



MÁSTERES de la UAM

Facultad de Formación
de Profesorado
y Educación / 15-16

(MESOB)

Especialidad
de Física y Química



**Aprendizaje
Significativo de
la Materia de Física
y Química. Contexto
Interdisciplinar
de la Enseñanza de
la Química Médica**
Elena Campos-Sánchez





**MÁSTER EN FORMACIÓN DE PROFESORADO DE
EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA
Y BACHILLERATO**

**Aprendizaje Significativo de la Materia de Física y Química.
Contexto Interdisciplinar de la Enseñanza de la Química Médica.**

Autor/a: Elena Campos-Sánchez

Director/a: Santiago Atrio Cerezo

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Curso: 2015-2016

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN DE PROFESORADO

RESUMEN

Una enseñanza efectiva de la Física y la Química, que logre un aprendizaje significativo en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, supone un reto para los docentes. Estos no solo han de adaptarse a los constantes cambios legislativos, sino que han de adecuarse a un currículo obligatorio que define los objetivos docentes a lograr sobre el alumno. La consecución de estos objetivos docentes se evalúa y valora de acuerdo a unos criterios y estándares de evaluación, definidos también por ley, cuyo objetivo es calificar el grado de adquisición y asimilación de los contenidos por parte del alumnado. Por otra parte, al docente se le exige hacer la educación lo más personalizada posible: a cada alumno según sus necesidades, así como fomentar el desarrollo de unas competencias básicas o clave que, en definitiva, permitan al educando integrarse en sociedad con calidad de vida.

Debido a que el aprendizaje es una tarea activa por parte del alumno y a la elevada exigencia en pensamiento formal y lógico que requiere el entendimiento de los principios básicos físico-químicos, la docencia de esta materia en jóvenes adolescentes puede verse dificultada. Ello exige del personal docente responsable un importante grado de compromiso con la tarea, así como del desarrollo de nuevas estrategias, metodologías o herramientas docentes, aplicables en el aula o fuera de ella y adaptadas a cada situación, que mejoren la enseñanza de la Física y la Química en el grupo. Esto es lo que se denomina “innovación docente”.

Como los recursos materiales y temporales suelen ser limitados en los centros educativos públicos, se propone, a partir del contexto interdisciplinar que otorga la enseñanza de la Química Médica, mostrar principios físico-químicos presentes en nuestras actividades cotidianas, desarrollados por aplicación del método científico, y que guían o afectan al mantenimiento de nuestra salud. El objetivo es dar una visión diferente sobre las aplicaciones prácticas que la Física y la Química tienen en nuestro día a día para, en último término, tratar de: eliminar barreras emocionales que bloqueen el aprendizaje de dichas materias, estimular la curiosidad del alumnado por las mismas, generar una visión de necesidad multidisciplinar del conocimiento, desmontar preconcepciones erróneas, fomentar un pensamiento formal y crítico y otorgar herramientas prácticas para que los alumnos, de manera autónoma, puedan actuar bajo un criterio informado, consciente y consecuente.

PALABRAS CLAVE

Educación - Enseñanza - Docencia - Aprendizaje - Motivación - Aprendizaje Significativo - Conocimiento Interdisciplinar - Innovación Docente - Evaluación - Física y Química - Química Médica - Secundaria - Espíritu Crítico - Sistema Educativo - Evaluación - IES Ramiro de Maeztu - Papel Docente - Metodología - Curiosidad - Criterio - Preconcepciones -

ÍNDICE

1. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	I
2.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.	1
2.1.- A qué llamamos Educación. Objetivo de la escolarización. Sistema Educativo español.	1
2.2.- Cómo la enseñanza de la Física y la Química promueven la consecución de los objetivos estatales en cuanto a los fines de la educación.	3
2.3.- Retos de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en secundaria a día de hoy.	4
2.4.- La innovación docente como herramienta para mejorar la enseñanza de las ciencias.	6
3.- CONTEXTO EDUCATIVO: ANÁLISIS DEL CONTEXTO GENERAL DEL CENTRO EDUCATIVO Y DE LA ENSEÑANZA DE LA ESPECIALIDAD EN EL MISMO.	7
3.1.- Tipo de Centro Educativo, ubicación y comunidad educativa.	7
3.3.- Trayectoria educativa del Centro.	8
3.2.- Principios educativos actuales.	9
Figura 1. Orígenes del IES Ramiro de Maeztu.	9
3.4.-Enseñanza de la especialidad en el Centro.	10
Profesorado responsable, transposición curricular y metodología observada.	10
Transversalidad de contenidos e innovación docente.	11
Evaluación	11
Figura 2. Instrumentos de evaluación aplicables a la ESO para la especialidad de Física y Química en el IES Ramio de Maeztu, curso 2015-2016. Programación Didáctica.	11
3.5.-Análisis de las fortalezas y debilidades de la especialidad en el Centro.	12
Fortalezas:	12
Debilidades:	13
3.6.- Bachillerato Internacional. Qué es y cómo se implementa en el IES Ramiro de Maeztu.	14
4.- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE UN RETO.	17
4.1.- Propuesta de prácticas docentes. Bloque de Química Médica en 2º Bachillerato Internacional. Consideraciones por parte de la profesora responsable y reto inicial.	17
4.2.- Identificación de los pros y contras en mis grupos de alumnos. Pretest para evaluar el interés del alumnado en la temática, grado de conocimientos previos y preconcepciones.	18
4.3.- Resultados del pretest y valoraciones adicionales.	19
Figura 3. Resultados del pretest para el bloque “Motivación hacia la Química Médica y afines”	20
Figura 4. Resultados del pretest para el bloque “Bases procedimentales de la Química Farmacéutica”.	21
Figura 5. Resultados del pretest para el bloque “Dianas farmacológicas y su motivo de ser”.	21
Figura 6. Resultados del pretest para bloque “Preconcepciones en Química Médica. Terapias Alternativas”.	22
4.4.- Identificación de un reto, problema o situación que se desearía solucionar, modificar o mejorar procedente del diagnóstico del apartado anterior.	23
5.- OBJETIVOS	25
6.- PROPUESTA CONTEXTUALIZADA. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, METODOLOGÍA, ACTIVIDADES Y RESULTADOS OBTENIDOS POR ACTIVIDAD.	27
6.1.- Elaboración de propuestas contextualizadas.	27
6.2.- Propuesta de enseñanza I: Conexión web en tiempo real con un laboratorio de investigación que trabaje en Química Médica o afines.	28
6.3.- Propuesta de enseñanza II: Incorporar actividades, fuera de temario curricular propiamente	

dicho pero directamente relacionadas con él, que resultaran interesantes y útiles al alumnado, además de ayudar a enfrentar los objetivos y retos propuestos.	29
Observación del número y tamaño de colonias celulares eucariotas para estudiar la respuesta celular al daño genético inducido por exposición a radiación ionizante tipo gamma.	29
Figura 7. Fibroblastos teñidos con cristal violeta y fijados a la placa de poliestireno con formaldehído.	30
Haciendo uso de la revista científica Nature Medicine.	30
Saber de Biología para no morir en el intento. Ejemplos prácticos desde el Mundo Griego hasta nuestros días, para el día a día.	31
Mistificación de lo "Natural" en el ámbito del mantenimiento de la salud y el tratamiento de la enfermedad. El caso Boiron y la homeopatía.	32
Caso Litvinenko y nuestro amigo Polonio.	34
6.4.- Propuesta de cara a la evaluación de la enseñanza y del aprendizaje.	35
Evaluación de adquisición de conceptos con Kahoot®.	35
7.- EVALUACIÓN GLOBAL Y CONCLUSIONES.	37
8.- RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS.	39
LIBROS O TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	39
PELÍCULAS DOCUMENTALES	39
LEGISLACIÓN	40
WEBGRAFÍA (En este apartado solo se recogen aquellas webs referidas en el texto principal.)	40
RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS referidos en las Notas a Pie de Página.	40
9.- ANEXOS.	
ANEXO I: <i>Pretest</i>	43
ANEXO II: Programación Didáctica del bloque "Química Médica".	47
ANEXO III : Presentaciones tipo <i>power-point</i> de los temas a impartir.	55

2.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

2.1.- A qué llamamos Educación. Objetivo de la escolarización. Sistema Educativo español.

A lo largo de generaciones se ha debatido sobre la necesidad de establecer unos objetivos claros que lograr durante el proceso educativo del individuo (Fernández Uría, 1979). Además de los aspectos o *necesidades individuales* de formación, hay que tener en cuenta las *necesidades de la sociedad* de la que estos individuos forman parte (Fernández Uría, 1979).

El concepto de “Educación” ha variado mucho a lo largo de la historia, así como los tipos de “escuelas” (García & Olmeda, 2015; Gómez et al. & Doin, 2012). Los tipos de escuelas se adaptan a lo que se pretende conseguir del alumno con la “educación” del mismo por parte del Estado o bien del grupo social interesado en ejercer este papel “educativo” (García & Olmeda, 2015). En España, la Real Academia de la Lengua Española, RAE, define “Educación” como la “acción y efecto de educar”; “crianza, enseñanza y doctrina que se da los niños y a los jóvenes” e “instrucción por medio de la acción docente”. “Doctrina” e “instrucción”. Esta visión adiestrante de la “educación”, dista mucho del concepto de “Educación” de las escuelas de hombres libres atenienses, las cuales, mediante una educación libre y guiada, buscaban el desarrollo autónomo e integral del individuo, capacitándolo para su intervención en política y que, curiosamente, relegaban la educación “instructiva” o “profesionalizante” a los esclavos (García & Olmeda, 2015; Gómez et al. & Doin, 2012). También dista mucho de la escuela ideada por los maestros de la II República en España (Martínez Ten & Pérez Solano, 2013), que buscaron para los alumnos de la época el fin del adoctrinamiento educativo, la coeducación de los sexos, la formación de individuos libres y el aprendizaje por descubrimiento e interés personal; restando así importancia al sentido “profesionalizante” de la educación y dándoselo a los contenidos que resultaran prácticos para los alumnos en su desarrollo personal y social¹. La visión de escuela actual en su formato de aulas estancas, tiempos preestablecidos, contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales obligatorios y pautados, selectivo para la clasificación temprana del personal y bajo la autoridad vertical de docentes funcionarios del Estado, nace en Prusia con el Despotismo Ilustrado (siglo XVIII), siendo su objetivo fundamental el logro de súbditos dóciles altamente cualificados

1 Esta visión de la Educación iba muy en la línea de las corrientes psicopedagógicas de la época, principalmente aquellas que acabarían dando origen a las teorías constructivistas (con Jean Piaget y Lev Vygotski como máximos exponentes) o las de María Montessori, autora del Método Montessori (Martínez Ten & Pérez Solano, 2013). El Constructivismo viene a oponerse a la psicología conductual, la cual se sustenta en que es posible programar la enseñanza de conocimiento a través de la aplicación de una serie de mecanismos, pudiendo programarse de antemano los contenidos, métodos y objetivos de aprendizaje. Por contra, la perspectiva constructivista defiende que el aprendizaje puede facilitarse, pero solo se logra cuando la persona reúne las condiciones cognoscitivas necesarias y está dispuesta a recibir ese aprendizaje. Así, cada persona “construiría” su propio aprendizaje a partir de los estímulos que halla en el medio. El Método Montessori, por su parte, se publica en 1912 y se caracteriza por ser el niño quien dirige su propia actividad bajo la observación sistemática de un profesor para ir adaptando el entorno de aprendizaje del niño al su nivel de desarrollo psicológico y cognoscitivo.

como trabajadores y comprometidos para con el Estado (García & Olmeda, 2015; Gómez et al. & Doin, 2012).

En España, quizás fruto de nuestra historia moderna, la Educación fue, ha sido y es un arma arrojada entre ideologías políticas². Hoy, la legislación vigente tiene como fines de la educación (LOE³): “la adquisición de valores que propicien el respeto hacia los seres vivos y el medio ambiente”; “el desarrollo de la capacidad de alumnos para regular su propio aprendizaje, confiar en sus aptitudes y conocimientos”; “la adquisición de hábitos intelectuales y técnicas de trabajo, de conocimientos científicos, técnicos [...]”; “la capacitación para el ejercicio de actividades profesionales” o “la preparación para el ejercicio de la ciudadanía y participación activa en la vida económica, social y cultural, con actitud crítica y responsable y con capacidad de adaptación a las situaciones cambiantes de la sociedad del conocimiento”. Además, la ley recuerda los objetivos educativos comprometidos con la Unión Europea en la pretensión de convertirnos en una “economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica” y, a colación de lo anterior, la LOE añade “a la vista de la evolución acelerada de la ciencia y la tecnología y el impacto que dicha evolución tiene en el desarrollo social, es más necesario que nunca que la educación prepare adecuadamente para vivir en la nueva sociedad del conocimiento y poder afrontar los retos que de ello se derivan”. Por su parte, la LOMCE dice del alumnado ser “el centro y la razón de ser de la educación” y que “el aprendizaje en la escuela debe ir dirigido a formar personas autónomas, críticas, con pensamiento propio”.

De ello se extrae la necesidad de una atención a la diversidad funcional e intelectual del alumnado, la participación activa de la comunidad educativa (lo que implicaría considerar al alumnado un ente activo en el proceso de enseñanza) y el fomento claro de la enseñanza de las ciencias.

De este modo, en España, la enseñanza oficial de las Ciencias está reglada y protocolizada, habiendo de adecuarse a lo dispuesto en LOE/LOMCE³. En sendas disposiciones legales se recoge el currículo⁴ obligatorio: las competencias básicas⁵ (LOE) o clave⁶ (LOMCE) a desarrollar, así como los contenidos considerados mínimos y básicos a

2 A este respecto, baste hacer referencia a las cuantiosas reformas educativas propuestas e implementadas tomando únicamente como referencia el periodo desde la restauración democrática hasta la actualidad. Hasta siete leyes en apenas treinta años (<http://bit.ly/1dEhzLf>; <http://bit.ly/22DkE80>. <http://bit.ly/1PtHRrI>)

3 Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE), por orden del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE 5, 5 de enero de 2007) y Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas (BOE 266, 6 de noviembre de 2007) y Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (BOE 295, 10 de diciembre de 2013), que modifica, sin derogarla, a la LOE, por orden del 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 3, 3 de enero de 2015).

4 Según la LOE, se entiende por currículo la regulación de los elementos que determinan los procesos de enseñanza y aprendizaje para cada una de las enseñanzas.

5 Competencias Básicas (LOE): 1) Comunicación lingüística 2) Matemática 3) En el conocimiento y la interacción con el mundo físico 4) Tratamiento de la información y competencia digital 5) Competencia social y ciudadana 6) Cultural y artística 7) Para aprender a aprender 8) Autonomía personal.

6 Competencias Clave (LOMCE): 1) Comunicación lingüística 2) Matemática y competencias básicas en ciencia y

adquirir por el alumnado. Se deja libertad metodológica docente pero se exige una evaluación cuantitativa (calificación), acorde a los estándares de evaluación propuestos (LOMCE). Para la evaluación, LOE/LOMCE coinciden en procurar del profesorado responsable “resultados de aprendizaje evaluables”⁷. Esta evaluación determinará la calidad del alumno en cuanto al grado de consecución de unas habilidades conceptuales, procedimentales y actitudinales definidas como “objetivos educativos”, aunque tan solo las conceptuales y procedimentales serán contrastadas mediante pruebas externas⁸.

Este modelo de evaluación y calificación del alumnado no considera, a priori, la situación personal del alumno o sus conocimientos previos y difiere bastante del dispuesto para la Educación Primaria en que sí se tienen en cuenta las características y posibilidades del alumno⁹. Por otro lado, deja en duda la finalidad efectiva de la evaluación: si es para conocer las deficiencias y necesidades del alumnado, o para clasificarlo y excluirlo del sistema (Álvarez Méndez, 2001).

Todo profesional que imparta docencia en el Estado español en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato reglados debería tener en cuenta estas premisas.

2.2.- Cómo la enseñanza de la Física y la Química promueven la consecución de los objetivos estatales en cuanto a los fines de la educación.

Las asignaturas de ciencias se tienen como “duras”, quizás por requerir del alumnado una capacidad de razonamiento lógico-deductiva elevada (Fernández Uría, 1979). La Física y la Química en concreto, son las áreas científicas que investigan para comprender funcionamiento del mundo físico que nos rodea. Este hecho, así como por hallarnos inmersos en una sociedad tecnologizada que además busca la sostenibilidad ambiental (y social), hace que el dominio de sus principios básicos se vuelva fundamental para cualquier individuo no solo para interpretar correctamente los avances tecnológicos, sino también para ejercer el libre albedrío con criterio formado e informado, consciente y consecuentemente o con autonomía suficiente para crearlo (Fernández Uría, 1979).

En la trayectoria académica, Física y Química aparece como asignatura en 2º ESO, manteniéndose como troncal en 3º y 4º para el itinerario de enseñanzas académicas. En Bachillerato, para la modalidad de Ciencias y Tecnología, Física y Química sigue siendo obligatoria, separándose en materias independientes en 2º de Bachillerato (LOE/LOMCE).

tecnología 3) Competencia digital 4) Sociales y cívicas 5) Conciencia y expresiones culturales 6) Aprender a aprender 7) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.

7 y sigue “con el fin de asegurar una formación común y el carácter oficial y la validez en todo el territorio nacional de las titulaciones a que se refiere esta Ley Orgánica”.

8 http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1354325712274&pagename=PortalEducacion/Page/EDUC_listado

9 “El nivel de cumplimiento de estos objetivos en relación con los criterios de evaluación fijados no ha de ser medido de forma mecánica, sino con flexibilidad, teniendo en cuenta la situación del alumno, el ciclo educativo en el que se encuentra y también sus propias características y posibilidades. Además, la evaluación cumple, fundamentalmente, una función formativa, al ofrecer al profesorado unos indicadores de la evolución de los sucesivos niveles de aprendizaje de sus alumnos, con la consiguiente posibilidad de aplicar mecanismos correctores de las insuficiencias advertidas.” Real Decreto 1344/1991, de 6 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria.

En cómputo, solo en Bachillerato los alumnos accederían a unas 360 horas de enseñanza presenciales. Durante estas jornadas, además del acceso a los contenidos conceptuales obligatorios (LOE/LOMCE), a los alumnos se les educaría en **(Fernández Uría, 1979)**:

- Hábitos de pensamiento: estas enseñanzas requieren de la resolución constante de problemas, lo que supone una fuente importante de maduración y desarrollo intelectual. Algunos autores como **Fernández Uría (1979)** ya proponían “moverse [...] desde la enseñanza memorística hacia el razonamiento y el trabajo intelectual, aún sacrificando parte de los contenidos”.

- Desarrollo de actitudes pro-científicas: dirigido sobre todo a que, personas que no se vayan a dedicar profesionalmente a tareas científicas o tecnológicas, entiendan el pensamiento científico (método científico) y desarrollen actitudes científicas y analíticas para enfrentarse a la vida.

- Cultura: conocer las diversas áreas científicas, además del valor socio-económico por su relación con la tecnología, guardan todo un acervo cultural que ha decantado el desarrollo socio-económico mundial **(Fernández Uría, 1979; Stiglitz, 2001; Deaton, 2013; Mazzucato, 2014)**.

- Sentido práctico del aprendizaje: las ciencias otorgan un conocimiento susceptible de ser aplicado de manera cotidiana (no solo en términos tecnológicos).

- Interdisciplinaridad: el sociedad actual se apoya cada vez más en el desarrollo tecnológico, el cual requiere de las diferentes áreas del saber científico para implementar mejoras efectivas (en medicina, industria, construcción, etc.) y prever sus consecuencias (sostenibilidad ambiental y social)**(Deaton, 2013)**.

Por otro lado, el desarrollo de actitudes científicas promueve el desarrollo de competencias básicas al fomentar en el alumno el **(Fernández Uría, 1979)** el deseo de conocer y comprender; el escepticismo; la búsqueda de datos y sus significados; la solicitud de verificación; el respeto por la lógica y la consideración de premisas y de consecuencias.

2.3.- Retos de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en secundaria a día de hoy.

La curiosidad, junto a la necesidad, constituyen las fuerzas motrices del aprendizaje **(Fernández Uría, 1979)** y resultan imprescindibles para estar receptivo de hacia la enseñanza. En este sentido, “la enseñanza de las Ciencias” definidas como “el entendimiento del funcionamiento del mundo físico que nos rodea” debería ser lo más sencillo de cara a un alumnado ávido por conocer su entorno y formar parte de él. Sin embargo, la manera en que el Sistema Educativo se ha implementado y desarrollado no lo favorece **(Gómez et al. & Doin, 2012; Alea Docs et al. & Usón, 2013)**. En el caso de la ESO y Bachillerato, la protocolización de la enseñanza (LOE/LOMCE) implica que el profesorado ha de adaptarse y dar un extenso currículo, ajustado a un número de horas dadas, intentando hacerlo lo más ameno posible, accesible al mayor número de alumnos

y favoreciendo un aprendizaje significativo¹⁰ del mismo en la medida de lo posible. En la práctica, el alumno, muchas veces, ingiere conceptos que no sabe para qué le sirven, y que no le importan más allá de para superar el test de conocimientos puntual. Por su parte, la clase magistral se vuelve la herramienta de elección por su linealidad, sin prestar mucha atención al debate y desarrollo del pensamiento crítico (García & Olmeda, 2015; Gómez et al. & Doin, 2012). Adicionalmente, el profesor, ha de revocar, en ocasiones, preconcepciones erróneas acerca tanto del método científico como de fenómenos físicos que los alumnos arrastran desde la Primaria por diferentes motivos, algunos de ellos, quizás, con origen en la docencia recibida previamente¹¹. Si bien, también existen otras fuentes de preconcepciones y *pseudociencias* sobre las que llamar la atención, como las propias universidades¹² o los *mass media*, incluyendo la televisión pública (González Ortega, 2015)¹³, sin olvidar internet.

