digestive process	14
Yoghurt making is associated with bacterial development	14
Bacteria are seen as decomposers of organic matter	18-25/14/7;11;14
Bacteria thrive in damp conditions, and in the soil	18-25/14/11;14;17/7;11;14
Bacteria, seen as dirt, are associated with pollution and the urban environment	14/7
Ways of eliminating exogenous bacteria: obeying rules of hygiene, sterilization, disinfection	14
Bacteria, viruses and fungus cause disease	11;14;17/18
Not very aware of other causes of disease (microorganisms are main cause)	18-25/11;14;17/7;11;14
Fevers are caused by germs, bugs or viruses	15
Like viruses, bacteria attack the human body	5-11/18-25/14
Microbes (seen as bits of dust), when they form a group within a bacterium, will cause mild health problems (colds, fever, sneezing)	14
Bacterial infections are caused by doing unsanitary things while viral infections come from other people	12
Causes of disease are primarily concentrated on the outside world and external situations (exogenous)	8;12
Bacterial infections can only be spread by sneezing but viral infections can be spread by touching	12
Not knowing what causes colds	20
Virus was the illness that was the result of infection by microorganisms	11;14;17
Viruses are germs	14;17
Viruses are bigger than bacteria	11;14;17
Bacteria are perceived as less dangerous than viruses	14/11;14;17
Bacteria are not very harmful and only likely to become dangerous when there are many of them	14
Virulence and rapid proliferation is equated to size	11;14;17/7;11;14
More concern about colds and flu than with contracting major disease or disability	8-14
Colds can be caused by germs and by alternative causes	15/11;14
There's something you can do to get rid of a cold	15
Cold remedies contain "chemicals"	15
There are "chemicals" that kill the germs	15/14;17
Antibiotics are drugs used to treat infections	15
Flu vaccination protects us from the flu by giving us antibiotics	15;18
Not knowing that antibiotic action is limited to bacteria	15/15-18
Antibiotics are associated with serious diseases	15
Antibiotics can make you get rid of HIV	12
Even knowing that antibiotics are not suited to viral infections students think they need antibiotic when perceiving a viral infection	20
Eating well protects from infections	15/18-25/14

Tabla de las principales causas que dificulta la evolución y modificación de las ideas previas en el alumnado, (Campanario y Otero, 2000, p. 158)
Los alumnos/as tienden a explicar los cambios en los sistemas, no los estados estacionarios.
Cuando tiene lugar un cambio o una transformación, casi siempre se presta más atención al estado final que al inicial.
Se tiende a investigar un sistema sólo cuando éste sufre algún cambio que se aparta de su funcionamiento normal. El principio que subyace tras esta regla es que, si algo no se ha roto, no lo arregles.
Se tiende a abordar los problemas de acuerdo con los conocimientos que más se dominan, no necesariamente con los más relevantes para su solución.
Se tiende a concebir un estado de equilibrio como algo estático; los equilibrios dinámicos son difíciles de concebir.
La causalidad lineal es con frecuencia la base del razonamiento de los alumnos. Entre causas y efectos suele haber mediadores.
El principio de causalidad se suele utilizar de manera lineal siguiendo la regla a mayor causa, mayor efecto.
Se intenta encontrar algún tipo de semejanza (en un sentido amplio) entre las causas y sus efectos.
De entre las causas posibles de un cambio, se suelen tener en cuenta las más accesibles y aquéllas que se recuperan más fácilmente de la memoria: las más recientes, las más cercanas espacialmente o las más frecuentes.
Las causas que no se perciben directamente o se perciben con dificultad resultan difíciles de concebir y a menudo no se tienen en cuenta en el análisis de las situaciones abiertas.
Ante fenómenos desconocidos, se aplican modelos correspondientes a fenómenos conocidos con los que exista algún tipo de semejanza (en muchas ocasiones esta semejanza tiene que ver con factores irrelevantes del fenómeno, pero fácilmente perceptibles).
Se atribuyen propiedades anímicas a objetos o seres que no pueden tenerlas.
Cuando en un fenómeno complejo varias causas actúan de forma interactiva, se tiende a concebir su efecto de manera aditiva.
Existen excepciones a todo tipo de reglas, incluso cuando las reglas son generales y sirven para todas las situaciones que pertenecen a una misma clase y los alumnos/as reconocen que ello es así. Esta pauta de razonamiento se recoge en el refranero como "la excepción que confirma la regla".
Una acumulación de pequeñas explicaciones no totalmente satisfactorias constituye una explicación global aceptable.