Ante esta situación, como docente y en pro de la responsabilidad y ética cívica, la enseñanza de las ciencias en secundaria parecería exigir de un profesional capaz de educar mentes racionales con criterio formado e informado, con la autonomía suficiente como para saber identificar y contrastar fuentes de conocimiento válidas, independientemente de la institución de la cual proceda tal información, y que, a su vez, vayan asimilando la batería de contenidos y conceptos recogidos en el currículo.

10 Siguiendo la definición de David Ausubel (1918-2008), psicólogo y pedagogo estadounidense y uno de los referentes de la teoría psicopedagógica constructivista, el aprendizaje significativo sería aquel que se produce cuando, independientemente del modo en que se adquiere el nuevo conocimiento, este es incorporado a la estructura de conocimientos o estructura cognitiva previa del educando en una manera que puede relacionarse, de forma no arbitraria sino sustancial, con lo que el alumno ya sabía previamente. Es decir, no solo se “entiende” lo que se “descubre” por uno mismo como afirmaba Piaget (epistemólogo, psicólogo y biólogo suizo, 1896-1980), sino que también pueden entenderse otros conceptos adquiridos por transmisión horizontal o de otro modo. Lo importante es que el educando lo entienda; que establezca una relación racional, con cierta necesidad lógica, entre el nuevo contenido y el que previamente poseía y como tal lo incorpore a su acervo conceptual y de potencial uso práctico.

11 Independientemente de la nota de corte de acceso a la Universidad, puede accederse al Grado en Magisterio sin haber cursado las materias de ciencias básicas en durante el Bachillerato (ver LOE/LOMCE), así como sin haber sido contrastado el nivel de conocimiento científico y del método antes de ejercer.

12 Recientemente ha sido publicado en hipertextual.com que hasta diecisiete universidades públicas acogerán cursos de pseudociencias este verano (<http://hipertextual.com/2016/06/pseudociencia-cursos-verano-universidades>). Otro caso flagrante es el del Real Centro Universitario Escorial-María Cristina, adscrito a la Universidad Complutense de Madrid, y entre cuyas titulaciones superiores oferta Terapias Naturales como Osteopatía, Naturopatía, Medicina Tradicional China, Ayurveda, Nutrición Celular Ortomolecular, Flores de Bach o Acupuntura Integrativa (<http://www.rcumariacristina.com/titulaciones/>), entre otras; todas ellas carecen de aval científico y son catalogadas como pseudoterapias al no haber podido demostrar su eficacia.

13 A este respecto, y por poner solo un ejemplo, recientemente ha sido defendida una tesis doctoral que evalúa el “grado de evidencia y veracidad de las recomendaciones en Medicina y Cirugía del programa de RTVE sobre salud Saber Vivir”. Algunas de las conclusiones de este trabajo son que solo un tercio de las recomendaciones de salud dadas tiene base científica más o menos sólida, mientras que se afirman como tales en el 50% de los casos; que casi el 20% de las recomendaciones contradicen los conocimientos científicos actuales, muchos de ellos directamente relacionados con patologías tan importantes como el cáncer, la diabetes o riesgos cardiovasculares; que tienden a exagerarse los efectos beneficiosos cuando se da información contrastada, lo que genera expectativas irreales; la falta de alusión a los posibles efectos secundarios y costes económicos de los tratamientos que se promueven o la falta expresa de reconocimiento de un conflicto de intereses en varios de los colaboradores del programa que lo usan como plataforma publicitaria para la venta de sus trabajos. Dicho trabajo de tesis doctoral puede encontrarse en este enlace <http://bit.ly/1UfLPE8>. Su autor es el Doctor Juan José González Ortega. Fecha de la defensa doctoral: octubre de 2015.

2.4.- La innovación docente como herramienta para mejorar la enseñanza de las ciencias.

Con el objetivo de mejorar la enseñanza y ayudar en el proceso de aprendizaje, cada vez más se apuesta por la *innovación docente*¹⁴. Como “innovación docente” se consideran “todos aquellos proyectos dedicados a la mejora de las enseñanzas en general”, entendiéndose como *proyectos* “todo tipo de acciones como nuevas metodologías docentes, uso de las nuevas tecnologías en la docencia, elaboración de contenidos docentes en formato digital, creación de recursos para la docencia...”¹⁵. Estas estrategias hacen referencia a la forma en que los nuevos contenidos son mostrados a los alumnos y a la manera de trabajar con ellos (en el aula o fuera de ella). El currículo docente sigue siendo el mismo y obligatorio.

Actualmente, en línea al objetivo de la innovación docente y de cara a conseguir y mantener la motivación del alumnado y su predisposición proactiva hacia la enseñanza de la Física y la Química, se han publicado diferentes recursos didácticos: Física de Película (para enseñar Física usando fragmentos de películas (**Quirantes Sierra, 2011**)); 100 experimentos sencillos de Física y Química de la **Junta de Andalucía** o diferentes blogs de los que extraer ejemplos que compartir con los alumnos como <http://elprofedefisica.naukas.com/>, <https://cuentos-cuanticos.com/cuentos-cuanticos-experimentales/> o <http://www.educaciontrespuntocero.com/experiencias/blogs-2/blogs-para-la-asignatura-de-fisica-y-quimica/18390.html>. Otras fuentes más institucionales u oficiales para acceder a materiales didácticos pueden ser las Reales Sociedades de Física y Química (<http://rseq.org/material-didactico>). Incluso se ha apostado por el poder transmisor del teatro (**Calvo Pascual, 2011; Durán Rebatonull & Calvo Pascual, 2014**). Pero todas estas son solo un ejemplo que abren las puertas a la creatividad de cada docente en particular e intereses y/o necesidades del grupo de alumnos concreto.

Un aspecto importante de hacer innovación docente es la valoración de su impacto en la mejora efectiva de la enseñanza y del aprendizaje por parte de los alumnos. Siguiendo el argumento de **Álvarez Méndez (2001)**, dependiendo de qué se quiere evaluar, con qué objetivos y comparándolo con qué, así deberían de establecerse los criterios y formatos de evaluación.

14 Incluso la LOE recoge “se fomentarán programas de investigación e innovación educativa” y su “implantación en los centros”.

15 Convocatoria para el curso 2015-2016 de proyectos de innovación docente en la Universidad Autónoma de Madrid (<http://bit.ly/1ssDSkk>)

3.- CONTEXTO EDUCATIVO: ANÁLISIS DEL CONTEXTO GENERAL DEL CENTRO EDUCATIVO Y DE LA ENSEÑANZA DE LA ESPECIALIDAD EN EL MISMO¹.

[Este se puede hacer a través de análisis documental, entrevista a protagonistas y/o observación no participativa. Se recomienda incluir un informe de fortalezas y debilidades de la especialidad en el Centro. Este diagnóstico debe utilizar instrumentos lo más adecuados posibles.]
Orientaciones prácticas para la Elaboración del Trabajo Fin de Máster. Curso 2015-2016.

3.1.- Tipo de Centro Educativo, ubicación y comunidad educativa.

El IES Ramiro de Maeztu es un Centro Educativo Público, ubicado en el distrito de Chamartín-Nuevos Ministerios y dependiente de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, bajo la Dirección de Área Territorial de Madrid Capital. “El Ramiro”, para acortar, se ubica estratégicamente en uno de los enclaves neurálgicos madrileño, entre las calles Serrano (número 127) y la popular Castellana, ocupando, además, parte del terreno que en su día perteneció a la Institución Libre de Enseñanza, la ILE². En este IES se imparten enseñanzas de Diurno y Nocturno, con las modalidades de Bachillerato de Humanidades y Sociales, Científico-Técnico y Artístico. Se ofertan además una Sección Lingüística de Alemán en Secundaria, la modalidad de Bachillerato Internacional (Programa del que se hablará más adelante) y el Programa Bilingüe de Inglés. En total acoge a unos 1900 alumnos, repartidos en 19 grupos de Bachillerato LOE con hasta 40 alumnos por aula; 8 grupos de 2º Bachillerato Internacional (de máximo 27 alumnos por aula); Bachillerato Nocturno para adultos y 26 grupos entre 1º y 4º de ESO.

El entorno socio-económico del Ramiro se corresponde con un nivel medio-alto peculiar, ya que se halla circunscrito por diferentes instituciones socioculturales o gubernamentales de diversa índole³. Por otro lado, si hubiéramos de definirlo en términos de nivel académico-profesional de, al menos, los padres de los alumnos, habría que definirlo como de alto nivel socio-cultural, ya que las dos terceras partes de los padres y casi la mitad de las madres han completado estudios universitarios, siendo la mayoría de

1 La información recogida en este epígrafe está fundamentalmente obtenida del análisis del Proyecto Educativo del Centro (PEC), actualizado a fecha de 2014 y disponible en formato virtual a través de la web oficial del IES <http://www.educa.madrid.org/web/ies.ramirodemaetzu.madrid/>, la Programación General Anual (PGA) correspondiente al año en curso y los planes de Atención a la Diversidad (PAD), Acción Tutorial (PAT), normas de convivencia u oferta educativa, así como a partir de entrevistas personales a los miembros del Equipo Directivo, directores de los diferentes departamentos didácticos y responsable de la Asociación de Madres y Padres de Alumnos. Dichas entrevistas fueron programadas por el propio Centro a través de la responsable de los becarios en prácticas y fueron llevadas a cabo en noviembre del pasado año durante el periodo de prácticas del módulo genérico.

2 Datos sobre la fundación e historia de dicha Institución pueden consultarse en <http://www.fundacionginer.org/historia.htm>.

3 Como ejemplos pueden apuntarse la sede central del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y varios de sus centros de investigación; la Residencia de Estudiantes; el Auditorio Nacional de Música; museos como el Lázaro Galdiano o el Sorolla; el Archivo Histórico n delegaciones de gobierno, ministerios y múltiples embajadas; y edificios repletos de oficinas de índole financiera o mercantil. El Auditorio Nacional de Música, así como los mus os Sorolla y Lázaro Galdiano, el Archivo Histórico Nacional o los museos de Ciencias Naturales y el Arqueológico Nacional, la Fundación Ramón Areces o el polideportivo Antonio Margariños (en que entrena la cantera de baloncesto del Estudiantes).

los alumnos hijos de trabajadores del CSIC, de oficinas cercanas o de embajadores. Todo ello, en definitiva, favorece el desarrollo cultural de la comunidad educativa del IES.

Dichas peculiaridades, junto a su oferta educativa, hacen que sea un Centro ampliamente demandado, permitiéndose la posibilidad de acoger (seleccionar) a alumnos altamente preparados y motivados⁴ que, a su vez, requieren una alta y cualificada respuesta educativa y exige una fuerte capacitación docente. Por otro lado, debido a la implantación del Programa de Bachillerato Internacional, de la Sección de Alemán y el Programa Bilingüe, el claustro del Ramiro ha sufrido una importante renovación y rejuvenecimiento en el último decenio, pasando de una edad media de 60 años a apenas 35. Por último, la participación de los padres y madres de alumnos en la dinámica del Centro es muy alta. Más de la mitad de las familias están asociadas a la Asociación de Madres y Padres de alumnos (AMPA), la cual tiene un despacho en el IES que permanece abierto durante el periodo y horario lectivo, con una persona permanente al cargo.

En definitiva, tanto por la ubicación como por la composición de su Comunidad Educativa, la convivencia en el Centro resulta altamente enriquecedora, además de agradable, cordial y correcta. Muy tranquila; sin problemas de violencia, drogas, absentismo escolar, acoso o de otras índoles que puedan resultar habituales en barrios más desfavorecidos y que dificultarían tanto el aprendizaje institucionalizado como la docencia.

3.3.- Trayectoria educativa del Centro⁵.

El Ramiro no solo vive de los excelsos créditos presentes, sino también de las rentas pasadas. Desde su fundación oficial en 1939, el Ramiro ha sido un centro experimental y piloto en diferentes proyectos y programas (Bachillerato Internacional, Sección Lingüística, convenios con empresas, centros de investigación, actividades deportivas y culturales, etc.) y en este afán por mantenerse en vanguardia cultural y educativa sigue asentando su Proyecto Educativo. Haciendo un poco de historia, el Ramiro es el heredero del Instituto-Escuela, un proyecto de reforma educativa e innovación docente desarrollado por la Junta de Ampliación de Estudios (JAE) e Investigaciones Científicas en 1918⁶, formalmente constituido por la Real Orden de 10 de mayo de 1918 y finalmente

4 Resulta cuanto menos curioso que, a pesar de ser unos dos mil alumnos, en toda la secundaria diurna únicamente hay dos personas con necesidades especiales que requieran adaptaciones curriculares significativas. Quizás por ello, el Departamento de Orientación se ve reducido al mínimo (persona y media). Por supuesto, el Centro cuenta con el debido Plan de Atención a la Diversidad para los alumnos que lo requirieran. (Programación General Anual. IES Ramiro de Maeztu, curso 2015 -2016).

5 http://www.educa.madrid.org/web/ies.ramirodemaasztu.madrid/historia/historia_1.html

6 <https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto-Escuela>. Junto al Instituto-Escuela también se proyecta la Residencia de Estudiantes (www.residencia.csic.es), aún en activo. Ambos fueron ideados, física y conceptualmente, por un núcleo humano (mujeres y hombres) que eran la élite cultural de su tiempo. Sentían anhelo y ansias por sacar a España de la incultura y atraso socio-tecnológico en que se hallaba y además poseían una marcada tendencia aperturista y europeísta. Este grupo confió en los estudios de psicopedagogía de su tiempo para tratar de implementar un sistema educativo basado en “aprender enseñando”, la coeducación de los sexos, el autoaprendizaje (similar a las competencias clave del currículo LOMCE “aprender a aprender” o “autonomía personal”), el laicismo, la apertura internacional mediante la enseñanza de idiomas, la necesidad de educar en deportes, la experimentación empírica

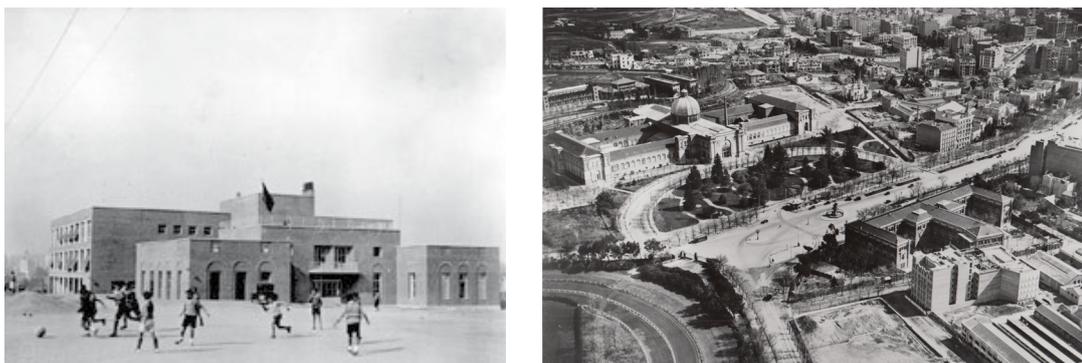


Figura 1. Orígenes del IES Ramiro de Maeztu.

Izquierda: Los Altos del Hipódromo y la Colina de los Chopos, terrenos entregados en 1911 por el Ministerio de Instrucción Pública a la Junta de Ampliación de Estudios (JAE), presidida en esta época por Santiago Ramón y Cajal, para la construcción de la Residencia de Estudiantes y el Instituto Escuela (actual Ramiro de Maeztu). Fuente: commons.wikimedia.org. Derecha: Instituto Escuela, año 1932. Actual IES Ramiro de Maeztu. Fuente: urbandadades.wordpress.com

edificado (edificio de Bachillerato, biblioteca y auditorio -actual “teatro”-) entre 1930 y 1935 (**Figura 1**). Con la Guerra Civil (1936-1939) el proyecto se para. Terminada esta, el Régimen franquista lo convertirá a Instituto de Enseñanzas Medias, modalidad docente de tintes más conservadores en la tradición española⁷. Es en este momento cuando se “funda” como “Ramiro de Maeztu”, en reconocimiento a uno de los escritores exponentes de la Generación del 98⁸.

3.2.- Principios educativos actuales.

En la actualidad, el Ramiro conserva entre sus principios educativos los objetivos de exigencia y excelencia en los diferentes ámbitos que enriquecen la persona humana: promulgan el respeto como “primer principio incuestionable y exigible” entre los miembros de la Comunidad Educativa, buscan “potenciar la formación integral e instrucción de calidad acorde a las expectativas de los alumnos”, conciben el aprendizaje como un “proceso en que el alumno es el sujeto activo y el profesor asume el papel de motivador y mediador”, así como tratan de potenciar otros valores como la tolerancia, el compañerismo, la solidaridad o la generosidad. De hecho, entre los Objetivos Generales del IES, destacan: el respeto a los derechos y libertades fundamentales y a la pluralidad cultural; el protagonismo de los alumnos en cuanto a su proceso de formación; prepararles para participar activamente en la vida social y cultural; formarles para la paz,

o el pensamiento crítico. Formar sin adoctrinar.

⁷ Se fundó como un “Instituto” sin características o prerrogativas especiales por la orden de 4 de abril de 1939, tres días finalizada la Gerra Civil (BOE de 15 de abril). Se lo enriquece con una piscina, un telescopio y una capilla. Por la Ley de 26 de febrero de 1953, sobre Ordenación de la Enseñanza Media, pasa a ser uno de los Institutos de Enseñanza Media nacionales, recogiendo así la visión del Régimen franquista: “desde la iniciación del Movimiento Nacional ha sido preocupación constante del Estado la promulgación de normas jurídicas que garanticen la formación intelectual y moral de la juventud española en el servicio de los altos ideales de la Fe católica y de la Patria”. ([http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasestatal/boe270253/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasestatal/boe270253/))

⁸ Podría haberse llamado “hermanos Maeztu”, ya que también la hermana de Ramiro, María de Maeztu, era una reconocida pedagoga e innovadora incesante. María fue una figura clave en la rompedora ideología de la JAE, la visión aperturista de los Institutos Escuelas y la incorporación de la mujer en iguales condiciones al mundo estudiantil, docente y de educación superior. A María se la invitó a ella al acto inaugural del Instituto de Enseñanzas Medias. (https://es.wikipedia.org/wiki/Ramiro_de_Maeztu_y/María_de_Maeztu)

la cooperación y la solidaridad; darles los instrumentos necesarios que les “permitan llevar a cabo un análisis crítico de la realidad en la que se desenvuelven; facilitar desde el Centro el desarrollo de sus inquietudes intelectuales y sociales y no dejar de buscar la calidad y la excelencia⁹.

3.4.-Enseñanza de la especialidad en el Centro¹⁰.

Profesorado responsable, transposición curricular y metodología observada.

El Departamento de Física y Química está integrado por un total de ocho profesores (cinco varones y tres mujeres; cinco de ellos menores de 40 años y varios, además, doctores en la especialidad, siendo esta titulación deseada para impartir docencia en el Programa Internacional de Bachillerato) junto a una profesora del Departamento de Orientación que imparte Química en el Bachillerato Internacional y Física y Química en 3º ESO¹¹.

Los contenidos curriculares de la Programación Didáctica para la modalidad nacional son transposición directa de los predefinidos por la ley en vigor LOE/LOMCE, recogidos a su vez en régimen autonómico por el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, BOCM. Para el Programa Internacional, como se comentará en adelante, sus contenidos y objetivos evaluables extras complementan al currículo nacional. Finalmente, este Departamento imparte, para la ESO: Física y Química (según currículo), Ampliación de Física y Química (en desdobles) y Pendientes 3º ESO (fuera de currículo y en 4º ESO); para 1º Bachillerato: en la modalidad nacional, Física y Química (en diurno y nocturno), Cultura Científica y Ciencias del Mundo Contemporáneo (nocturno), en el Programa Internacional, Introducción a la Física, Introducción a la Química y Cultura Científica y para 2º Bachillerato, Física (diurno), Química (diurno y nocturno) y Pendientes de 1º Bach (fuera de currículo y solo diurno), para la modalidad nacional y Física y Química en el Internacional.

En cuanto a la metodología observada durante la docencia, esta no difiere mucho de la clase magistral estándar, con el empleo del libro de texto como principal herramienta docente y recurso educativo. La clase magistral es aderezada, cuando corresponde por programación, con multitud de actividades paralelas que fomentan la participación activa del alumnado y el debate con y entre ellos; pero no se observan otras actividades que dinamicen la asignatura en el día a día¹². Aún así, la participación en clase del

⁹ Esta información puede ampliarse en el Proyecto Educativo del Centro (actualizado a 2014).

¹⁰ Para este epígrafe se consultó y analizó la Programación Didáctica del Departamento de Física y Química (curso 2015-2016). La información obtenida a partir de él se combinó con datos provenientes de la observación sistemática de la función docente y de la dinámica del Departamento, así como a partir de conversaciones tenidas con profesores de este y otros departamentos y con algunos alumnos.

¹¹ La Jefa del Departamento es Margarita Díez González, Doctora en Ciencias Químicas y mi tutora responsable de prácticas docentes.

¹² Por ejemplo, no se llevan a cabo demostraciones experimentales breves ni se cuentan “anécdotas” relacionadas para introducir un nuevo tema; sino que directamente se procede a él y, una vez impartidos los conceptos clave a

alumnado es elevada.

Transversalidad de contenidos e innovación docente.

En lo que hace especial hincapié la Programación Didáctica es en fomentar la transversalidad de contenidos, principalmente enfocado a: la mejora de la expresión oral y escrita del alumnado (mediante la realización de debates en clase o tras charlas con personalidades del mundo de la cultura invitadas al Centro y posterior redacción de un informe); mejora de su comprensión lectora (invitando a leer libros de divulgación científica, del papel de la mujer en la ciencia o artículos periodísticos relacionados con la materia); uso y manejo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (sobre todo de cara a fomentar la búsqueda, selección y análisis de información a través de internet, sin olvidar otras fuentes. Que aprendan a contrastar las fuentes y a identificar aquellas válidas y fiables en términos científico-técnicos de sus contenidos. Y para el intercambio de opiniones); fomento del emprendimiento para “procurar contribuir a la personalización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, profundizando en el conocimiento de actitudes, intereses, motivaciones, expectativas, etc.”; pero no proponen ninguna metodología y fomento de una educación cívica y constitucional (que incluye ejemplos para mostrar y valorar la implicación científico-tecnológica en guerras químicas, vacunaciones, acceso al agua potable o la sostenibilidad ambiental).

Por último, como actividades más “innovadoras” el Departamento propone una serie de Actividades Extraescolares y “otras actividades”, ya aprobadas o potencialmente realizables, como visitas a institutos de investigación, participación en jornadas experimentales, visita al CERN, participación en las Olimpiadas de Física y de Química, así como en los Premios Extraordinarios de Bachillerato y en los Campus Científicos, etc.).

Evaluación¹³

En el caso del Departamento de Física y Química, los instrumentos de evaluación y los criterios de calificación propuestos vuelven a tener al “examen” sobre contenidos como principal evaluador y calificador del aprendizaje del alumno. De manera que el la nota media del cómputo de exámenes aportan un 70% de la nota final en la ESO (**Figura 2**) y un 90% en Bachillerato (conteniendo apartados para razonar). Se aprueba la evaluación

EVALUACIÓN	INSTRUMENTOS	CARGA TOTAL
CONTENIDOS	EXÁMENES DE EVALUACIÓN Se realizará un examen al terminar cada unidad, teniendo cada uno el mismo peso	70%
FOCOS COMPETENCIALES	- Comprensión lectora - Resolución de problemas	30%
TRABAJO PERSONAL	- Cuadernos - Trabajos y Prácticas de Laboratorio - Lecturas	

Figura 2. Instrumentos de evaluación aplicables a la ESO para la especialidad de Física y Química en el IES Ramio de Maeztu, curso 2015-2016. Programación Didáctica.

nivel teórico se procede a un diseño experimental, si correspondiera por programación.

¹³ Los instrumentos de evaluación se recogen en la Programación General Anual del Centro. A partir de ella, cada Departamento, en función de la modalidad y asignatura, traspone o adapta lo que considera oportuno.

si la media es mayor o igual a 5. Ampliación de Física y Química (4º de la ESO) es la única asignatura cuya evaluación depende más del trabajo personal del alumno. El aprobado requiere la realización de una investigación bibliográfica o práctica (elegida por el alumno, guiado por el profesor) que representa un 40% de la nota final. La actitud y participación en clase otorgan otro 10%; el 50% restante lo daría el examen (prueba escrita).

3.5.-Análisis de las fortalezas y debilidades de la especialidad en el Centro.

Fortalezas:

A partir de las observaciones anteriores, y en términos generales, podría decirse que la especialidad de Física y Química en este Centro goza de una “salud” envidiable, por los siguientes motivos:

Alumnado:

Se trata de adolescentes altamente motivados, pro-activos y con un nivel de exigencia y autoexigencia elevado, en general, que se mantiene en el tiempo¹⁴. No se muestran refractarios a novedades o innovaciones docentes y participan en actividades no obligatorias, y fuera del horario escolar, de manera habitual. Solo en ocasiones hay que recordarles que no son los únicos en clase y de que hay otros compañeros de los que atender las necesidades. En cualquier caso, resulta muy fácil, enriquecedor y atractivo trabajar con ellos; facilitando la docencia en todo lo que el proceso de enseñanza implica.

Recursos materiales: laboratorios, mobiliario, material fungible e instrumental:

El mobiliario del Departamento y laboratorios lleva sin renovar desde casi la fundación del instituto en los años 30, sin embargo, cuentan con más instrumental, material fungible y reactivos químicos que muchas facultades universitarias. Esta riqueza en recursos deriva fundamentalmente de la larga trayectoria del Centro, habiendo ido adquiriéndolo con el tiempo, por haberlo sabido cuidar y por las diferentes vías de financiación extras con las que el IES cuenta¹⁵. Por si fuera poco, la ubicación del IES resulta estratégica de cara a actividades formativas complementarias.

Plantilla de profesores:

Sin embargo, desde mi punto de vista, la mayor fortaleza de la especialidad estriba en su plantilla de profesores, sin lugar a dudas. La convivencia dentro del Departamento es buena y se nota la cooperación entre ellos. La gran mayoría se sienten orgullosos de pertenecer al Ramiro y están contentos con su trabajo. Ello favorece la ya elevada

14 Recordar en este punto que se trata de alumnos procedentes de contextos socio-familiares principalmente acomodados y con un nivel socio-económico, académico y cultural alto.

15 El IES se halla en el entorno del CSIC, siendo muchos de sus alumnos hijos de investigadores, de manera que, en ocasiones, se hacen algunas cesiones de material básico. Tampoco hay que olvidar que el Centro está reconocido como Edificio de Interés Histórico Nacional (lo que trae asociada financiación para su mantenimiento por parte del Estado y la Autonomía). Por otro lado, posee un teatro que alquila para actos externos, la matrícula del Bachillerato Internacional ronda los 1200 euros por alumno y curso y el AMPA aporta lo que puede. Todo ello facilita que el Ramiro posea fondos económicos extras con capacidad de ser reinvertidos en la mejora de las instalaciones y adquisición de recursos.

motivación del profesorado para con los alumnos, así como para proponer nuevas actividades y trabajar horas extras fuera de todo horario y convenio (sobre todo los docentes del Internacional). Se trata además de una plantilla joven, renovada casi al 60% en los últimos cinco años a partir de profesores que sacaron plaza en oposición, sin experiencia docente previa. Dato que confirma la alta cualificación (al menos teórico-académica) del personal entrante, así como sugiere un alto grado de compromiso para con la docencia establecida y su formato. Además, casi la mitad de los profesores son doctores en la materia y poseen la certificación de, al menos, bilingüismo en inglés.

Debilidades:

Ratio alumnos/profesor:

Llama la atención es el elevado número de alumnos y horas lectivas a que cada profesor ha de hacer frente por aula y año académico: unos 110 alumnos por profesor y año académico¹⁶. Teniendo en cuenta la diversidad en contenidos de los diferentes temarios y modalidades y que los alumnos prácticamente se renuevan cada año, me resulta inabarcable la encomienda no solo de prepararse los contenidos curriculares y dinamizarlos, sino de personalizar la enseñanza; tal y como se pretende y expone en los “Objetivos Generales” del Centro y de la especialidad¹⁷. Si a las obligaciones curriculares docentes, añadimos las burocráticas y de la Administración, poco tiempo puede restarle al profesorado para buscar actividades extracurriculares complementarias que ir mostrando a los alumnos en el día a día (notas de prensa, temas de actualidad científico-tecnológica o social relacionadas, etc.). Del mismo modo, se carece del tiempo suficiente para interrelacionarse con otros profesores de especialidad y mucho menos con los de otros departamentos. De esta manera, que surjan proyectos transversales y trabajos cooperativos entre profesores es un reto difícil y complejo; así como que se proceda a la actualización docente (en estrategias, metodologías o herramientas) más allá de cursos de verano o fines de semana durante el periodo lectivo.

Los objetivos de la enseñanza de la especialidad no se corresponden con los criterios de evaluación propuestos para evaluarlos:

Otro aspecto a comentar es la incoherencia entre el marco teórico propuesto para la enseñanza, valoración y evaluación del aprendizaje con respecto a los parámetros y herramientas de evaluación que finalmente son empleados. A pesar de que se habla de potenciar el auto-aprendizaje y de valorar en primera instancia el respeto entre los alumnos y su motivación e interés mediante el trabajo diario y personal, finalmente es la nota del examen la que califica al alumno en mayor grado (mínimo el 50% de la nota

¹⁶ Ocho profesores y medio se reparten un total de 13 cursos de la ESO (con hasta 40 alumnos por clase) y casi 20 cursos de Bachillerato, lo que viene a equivaler a un total de 152 horas lectivas semanales y unos 850 alumnos. Haciendo cálculos, cada docente debería hacerse cargo de unos 110 alumnos diferentes (que van renovándose por cupos anualmente) y unas 20 horas lectivas semanales. (Datos obtenidos a partir de la Programación Didáctica del Departamento de Física y Química, para el curso presente.)

¹⁷ Programación General Anual y Programación Didáctica del Departamento de Física y Química.

final, alcanzando el 90% en el caso de alumnos en Bachillerato). Es decir, la “evaluación continua” se reduce (o equivale) a multiplicar el número de exámenes (al menos uno por cada tema durante la ESO) y ponderar la nota final en cuanto a media de medias. Según los alumnos y varios profesores preguntados al respecto, esta estrategia consigue que el alumnado viva bajo un estrés continuo, pendiente siempre del siguiente examen y con ansiedad por la nota obtenida. Ni unos ni otros tienen claro que aprendan más así, solo que estudian más horas y se sienten más nerviosos (los alumnos).

3.6.- Bachillerato internacional. Qué es y cómo se implementa en el IES Ramiro de Maeztu.

Los cursos en que se me ofreció impartir docencia se corresponden con los dos segundos de Bachillerato del Programa Internacional que cursan las modalidades Científico-Tecnológicas ofertadas en el Centro. Dentro de esta modalidad de Bachillerato “Internacional”, a partir de ahora “BI”, me tendría que encargar de los cursos correspondientes al currículo Científico-Tecnológico de Ingeniería y de Biosanitaria.

¿Qué es el BI? El Programa del Diploma del Bachillerato Internacional® es un programa educativo, destinado a educandos de entre 16 y 19 años, que cuenta con su propio currículo, metodología y sistema de evaluación. Este Programa está coordinado por la Organización de Bachillerato Internacional (OBI), situada en Ginebra, y nace con el objetivo de “formar alumnos que logren una excelente amplitud y profundidad en sus conocimientos, al tiempo que crezcan física, intelectual, emocional y éticamente”¹⁸.

Una exigencia del BI es que un mismo profesor sea el tutor del grupo durante los dos años que dura el Programa. El currículo lo forman seis grupos de asignaturas junto a materias troncales, que se recogen en formato libro y virtual, para cursos de dos años de duración. Los seis grupos de asignaturas son Estudios de Lengua y Literatura, Adquisición de Lenguas, Individuos y Sociedades, Ciencias, Matemáticas y Artes; mientras que las materias troncales entrañan Teoría del Conocimiento (TdC), Creatividad, Acción y Servicio (CAS) y la Monografía. Teóricamente, estas asignaturas troncales están formuladas para hacer a los alumnos reflexionar sobre la naturaleza del conocimiento. Ello se afianzaría mediante la realización de experiencias prácticas (hasta 28 repartidas en los dos años que dura el Programa) y la ejecución de la Monografía. Para las experiencias prácticas al alumno no se le da guión de prácticas, sino que se les dice el problema a resolver, siendo el alumno quien ha de deducir, en grupo o como estime, el protocolo a seguir, bajo la atención de un profesor. La Monografía, por su lado, consiste en la propuesta, desarrollo, ejecución y discusión de resultados de un proyecto de investigación corto, de dos años de duración, en que el alumno elige el tema y cuenta con un profesor como tutor de apoyo y guía. Por su parte, para implicarles en temas de índole social se les exige la participación en actividades de servicio comunitario.

¹⁸ Esta información puede consultarse en <http://www.ibo.org/es/programmes/diploma-programme/>

El BI pretende evaluar el trabajo de los alumnos con respecto a los objetivos establecidos. Por ello, trata de no calificar comparando unos exámenes con otros, sino evaluando el grado de madurez del individuo a través de la lectura crítica de la Monografía. Si el alumno supera esta fase, entonces se presenta a una prueba de conocimientos (tipo examen) de razonamiento conceptual para evaluar su actitud y aptitud crítica y reflexiva sobre los contenidos del Programa. Si se superan estas pruebas, el alumno titula y consigue el Diploma del BI.

Otra característica de este Programa es que se desarrolla en inglés: todo el material está en esta lengua “común” y las evaluaciones, tanto de los alumnos como del profesorado participante, también se efectúan en inglés. Dichas evaluaciones corren a cargo de tribunales externos integrados por profesores que imparten en BI en otros países. Esta organización exige que toda la burocracia asociada se formule y desarrolle también en inglés.

Por último, otro de los atractivos del BI es que la nota del diploma (o evaluación) califica y cualifica al alumno de cara al acceso libre, “como ciudadano de pleno derecho educativo”, a cualquier universidad internacional en cuyo país de localización se imparta el BI.

En el Ramiro, el Programa de Bachillerato Internacional lleva implantado desde 1982. Su matriculación exige un pago de tasas adicional (unos 1100-1200 euros por curso académico) y se les exige a los alumnos superar tanto el currículo de Bachillerato nacional como el Internacional; motivo por el cual las clases se desarrollan en español. Para poder implementar el Programa BI, se incrementa el número de horas lectivas en 4 ó 5 a la semana (sobre todo de cara a poder desarrollar la Monografía) y se cotejan ambos currículos, de manera que el nacional se ve complementado o enriquecido con los extras que sobre él exija el currículo del BI. Los profesores que lo imparten son doctores en la materia con un excelente, casi bilingüe, manejo de la lengua inglesa. Todos los profesores (del BI o no) entrevistados, corresponden con que esta es la modalidad de Bachillerato más exigente para ellos.

De cara a impartir algunas de las materias troncales, las “actividades comunitarias” consisten, si el alumno así lo desea, en: hacer de “guía” o “padrino” de los alumnos nuevos en el instituto (un ahijado por padrino), colaborar con diferentes ONGs o bien participar de los debates sobre sociedad, política, ética de la investigación científica y desarrollo tecnológico, etc. que todos los viernes tienen lugar en el Centro¹⁹. Por su parte, el aspecto de “creatividad” se supera mediante la participación en talleres dependientes del Centro como el de teatro, teatro-musical o fotografía.

Para facilitar la tarea a docentes y alumnos, ya que esta modalidad de bachillerato es mucho más exigente para ambos, las clases son más reducidas en número de alumnos

¹⁹ A veces se cuenta con invitados de renombre, por ejemplo, en el debate “político”, figuras como Albert Rivera o Pedro Sánchez, este último antes de ser candidato a la Presidencia de su partido, fueron dos de los invitados.

(en lugar de hasta 40, se reduce el máximo a 27 ó 30), la tutela de los grupos es bianual (lo que permite conocerse más entre los alumnos, entre profesores y entre profesores y alumnos), los profesores son preferente y preferiblemente doctores (al menos en el Ramiro) y, como ya se comentó con anterioridad, dominan el inglés. Recordar aquí que el temario está en inglés, aunque se imparta en castellano.

Analizando qué tipo de alumnos se encuentran en este Programa, estos son educandos conscientes a priori del esfuerzo doble-extra que por su parte tendrán que aportar (además de al currículo nacional, estos adolescentes habrán de hacer frente al del BI). Se trata, por ello, de alumnos altamente exigentes consigo mismos, ambiciosos y crecidos en un ambiente que les promueve a la internacionalización. Baste poner de relieve el alto nivel de madurez que presentan, a juzgar por las conversaciones tenidas con ellos y sus profesores.

4.- DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE UN RETO.

[Descripción y análisis de un reto, problema o situación que se desearía solucionar, modificar o mejorar procedente del diagnóstico del apartado anterior.]
Orientaciones prácticas para la Elaboración del Trabajo Fin de Máster. Curso 2015-2016.

4.1.- Propuesta de prácticas docentes. Bloque de Química Médica en 2º Bachillerato Internacional. Consideraciones por parte de la profesora responsable y reto inicial.

Como docente en prácticas y, supongo, que por mi formación académica y profesional (doctora en Biomedicina), se me ofreció la posibilidad (posibilidad única) de impartir docencia a los dos grupos de 2º de Bachillerato Internacional de la modalidad Científico-Tecnológica; uno de los grupos cursando la especialidad de Ingeniería y el otro la Biosanitaria. El temario propuesto se correspondía con una parte específica del currículo BI y se trataba del bloque de Química Médica; bloque que además era la primera vez que habían decidido impartirlo en el Ramiro.

El bloque de Química Médica abarca los siguientes temas:

- Química Médica (introducción a)
- Aspirina y penicilina
- Opiáceos
- Regulación del pH del estómago (lo impartió mi tutora)
- Fármacos antivirales
- Impacto medioambiental de algunos medicamentos

Como limitaciones se me indicaron: 1) Dar el mismo temario a ambos cursos, siguiendo una misma programación. Es decir, misma presentación o “clase” a unos y a otros. 2) Limitarme a impartir el temario propuesto por el BI, nada de “innovaciones raras” o profundizaciones con estos alumnos. 3) Emplear para el ello el menor número de sesiones posibles, máximo 10.

Dichas limitaciones se sustentaban en que se trata de alumnos sometidos a mucho trabajo y estrés, teniendo que examinarse en periodo de tiempo breve tanto de la selectividad española como del Programa BI; además estaban terminando las Monografías para su evaluación externa. Por este motivo, y por hallarnos en fechas próximas al fin del curso para ellos (marzo-abril), se hacía más oportuno repasar el temario de examen (de cara a la selectividad española), así como hacer modelos preparatorios de examen (para ambas modalidades: selectividad y título Internacional).

De este modo, mi reto inicial consistiría en cómo impartir un bloque de 5 temas en apenas 10 horas, totalmente nuevo también para la profesora responsable, con temáticas transversales entre diferentes asignaturas (Física, Química y Biología), haciéndolo accesible a los dos grupos de alumnos sin perder el lenguaje técnico básico y de una manera amena para los alumnos. Todo ello sin olvidar la introducción de alguna estrategia

de innovación docente viable para mejorar la enseñanza de los contenidos y que, además, pudiera ser susceptible de ser usada de cara a los requisitos solicitados desde la Facultad para el Trabajo Fin de Máster.

4.2.- Identificación de los pros y contras en mis grupos de alumnos. *Pretest* para evaluar el interés del alumnado en la temática, grado de conocimientos previos y preconcepciones.

Con el objetivo de adecuar la docencia de dicho bloque temático a cada uno de los grupos, teniendo en cuenta las premisas anteriores, conocidas las estrategias y objetivos departamentales y a sabiendas de que el tiempo disponible con los alumnos era más que limitado y se debía ir “al grano”, el tiempo previo a impartir el Bloque se dedicó a:

- Observar la función docente de mi tutora en el aula para con los alumnos para ver qué metodología empleaba con ellos y la dinámica de la clase.

- Prestar atención a las preguntas que los alumnos realizaban con el objetivo de identificar intereses personales y del grupo, así como puntos débiles sobre todo de cara a aspectos transversales entre las asignaturas mayormente implicadas en mi Bloque (Física, Química y Biología).

- Ser consciente del grado de estrés en que se hallaban los alumnos.

En paralelo a estas observaciones, se analizó la programación y objetivos del BI para el Bloque de Química Médica, leyó el temario propuesto y se repasaron los exámenes que desde la OBI se habían realizado en años anteriores.

A partir de los datos recogidos, y para tener información explícita, escrita y anónima, por parte de los alumnos, se elaboró un *pretest*. Con este test se pretendía:

- Identificar el grado de motivación/interés del alumnado. Entre otras cuestiones se les preguntaba por su interés en la materia de base (Biología), si sabían qué es la Química Médica o la Biotecnología, si les parecía útil de cara a su vida diaria y por qué sí o por qué no y a qué se querían dedicar profesionalmente o en qué se veían trabajando, si se veían, al cabo de unos años. Qué les gustaría estudiar.

- Saber desde cuándo no recibían docencia específica en materia de biología, ya que ello determinaría el nivel de complejidad terminológica y lingüística específica a emplear.

- Valorar el nivel de conocimientos previos sobre conceptos básicos esenciales para poder entender y relacionar los nuevos contenidos y aprenderlos, así como sobre los nuevos contenidos teóricamente “nuevos” para ellos: diferencias entre una célula eucariota, un virus y una bacteria; fuentes de mutación del ADN; residuos que se generan tras un proceso de diagnóstico clínico o tratamiento, en qué consisten los ensayos preclínicos y clínicos, etc.

- Identificar preconcepciones (visiones erróneas o deformadas) sobre la materia, principalmente aquellas de rabiosa actualidad como las denominadas terapias alternativas o pseudoterapias. A este respecto, se les preguntaba si conocían los estándares para

la aprobación de un nuevo medicamento, si las terapias alternativas seguían el mismo proceso de desarrollo que los medicamentos convencionales o si conocían algunas de las pseudoterapias más populares.