B. Guía de laboratorio.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

Taller de Microorganismos

Guía de Laboratorio

Sesión 1:

Preguntas y debate guiado (30 min):

Has de contestar las preguntas de la página de preguntas de forma individual, con tus conocimientos previos. Sin miedo a equivocarte (**No es un examen**). Después se debatirá sobre las respuestas. No cambies tu respuesta, puede que sea la correcta.

Muestreo. Recogida de muestras de suelo. Para ello, los alumnos salen al campo o a las inmediaciones del instituto y escogen un lugar de muestreo de suelo según la respuesta a la pregunta P8.

Protocolo:

- *Con una espátula, cuchillo o pequeña herramienta limpia con etanol, se retira la capa superficial de plantas y hojarasca.*
- *Con una espátula pequeña se recoge y limpia con desinfectante una muestra de unos gramos de suelo a una profundidad de 10 a 15 cm desde la superficie limpia y se introduce en un tubo tipo eppendorf de 2 ml estéril.*
- *Al tubo de 2 ml se le añade ½ de suelo y ½ de medio LB líquido y se agita con fuerza.*

Diluciones seriadas. Para poder trabajar con concentraciones de m.o. adecuados hacemos diluciones seriadas en LB líquido del suelo para posteriormente sembrar en placa. Correlacionar con la pregunta P9.

Protocolo:

Con el mechero encendido y cerca de él para evitar contaminaciones:

- *Se realiza una tanda de tubos de 1,5 ml tipo eppendorf con 900 ml de LB líquido estéril.*

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

- Se recoge 100 ml de líquido de "tubo muestra" y se diluyen en 900 ml de tubo 1. Este estará a una concentración 10^{-1} respecto a la muestra. Se agita bien para que la mezcla sea lo más homogénea posible. Los tubos han de ser rotulados.
- Se repite este paso hasta alcanzar la dilución 10^{-8} .

Sembrado en placas petri. Usando 6 placas de medio de crecimiento bacteriano completo llamado LB, y diseñado para que crezca el mayor número de tipos de m.o. posibles.

Protocolo:

Con el mechero encendido y cerca de él para evitar contaminaciones:

- 100 ml de las diluciones 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} se siembran en dos placas cada una de medio LB rotuladas a tal efecto.
- Se esparce la muestra con una asa de siembra. Consiste en esparcir con cuidado y usando una asa de siembra de vidrio sobre la placa de LB 100 ml de cada una de las diluciones, extendiendo bien y de manera homogénea. El profesor/a realizará un ejemplo. El resto lo realizarán los alumnos.
- Se dejan crecer durante 2 o 3 días a temperatura ambiente o a 30°C según la temperatura.

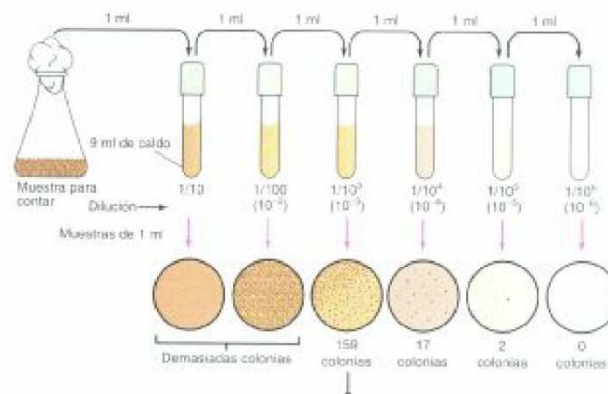


Figura 1. Esquema de diluciones seriadas y su expresión en placa.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

Sesión 2:

Observación de placas. Los alumnos/as observan por grupos de 3-4 lo que sucede en cada una de las placas según su dilución, y responde a las siguientes preguntas:

AC2.1: Haz un esquema (y fotografía si estima oportuno) de alguna placa indicando su concentración y la morfología de sus colonias¹ o conjunto de ellas más interesante. Redacta el porqué de tu interés en esas colonias.

Habéis comprobado que la mayor parte de las colonias son circulares. **Debate guiado.**

- **AC2.2:** Cread una **hipótesis** de trabajo en común en el grupo acerca de cuál puede ser la causa de que exista una colonia con forma de media luna.

- **P10:** ¿Qué experimento haríais para evaluar qué es lo que sucede? *Contesta por escrito y en grupo.*

¹ Conjunto de células originadas a partir de un único individuo unicelular por mitosis o división celular.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

Sembrado en placas petri 2. Para toda la clase usamos 9 placas petri: El medio es el mismo medio LB pero es un medio selectivo² con 4 sustancias distintas, repartidas en 8 placas y una novena como control sin medio selectivo. 4 placas se somete al protocolo 1 de sembrado con asa de siembra de platino. En ellas se sembraran por extensión, la colonia con el fenómeno de "media luna", la colonia que puede generarlo, y una colonia que no intervenga en este fenómeno. Las 5 placas restantes (4 con sustancia más la control) se sembrara mediante el protocolo 2 de punteo con palillo estéril. En ellas se sembraran una representación amplia de los microorganismos que se encuentra en el suelo y no relacionados con el fenómeno de "forma de media luna".

Protocolo 1:

Con el mechero encendido y cerca de él para evitar contaminaciones:

- Con un asa de siembra flameada se hace una extensión de la colonia seleccionada para la hipótesis de la "media luna" de la placa original y se extiende como se ve en la Figura 2 en $\frac{1}{2}$ de cada una de las placas LB+Ab (Figura 3). De igual manera se realiza en todas las placas. Se repite con las 3 colonias seleccionadas.
- Se rotula convenientemente y se dejan crecer durante 2 o 3 días a temperatura ambiente o a 30°C según la temperatura. Se conservan a 4°C.

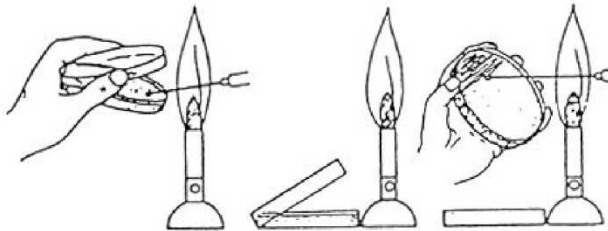


Figura 2. Sembrado con asa estéril flameada y cerca del mechero.

Protocolo 2:

Con el mechero encendido y cerca de él para evitar contaminaciones:

- Se rotulan las placas con números como aparece en la Figura 4.
- Con un palillo estéril se puntea una colonia de la placa original y se hace una extensión leve o punteo en el medio de cultivo de la placa. Con el mismo palillo se repite en el resto de placas terminando por la control.
- Se dejan crecer durante 2 o 3 días a temperatura ambiente o a 30°C según la temperatura. Se conservan a 4°C.

² Es un medio de cultivo celular que se emplea para diferenciar bacterias capaces o no de crecer en el adicionando alguna sustancia conocida a una concentración fijada.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

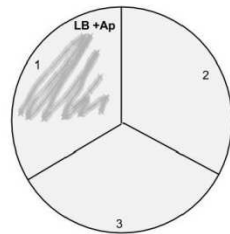


Figura 3. Disposición de colonias en asa de siembra.

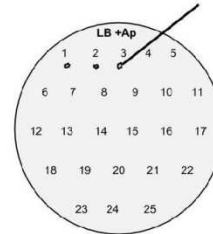


Figura 4. Disposición de colonias por punteo.

Sesión 3:

Observación de placas 2. Los alumnos/as observan por grupos qué sucede en cada una de las placas según su medio de selección y método de siembra.

Característica de las placas		
Medio selectivo	Placa extensión	Placa punteo
LB + Sm		
LB + Tc		
LB + Ap		
LB + Cx		

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

AC1: Redactad un breve informe acerca de las conclusiones que has obtenido con los datos, y cotéjadlo con tus hipótesis previas en grupo.

AC2: Plantead una serie de experimentos para detectar **Lipasas** microbianas útiles en la industria actual: zona de muestreos, selección de medios, detección de m.o. de interés, técnicas usadas, etc.

AC3: Imaginemos que trabajamos en un hospital y tenemos una serie de pacientes con una infección, ¿qué haríais para eliminar de manera eficaz dicha infección según las conclusiones del experimento?

Materiales usados en la práctica:

Mechero Bunsen o similar

Asa de siembra microbiológica o similar

Sistema de siembra sobre placa con pipeta Pasteur

Etol 98%

Tubos tipo eppendorf de 1,5 ml estéril

Medio líquido LB estéril

6 placas petri con medio de cultivo LB (5 muestreo inicial, y 1 control final)

8 placas petri con medio de cultivo LB con antibióticos (según tabla, concentraciones de referencia de Ab son los usados habitualmente en *Escherichia coli*)

Pipeta y puntas estériles.

Medios específicos de selección.