Esta información recabada permitiría adaptar si no el temario, que debería ser igual para ambos grupos, sí la profundidad, lenguaje e, incluso, los ejemplos prácticos o “chascarrillos” que les pudieran interesar más o serles más prácticos. También permitiría identificar sobre qué temas debatir que pudieran interesarles más o serles más útiles (relacionados con el temario).

Para llevarlo a cabo, este *pretest* debería ser muy breve (máximo 15 minutos para su realización) para evitar robar tiempo libre a los alumnos y/o de docencia a mi tutora. Como formato se elige el escrito (formato papel) para evitar problemas de conexión a la red, aprovechar el periodo lectivo y que no lo tengan que hacer en casa. Para adecuarlo al límite de tiempo otorgado para su ejecución, el *pretest* incluía preguntas tipo entrevista (que requerían respuestas breves) junto a otras de afirmación/negación, tipo test o de gradación numérica (puntuación de 1 a 10).

Algunas de las cuestiones efectuadas en el *pretest* podrían resultar repetitivas o solapantes; sin embargo, se efectuaron conscientemente para testar o evaluar el grado de asimilación del contenido o conocimiento de interés en el alumnado. Estas preguntas estaban realizadas desde un enfoque diferente, sin referencia explícita necesariamente al concepto sobre el que se pretendía conocer, sino por identidades esenciales del mismo cuyo conocimiento evidenciarían el dominio real del mismo y/o bien la necesidad de su repaso para su afianzamiento¹. Para evitar que les resultara muy evidente la situación a los alumnos, se trató que las preguntas no se agruparan por “bloques temáticos”, sino más bien al azar (excepto las primeras para identificar su grado de interés y motivación respecto a la Química Médica).

Se adjunta, como **Anexo I**, el modelo del *pretest* realizado a los alumnos.

4.3.- Resultados del *pretest* y valoraciones adicionales.

Antes de entrar a valorar los resultados del *pretest* ha puntualizarse que, en principio, no parece que vaya a haber una falta de motivación por el hecho de que sea yo, como docente en prácticas, en lugar de mi tutora y su profesora responsable, quien imparta este Bloque. De hecho, parece gustarles la idea; muy probablemente porque les supone una novedad.

En segundo lugar, se observa que les interesan más mis experiencias profesionales y lo que hacemos en el día a día en el laboratorio, que mi trayectoria académica o motivaciones para dedicarme a la investigación. Varios alumnos se han interesado, en

¹ Por ejemplo, la pregunta de si “*los ensayos pre-clínicos se llevan a cabo en seres humanos*” pone en evidencia si efectivamente los alumnos saben qué son, de manera general, tanto los ensayos clínicos como preclínicos (algo que también se pregunta separadamente), así como la principal diferencia entre ellos: el organismo diana sobre el que se efectúa el ensayo.

clase o fuera de ella, sobre qué hacemos, qué investigamos, con qué herramientas o cómo se trabaja con los animales en el laboratorio. Con lo cual, este interés podría aprovecharse para 1) acercarlos el trabajo de laboratorio 2) romper mitos (los investigadores son gente “normal”, en general) 3) hacer más atractivos ciertos conceptos o 4) bien para tener algo que traer a colación o con lo que “desconectar” en un momento dado.

Entrando ya a una valoración concreta y precisa del pretest lo primero que llama la atención es la relación de género invertida que se da entre ambas especialidades. Mientras que el 70% de los alumnos son chicas para la especialidad Biosanitaria, este porcentaje se reduce al 40% en el caso de la especialidad en Ingeniería. Con lo que parece que a pesar de la libertad (al menos teórica) a la hora de elegir la formación, la ingeniería sigue siendo más atractiva para los varones y la “bio” para las féminas. También pone de relieve el uso incorrecto del castellano (en cuanto a ortografía, gramática y semántica). La gran mayoría de alumnos no acentúa ni puntúa correctamente.

Para analizar más fácil y eficientemente las respuestas al pretest, las cuestiones formuladas se agruparon según el “bloque temático” al que correspondieran:

- Motivación hacia la Química Médica y afines.
- Bases procedimentales del desarrollo farmacológico o química farmacéutica.
- Dianas farmacológicas (diferentes tipos de organismos) y su razón de ser.
- Preconcepciones/nociones sobre un tema de rabiosa actualidad y directamente implicado con la temática: las terapias alternativas.

Para el primer bloque (**Figura 3**), se preguntaba a los alumnos por qué les parecía interesante (o no) la Biología como rama de conocimiento, y que lo acompañaran con una puntuación de 1 a 10, siendo el 10 el mayor grado de interés (muy interesante >7, más o menos entre 6 y 7 y poco interesante, puntuación igual o inferior a 5). Llama la atención que si bien a los de la rama biosanitaria les resulta más interesante la Biología como rama de conocimiento (media: 8,3; mediana: 9; frente a una media de 6,8 y mediana 7 para los ingenieros), son también los alumnos biosanitarios quienes en un 20% de los casos (5 alumnos) consideran la Biología como nada útil de cara a su vida diaria; porcentaje que se asemeja bastante al de la “inutilidad” de saber sobre química farmacéutica para el día

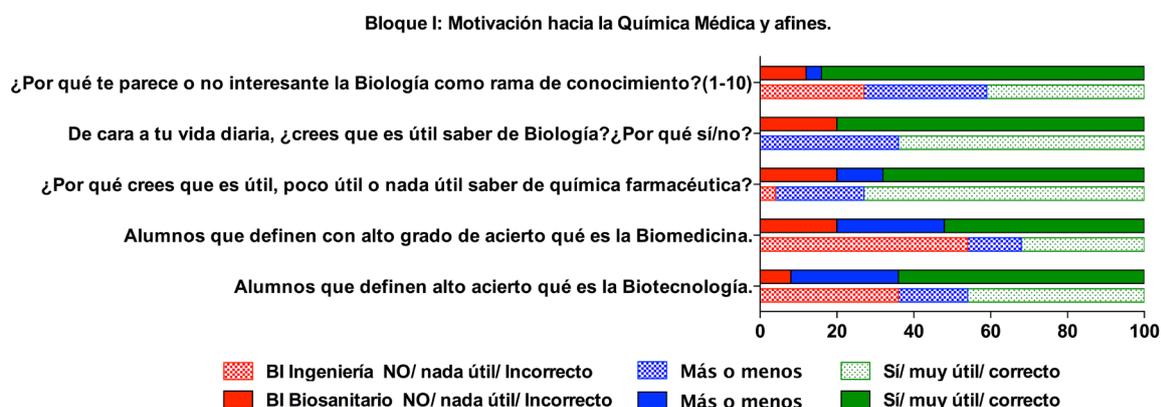


Figura 3. Resultados del pretest para el bloque “motivación hacia la Química Médica y afines”

a día (para el mismo grupo de alumnos). Por otro lado, la evaluación de las respuestas deja constar que ni la definición o alcance socio-económico y tecnológico de lo que la Biomedicina y Biotecnología implican está claro de manera general o mayoritaria para ambos grupos.

El segundo bloque (**Figura 4**), dirigido a contrastar el nivel de conocimiento sobre la metodología procedimental y conceptos clave para el desarrollo farmacológico de la medicina convencional, permitió observar que es muy elevado el grado de desconocimiento de todo lo que implica la química farmacéutica y su metodología. Curiosamente, no se observan diferencias evidentes entre los dos grupos.

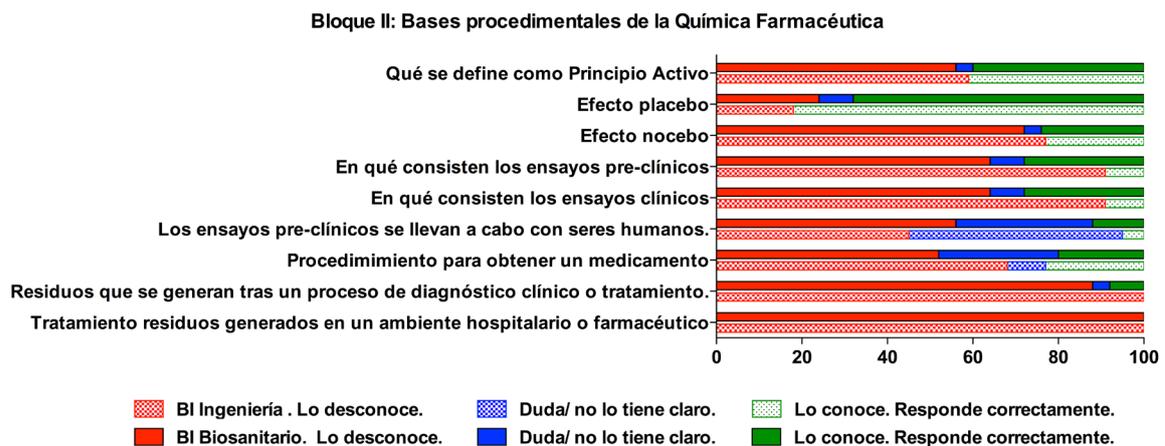


Figura 4. Resultados del pretest para el bloque “Bases procedimentales de la Química Farmacéutica”.

El siguiente bloque (**Figura 5**) agrupa cuestiones sobre biología básica. Conceptos o identidades cuyo conocimiento y dominio resultan esenciales para poder conseguir un aprendizaje significativo de los nuevos contenidos. Se trata de conceptos previos irrenunciables para poder profundizar y lograr la capacidad de poder razonar sobre el nuevo temario que permita entenderlo de manera efectiva. Por ejemplo, para entender el mecanismo específico y selectivo de acción (es decir, las bases físico-químicas de interacción y efecto biológico) de un retroviral (para el tratamiento del SIDA, como ejemplo habitual) se requiere saber cómo infectan y se replican este tipo de virus, así

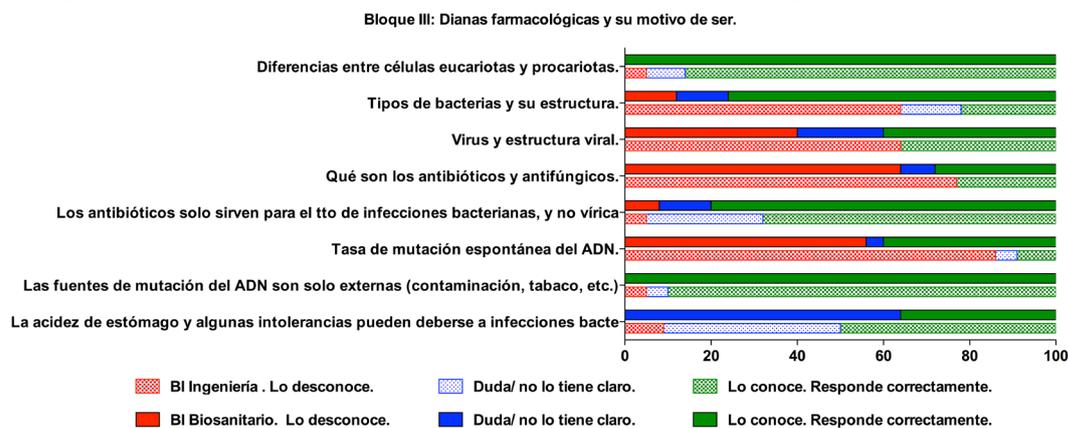


Figura 5. Resultados del pretest para el bloque “Dianas farmacológicas y su motivo de ser”.

como saber qué los diferencia de otros organismos infectivos (como parásitos o bacterias patógenas) o no patógenos (como la microbiota intestinal comensal, que es esencial para nuestra supervivencia). Del mismo modo, para entender la especificidad antibacteriana de un amplio espectro de antibióticos, han de conocerse previamente y haberse comparado las estructuras bacterianas frente a las de células eucariotas como las que conforman nuestro organismo o el del resto de seres superiores. Estos hechos es importantísimo que los tengan claros y en mente de cara a evitar la incorporación de nuevas preconcepciones erróneas acerca del desarrollo, uso y manejo de fármacos convencionales, así como que adquieran criterio para diferenciarlos de aquellos “tratamientos” teóricos derivados de terapias alternativas infundadas científicamente. Además, les permite hacer ver que todo tiene un por qué conocido, o al menos una base teórica racional o evidencias prácticas sobre las cuales es que se asegura su probabilidad de éxito. De manera que, de no ser así, habría que poner en duda la teoría o “precepto”.

Por último, el bloque cuarto (**Figura 6**), trata de poner de relieve el grado de relación y conocimiento que los alumnos puedan tener con respecto a la principal fuente de preconcepciones en Química Médica en cuanto a desarrollo farmacológico y tratamiento de patologías de índole no psicógena: las denominadas “terapias alternativas”. Estas basan su efectividad en el efecto placebo (frente a lo natural y alternativo) y nocebo (frente a la farmacología y medicina convencional) del individuo o paciente dado el caso. A este respecto y en materia de ciencia resulta tan importante saber transmitir qué es ciencia como la capacidad de identificar y discernirla de aquello que no lo es (pseudo-ciencia). Si, además, estamos en un contexto de salud, este acto racional y crítico cobra aún mayor transcendencia. Los resultados de este bloque evidencian, como cabría esperar, que es la Homeopatía la “terapia alternativa” más socialmente extendida y, lo que es más importante, que casi un 50% de los alumnos de ambos grupos desconocen o no tienen claro si las terapias alternativas siguen el mismo mecanismo de validación terapéutica que las convencionales (las aplicadas a partir de premisas basadas en la evidencia científica).

Bloque III: Preconcepciones en Química Médica. Terapias Alternativas.

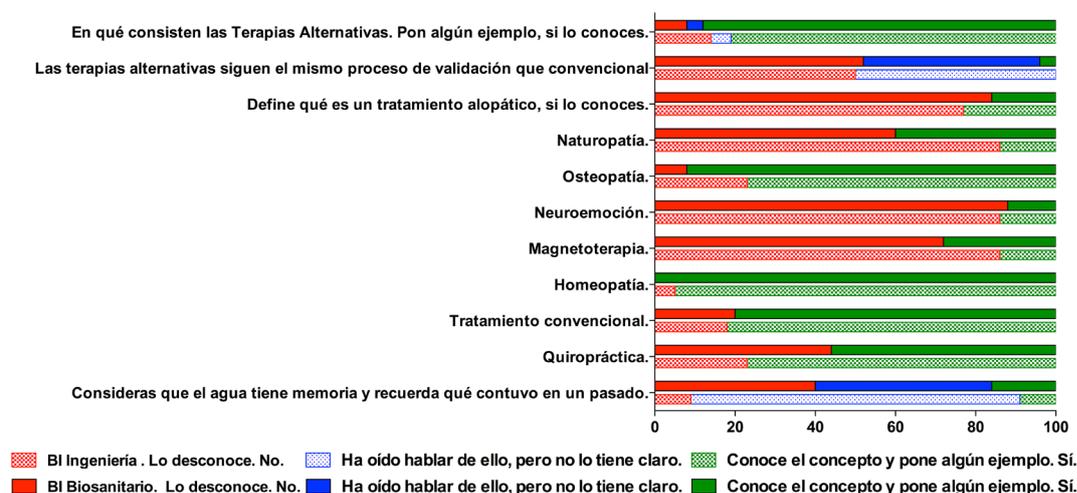


Figura 6. Resultados del pretest para bloque “Preconcepciones en Química Médica. Terapias Alternativas”.

Por otro lado, sorprende la duda en cuanto a si el agua pudiera tener memoria de lo que ha contenido o no (una de las bases conceptuales del funcionamiento de la Homeopatía).

4.4.- Identificación de un reto, problema o situación que se desearía solucionar, modificar o mejorar procedente del diagnóstico del apartado anterior.

A partir de las observaciones llevadas a cabo y en relación con los resultados del pretest se considera oportuno identificar las causas, o bien profundizar en los motivos, que subyacen a:

- El sentido de “utilidad” del conocimiento aprendido, independientemente de la rama del conocimiento.

- Cómo puede ser que habiendo elegido o estando estudiando la modalidad BI Biosanitaria opinen no solo que la Biología no es interesante, sino que es inútil o poco útil de cara a su vida diaria.

- Concepto, transversalidad, alcance e impacto socio-económico y tecnológico de la Biomedicina y la Biotecnología, tanto en términos profesionalizantes como de repercusión social futura.

De este modo, como “**retos**” se proponen (fuera del temario propiamente dicho):

- Mostrar la importancia de la Biología en el día a día y del papel sobre ella de las interacciones físico-químicas: hay un 20% de alumnos en al menos una clase a los que hacer ver que saber de biología y química farmacéutica es práctico, no solo de cara a su, quizás, futuro profesional, sino en términos de utilidad cotidiana.

- Averiguar por qué este 20% de los alumnos no considera interesante la asignatura troncal de la modalidad de Bachillerato que ellos mismos eligieron apenas dos años antes. Resulta interesante analizarlo; si no de cara a poderle poner remedio en el año en curso, sí para comentárselo a sus tutoras (responsables del BI para estas especialidades).

- Que conozcan el desarrollo procedimental de un fármaco convencional desde la investigación básica. Que sepan que hay un análisis previo, racional y altamente pormenorizado de la situación gracias a lo cual se derivan resultados, conocimientos y estrategias a seguir de cara a afrontar el problema observado. Gracias a estas pautas y metodologías previas (método científico, en términos prácticos) es que se pueden dar lugar a aproximaciones diagnósticas, pronósticas y terapéuticas que llevar a la clínica con determinada probabilidad de éxito. Hacerles ver (recordarles con ejemplos prácticos en cuestiones biomédicas) que todo tiene o debería tener un por qué, lo cual no solo afecta al desarrollo de la Química Médica sino a todas las áreas del conocimiento y que para ello hay que investigar o bien partir de un conocimiento previo básico. Hacerles reflexionar sobre preconcepciones a este nivel y hacer que se replanteen la situación antes de aceptar una preconcepción nueva o socialmente aceptada, independientemente de la fuente de que les venga. Que opinen. Que recapaciten sobre lo práctico que le resulta a un individuo cualquiera actuar con criterio formado y correctamente informado; con conocimiento de

causa y también de consecuencia².

- Que sean conscientes de que las terapias alternativas no se basan en la evidencia científica. Por disposición legal, actualmente sus productos únicamente tienen que demostrar seguridad (ausencia de toxicidad) para ser aprobados para su comercialización o incluso alcanzar el estatus de “medicamento” o “producto sanitario”, como es el caso de los productos homeopáticos. El procedimiento de aprobación de estos productos “alternativos” es distinto al de las terapias convencionales, a cuyos productos, además de seguridad, se les exige que demuestren eficacia en el tratamiento de aquello para lo que se proponen (es decir, un efecto superior al placebo en ensayos de doble ciego) así como una relación riesgo-beneficio a favor de lo segundo. Siendo conscientes de estos detalles, podrán ser consecuentes y consecuencialistas³.

- Concepto de memoria del agua en el contexto de la Homeopatía y como preconcepción. Que por sí mismos reflexionen si esta “memoria” de lo que contuvo el agua no puede ser química (ya que las diluciones en “agua pura” superan al Número de Avogadro en, al menos, 7 órdenes de magnitud), qué otro tipo de memoria podría darse que además hiciera especial a este agua con respecto a la de cualquier grifo de agua corriente, por poner un ejemplo.

- Llamarles la atención sobre la necesidad de cuidar la ortografía, aunque sea por respeto al que lee y por formalidad. Hacerles ver la necesidad de escribir correctamente, no solo en inglés, sino también en su lengua madre: el castellano. Para este caso concreto, se lo comento a su tutora respectiva.

2 A este respecto, el Eurobarómetro Especial 445, sobre Resistencia antimicrobiana (abril 2016) muestra que casi la mitad de los españoles (el 48%) no sabe para qué sirven los antibióticos (frente al 43% de media europea). Entre otras preconcepciones se hallan la creencia de que los antibióticos matan a los virus (48%) o que son efectivos frente a resfriados y gripes (el 45%). Estas creencias pueden llevar a su mal uso, así como a generar expectativas de tratamiento incorrectas.

3 Esta diferenciación en cuanto a la facilidad de aprobación de nuevos productos sanitarios y medicamentos, según el tipo de terapia a la que se acojan, puede verificarse, y ampliarse la información al respecto en Ley 29/2006, de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, modificada por la Ley 10/2013, de 24 de julio, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español las Directivas 2010/84/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2010, sobre farmacovigilancia, y 2011/62/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre prevención de la entrada de medicamentos falsificados en la cadena de suministro legal. El texto resultante, refundido de los anteriores, se aprueba finalmente y queda recogido en el Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios.

5.- OBJETIVOS

Teniendo en cuenta el análisis anterior, situación y limitaciones en que se impartirá la docencia y de cara a la elaboración y desarrollo simultáneo del Trabajo Fin de Máster “consistente en propuestas de innovación educativa (en el aula o en la escuela en su conjunto)”¹, se proponen como Objetivos Generales (OG)² los siguientes:

OG1 Proponer modelos de innovación docentes para atender los contenidos de la especialidad de Física y Química aprovechando el contexto multidisciplinar de la Química Médica y los retos propuestos recogidos en el apartado anterior.

OG2 Implementar los modelos anteriores en el aula de 2º de Bachillerato del Programa Internacional (modalidades de Ingeniería y Biosanitaria).

OG3 Evaluar las propuestas de innovación implementadas.