Imágenes:

<http://www.fao.org/docrep/field/003/AC410S/AC410S00.htm#TOC>

<http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com.es/2014/10/dilucion-bacteriana.html>

C. Guión del profesor/a de preguntas.

Integrantes del grupo:

Fecha: 24-28/04/2015 y 04/05/2015

Guión del profesor/a de preguntas en clase. Respuesta inicial y debate guiado posterior:

Sesión 1

AC1: Conocer las ideas previas

P1: ¿Por qué es interesante el estudio de los microorganismos (m.o.) para el ser humano? Justifica tu respuesta y pon ejemplos. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

Respuesta esperada y enlace: enfermedades

Puesta en común: Beneficiosos y Perjudiciales → enfermedades

P2: Habéis hablado de enfermedades...¿cómo se atajan las enfermedades producidas por m.o.?

Respuesta esperada y enlace: los antibióticos.

P3: ¿De dónde imaginas que provienen los antibióticos? Justifica tu respuesta. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

Respuesta esperada y enlace: farmacéutica

Puesta en común: artificial / natura, farmacéuticas, m.o.

P4: Antes habéis mencionado la resistencia de bacterias ¿Por qué existen las bacterias sobreviven a los antibióticos? Justifica tu respuesta. (Han de contestar la pregunta antes por escrito)

Respuesta esperada y enlace: porque usamos mal los antibióticos y las medicinas

Puesta en común: mal uso clínico de ab. artificial

P5: ¿Donde podemos extraer los nuevos antibióticos necesarios para que eliminar las bacterias más difíciles de tratar?

Respuesta esperada y enlace: de los hongos, de la industria, de las plantas

P6: ¿donde hay más microorganismos?

Respuesta esperada y enlace: animales muertos, materia orgánica, suelo*, enfermos

Integrantes del grupo:

Fecha: 24-28/04/2015 y 04/05/2015

P7: Puede ser donde haya bacterias también, ¿y donde acaba la materia orgánica o los despojos y desechos? *** si no dicen el suelo

Respuesta esperada y enlace: suelo

P8: ¿y cómo recogerías una muestra para buscarlos?

Respuesta esperada y enlace: superficial, profundidad, campo, bajo árboles

P9: ¿Qué es para ti el suelo? ¿De qué está hecho?

Idea: "Suelo vivo"

Respuesta esperada y enlace: minerales, plantas, m.o., materia orgánica

Sesión 2.

Debate Guiado.

- ¿Has observado alguna con forma de media luna?
- ¿A qué crees que se debe?
- ¿Está relacionada con otras con o sin las mismas características?
- ¿Cuál de ellas elegirías para comprobar a qué se debe el círculo o halo de inhibición de crecimiento?

P10: ¿Qué experimento haríais para evaluar qué es lo que sucede? Justifica tu respuesta.

Puesta común.

Respuesta esperada y enlace: analizar las sustancias del halo, sembrar varias veces las bacterias para ver si ocurre igual, echar antibiótico a las placas ...

Sesión 3.

P11: ¿Qué naturaleza tiene los antibióticos (artificial o natural)? ¿y para qué sirven además de a los humanos como uso médico?

Respuesta esperada previa al ensayo: artificial unos y natural otros, sirven en la ganadería ...

Respuesta esperada posterior al ensayo: naturales, le sirven a las bacterias para luchar contra otras bacterias

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

P12: ¿Siempre está ligado la resistencia a antibióticos con lugares contaminados por el uso abusivo de antibióticos en ganadería y medicina?

Respuesta esperada previa al ensayo: se debe al mal uso de los antibióticos

Respuesta esperada posterior al ensayo: no ya que encontramos resistencias naturales en el suelo

P13: ¿Qué concepto tienes ahora del suelo y sus m.o.?

Respuesta esperada previa al ensayo: el suelo es un ente con microorganismos que pueden ser perjudiciales

Respuesta esperada posterior al ensayo: existe una gran diversidad de microorganismos unos pueden ser perjudiciales y otros de interés o útiles

D. Formulario de respuestas.

IES Pedro Antonio de Alarcón

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Nombre:

Fecha: 24-28/04/2015

Preguntas de clase de Prácticas de Microbiología

Has de contestar las preguntas de la página de preguntas de forma individual, con tus conocimientos previos. Sin miedo a equivocarte (**No es un examen**). Después se debatirá sobre las respuestas. No cambies tu respuesta, puede que sea la correcta.

P1: Justifica tu respuesta y pon ejemplos.

P3: Justifica tu respuesta.

P4: Justifica tu respuesta.

IES Pedro Antonio de Alarcón

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Nombre:

Fecha: 24-28/04/2015

P9: Justifica tu respuesta.

Formulación de Hipótesis:

Habéis comprobado que la mayor parte de las colonias son circulares. Debate guiado: ¿Has observado alguna con forma de media luna? ¿a qué crees que se debe? ¿está relacionada con otras con o sin las mismas características? **¿Cuál de ellas elegirías para comprobar a qué se debe el círculo o halo de inhibición de crecimiento?** Dibuja en cada caso el tipo de colonia si las hay.

Contesta por escrito y de manera individual.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

Debate y conclusiones de los resultados.

AC1: Redacta un breve informe acerca de las conclusiones que has obtenido con los datos, y cotéjalo con tus hipótesis previas en grupo. *Breve, en sólo dos caras.*

P11 ¿Qué naturaleza tiene los antibióticos (artificial o natural)? ¿y para qué sirven además de a los humanos como uso médico? Razona tu respuesta.

P12 ¿Siempre está ligado la resistencia a antibióticos con lugares contaminados por el uso abusivo de antibióticos en ganadería y medicina? Razona tu respuesta.

IES Pedro Antonio de Alarcón
Integrantes del grupo:

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Fecha: 24-28-/04/2015 y 04/05/2015

P13 ¿Qué concepto tienes ahora del suelo y sus m.o.? Razona tu respuesta.

AC2: Plantea una serie de experimentos para detectar Lipasas microbianas útiles en la industria actual: zona de muestreos, selección de medios, detección de m.o. de interés, técnicas usadas, etc. *Breve, en sólo una caras.*

AC3: Imaginemos que trabajamos en un hospital y tenemos una serie de pacientes con una infección, ¿qué haríais para eliminar de manera eficaz dicha infección según las conclusiones del experimento? *Breve, en sólo una caras.*

Trabajos: enviar los resultados por esta plataforma o entregarlos a gabriel para que me los proporcione.

<http://practicumbiologia.blogspot.com.es/p/ejercicios.html>

!!!GRACIAS!!!

E. Formulario de evaluación.

IES Pedro Antonio de Alarcón

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Nombre:

Fecha: 18/05/2015

Tras las tres sesiones de prácticas del “Taller de microbiología” en las que estudiamos la microbiota del suelo y sus características se realiza una autoevaluación. Siempre es útil saber el grado de adquisición de conocimiento por parte del alumnado mediante una autoevaluación. Además, esta hace tomar conciencia de lo aprendido de forma significativa al alumnado. Esta autoevaluación se realiza tres semanas después de concluir las prácticas. El método es mediante un cuestionario KPSI. El sentido de esta actividad es recapitular lo aprendido sobre microbiología y metodología científica en las sesiones, evaluar este aprendizaje y regular el proceso de enseñanza y aprendizaje que estamos siguiendo.

Valora en una escala del 1 al 5 lo que has aprendido de cada uno de los siguientes aspectos:

1: No sé nada; **2:** Sé un poco; **3:** Lo sé bien; **4:** Lo sé muy bien; **5:** Puedo explicárselo a un amigo/a (rodea con un **círculo**).

Lo que sabía antes	Conocimiento adquirido sobre ...	Lo que sé ahora
1 2 3 4 5	El suelo es un medio vivo con multitud de organismos.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Los antibióticos (ab) son de origen natural.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Las bacterias pueden ser resistentes a algunos antibióticos.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	La resistencia a ab no sólo es debido a la acción del hombre, también es natural.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	No todos los microorganismos (m.o.) son perjudiciales para el hombre.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	La esterilidad en lab. microbiología es esencial para saber con qué m.o. se está trabajando.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Hay distintos métodos de siembra de microorganismos.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Adelantar una hipótesis y cómo justificarla.	1 2 3 4 5

IES Pedro Antonio de Alarcón

Prácticas de Microbiología, 2º Bach.

Nombre:

Fecha: 18/05/2015

1 2 3 4 5	Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales.	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Comprobar las hipótesis y analizar la información o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	1 2 3 4 5
1 2 3 4 5	Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas.	1 2 3 4 5

- ¿Ha sido motivadora la experiencia de laboratorio propuesta por el profesor y por qué?
- ¿qué ha sido lo mejor de la experiencia realizada?
- ¿qué ha sido lo peor de la experiencia realizada?
- Propón alguna mejora de la actividad:

¡Gracias!

F. Características del Centro donde se realizó la implementación del diseño didáctico.

Contexto socioeconómico del Centro IES Pedro Antonio de Alarcón: Guadix es la cabeza de partido de la comarca del mismo nombre. Es una comarca con una de las rentas *per cápita* más bajas de España según datos del Programa de Desarrollo Rural Sostenible 2010-2014 (PDRS). La comarca de Guadix se enclava en el gran dominio territorial de las Sierras y Valles Béticos y destaca la baja densidad poblacional del conjunto y la economía basada en la producción primaria y rural, muy habitualmente en minifundios. Guadix tiene actualmente una población en torno a 20.000 habitantes. El desempleo en la comarca es un problema que continúa creciendo hasta 38% siendo un 40% de los parados menores de 35 años. En la comarca crece el desempleo en mayor porcentaje que a nivel provincial y autonómico (Observatorio de empleo de la Comarca de Guadix, Julio de 2013).