1 Orientaciones Prácticas para la Elaboración del Trabajo Fin de Máster, curso 2015-2016. Máster en Formación de Profesorado de Enseñanza Secundaria y Bachillerato. Facultad de Educación. Universidad Autónoma de Madrid.

2 Los objetivos específicos se derivan de los generales y se recogen en cada propuesta de innovación docente particular o actividad, finalmente implementada o no.

5.- PROPUESTA CONTEXTUALIZADA. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, METODOLOGÍA, ACTIVIDADES Y RESULTADOS OBTENIDOS POR ACTIVIDAD.

[Elaboración de una propuesta contextualizada (marco curricular y entorno) para solucionar el problema y mejorar la enseñanza de esa especialidad en ese centro. Esta puede consistir en una unidad didáctica innovadora u otro tipo de proyecto docente. Esta puede incluir los objetivos, fases, forma y procedimiento y acciones concretas que serán desarrolladas durante la intervención para mejorar la situación descrita y analizada. Si la propuesta es posible llevarla a la práctica, se presentarán los resultados.]

Orientaciones prácticas para la Elaboración del Trabajo Fin de Máster. Curso 2015-2016.

6.1.- Elaboración de propuestas contextualizadas.

A partir de las observaciones realizadas en cuanto a metodología y dinámica habitual en las clases, así como siendo consciente de las limitaciones docentes impuestas, el temario a impartir y los “retos” propuestos, se realizan las siguientes propuestas de innovación docente, pudiendo estas complementarse entre sí:

De cara a la enseñanza:

La capacidad reflexiva es una de las actitudes que el BI evalúa para titular. Aprovechando este requisito, se propone desarrollar actividades que inviten a la participación de los alumnos, sean dinámicas y promuevan el sentido crítico y la reflexión racional lógica, a la vez que acerquen el trabajo científico a su día a día. Se emplearán para impartir los contenidos presentaciones power-point, dejando el libro BI como guía y apoyo para los alumnos. Se proponen:

1.- Conexión web en tiempo real con un laboratorio de investigación que trabaje en Química Médica o afines.

2.- Incorporar actividades, fuera del temario curricular propiamente dicho pero directamente relacionadas con él, que resultaran interesantes y/o útiles prácticos de cara a la actividad cotidiana del alumnado; además de ayudar a enfrentar los retos propuestos.

De cara a la Evaluación de la enseñanza y del aprendizaje:

No habrá un examen calificativo, sino un test para evaluar el grado de adquisición de conceptos de cara a identificar debilidades en la asimilación de los contenidos y poderlas repasar de nuevo, ya con su tutora. Esto se me permite “viable” debido a que se trata de un temario específico para el BI, que no puntúa para la Selectividad nacional.

Para evitar que la realización de este test les suponga algún tipo de estrés o ansiedad, se busca un método que les haga tomárselo como un reto personal y que a la vez les divierta. Para fomentar su predisposición a la participación, y por ser nuevo para ellos, se propone usar la herramienta didáctica *kahoot*¹. Esta aplicación web, libre y gratuita,

¹ <https://getkahoot.com/>

permite al docente desarrollar cuestionarios virtuales en un formato que recuerda mucho al Trivial®.

Cada una de estas propuestas se desarrollan con más profundidad a continuación. También se comentará si fue posible llevarlas a la práctica y, de haber sido así, sus resultados.

6.2.- Propuesta de enseñanza I: Conexión web en tiempo real con un laboratorio de investigación que trabaje en Química Médica o afines.

Se propone, para una de las diez sesiones que se me otorgan para impartir el temario, hacer una conexión web (utilizando skype, hangout o cualquier otra plataforma) a un laboratorio de investigación en Química Médica de un centro de investigación público (por ejemplo, al Instituto de Química Médica del CSIC²).

La idea es que un Investigador Principal (IP) del Centro les muestre cómo es un laboratorio en funcionamiento, cómo se trabaja, cuáles son los objetivos generales del Instituto o qué proyectos de investigación tienen abiertos en la actualidad; en definitiva, que conversen con el IP de alguno de los grupos de investigación. En términos generales, se busca acercarles la ciencia y el ejercicio de su profesión.

La entrevista tendría una duración de unos 15 minutos y los recursos estarían fácilmente disponibles: conexión a internet estable (wifi) y, por parte del investigador, un dispositivo móvil con acceso también a internet (móvil u ordenador portátil) para llevar a cabo la presentación y la entrevista.

En cuanto a la temporalización, esta entrevista podría llevarse a cabo el segundo día tras el inicio de las sesiones teóricas, ya que los alumnos me habrían conocido, les habría hecho la propuesta, tendrían una mínima introducción al tema y podrían definir qué les gustaría preguntar.

De manera equivalente, y una vez se llegara al tema de “impacto medioambiental de algunos medicamentos”, podría contactarse con el responsable de I+D+i de alguna farmacéutica ubicada en Madrid o con servicios de Seguridad Biológica de algún hospital o centro de investigación para que explicaran a los alumnos y les mostrase cómo se procesan los residuos generados. O si los alumnos lo prefirieran, podría hablarse con algún responsable de supervisión de ensayos clínicos para la aprobación de un nuevo medicamento. Estos temas se pueden convenir con los alumnos, evaluando entre todos cuál o cuáles les resultaría más atractivo e interesante o conveniente.

Al plantearle esta posibilidad a mi tutora, me convenció de desistir. En su opinión, entre la conexión, la entrevista y los comentarios/debate posterior que surgirían podría irse casi una sesión “y no hay tiempo [en el momento dado, de cara a selectividad]”. Sin embargo, me ofreció la posibilidad de desarrollar la propuesta de cara a un próximo año

² Dicho Instituto de investigación, además, se halla a apenas 50m del IES Ramiro de Maeztu, lo que abre la posibilidad de concertar visitas privadas con los alumnos que pudieran estar interesados en horario no lectivo. Más información sobre las investigaciones realizadas en este centro se encuentra en <http://www.iqm.csic.es/>

académico así como a ofrecérsela a otros profesores.

6.3.- Propuesta de enseñanza II: Incorporar actividades, fuera de temario curricular propiamente dicho pero directamente relacionadas con él, que resultaran interesantes y útiles al alumnado, además de ayudar a enfrentar los objetivos y retos propuestos.

Esta propuesta exige salirse menos de la rutina (en términos de innovación docente) y consistiría en la incorporación directa de las actividades a la docencia del mismo. Estas actividades se desarrollarían durante las sesiones, bien cuando estimara conveniente (para desconectar cuando se les viera más pasivos) o bien cuando correspondiera, si habían sido recogidas *per sé* en las diapositivas preparadas para impartir los temas. Dichas “actividades” se incorporaron a la programación didáctica del Bloque. No todos los ejemplos llevados a cabo se recogen en la programación inicialmente prevista, pues algunos surgieron en el momento debido a las preguntas o interés de los propios alumnos.

La programación didáctica elaborada para la docencia de este bloque de Química Médica se recoge en el **Anexo II** en forma de tabla. En ella, las actividades de innovación docente propuestas se hallan en la columna “**actividades para reflexionar**”. Se recogen también en esta tabla la agrupación temática finalmente implementada junto a los contenidos, objetivos, temporalización y la propuesta “evaluación”. Las diapositivas elaboradas para impartir la docencia de estos temas se incorporan al término de esta memoria, como **Anexo III**. Se muestran las diapositivas finales, omitiendo las fases de las composiciones o secuencia de animaciones que guiaban el discurso, debate o actividad.

A continuación, pasan a comentarse con más detalle solo algunas de las “actividades para reflexionar” propuestas: su motivación, metodología, alguna anécdota o resultados obtenidos y contenidos curriculares de especialidad en que se puede profundizar con ella.

Observación del número y tamaño de colonias celulares eucariotas para estudiar la respuesta celular al daño genético inducido por exposición a radiación ionizante tipo gamma.

Por su cercanía al tema del bloque de Química Médica sobre *cómo se procesa la basura nuclear (radiactiva) generada tanto por la industria como en ambientes hospitalarios*³, y aprovechando la realización en el laboratorio de ensayos para evaluar la respuesta celular de fibroblastos⁴ al daño genético inducido por radiación gamma, se decidió llevar a los alumnos los “resultados” de estos ensayos.

Se tomaron para ser analizadas en clase las placas de cultivo (tipo Petri) sobre las que se había trabajado en el laboratorio. Dicho material resultaba totalmente inocuo. En dichas placas se observaban células eucariotas (fibroblastos) creciendo en colonias, coloreadas en violeta (con cristal violeta) e irreversiblemente fijadas (por tratamiento con formaldehído) al soporte sólido que las contenía (de plástico tipo poliestireno). Haciendo

³ Este contenido se incluye dentro del tema "Impacto medioambiental de algunos medicamentos".

⁴ Un tipo de célula eucariota; procedentes de embriones de ratón en este caso.

uso de un magnificador 10X, los alumnos observaron las placas hasta deducir, en función de lo que veían y argumentándolo, qué era lo que estaban observando (algo similar a lo que se observa en la **Figura 7**). A partir de ese momento, se les explicó cómo habíamos conseguido eso (proceso químico de fijación y coloración) y cuál era el motivo biológico de haber hecho ese experimento (que trataba de valorar la respuesta celular al daño genético inducido por radiación gamma -ionizante- en dos tipos de células diferentes).

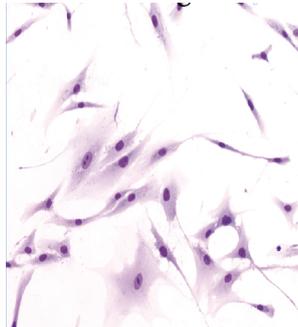
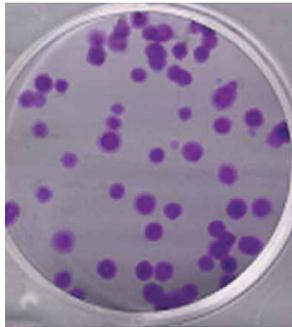


Figura 7. Fibroblastos teñidos con cristal violeta y fijados a la placa de poliestireno con formaldehído.

Tamaño celular aproximado: 40-70 μm .

Fueron los alumnos los que preguntaron acerca de los resultados finales del experimento y sus implicaciones biológicas de cara a nuestro proyecto de investigación. Este interés vino a mostrar que les había gustado la actividad y habían captado, al menos parte, del motivo de hacer el experimento.

Con este ejemplo puede trabajarse: el concepto de radiación ionizante y sus efectos sobre la materia viva, los procesos químicos de redox de las reacciones químicas (en este caso utilizados para fijar las células a las placas), los conceptos de ácido-base y la afinidad entre ellos (el colorante empleado es básico, de ahí que se tiña más intensamente el núcleo, fundamentalmente ácido); también las competencias de comunicación lingüística (LOE/LOMCE) matemática (LOE/LOMCE) y básicas en ciencia y tecnología (LOMCE) o "en el conocimiento y la interacción con el mundo físico" (LOE)⁵.

Haciendo uso de la revista científica *Nature Medicine*.

En otro momento se les dejó el último número de la revista *Nature Medicine*. Mientras ojeaban los "titulares" y formato en que se presentaban artículos científicos y sus resultados, se les explicó qué significa el orden en que aparecen los autores, el protocolo a seguir para poder publicar o lo que, en términos económicos, cuesta publicar y leer las publicaciones al erario público (y privado), a pesar de tratarse de investigaciones realizadas, en la mayoría de casos, a partir de fondos públicos.

Sobre esta última cuestión se les preguntó qué opinaban, así como qué les parecería que fuera un "derecho universal" el acceso a los resultados de investigación, máxime a partir de investigación pública. Y, en línea con lo anterior, qué responderían si la investigación no hubiera estado sufragada por fondos públicos.

⁵ A pesar de que la implantación de la LOMCE en 2º de Bachillerato está propuesta para el curso 2016-2017, se prefirió incluir esta información acerca de las Competencias LOMCE.

Se les invitó a reflexionar y debatir sobre ello entre ellos, generándose debate que quedó inconcluso por la necesidad de tener que entrar en materia curricular. Con esta actividad, además de las competencias relativas a ciencias y matemáticas, también se trabajan la competencia digital (LOE/LOMCE) y tratamiento de la información (LOE), así como las competencias sociales y cívicas (LOMCE) o social y ciudadana (LOE) y competencia en comunicación lingüística (LOE/LOMCE).

Saber de Biología para no morir en el intento. Ejemplos prácticos desde el Mundo Griego hasta nuestros días, para el día a día.

Se prepararon también ejemplos prácticos sobre lo presente que está el avance del conocimiento biológico en nuestra vida cotidiana, aunque no lo apreciemos como tal. Se intentó realzar la utilidad que implica el saber en qué se basan ciertas premisas o pautas y, llegado el caso, poder intervenir causal y consecuentemente sobre ellas. Algunos de los temas que se comentaron fueron:

- Motivo de mantener la nevera a una temperatura de 4°C: ralentiza al máximo el crecimiento bacteriano y la actividad enzimática en general, que llevan a la putrefacción de los alimentos, volviéndolos incluso tóxicos (por crecimiento de patógenos). La congelación inhibe el crecimiento bacteriano, pero también afecta a las propiedades organolépticas del alimento y su estructura [Mulet JM, 2014].

- Los métodos anticonceptivos o de control hormonal: para los griegos, y casi todas las culturas antiguas (y no tan antiguas), la menstruación hacía impura a la mujer⁶; hoy sabemos que es algo fisiológico y lo podemos controlar porque hemos estudiado, y ya conocemos, cómo funciona el sistema.

- Los antiguos métodos de sangrías o trepanación craneal, entre otros: tales metodologías se implementaban para “mejorar” la salud del enfermo o bien tratarle de un dolor de cabeza, respectivamente [Mulet JM, 2015].

- Otro ejemplo flagrante de incompetencia médica medieval, por desconocimiento de cómo funciona un sistema biológico dado, consistía en beberse la sangre de un chaval joven y sano creyendo que ello curaría una afectación que cursara con palidez cutánea o ictericia. Los “chupa-sangre” eran individuos de alto poder adquisitivo y/o social [Mulet JM, 2015].

De estos ejemplos propuestos, del único que habían escuchado hablar algunos alumnos era de la trepanación (por tener padres psicólogos y ser esta la estrategia de elección para enfrentar ciertas desviaciones mentales en la época, como la rebeldía femenina) y las sangrías. La temperatura a que la nevera ha de estar no les había llamado la atención hasta el momento.

⁶ Hipócrates (466-377 a.C.) lo veía como una "forma de excreción de los residuos y desechos" y Plinio el Viejo (23-79 d.C.) concedía a la menstruación poderes sobrenaturales alertando al resto de individuos del riesgo de estar junto a las mujeres sangrantes (Plinio el Viejo, Historia Natural, libro 28, cáp. 23, 78-80; libro 7, cáp. 65). Otras afirmaciones que muestran que la mujer ha sido considerada ritualmente impura durante siglos pueden consultarse, con sus fuentes, en <http://www.womenpriests.org/sp/traditio/unclean.asp>.

Además de los contenidos referidos, competencias que se desarrollan con estos ejemplos incluyen: competencia en comunicación lingüística (LOE/LOMCE), competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico (LOE) o básicas en ciencia y tecnología (LOMCE), competencias sociales y cívicas (LOMCE) o ciudadana (LOE), así como la cultural y artística (LOE) denominada "conciencia y expresiones culturales con la LOMCE.

Mistificación de lo "Natural" en el ámbito del mantenimiento de la salud y el tratamiento de la enfermedad. El caso Boiron y la homeopatía.

Para hacerles reflexionar si lo natural es o no más sano per sé, se les preguntó si la composición de una hoja o producto tomado directamente del campo era algo fijo, tanto en términos cuantitativos como cualitativos. Si lo podrían asegurar. Se recordaron las definiciones de "principio activo" y "bioactividad" para pasarse a plantear si podría ser posible que algo bioactivo (en la teoría) no implicara ningún efecto secundario (en la práctica). A este respecto, se les comentó que incluso el agua resulta tóxica si se superan los límites de volemia corporal (unos 5 litros de ingesta puntual, dependiendo del sujeto. [Mulet JM, 2014]).

Volviendo a la relación "natural" "sano", "procesado" = artificial = "malo", se les presentaron los resultados de investigación de un proyecto que trataba de determinar cómo variaba la composición química (cualitativa y cuantitativamente) en las hojas de sauce (de donde se extraía el ácido salicílico antes de resultar más barata su síntesis química industrial, para la producción, por ejemplo, de Aspirina®) cuando las hojas (el árbol) se veía sometido a diferentes situaciones de estrés (biótico o abiótico) o no estrés. Los resultados permitieron observar cómo diferentes tipos de estrés inducían diferentes cambios en la composición de la hoja, así como llevaban a la aparición de compuestos tóxicos, también para el ser humano⁷. Es más, la composición química de las hojas del sauce (y, por tanto, la cantidad de ácido salicílico) depende no solo de la especie, sino también de las condiciones medioambientales y del terreno de cultivo. Se comenta también cómo varía el rendimiento y degradación del principio activo de estas hojas según se realice a partir de ellas una infusión, una cocción o una maceración, poniendo de relieve que en estas "extracciones" no solo se arrastra el principio activo, sino todas aquellas sustancias secundarias -y desconocidas a priori-, puede que bioactivas, susceptibles de ser extraídas y que podrían provocar efectos secundarios inesperados.

A partir de estos resultados, producto de un estudios científicos, se les pide a los alumnos que reflexionen y debatan: ¿qué les parece? ¿Es posible determinar cuánto principio activo ingieres a partir de una infusión? ¿es más segura la "medicina natural" que la convencional?.

⁷ Las referencias bibliográficas de estos artículos se hallan en la presentación *power-point* correspondiente al Tema 2. Se recuerda que en el Anexo II puede consultarse la Programación Didáctica finalmente implementada y en el Anexo III se adjuntan las presentaciones elaboradas para impartir la docencia del bloque Química Médica.

Por otro lado, y aprovechando la rueda de prensa que la multinacional homeopática Boiron convocó en Madrid para denunciar que estaba siendo atacada por “escépticos”⁸, debatimos sobre ciertas “terapias alternativas” y la base en que se sustentan.

Para el caso concreto de Boiron y la Homeopatía, algunos alumnos habían leído noticias o escuchado en casa comentar sobre el tema. Lo que se hizo en clase fue visitar la página web de la multinacional y ver los tres minutos de los nueve totales que dura el vídeo en que Boiron “explica” en qué consisten sus productos⁹: desde la obtención de la tintura madre, pasando por las 30 o 60 diluciones centesimales en agua, hasta la adición de lactosa o sacarosa como excipientes edulcorantes.

El debate que se generó fue muy rico, contando con una gran diversidad de opiniones; sin embargo, a fecha pasada se considera que hay que saber llevar, y muy bien, la dinámica, porque puede resultar ofensivo o violento para algunos alumnos.

En línea con lo anterior, resultó interesante observar cómo algunos alumnos ponían en duda si el agua pudiera tener o no memoria. A este respecto, se les comentó cómo el investigador japonés, Masaru Emoto, se había hecho “de oro” vendiendo que el agua tiene “memoria”, confirmación de lo cual resulta el hecho de que, al congelarla, cristalice más “bonita” o “fea”. Ello dependería de nuestro estado anímico y/o de su memoria vibracional-emocional, según Emoto¹⁰. Quizás este dato pueda resultar “anecdótico”, “jocoso” o de poca trascendencia social, pero la desgracia viene cuando una compañía utiliza esta información (aunque carente de sentido físico-químico-biológico) y la emplea para vender “agua de mar hexagonal” para el tratamiento del autismo. Es entonces cuando ciertas familias, en su desesperación o fe, lo compran; dejando de lado, incluso, el tratamiento estándar por considerar que no ha curado a su hijo¹¹ o cuando un padre desesperado e impotente llega a afirmar “*a mi hijo lo ha matado la incultura científica*”¹².

Con este tema se pueden tratar aspectos de índole ética, preconcepciones y los aspectos físico-químicos más elementales que gobiernan el comportamiento químico: ¿Por qué el agua puede cristalizar en diferentes “formas” o “estructuras”? (condiciones de presión, temperatura, agitación, composición mineralógica, etc.) ¿Acaso un cambio físico altera la composición química de una sustancia? Todas estas preguntas fueron surgiendo y se fueron comentando.

⁸ Esta noticia fue ampliamente recogida por los medios de comunicación nacionales y grupos de divulgación científica. Algunos de los artículos publicados al respecto se recogen a continuación: <http://hipertextual.com/2016/03/boiron-homeopatia>; <http://www.redaccionmedica.com/noticia/ridculo-de-boiron-en-su-defensa-de-la-homeopata-95111>; <http://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/ciencia/2016-03-09/la-multinacional-homeopatica-boiron-reconoce-no-saber-como-funciona-la-homeopatia-1276569492/>; <http://listadelaverguenza.naukas.com/2016/03/08/la-rueda-de-prensa-de-boiron/>

⁹ <http://www.boiron.es/fabricacion-de-medicamentos>

¹⁰ <https://lacienciaysusdemonios.com/2013/02/04/la-memoria-del-agua-i-las-fabulas-de-emoto/>

¹¹ <http://blogs.20minutos.es/el-nutricionista-de-la-general/2014/12/11/agua-de-mar-hexagonal-o-como-embaucar-a-costa-del-autismo/>

¹² http://elpais.com/elpais/2016/02/24/ciencia/1456341289_969832.html

Tomándolos en conjunto y a nivel de competencias que se favorecen estas principalmente serían la lingüística (LOE/LOMCE); la científico-tecnológica (LOMCE) o interacción con el mundo físico (LOE); la competencia digital (LOE/LOMCE) y tratamiento de la información (LOE); la social y cívica o ciudadana (LOE/LOMCE); la conciencia (LOMCE) y competencia cultural (LOE/LOMCE) e, incluso, la de aprender a aprender (LOE/LOMCE) y autonomía personal (LOE), ya que hace replantearse a los alumnos su nivel de conocimiento real de un tema y les despierta la curiosidad, en adelante, para informarse contrastando informaciones e identificando aquellas basadas en la evidencia. Les debería ayudar a desarrollar criterio.