La complejidad de la población asentada en la zona aumenta con la presencia de una amplia comunidad de etnia gitana en las localidades de menor altitud de la comarca de Guadix. Este grado de complejidad se traslada al centro ya que “el alumnado de etnia gitana tiene dificultades de aprendizaje generalmente y problemas de absentismo escolar. Hay también un pequeño grupo de alumnado extranjero, muy diverso en sus características sociales, culturales y económicas, cuyos problemas más significativos sean, quizás, la integración y el aprendizaje de la lengua” (Plan de convivencia del IES Pedro Antonio de Alarcón). Planes como los de convivencia, mediación y calidad intentan atajar las diferencias entre grupos.

El nivel sociocultural de las familias del Centro es bajo, con un nivel educativo bajo o muy bajo, siendo una minoría los que tienen educación secundaria o superior. Todo ello se correlaciona con que se ha especializado en trabajos de baja cualificación educativa como el trabajo agrícola, construcción y servicios básicos.

Motivación del alumnado: El alumnado que estudia en el centro se encuentra desmotivado por el ambiente económico que observa a su alrededor. El hecho de conocer a gente con estudios superiores en situación de desempleo y las necesidades de sus familias de ayuda económica desmotivar al alumnado a seguir con sus estudios, al tener que buscar una fuente rápida de financiación en empleos poco cualificados.

El ambiente sociocultural hace que las relaciones entre el alumnado se apoyan en valores, conocimientos y creencias que dificulta el cambio conceptual en distintas áreas del conocimiento. Las ideas previas en ciencias experimentales están basadas y “fundamentadas” en este ambiente no solo en el desconocimiento, desinformación y mitos, sino en creencias casi religiosas y costumbres étnicas. Por tanto, es un ambiente propicio para aplicar este diseño didáctico basado en la indagación. Un planteamiento mucho más potente para combatir estas arraigadas creencias e ideas previas que el alumnado absorbe de su entorno social cercano.

La diversidad en el Centro es amplia debido a la gran comunidad gitana que cursa estudios en el IES. La propia idiosincrasia cultural de dicha etnia, las barreras sociales y sus limitaciones económicas hace de este hecho algo que ha de tratar de manera independiente al resto de alumnado. En el ROC del Centro y en el Plan de Centro refleja un mayor esfuerzo por parte del profesorado para la integración de dicha comunidad en la organización y dinámica del Centro.

H. Estadísticos descriptivos y test.

Tabla de Datos Brutos por Ítem

Nombre	PrePost	SueloVivo	AbNatural	BacR	HomoR	MOmal	MOevo	Medios	esteril	siembra	Hipotesis	contraste	analizar	conclusiones
Laura	0	3	2	3	2	4	4	3	4	2	3	1	2	4
Elena	0	5	5	5	5	5	4	2	5	5	1	3	2	5
Rocio	0	3	2	2	1	3	2	2	3	1	3	2	1	2
Marina	0	4	4	5	3	5	5	1	4	1	3	1	1	3
Juan M	0	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	3
Pilar	0	3	2	1	4	4	3	2	2	1	1	1	2	4
Antonio	0	3	2	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3
Macarena	0	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Inma	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Laura	1	5	3	4	2	4	4	2	4	4	3	4	4	4
Elena	1	5	5	5	5	5	5	4	5	5	3	4	4	5
Rocio	1	5	5	4	2	4	4	3	5	5	5	4	4	4
Marina	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5
Juan M	1	4	3	3	4	4	2	4	4	3	3	3	3	4
Pilar	1	4	3	3	4	5	3	3	3	3	1	2	2	4
Antonio	1	5	4	5	4	5	4	3	5	5	3	5	5	5
Macarena	1	4	3	3	4	3	2	3	3	4	2	3	3	4
Inma	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

0=pre, 1=post

Tabla de Estadísticos Descriptivos para concepciones previas.

Estadísticos descriptivos

Concepciones previas	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Media	Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos	8	2	3	5	3,50	,267	,756	,571
Los ab son de origen natural	8	4	1	5	2,50	,463	1,309	1,714
Las bacterias pueden ser resistentes a algunos ab	8	4	1	5	2,75	,559	1,581	2,500
La resistencia a ab no solo es debido a acción del hombre, también es natural	8	4	1	5	2,38	,532	1,506	2,268
No todos los m.o. son perjudiciales para el hombre	8	4	1	5	3,38	,498	1,408	1,982
Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	8	4	1	5	2,88	,479	1,356	1,839
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo	8	2	1	3	1,88	,227	,641	,411
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con que m.o. se esta trabajando	8	4	1	5	3,00	,463	1,309	1,714
Hay distintos metodos de siembra de m.o.	8	4	1	5	1,87	,479	1,356	1,839
Adelantar una hipótesis y como justificarla	8	2	1	3	1,88	,350	,991	,982
Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales	8	2	1	3	1,75	,313	,886	,786
Comprobar las hipótesis y analizar al implementación o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	8	1	1	2	1,63	,183	,518	,268
Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas	8	3	2	5	3,38	,324	,916	,839
N válido (según lista)	8							

Tabla de Estadísticos Descriptivos para concepciones posteriores.

Concepciones posteriores	Estadísticos descriptivos							
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Media	Desv. típ.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos	8	1	4	5	4,62	,183	,518	,268
Los ab son de origen natural	8	2	3	5	3,88	,350	,991	,982
Las bacterias pueden ser resistentes a algunos ab	8	2	3	5	4,00	,327	,926	,857
La resistencia a ab no solo es debido a acción del hombre, también es natural	8	3	2	5	3,75	,412	1,165	1,357
No todos los m.o. son perjudiciales para el hombre	8	2	3	5	4,38	,263	,744	,554
Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	8	3	2	5	3,63	,420	1,188	1,411
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo	8	3	2	5	3,38	,324	,916	,839
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con que m.o. se está trabajando	8	2	3	5	4,25	,313	,886	,786
Hay distintos métodos de siembra de m.o.	8	2	3	5	4,25	,313	,886	,786
Adelantar una hipótesis y como justificarla	8	4	1	5	3,00	,423	1,195	1,429
Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales	8	3	2	5	3,63	,324	,916	,839
Comprobar las hipótesis y analizar al ímpromacion o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	8	3	2	5	3,63	,324	,916	,839
Las concluionses finales no siempre coinciden con las afirmacione más intuitivas	8	1	4	5	4,50	,189	,535	,286
N válido (según lista)	8							

Tabla de Estadísticos Descriptivos para tamaño de efecto.

Tamaño del efecto	Estadísticos descriptivos							
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Media	Desv. tip.	Varianza
	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Estadístico	Error típico	Estadístico	Estadístico
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos	8	2	0	2	1,13	,295	,835	,696
Los ab son de origen natural	8	3	0	3	1,38	,324	,916	,839
Las bacterias pueden ser resistentes a algunos ab	8	2	0	2	1,25	,313	,886	,786
La resistencia a ab no solo es debido a acción del hombre, también es natural	8	3	0	3	1,38	,460	1,302	1,696
No todos los m.o. son perjudiciales para el hombre	8	3	0	3	1,00	,378	1,069	1,143
Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	8	2	0	2	,75	,313	,886	,786
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo	8	5	-1	4	1,50	,500	1,414	2,000
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con que m.o. se está trabajando	8	3	0	3	1,25	,366	1,035	1,071
Hay distintos métodos de siembra de m.o.	8	4	0	4	2,38	,460	1,302	1,696
Adelantar una hipótesis y como justificarla	8	2	0	2	1,13	,350	,991	,982
Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales	8	2	1	3	1,88	,295	,835	,696
Comprobar las hipótesis y analizar al promediación o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	8	3	0	3	2,00	,378	1,069	1,143
Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas	8	3	0	3	1,13	,398	1,126	1,268
N válido (según lista)	8							

Tabla de contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error.**Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a**

	F	gl1	gl2	Sig.
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos	,700	2	21	,508
Los ab son de origen natural	,514	2	21	,606
Las bacterias pueden ser resistentes a algunos ab	1,867	2	21	,179
La resistencia a ab no sólo es debido a acción del hombre, también es natural	,582	2	21	,568
No todos los m.o. son perjudiciales para el hombre	1,422	2	21	,264
Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	,974	2	21	,394
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo	1,463	2	21	,254
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con que m.o. se esta trabajando	,394	2	21	,679
Hay distintos métodos de siembra de m.o.	,167	2	21	,847
Adelantar una hipótesis y como justificarla	,125	2	21	,883
Formular una hipótesis previa. Contrastar hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales	,092	2	21	,913
Comprobar las hipótesis y analizar al información o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	,745	2	21	,487
Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas	1,716	2	21	,204

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

a. Diseño: Intersección + PrePost

Tabla de Estimaciones de los parámetros para MANOVA con distribución *t* de Student para tamaños de población pequeños.