Caso Litvinenko y nuestro amigo Polonio.

Para introducir el tema de “impacto medioambiental de algunos medicamentos” y el tratamiento de los residuos generados, como los nucleares, se utilizó el ejemplo reciente (2006) del oficial de seguridad ruso fugitivo, Alexander Litvinenko, que fue envenenado con un tipo de polonio radiactivo que acabó matándolo en apenas 15 días¹³.

Tras una breve introducción al caso de Litvinenko (que solo un alumno conocía, de 54 totales), se les describió brevemente la diferencia fundamental entre la radiación ionizante y no ionizante y se les mostró una representación de la capacidad de penetración (y efecto asociado) de cada tipo de radiación ionizante (alfa, beta y gamma) sobre tejidos biológicos. A partir de aquí, se les mostró la ruta de decaimiento del Uranio-238, a partir de la cual se generan los núcleos de Polonio radiactivos. Observando los tiempos de semivida y el tipo de radiación emitida por los núcleos polonio, los alumnos fueron capaces de deducir (guiando sus argumentaciones) con qué polonio se le podría haber envenenado a Litvinenko¹⁴.

En este ejemplo, se mezclan de nuevo las áreas de Física, Química y Biología para tocar temas como: tipos de radiación; tipos de radiación ionizante y elementos emisores; el impacto biológico de la radiación ionizante (mutaciones, cáncer o la muerte); riesgos potenciales de un desastre nuclear; necesidad de conocer cómo funciona algo para poderlo trabajar sin riesgos (en un hospital); necesidad del adecuado y correcto procesado de los residuos que se generan o la ética en el uso del conocimiento (la radiación ionizante puede tratar, pero también puede matar).

Lo más complicado fue hacerles entender porqué, aunque hubiera sido posible un “lavado de estómago” o del polonio ingerido en su totalidad, el daño ya estaba hecho y era irreversible. Este hecho confirma la dificultad de entender qué significa el concepto de energía frente a materia en su impacto sobre sistemas vivos.

13 La noticia sobre el posible envenenamiento apareció en la prensa internacional en noviembre de 2006 (http://elpais.com/diario/2006/11/20/internacional/1163977202_850215.html); en 2007 se emitió una película documental sobre el caso de su muerte (El caso Litvinenko. Documental. Dirigida por Andrei Nekrasov. Rusia, 2007. Puede verse a través de youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=xwOXPY2ADX4>)

14 Las diapositivas en que se recoge esta información se hallan en el Tema 3. Anexo III de esta memoria.

Como competencias que se trabajan, destacar la competencia en comunicación lingüística (LOE/LOMCE); en el conocimiento y la interacción con el mundo físico (LOE) o en ciencia y tecnología (LOMCE); competencia social y ciudadana (LOE) o social y cívica (LOMCE) y la competencia o conciencia cultural (LOE/LOMCE).

6.4.- Propuesta de cara a la evaluación de la enseñanza y del aprendizaje.

Evaluación de adquisición de conceptos con Kahoot®.

La evaluación oficial de estos contenidos BI se llevará a cabo mediante un examen externo que será corregido por otros profesores internacionales del Programa BI. En parte por este hecho y, como se comentó con anterioridad, para evitar generar ansiedad innecesaria en los alumnos, se les propuso evaluar "si habían aprendido algo" mediante la realización de una especie de "trivial" a través de internet; en otras palabras, se les proponía evaluarse a sí mismos "jugando al trivial". Se les comentó que ello les permitiría identificar qué aspectos (conceptos/contenidos) no les habían quedado claros y así poder volver sobre ellos. Esto se les comenta la sesión anterior a la última; teniendo fin de semana de por medio, por si quisieran repasar. Finalmente, se les explica en qué consiste la herramienta *Kahoot* y parece gustarles la idea, ya que: 1) entre otras cosas, no califica; 2) nunca antes lo habían utilizado y 3) pueden participar en grupos de hasta tres personas. Para estimularles un poco más, se les comenta que el grupo o individuo que obtenga mayor puntuación podrá participar un día en el programa de divulgación científica "Entre Probetas", de Radio Nacional de España, dirigido por José Antonio López Guerrero y en el que colaboro. Para los segundos puestos, habrá un libro de divulgación, "Los Avances de la Química", del investigador Bernardo Herradón, dedicado por el autor.

Las cuestiones se preparan a partir de preguntas que aparecen en exámenes anteriores del BI. Serán de respuesta múltiple (a elegir la verdadera o falsa, entre cuatro posibilidades), con un tiempo de respuesta limitado.

Llegado el momento, se les explica en qué consiste el juego (cómo se puntúa), cómo han de entrar a la plataforma y cómo se juega. Deciden que prefieren jugar con música de ambiente de fondo; algo que la plataforma permite.

La experiencia resultó super divertida. Las caras de los alumnos eran más que elocuentes de lo metidos que estaban en la actividad¹⁵; si bien es cierto que hubo que pedir bajar la voz más de una vez. Como comentarios por parte de los alumnos, algunos se quejaron de que algunas preguntas estaban formuladas como negación, y que ello les despistó, y otros observaron que se necesitaba una sesión previa de preparación. Sin embargo, lo que resultó más importante de cara a la mejora de la enseñanza es que, para las preguntas en que fallaban, los alumnos se quejaban y preguntaban amargamente por

¹⁵ Margarita Díez, mi tutora de prácticas y responsable de la materia de Química en estos cursos del BI, se definió atónita ("he alucinado") al ver a alumnos que solían estar pasivos y como "fuera de la clase", participando activamente (consiguiendo buenos resultados a juzgar por el resultado final del test de autoevaluación).

qué habían fallado. Ello, claramente, abrió la puerta a discutirlo una vez finalizado el juego contando con la total disposición y atención por su parte a una nueva explicación. Con lo que, a este nivel, el objetivo de llevar a cabo este tipo de “evaluación” se había cumplido.

Como notas anecdóticas puntualizar cuatro cosas:

- Uno de los alumnos que obtuvo mayor puntuación era, precisamente, al que se tenía por vago o “pasota” en el grupo. Tal era así que el pasado curso fue amonestado estando a punto de expulsarlo del Programa BI. Sin embargo, en este caso, fue el que mejor puntuó, con diferencia, respecto al resto de compañeros. Prefirió el libro de divulgación a la visita a los estudios de RNE.

- La otra pareja que ganó se tomó una foto con el nombre de su equipo y la pantalla en que les distinguía como Winners. Lo que viene a indicar el grado de emoción o gusto por la actividad.

- Instaron a su tutora a hacer, en el futuro, más evaluaciones utilizando esta herramienta kahoot o similar. Otro hecho que viene a afirmar que les divirtió.

- La chica “rebelde” del grupo por fin se abrió para explicar sus razones de por qué le había dejado de gustar estudiar Biología: por el "pedazo tomo de libro" (aproximadamente unas 1000 páginas) que tenían que seguir y porque no tenía salida laboral o bien las salidas profesionales tenían sueldos bajísimos (“como el tuyo”, refiriéndose expresamente a mí). Varios de sus compañeros apoyaron el argumentario de ella. A este respecto, desconozco cuál es la metodología empleada por la profesora de Biología del BI para impartir sus clases; lo que parece claro es que el concepto de “utilidad” del conocimiento lo tienen inculcado (o interiorizado), no hacia el interés personal de saber por saber, porque es práctico y/o porque les guste lo que estudien, sino sobre la base profesionalizante del acceso al mercado laboral y su cotización.

7.- EVALUACIÓN GLOBAL Y CONCLUSIONES.

En el epígrafe anterior se han ido dejando valoraciones parciales sobre los resultados que se iban obteniendo con los alumnos. De manera global, la evaluación del desarrollo de las innovaciones docentes implementadas requeriría traer a colación la situación de partida en su conjunto.

Por parte de los alumnos, se partía de grupos altamente motivados de cara al estudio pero con un interés mediocre frente a la Química Médica; que, a pesar de poderles gustar la Biología como rama de conocimiento, no veían su utilidad de cara a su día a día; que desconocían principios básicos en que se fundamentaba el bloque de nuevos conocimientos a impartir y que, además, se hallaban bajo unas condiciones de estrés elevadas debido a otras obligaciones curriculares.

Por parte del profesorado responsable, desde el comienzo hubo una limitación en cuanto a posibles innovaciones. Se me instó a no salirme del currículo (libro de texto en este caso) y a ajustarse al mínimo de horas posibles (máximo 10 sesiones de 55 minutos para impartir 5 temas) para impartir un bloque temático que además no había sido impartido con anterioridad en el Instituto. Bloque cuyas referencias eran el temario propuesto desde la OBI¹ y las pruebas modelo cedidas por esta a las que se tendrían que enfrentar los alumnos llegado el momento. Todo ello dispuesto en inglés, que había que traducir al castellano de cara a la docencia pero sin dejar de nombrar los conceptos importantes en inglés para que el alumnado los retuviera en la lengua en la que serían evaluados.

Por último, y de cara a poder evaluar si las innovaciones docentes implementadas han tenido algún impacto en la mejora de la enseñanza o el aprendizaje de los alumnos, este testaje requeriría de un grupo control. Grupo control que no existe (ni existió) por varios motivos: el primero, porque no existe un grupo de alumnos exactamente igual a otro, ni tampoco el docente implementa las innovaciones con el mismo estilo, emoción, etc. aunque quisiera. El segundo motivo, porque el grupo control más adecuado sobre la base de mis circunstancias sería que sobre uno de los grupos de prácticas me hubiera reducido a seguir el temario, sin el apoyo de las diapositivas y/o actividades para reflexionar propuestas. Pero esto no podía ser, ya que desde el momento cero, mi tutora de prácticas me concretó que el temario que preparara para un grupo debería ser exactamente el mismo que con para el otro.

Por todos estos aspectos, si quisiera evaluar si estas "*actividades para reflexionar*" cumplieron su cometido, únicamente podría apoyarme en lo que se experimentó en el momento: la participación activa que para con ellas se logró de los alumnos, el debate generado que en ocasiones hubo que dar por concluido, la motivación para con el test de autoevaluación *Kahoot* o el hecho de que me acabaran confiando por qué les aburría y/o

¹ La Oficina para el Bachillerato Internacional, <http://www.ibo.org/es/>

parecía "inútil" saber de Biología.

En todo caso, y a modo de conclusión, la "evaluación" más fehaciente de que estas "innovaciones" sirvieron de algo sería que, en un futuro, alguno de estos alumnos, al encontrarme por la calle se me acercara, o simplemente recordara, el momento en que en clase debatimos sobre la memoria del agua, el impacto de los residuos nucleares en el medio ambiente y la salud, el sentido de la temperatura dentro de una nevera o de por qué aquellas células se veían violetas. Y que, a lo largo de su vida, recuerde lo importante y práctico que resulta el buscar el sentido y las causas de las cosas: preguntarse el por qué. Que el conocimiento es interdisciplinar y que solo se actúa con libertad cuando se hace con conocimiento de causa y consecuencia.

Elena Campos Sánchez

Madrid, a 19 de junio de 2016

8.- RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS

LIBROS O TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

- Álvarez Méndez J.M. (2001). Evaluar para conocer, examinar para excluir. Morata.
- Autor desconocido. 100 experimentos sencillos de Física y Química. Junta de Andalucía.
- Calvo Pascual A. (2011). Actividad de teatro científico como recurso en la formación de los futuros profesores. ALAMBIQUE: DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES (ISSN/ISBN: 11339837). 69 (0) : 93-98.
- Deaton A. (2013). El Gran Escape. Fondo de Cultura Económica de España.
- Durán Rebatonull I. y Calvo Pascual A. (2014). Enlazando Química y Teatro: Una propuesta metodológica para mejorar la comprensión del enlace químico. Trabajo conducente a obtención del Diploma de Estudios Avanzados, máster. Facultad de Educación y Formación del Profesorado. Universidad Autónoma de Madrid.
- Fernández Uría E. (1979). Estructura y didáctica de las Ciencias. Breviarios de educación. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación.
- García, H.C. y Olmeda A. (2015). Aprendiendo a obedecer. (Crítica del sistema de enseñanza). La Neurosis o Las Barricadas.
- González Ortega, J.J. (2015). Grado de evidencia de las recomendaciones en medicina y cirugía del programa de RTVE sobre salud "Saber vivir". Tesis doctoral. Departamento de Cirugía, Pediatría, Obstetricia y Ginecología. Universidad de Murcia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10201/47391>
- Mazzucato M. (2014). El Estado Emprendedor. RBA.
- Mulet, J.M. (2014). Comer sin miedo. Destino.
- Mulet, J.M. (2015). Medicina sin engaños. Destino.
- Quirantes Sierra, A. (2011). Física de Película: una herramienta docente para la enseñanza de Física universitaria usando fragmentos de películas. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2011, 8(3) pp. 334-340. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10498/14397>.
- Stiglitz J.E. (2015). La Gran Brecha. Taurus Pensamiento.

PELÍCULAS DOCUMENTALES

- Alea Docs & Films y Usón P. (2013). Entre Maestros. España. Alea Docs & Films, ICAA, TVE.
- Gómez D., y Doin G. (2012). La Educación Prohibida. Argentina. Eulam Producciones.
- Martínez Ten y Pérez Solano P. (2013). Las Maestras de la República. España. Transit Producciones Audiovisuales.
- Nekrasov A. (2007). El caso Litvinenko. Rusia. Documental. Recuperada de <https://www.youtube.com/watch?v=xwOXPY2ADX4>.

LEGISLACIÓN

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE)
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (BOE 5, 5 de enero de 2007)
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas (BOE 266, 6 de noviembre de 2007).
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (BOE 295, 10 de diciembre de 2013)
- 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 3, 3 de enero de 2015).
- Real Decreto 1344/1991, de 6 de septiembre, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria.
- Ley 29/2006, de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, modificada por la Ley 10/2013, de 24 de julio, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español las Directivas 2010/84/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2010, sobre farmacovigilancia, y 2011/62/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre prevención de la entrada de medicamentos falsificados en la cadena de suministro legal. El texto resultante, refundido de los anteriores, se aprueba finalmente y queda recogido en el Real Decreto Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios

WEBGRAFÍA (en este apartado solo se recogen aquellas webs referidas en el texto principal; el resto se recogen en el siguiente apartado.)

- Quirantes A. <http://elprofedefisica.naukas.com/>
- <https://cuentos-cuanticos.com/cuentos-cuanticos-experimentales/>
- <http://www.educaciontrespuntocero.com/experiencias/blogs-2/blogs-para-la-asignatura-de-fisica-y-quimica/18390.html>.
- Real Sociedad Española de Química. <http://rseq.org/material-didactico>

RECURSOS BIBLIOGRÁFICOS referidos en las Notas a Pie de Página (Se recogen por orden de aparición.)

- <http://bit.ly/1dEhzLf>. Aunión J.A. (2013). 35 años y siete leyes escolares. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/11/26/actualidad/1385489735_160991.html
- <http://bit.ly/22DkE80>. Ibáñez Fombellida S. (2015) Comparación de Leyes Educativas. De la Ley General de Educación de de 1970 a la LOMCE. Trabajo Fin de Grado

Maestro en Educación Primaria. Palencia.

- <http://bit.ly/1PtHRrl>. Unesco. Datos Mundiales de Educación. VII Ed. 2010/11. Recuperado de http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/Publications/WDE/2010/pdf-versions/Spain.pdf.

- Pruebas de evaluación externa. Portal de educación de la Comunidad de Madrid. http://www.madrid.org/cs/Satellite?cid=1354325712274&pagename=PortalEducacion/Page/EDUC_listado

- <http://hipertextual.com/2016/06/pseudociencia-cursos-verano-universidades>

- <http://www.rcumariacristina.com/titulaciones/>

- <http://www.educa.madrid.org/web/ies.ramirodemaeztu.madrid/>,

- <http://www.fundacionginer.org/historia.htm>.

- <http://www.educa.madrid.org/web/ies.ramirodemaeztu.madrid/historia/>

historia_1.html

- <https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto-Escuela>.

- [http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasestatal/boe270253/!](http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasestatal/boe270253/)

- https://es.wikipedia.org/wiki/Ramiro_de_Maeztu y [/María_de_Maeztu](https://es.wikipedia.org/wiki/María_de_Maeztu)

- <http://www.ibo.org/es/programmes/diploma-programme/>

- <https://getkahoot.com/>

- <http://www.iqm.csic.es/>

- <http://www.womenpriests.org/sp/traditio/unclean.asp>

- <http://hipertextual.com/2016/03/boiron-homeopatia;>

- <http://www.redaccionmedica.com/noticia/ridculo-de-boiron-en-su-defensa-de-la-homeopata-95111;>

- <http://www.libertaddigital.com/ciencia-tecnologia/ciencia/2016-03-09/>

la-multinacional-homeopatica-boiron-reconoce-no-saber-como-funciona-la-homeopatia-1276569492/;

- <http://listadelaverguena.naukas.com/2016/03/08/la-rueda-de-prensa-de-boiron/>

- <http://www.boiron.es/fabricacion-de-medicamentos>

- <https://lacienciaysudemonios.com/2013/02/04/la-memoria-del-agua-i-las-fabulas-de-emoto/>

- <http://blogs.20minutos.es/el-nutricionista-de-la-general/2014/12/11/agua-de-mar-hexagonal-o-como-embaucar-a-costa-del-autismo/>

- http://elpais.com/elpais/2016/02/24/ciencia/1456341289_969832.html

- http://elpais.com/diario/2006/11/20/internacional/1163977202_850215.html

ANEXO I: *Pretest*

Pre test 2º BACHILLERATO (BACH INTERNACIONAL)**INTRODUCCIÓN A LA QUÍMICA FARMACÉUTICA**

0.-¿Cuándo fue la última vez que viste Biología en clase?

1.-¿Por qué te parece interesante la Biología como rama de conocimiento? (puntuá también de 1 a 10, siendo 1 “no me interesa nada” y 10 “me encanta”)

2.-De cara a tu vida diaria:

2.1.-¿Crees que es útil saber de Biología? (por qué sí o no)

2.2.-¿Por qué crees que pueda ser útil saber de Química Farmacéutica? (si no sabes qué se define como “química farmacéutica”, márcalo)

1.-¿Sabes qué es la Biomedicina? (además de sí o no, completa tu respuesta con una frase descriptiva con la “definición” que creas más adecuada al término. No más una línea.)

2.-¿Sabes qué es la Biotecnología? (además de sí o no, completa tu respuesta con una frase descriptiva con la “definición” que creas más adecuada al término. No más de una línea.)

3.-Verdadero o falso. El ADN sólo muta debido a factores externos (contaminación, radiación, tabaco, etc.)

Conoce (sí) o no conoce (no).

1.-Diferencias entre célula eucariota y procariota.

2.-Tipos de bacterias y su estructura.

3.-Virus y su estructura.

4.-Tasa de mutación espontánea (del ADN).

5.-Los residuos que se generan tras un proceso diagnóstico clínico o tratamiento.

6.-Cómo se tratan los residuos anteriores.

7.- En qué consisten los ensayos PRE-CLÍNICOS.

8.- En qué consisten los ensayos CLÍNICOS.

10.-Qué son los antimicóticos y antifúngicos.

11.-Efecto placebo.

12.-Efecto nocebo.

13.-Procedimiento para obtener un medicamento.

14.-¿En qué consisten las “terapias alternativas”? ¿podrías poner un ejemplo?

15.-¿Qué se define como “principio activo”?

RESPONDE “SÍ”, “NO” o “No sé” (cuando no estés seguro o no lo conozcas)

9.- Los ensayos pre-clínicos se llevan a cabo con seres humanos.

10.-Los antibióticos solo sirven para el tratamiento de infecciones bacterianas, pero no de tipo vírico.

11.-La acidez de estómago y algunas intolerancias se pueden deber a infecciones bacterianas estomacales.

12.-El agua tiene memoria y recuerda lo que contuvo en un pasado.

13.-Las terapias “alternativas” o “complementarias” siguen el mismo proceso de obtención que los medicamentos convencionales (aspirina, paracetamol, ibuprofeno, amoxicilina, etc.)

¿De estas TERAPIAS, cuáles conoces? (Responde “SÍ”, si has escuchado hablar de ella, aunque no sepas en qué consiste; y responde “NO” si no la habías escuchado antes.

-Tratamiento alopático, ¿podrías definirlo?

-Naturopatía

-Osteopatía

-Neuroemoción

-Magnetoterapia

-Homeopatía

-Tratamiento tradicional

-Quiropráctica

ANEXO II: Programación Didáctica del bloque "Química Médica".