Estimaciones de los parámetros

Variable dependiente	Parámetro	B	Error tip.	t	Sig.	Intervalo de confianza 95%		Eta al cuadrado parcial
						Límite inferior	Límite superior	
El suelo es un medio vivo con multitud de organismos	Intersección	4,625	,229	20,194	,000	4,134	5,116	,967
	[PrePost=0]	-1,125	,324	-3,473	,004	-1,820	-,430	,463
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Los ab son de origen natural	Intersección	3,875	,411	9,439	,000	2,995	4,755	,864
	[PrePost=0]	-1,375	,581	-2,368	,033	-2,620	-,130	,286
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Las bacterias pueden ser resistentes a algunos ab	Intersección	4,000	,458	8,732	,000	3,018	4,982	,845
	[PrePost=0]	-1,250	,648	-1,930	,074	-2,639	,139	,210
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
La resistencia a ab no solo es debido a acción del hombre, también es natural	Intersección	3,750	,476	7,878	,000	2,729	4,771	,816
	[PrePost=0]	-1,375	,673	-2,043	,060	-2,819	,069	,230
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
No todos los m.o. son perjudiciales para el hombre	Intersección	4,375	,398	10,990	,000	3,521	5,229	,896
	[PrePost=0]	-1,000	,563	-1,776	,097	-2,208	,208	,184
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Las poblaciones microbianas del suelo evolucionan debido a factores ambientales	Intersección	3,625	,451	8,043	,000	2,658	4,592	,822
	[PrePost=0]	-,750	,637	-1,177	,259	-2,117	,617	,090
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Los medios de cultivo en microbiología sirven para seleccionar bacterias y determinar su fenotipo	Intersección	3,375	,280	12,075	,000	2,776	3,974	,912
	[PrePost=0]	-1,500	,395	-3,795	,002	-2,348	-,652	,507
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
La esterilidad en el laboratorio de microbiología es esencial para saber con que m.o. se está trabajando	Intersección	4,250	,395	10,752	,000	3,402	5,098	,892
	[PrePost=0]	-1,250	,559	-2,236	,042	-2,449	-,051	,263
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Hay distintos métodos de siembra de m.o.	Intersección	4,250	,405	10,493	,000	3,381	5,119	,887
	[PrePost=0]	-2,375	,573	-4,146	,001	-3,604	-1,146	,551
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Adelantar una hipótesis y como justificarla	Intersección	3,000	,388	7,729	,000	2,167	3,833	,810
	[PrePost=0]	-1,125	,549	-2,049	,060	-2,302	,052	,231
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Formular una hipótesis previa. Contraste hipótesis mediante la búsqueda de información a través de procesos experimentales	Intersección	3,625	,319	11,375	,000	2,941	4,309	,902
	[PrePost=0]	-1,875	,451	-4,160	,001	-2,842	-,908	,553
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Comprobar las hipótesis y analizar al importancia o resultados para obtener conclusiones en respuesta a una pregunta	Intersección	3,625	,263	13,781	,000	3,061	4,189	,931
	[PrePost=0]	-2,000	,372	-5,376	,000	-2,798	-1,202	,674
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Las conclusiones finales no siempre coinciden con las afirmaciones más intuitivas	Intersección	4,500	,265	16,971	,000	3,931	5,069	,954
	[PrePost=0]	-1,125	,375	-3,000	,010	-1,929	-,321	,391
	[PrePost=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.

a. Al parámetro se le ha asignado el valor cero porque es redundante.

I. Material suplementarios y archivos multimedia.

Enlace a archivos multimedia originales de la intervención didáctica en 3 sesiones:

<https://mega.nz/#F!HI1WjT5T!YFJ1eNZTqMoLOh1TegzhiQ>

Enlace a imágenes de las placas: <https://goo.gl/EO1Ze2>

Enlace a presentación-guía de sesiones (.ppt): <https://goo.gl/5EtlNw>

Enlaces a resultados de la preguntas previas a alumnos:

Sesión 1:

<https://mega.co.nz/#!aEIzL4S!Res3rMTQpkEFdOzGG1yLakOwAA97BTXv4E75rRWZPkg>

Sesión 3:

<https://mega.co.nz/#!vNEEzIYS!xwUzRvObjMvkzdedZh2j5rsHE3xEliN56eAQ175QfBk>

Enlace a resultados de la respuestas de test de evaluación:

<https://mega.co.nz/#!uYMhTa7S!VIZcuK8BVF1-5b5lsU2K0d4DwaXHB3IVUM1nJjigL3M>