Bloque: Medical Chemistry (Química Médica)				
Temas	Contenidos	Objetivos	Actividades para reflexionar	Temporalización
<p>Tema 1: Introducción a la Química Médica (corresponde al tema D1, BI)</p>	<ol style="list-style-type: none"> Definición de Química Médica o Farmacéutica. Concepto de Actividad Biológica. Droga farmacológica. Medicamento. Pronóstico, diagnóstico o tratamiento. Principales rutas de administración de fármacos y criterios de elección de cada vía. Definición de efecto terapéutico, placebo y nocebo. Ensayos de doble ciego. Efectos secundarios y adversos. Efectividad frente a Seguridad: índice terapéutico, dosis efectiva, dosis letal y dosis tóxica, ventana terapéutica y biodisponibilidad. Tolerancia y adicción, tanto en drogas farmacéuticas como de abuso. Desarrollo de nuevas drogas: concepto de enzima, receptor e inhibidor en biología molecular. Desarrollo in silico. Concepto de compuesto líder y entidad química. Proceso de descubrimiento y diseño de nuevas drogas. Ensayos preclínicos, clínicos y posclínicos (equivale a la fase IV de los ensayos clínicos). 	<ol style="list-style-type: none"> Conocer el concepto de Química Médica o Farmacéutica y las áreas de conocimiento que contribuyen a ella. Definir qué es la actividad biológica de una sustancia. Definir qué es una droga farmacológica y en qué momento (pronóstico, diagnóstico o tratamiento) se pueden usar. Conocer las principales rutas de administración de fármacos y por qué se usa cada una. Distinguir entre efecto terapéutico, placebo y nocebo. Qué son y utilidad de los ensayos de doble ciego. Conocer qué son los efectos adversos y secundarios. Definir y saber calcular numérica y gráficamente efectividad y seguridad de un fármaco a partir de las definiciones de índice terapéutico, dosis efectiva, dosis letal, dosis tóxica, ventana terapéutica y biodisponibilidad. Conocer y distinguir tolerancia de adicción. Conocer el proceso de desarrollo de nuevas drogas, principalmente de índole biotecnológico e in silico. Conocer las etapas y costes de las que consta el proceso de desarrollo de nuevos fármacos. Saber qué es un compuesto líder y una entidad química. Conocer la etapas de los ensayos preclínicos y clínicos. 	<ul style="list-style-type: none"> Se les muestra una imagen de microscopía confocal realizada en el Instituto de Química Médica (situado a 50m del IES). Se observa un bacteriófago infectando a una bacteria. Se les pregunta: ¿Cuántas áreas de conocimiento creéis que están implicadas para haber conseguido esta imagen? ¿Decidme lugares/países en que creéis que se ha tomado. Aprovechando el revuelo causado por la compañía homeopática Boiron, les pongo un vídeo realizado por la propia compañía para explicar cómo hacen sus productos. Se les pregunta qué les parece y debatimos un poco sobre la legislación vigente al respecto así como sobre la diferencia entre “producto registrado” y “medicamento”, aunque ambos sean “de venta en farmacia”. Por otro lado, ¿cuánto cuesta sacar un medicamento al mercado? ¿A todos los productos sanitarios (incluidos los medicamentos) se les exigen los mismos estándares de calidad en cuanto a seguridad y eficacia demostrada? 	<ul style="list-style-type: none"> 2 sesiones para la teoría, razonándola a medida que se imparte. 1 sesión ejercicios teórico-prácticos (los propuestos en el libro de texto y extraídos de exámenes del BI).

Bloque: Medical Chemistry (Química Médica)

Temas	Contenidos	Objetivos	Actividades para reflexionar	Temporalización
<p>Tema 2: Aspirina y Opiáceos, Penicilina y antivirales.</p> <p>(Se corresponde con los temas D2, D3 y D5 del BI)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Productos naturales en medicina. De la medicina tradicional al desarrollo actual. 2. La Aspirina como ejemplo: historia de su desarrollo. Síntesis química actual. Grupos funcionales que la componen. Cómo determinar su pureza y mejorar sus características (biodisponibilidad, disminuir efectos secundarios, etc.) 3. Concepto de analgésico de media potencia y alta potencia. Efectos terapéuticos y secundarios de la aspirina. 4. Analgésicos no opiáceos o no narcóticos (también denominados anti-inflamatorios no esteroideos -AINES-, con ejemplos) y opiáceos (con ejemplos). 5. Escalera del dolor. 6. Cómo funcionan a nivel fisiológico, por qué se diferencian y cuál es su impacto en salud entre AINES y opiáceos. Efectos terapéuticos, secundarios y ventana terapéutica. Barrera hematoencefálica. 7. Opio y opiáceos. Alcaloides. Derivados opiáceos usados como drogas de abuso: la heroína. 8. La droga como mercado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distinguir qué llamamos producto natural y cómo ha evolucionado la medicina actual a partir de la tradicional. Riesgos y control de dosis del principio activo y secundarios al ingerir "productos naturales". 2. Conocer la historia del desarrollo de la aspirina y alguno de sus derivados hasta nuestros días. Cómo hacerla más soluble. 3. Conocer y diferenciar analgésicos de media potencia, también denominados antiinflamatorios no esteroideos o analgésicos no opiáceos (con ejemplos, como la aspirina o el ibuprofeno) de aquellos analgésicos fuertes como los narcóticos (con ejemplos, morfina, opio). 4. Conocer la estructura de la aspirina y otros AINES. 5. Conocer la Escalera del dolor y el motivo de elección entre un tipo de analgésico y otro. 6. Mecanismo de acción y efectos secundarios asociados a cada grupo de analgésicos, de manera general. Relacionar el mecanismo de acción con el efecto terapéutico y secundarios. 7. Drogas de abuso derivadas de opiáceos. 8. Conocer la problemática del mercado de la droga: impacto económico, social; sus causas y consecuencias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les traigo el último número de la revista científica <i>Nature Medicine</i>. Algunos nunca antes han tenido una de ellas en sus manos. Les pido que la ojeen, que vean cómo se publica, cómo firman los autores, qué temas se tratan y les pregunto su opinión. Aprovecho para preguntarles si saben cómo funciona la ciencia actual, si saben qué es la revisión por pares y si conocen que para publicar hay que pagar y para leer también (en general, y a pesar de estar hecha la investigación con fondos públicos en la mayoría de ocasiones), que cada vez más hay revistas abiertas públicas. - Se muestran diferentes pinturas que recogen cómo se ejercía la medicina en siglos anteriores. Una de ellas refleja una sangría; otra una trepanación y otra la disección de un cadáver. Se les pregunta qué creen que están haciendo y por qué creen que lo hacían. ¿Por qué hoy no creemos lo mismo? - Se les muestran dos artículos científicos en que se evalúa y cuantifica la composición de hojas de sauce sometidas a estrés biótico, abiótico o sin estrés. Se observa cómo la composición (cualitativa y cuantitativa) varía fuertemente, apareciendo compuestos tóxicos en las hojas. Cuestiones que surgen: ¿"Medicina tradicional" es mejor? y lo ecológico o natural, ¿es siempre es más sano?; Aparición de terapias alternativas "naturales" por doquier, pero ¿en qué consiste un fármaco y por qué funciona? ¿cómo podrían asegurarse esa calidad y composición tomando el producto directamente del medio?. 	<p>Parte I: Aspirina y opiáceos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1,5 sesiones de teoría razonada. - 0,5 sesiones de ejercicios teórico-prácticos (los propuestos en el libro de texto y extraídos de exámenes del BI).

Bloque: Medical Chemistry (Química Médica)				
Temas	Contenidos	Objetivos	Actividades para reflexionar	Temporalización
<p>Tema 2: Aspirina y Opiáceos, Penicilina y antivirales.</p> <p>(Se corresponde con los temas D2, D3 y D5 del BI)</p>	<p>9. Características principales y aquellas diferenciales entre bacterias (Gram+ y Gram-), virus, hongos/ levaduras y células eucariotas.</p> <p>10. Bases bioquímicas y funcionales de la selectividad y especificidad de medicamentos antibacterianos, antivirales, antifúngicos y antiparasitarios.</p> <p>11. La Penicilina: historia de su identificación (serendipia) y desarrollo en una droga. Mecanismos de acción de la penicilina.</p> <p>12. Importancia del anillo beta-lactámico. Estructura general de las penicilinas G, radical R y grupos funcionales.</p> <p>13. La transpeptidasa.</p> <p>14. Resistencia a antibióticos. Mutación y evolución genética Penicilasa.</p> <p>15. Concepto de profiláctico.</p> <p>16. Multiresistencia a drogas y responsabilidad social.</p> <p>17. Virus: concepto de alta tasa de mutación, cápside, capsómero, tipos de virus y ciclo lítico y lisogénico. "Ciclo vital de un virus".</p> <p>18. Drogas antivirales principales, estructura y mecanismo de acción: bloquear <i>attachment</i>, <i>uncoating</i> e inyección del material genético, biosíntesis de los componentes virales por la maquinaria celular y liberación de los virus desde la célula.</p> <p>19. Retrovirus. VIH, SIDA y su epidemia.</p>	<p>9. Conocer las características principales de los seres celulares y acelulados principalmente patógenos a humanos: bacterias, virus, parásitos y hongos/ levaduras.</p> <p>10. Identificar las principales diferencias entre ellos como base de la posibilidad de producir fármacos específicos.</p> <p>11. Historia del desarrollo de la penicilina.</p> <p>12. Identificar y conocer la estructura general de las penicilinas G (benzilpenicilina, radical R, anillo betalactámico) y su mecanismo de acción derivado.</p> <p>13. Conocer qué es la transpeptidasa y la base de su inhibición por penicilinas.</p> <p>14. Concepto de mutación genética y evolución en aparición de resistencias a antibióticos. Aparición de multiresistencias. Motivos, consecuencias y cómo evitarlo.</p> <p>15. Conocer los componentes principales de un virus y su mecanismo de infección, replicación y liberación de la célula diana.</p> <p>16. Conocer las principales drogas antivirales (amanidina, rimantadina, acyclovir, zidovudina, oseltamivir y zanamivir) y su mecanismo de acción.</p> <p>17. Conocer que es un retrovirus, así como el VIH, el SIDA y la epidemia.</p>	<p>- Les entrego varias placas tipo Petri que contienen fibroblastos embrionarios de ratón que, tras crecer en colonias, fueron fijados a la placa con formaldehído y teñidos con cristal violeta (un colorante básico) para proceder al conteo del número de colonias y número de células por colonia. Junto a la placa les dejo un magnificador 10X para que observen con detenimiento. Les pregunto qué ven, por qué creen ver lo que dicen y cómo creen que lo he conseguido. Una vez generado el debate les explico que forma parte de mi investigación y que respuesta se obtuvo.</p> <p>- Los CONTENIDOS 9 y 10 no forman parte del temario, pero estimo conveniente explicárselo por varios motivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Es la base del entendimiento de la especificidad y selectividad farmacológica. 2. La importancia de saber de Biología y hacer investigación básica, para poder identificar dianas específicas de acción farmacológica. 3. Ayuda a la reflexión y el pensamiento crítico. 4. Los alumnos BI de Ingeniería no ven Biología desde 3º ESO, desconociendo, por tanto, las principales diferencias entre los distintos tipos de células y seres acelulados. 5. Me valgo de representaciones e imágenes de microscopía para que se familiaricen con las técnicas de biología molecular. 	<p>Parte II: Penicilina y antivirales.</p> <p>- 1,5 sesiones de teoría razonada.</p> <p>- 0,5 sesiones de ejercicios teórico-prácticos (los propuestos en el libro de texto y extraídos de exámenes del BI).</p>

Bloque: Medical Chemistry (Química Médica)

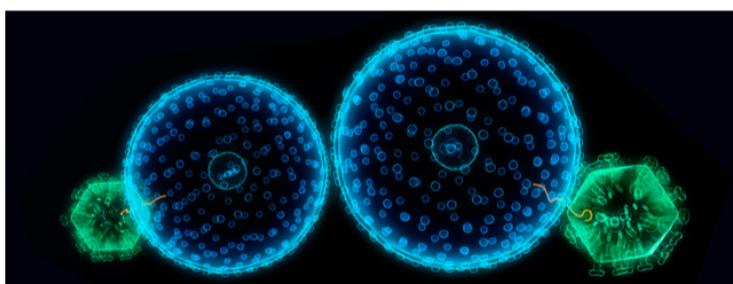
Temas	Contenidos	Objetivos	Actividades para reflexionar	Temporalización
<p>Tema 3: Impacto medioambiental de algunos medicamentos.</p> <p>(Se corresponde con el tema D7)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Residuos médicos, farmacéuticos e industriales y medio ambiente. Concepto de xenobiótico y compuestos farmacológicamente activos. 2. Resistencia a antibióticos y aparición de multirresistencia. Impacto social y económico. Cómo atajar el problema. 3. Basura nuclear. Compuestos radiactivos. Concepto de radionucleido. Tiempo de Semivida y semidesintegración. 4. Low-level waste (LLW) y High-level waste (HLW). 5. Tratamiento para LLW y HLW. 6. Uso y aplicación de radionucleidos en la industria farmacéutica y hospitalaria. 7. Uso y aplicación de radionucleidos para la generación de energía. Centrales Nucleares. 8. Solventes orgánicos (clorados) tóxicos usados en la industria farmacéutica y su tratamiento. 9. Uso de fluidos supercríticos en la industria. 10. Química Verde. Concepto, motivaciones, desarrollo, implicaciones socio-económicas. 11. Economía atómica. 12. Biotecnología en química verde: el caso del ácido shikimico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser consciente de que los procedimientos médicos, así como la industria farmacéutica, genera residuos contaminantes que hay que gestionar y/o procesar adecuadamente. 2. Conocer el concepto de xenobiótico y los principales residuos farmacológicamente activos, así como su impacto ambiental. 3. Conocer los motivos de la aparición de multirresistencias bacterianas, así como el impacto socio-económico de las mismas y posibles atajos al problema. 4. Conocer qué es un radionucleido, sus usos y aplicaciones (en ambiente hospitalario, industria y centrales nucleares), así como los tipos de basura nuclear que se generan: LLW y HLW. 5. Razonar y conocer por qué cada tipo de residuo nuclear sufre un tipo de tratamiento para su almacenaje hasta su eliminación y por qué. 6. Conocer qué son los solventes clorados. Estructura química, aplicaciones en la industria y el por qué de su alta toxicidad. 7. Qué son y ejemplos de uso de los fluidos supercríticos. 8. Asimilar el concepto de Química Verde y economía atómica. Entender las implicaciones socio-económicas. 9. Conocer cómo la biotecnología y biología básica pueden contribuir al desarrollo de la Química Verde. 	<ul style="list-style-type: none"> - La imagen que abre la presentación es de Alexander Litvinenko, antes y después de ser envenenado con Polonio radiactivo. Les pregunto si conocen el caso; si es así, que lo compartan. Cuestión: la radiación la podemos usar para diagnosticar y tratar (en quioterapia), pero también para matar. Eso depende de nuestra ética y responsabilidad para con nuestros semejantes. En cualquier caso es necesario conocer cómo la radiactividad afecta a los tejidos biológicos para poder usarla tanto en medio hospitalario, como para intentar frenar un envenenamiento tal. - Les muestro la serie de decaimiento del Uranio hasta plomo, junto con una imagen de piel y el poder de penetración de cada tipo de radiación ionizante. Les pido que me deduzcan por qué envenenaron a Litvinenko con Po210 y no con otro. - Les muestro dos imágenes de Madrid: una en que se ve la "boina" contaminante y otra de un atardecer. No tendríamos estos atardeceres sin contaminación, ya que la contaminación es la potencia la difracción de la luz. - Para que asimilen la toxicidad de los productos de la eliminación de solventes clorados les pongo como ejemplo el envenenamiento del político ucraniano Víktor Yúshenko con dioxinas y el uso del gas fosfeno como agente asfixiante en la I Guerra Mundial. 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 sesiones de teoría razonada. - 0,5 sesiones de ejercicios teórico-prácticos (los propuestos en el libro de texto y extraídos de exámenes del BI).

Bloque: Medical Chemistry (Química Médica)				
Temas	Contenidos	Objetivos	Actividades para reflexionar	Temporalización
EVALUACIÓN	Bloque Química Médica	<p>Valorar el grado de adquisición de conceptos, asimilación de contenidos e identificar posibles deficiencias conceptuales o prácticas que no se hayan transmitido adecuadamente y presenten dudas o un alto número de mal concepción.</p>		<p>- 0,5 sesiones.</p> <p>Incluye:</p> <p>1) Prueba <i>Kahoot</i>: Breve explicación del funcionamiento de la aplicación seguidos del juego (15 minutos).</p> <p>2) Entrega de premios: Libro Los Avances de la Química, del investigador Bernardo Herradón, dedicado o bien la visita a RNE y participación en la grabación de un programa del programa de divulgación científica "Entre Probetas", conducido por el investigador y profesor universitario José Antonio López Guerrero.</p> <p>3) Visualizado de las cuestiones con más fallos y debate con los alumnos del motivo (15 minutos).</p> <p>Las dudas que quedasen pendientes o requirieran una mayor profundidad, serán resueltas en horario no lectivo, vía virtual o en una próxima sesión a convenir con mi tutora de prácticas y los alumnos.</p>

ANEXO III : Presentaciones tipo *power-point* (impresas sin fase de composiciones o animaciones) de los temas a impartir.

Introducción a la Química Médica

2º BI - Tema D.1, págs. 717-724; Curso 2015-2016



2 virus (en verde) inyectando su material genético (naranja) a dos células eucariotas (azul).

FUENTE: INSTITUTO DE QUÍMICA MÉDICA, CSIC. C/Juan de la Cierva, 3. Madrid

ELENA CAMPOS SÁNCHEZ - ECAMPOS@CBM.CSIC.ES - @GONDWATEC
CENTRO DE BIOLOGÍA MOLECULAR SEVERO OCHOA, CSIC-UAM

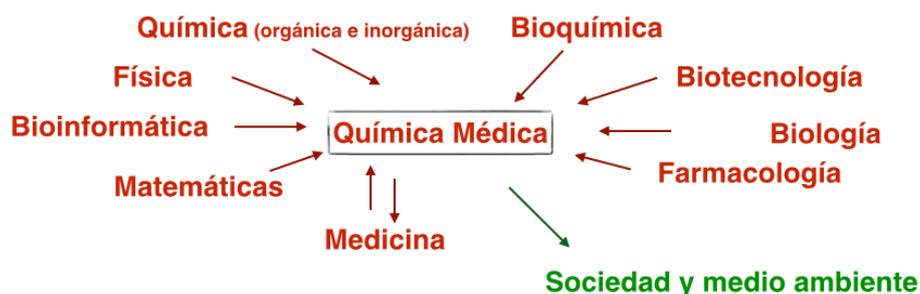
CONCEPTOS:

BIOTECNOLOGÍA: toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (*Convention on Biological Diversity, Article 2. Use of Terms, United Nations. 1992*).

Gran uso en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, ciencias forestales y medicina.

BIOMEDICINA: es el estudio de los aspectos biológicos de la medicina. Su objetivo fundamental es **investigar los mecanismos** moleculares, bioquímicos, celulares y genéticos **de las enfermedades humanas**.

QUÍMICA MÉDICA: Es el estudio de los compuestos bioactivos (o “drogas farmacéuticas”) que pueden ser usados en diagnóstico y terapia.



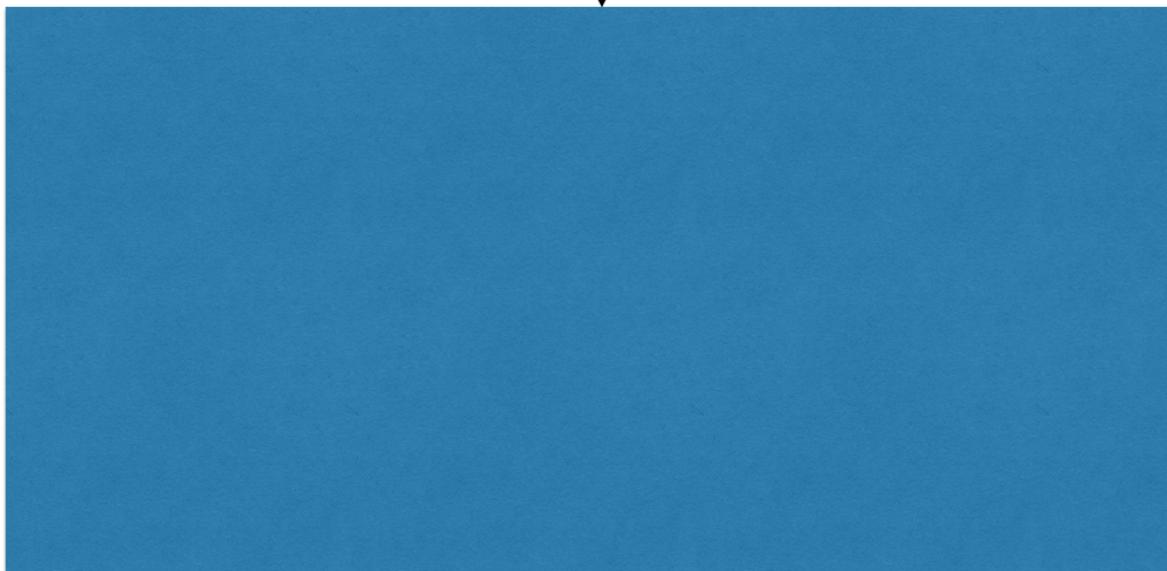
Química Médica, OBJETIVO PRINCIPAL: descubrir, diseñar y desarrollar nuevos **compuestos bioactivos** (o drogas farmacéuticas) susceptibles de uso terapéutico (o para diagnóstico).

¿de dónde lo obtengo? ¿origen?

la Naturaleza + investigación + creatividad + tecnología

PRINCIPIO ACTIVO (compuesto líder)

Ensayos PRE-CLÍNICOS (en células o animales)



Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿de dónde lo obtengo? ¿origen?

la Naturaleza + investigación + creatividad + tecnología

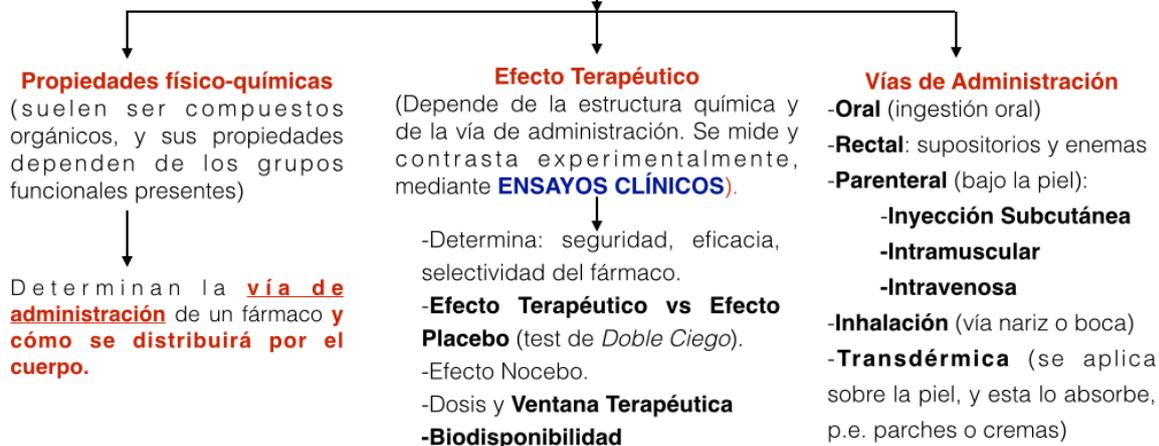
PRINCIPIO ACTIVO (compuesto líder)

Ensayos PRE-CLÍNICOS (en células o animales)

Droga o compuesto bioactivo

(Dirigido a humano)

pueden ser clasificados según su



Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

Vías de Administración

Major routes of administration

Enteral routes Oral Sublingual Rectal	Inhalational Transdermal
Parenteral routes Intra venous intra muscular intra peritoneal Intrathecal intramedullary Intra-arterial Intra-articular Subcutaneous Intracardiac Eoidural	Topical route Conjunctival, nasal Auditory, vaginal Urethral Inunction Dermal

Route for administration

-Time until effect-

□ intravenous	30-60 seconds
□ intraosseous	30-60 seconds
□ endotracheal	2-3 minutes
□ inhalation	2-3 minutes
□ sublingual	3-5 minutes
□ intramuscular	10-20 minutes
□ subcutaneous	15-30 minutes
□ rectal	5-30 minutes
□ ingestion	30-90 minutes
□ transdermal (topical)	variable (minutes to hours)

Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿Cómo evaluar un nuevo fármaco?

Efecto Placebo:

“Placebo” hace referencia a una sustancia **INERTE** en términos de bioactividad.

El “Efecto Placebo” es la “acción terapéutica del placebo”, es decir, es la **mejoría** que dice sentir un individuo tras tomar placebo, y que es **debido a un efecto psicógeno** (o psicósomático) **por creación de expectativas positivas** hacia un posible tratamiento por parte del paciente.

INCISO: El “Efecto Nocebo”, por contra, haría referencia al empeoramiento psicógeno de la salud o el bienestar debido a la creación de expectativas negativas frente a un posible tratamiento por parte del paciente.

EFEECTO TERAPÉUTICO:

Para que una sustancia se considere tener **EFEECTO TERAPÉUTICO** ha de haberse **contrastado** y verificado **pre-clínica** y **CLÍNICAMENTE** a nivel fisiológico (del organismo), en ensayo con animales o pacientes, respectivamente, que efectivamente el compuesto bioactivo probado **mejora la salud SIGNIFICATIVAMENTE por encima de un efecto placebo**, preferiblemente en **ENSAYOS DE DOBLE CIEGO** (el investigador no sabe qué grupo de animales está siendo tratado con placebo o sustancia bioactiva a validar, o ni el paciente ni el médico saben qué está tomando el paciente).

En ensayos clínicos, en general, el “placebo” suele ser la “píldora” con todo excepto el “principio activo” a valorar.

EFECTOS SECUNDARIOS (side effects):

Cuando una sustancia es “bioactiva”, es decir, tiene actividad biológica, además de los efectos TERAPÉUTICOS (deseables para el tratamiento de una determinada patología) que pueda tener, lo más probable es que también tenga algún **EFEECTO INDESEADO o no beneficioso/adverso para la salud del paciente**. Estos son los “Efectos Secundarios”. De aquí se definen la “DOSIS LETAL” (en ensayos pre-clínicos) y “DOSIS TÓXICA” (en humanos -ensayos clínicos-).

INCISO: Una sustancia INERTE, lógicamente, carecerá también de efectos secundarios.

RECOMENDACIÓN: Si te venden una sustancia como terapéutica y “sin efectos secundarios”, DUDA MUCHO.

Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿Cómo evaluar un nuevo fármaco?

EFFECTIVIDAD y SEGURIDAD:

Efectividad: Que el fármaco funcione, es decir, que cure o mejore sustancialmente POR ENCIMA DEL PLACEBO aquello para lo que se publicita.

Seguridad: Que el ratio Riesgo vs Beneficio sea baja. Es decir, que los efectos secundarios sean mínimos o ínfimos en comparación con los beneficios obtenidos por el paciente.

La **efectividad y seguridad** de una droga farmacéutica pueden ser expresadas a partir de su:

Índice Terapéutico, TI: relación (o ratio) entre la dosis terapéutica frente a la tóxica (o letal) de la droga:

$$TI \text{ (en animales)} = LD_{50}/ED_{50}$$

$$TI \text{ (en humanos, principalmente)} = TD_{50}/ED_{50}$$

Dosis Efectiva (ED): es la mínima dosis de la droga que produce el efecto terapéutico deseado. Si este efecto se produce en el 50% de los animales de laboratorio o pacientes humanos, entonces se denomina ED_{50} .

Dosis Letal (LD): SÓLO EN ANIMALES. Es la mínima dosis de la droga que causa la muerte en animales de laboratorio. Si muere el 100%, se denomina LD_{100} ; si causa la muerte del 50% de los animales, entonces sería LD_{50} .

Dosis Tóxica (TD): dosis que causa toxicidad (un efecto adverso) para los pacientes. Si la dosis causa el efecto adverso en el 50% de los pacientes, entonces se denominaría TD_{50} .

¿Qué significa entonces el Índice Terapéutico, TI?

Cuanto MAYOR SEA EL ÍNDICE TERAPÉUTICO MÁS SEGURA SERÁ LA DROGA.

Por ejemplo: Droga A: $ED_{50}=1\text{gr}$. $TD_{50}=300\text{gr}$ $\rightarrow TI_A = 300/1 = 300$ \rightarrow Significa que el paciente tiene que tomar 300 veces la dosis efectiva para que le resulte tóxica.

Si $TI = 2$, la "sobredosis" de droga (con efectos adversos para el 50%) se produciría excediendo sólo 2 veces la dosis recomendada.

Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

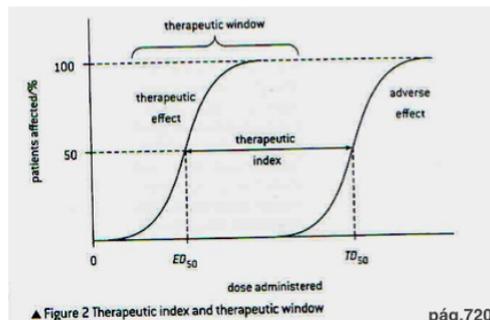
¿Cómo evaluar un nuevo fármaco?

EFFECTIVIDAD y SEGURIDAD: ÍNDICE TERAPÉUTICO, dosis efectiva, dosis letal y dosis tóxica.

$$TI \text{ (en animales)} = LD_{50}/ED_{50}$$

$$TI \text{ (en humanos, principalmente)} = TD_{50}/ED_{50}$$

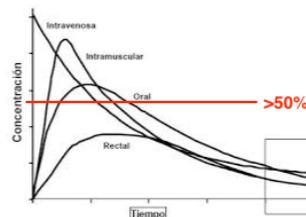
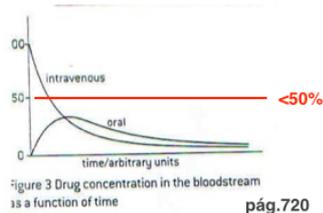
VENTANA TERAPÉUTICA: Rango de dosis entre las cantidades mínima de droga que producen el efecto deseado y la que produce un efecto adverso inaceptable.



¿Toda la droga que se administra llega a su órgano diana?

BIODISPONIBILIDAD:

Es la **fracción de la dosis administrada que es absorbida** (que llega al **torrente sanguíneo**). Por definición, cuando una droga es administrada **vía intravenosa**, su **biodisponibilidad** es del **100%**. La biodisponibilidad, que dependen de la vía de administración así como de las propiedades físico-químicas del fármaco y su "vehículo", es específica para para cada fármaco.



Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿Cómo evaluar un nuevo fármaco?

TOLERANCIA y ADICCIÓN farmacológicas

Tolerancia: Cuando se reduce la respuesta del cuerpo a la droga. **Cuando los usuarios de una droga necesitan progresivamente mayores dosis de esa droga para conseguir el mismo efecto terapéutico**, pudiéndose llegar a reducir el TI peligrosamente, ya que, generalmente, los efectos secundarios (TD) no se reducen. Esto puede ocurrir porque el organismo responde al tratamiento acelerando el metabolismo de la droga o bien porque cambian las funciones biológicas. (p.e. Opiáceos y narcóticos)

Adicción: Deseo compulsivo de consumir una droga farmacológica a pesar de haber desaparecido o aminorado los problemas de salud por los cuales se consumía, y a pesar de que ya resulte nocivo. La **adicción** puede ser tanto **psicológica** como **fisiológica** (en general cuando se retira un fármaco de manera brusca, y el cuerpo se había acostumbrado a ella). (p.e. alcohol o nicotina).

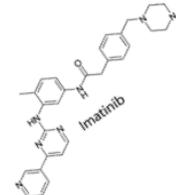
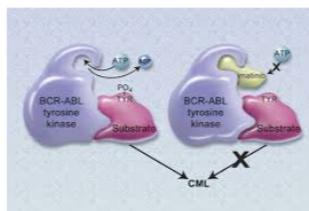
Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿Cómo IDENTIFICA O DISEÑA un nuevo fármaco? desarrollo de nuevas drogas

1.-Identificar el problema biológico (qué provoca y cómo se produce la enfermedad)

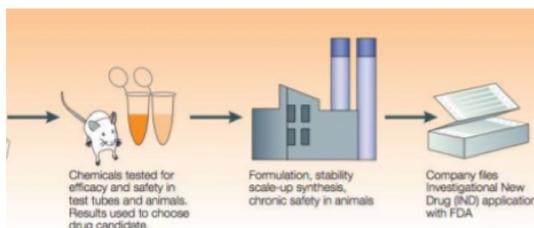


2.-Screening de nuevas drogas, identificación y diseño.
(enzimas, receptores, inhibidores; diseño *in silico* -por ordenador-)



3.-Identificación y validación del compuesto líder (Lead compound or New Chemical Entity, NCE).

ENSAYOS PRECLÍNICOS (con animales)



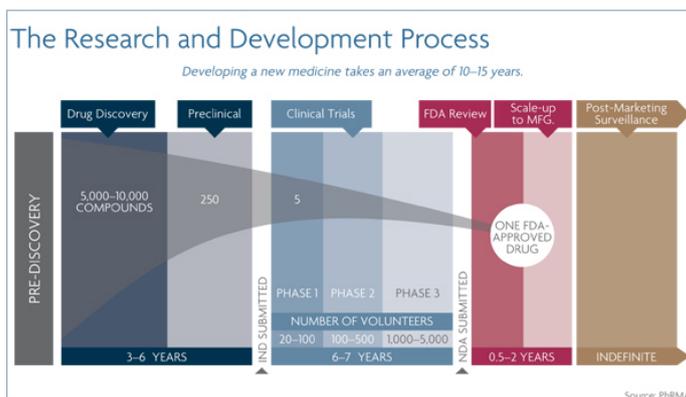
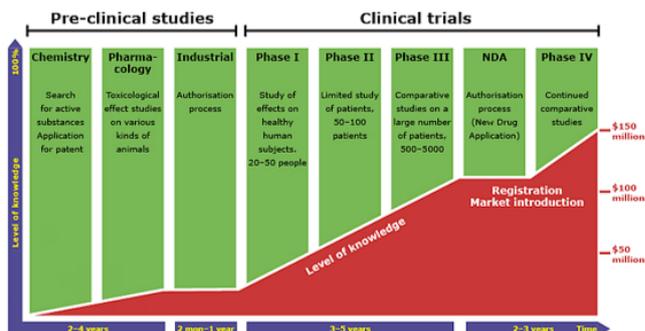
4.-Ensayos CLÍNICOS (seres humanos)

Clinical trials (pag. 723)

Phase	Subjects	Test results
I	small number of healthy	toxicity and safety dosage (TD50), side effects
II	small number of patients	effectiveness and effective dosage (ED50), safety and side effects
III	large number of patients	comparison with other available drugs, drug compatibility, further data on effectiveness, safety and side effects
IV	Any patient who takes the drug	post-clinical studies. Determine long-term effects and chronic toxicity.

Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

¿Cómo IDENTIFICA O DISEÑA un nuevo fármaco? desarrollo de nuevas drogas



Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

Dudas

IMPORTANTE:
Medicamentos homeopáticos
 ¿qué son? ¿siguen el mismo procedimiento de desarrollo y vigilancia?
www.boiron.es
<https://www.youtube.com/watch?v=afCMTmERI1U>

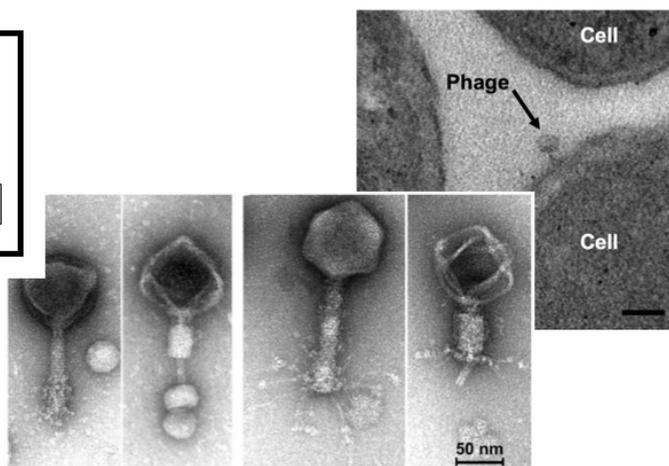
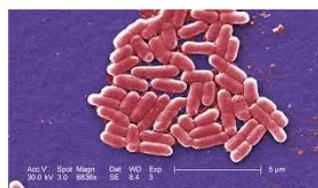
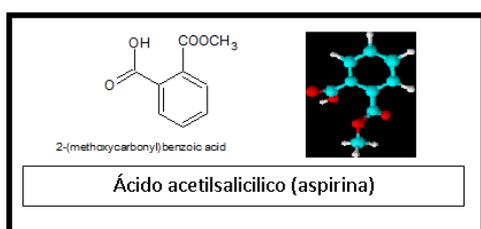
IMPORTANTE:
 Un producto farmacéutico puede estar Registrado (R), y aprobado para su venta, y NO ser UN MEDICAMENTO CON EFECTO TERAPÉUTICO.
 Los MEDICAMENTOS TERAPÉUTICOS ESTÁN EN:
<http://www.aemps.gob.es/>

Introducción a la Química Médica - 2º BI - Tema D.1, págs. 717-724 - CURSO 2015/2016

Aspirina, penicilina y antivirales

2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Curso 2015-2016

2º BI - Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016



ELENA CAMPOS SÁNCHEZ - ECAMPOS@CBM.CSIC.ES - @GONDWATEC - CENTRO DE BIOLOGÍA MOLECULAR SEVERO OCHOA, CSIC-UAM

Historia de la Medicina. Productos NATURALES en MEDICINA

Las **diferentes culturas antiguas**, a base de prueba y error (de **experimentación**), fueron identificando qué plantas o sustancias, ingeridas o empleadas de determinada forma, les hacían mejorar sus males o enfermedades. Con las conquistas y migraciones, se acumularon conocimientos técnicos e intercambiaron sabidurías. **Pero no sabían por qué ni cómo funcionaba.**

A medida que **la Ciencia avanzó**, y se produjo el desarrollo tecnológico suficiente, se fueron **descubriendo** los "**compuestos concretos**" responsables de los diferentes efectos beneficiosos y nocivos que formaban parte de esta "farmacopea" tradicional; así como se fueron descartando otras opciones por ser el resultado de creencias y no de evidencias prácticas contrastables y contrastadas.

La MEDICINA ACTUAL surge de la mejora consciente y racional del acervo de las diferentes medicinas tradicionales, gracias a la tecnología y a las diferentes disciplinas (biotecnología, química, etc.)



Médicos medievales practicando la trepanación.



Sangría.



Digitalis o dedalera.

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Historia de la Medicina. Productos NATURALES en MEDICINA

CASO PRÁCTICO: la Aspirina



Sauce blanco. Wikipedia

Los asirios usaban el extracto de sus hojas como analgésico y antipirético en el 4000 a.C.; sumerios, antiguos egipcios y chinos lo mascaban (hoja o corteza) como analgésico (3500-500 a.C.). Hipócrates (460-370 a.C.), padre de la medicina griega, lo usaba frente a dolores y fiebre. También los indios americanos.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610310000578>)

TABLE 1. Cuticular wax composition in three *Salix* taxa ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Data are means \pm SD, N = 3.

Wax class	<i>S. alba</i>	<i>S. fragilis</i>	<i>S. *rubens</i>
Alcohols	13.0 \pm 0.2	7.8 \pm 0.1	18.1 \pm 1.0
Fatty acids	14.7 \pm 0.8	3.6 \pm 0.4	12.3 \pm 1.2
Aldehydes	5.2 \pm 0.1	3.8 \pm 0.3	11.6 \pm 0.2
Alkanes	5.0 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1	3.9 \pm 0.1
Wax esters	1.2 \pm 0.1	0.8 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1
Ketones*	0.6 \pm 0.1	n.d.	0.4 \pm 0.1
Alkan-2-ols*	0.2 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1
Unidentified	2.9 \pm 0.1	1.9 \pm 0.1	2.6 \pm 0.1
Total	42.8	19.4	50.4

*tentatively identified

http://www2.ib.uj.edu.pl/abc/pdf/50_2/049-054-Szafranek.pdf

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Historia de la Medicina. Productos NATURALES en

CASO PRÁCTICO: la Aspirina



Sauce blanco. Wikipedia

<http://www.scielo.br/pdf/jbchs/v23n2/a03v23n2.pdf>

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Vol. 23, No. 2, 2012

Silva et al.

209

Table 1. Volatile compounds identified in the essential oils from the intact leaves, grasshopper-infested leaves (biotic stress) and mechanically damaged leaves (abiotic stress)

Compounds*	RI		Composition on leaves / %					
	RI [†]	RI [‡]	Intact		Abiotic stress		Biotic stress	
			%	$\mu\text{g mg}^{-1}$	%	$\mu\text{g mg}^{-1}$	%	$\mu\text{g mg}^{-1}$
Hexenol	863	1356						
p-Cymene	1089	1284					0.1	1.1
Terpinem-4-ol	1174	1625					3.9	41.8
p-Cymen-9-ol	1204	1538					0.3	3.2
Eugenol [§]	1356	2014					9.1	97.5
(E)- β -Elemene	1389	1621					0.6	6.4
α -Gurjunene	1409	1598					2.0	21.4
E-Caryophyllene [¶]	1417	1601	0.3	3.2	0.2	1.9	1.9	20.4
(E)- α -Ionone	1428	1821			0.2	1.9		
α -Humulene [¶]	1452	1645					0.6	6.4
(E)- β -Ionene	1487	1785			0.5	4.8		
epi-Cubanol	1493	2039			0.3	2.9		
Amorphene	1495	1699					11.0	117.9
Viridiflorol	1496	1701					1.5	16.1
α -Pentadecane	1500	1509			0.4	3.8		
Myrticidin [¶]	1517	1939			3.4	32.4		
Eugenol acetate [¶]	1521	1805					5.0	53.6
Zamarene	1528	1792			0.4	3.8		
α -Calacorene	1544	2208	0.4	4.3				
Elemol	1548	2089		0.0			1.1	11.8
E-Nerolidol [¶]	1561	2020	0.7	7.5	16.7	159.0		
3Z-Hexenyl benzoate	1565	1715					0.3	3.2
Spathulenol	1577	2085	0.1	1.1			0.5	5.4
Caryophyllene oxide [¶]	1582	2019	1.2	12.9	0.6	5.7	0.3	3.2
Glabrol	1590	2080	0.6	5.9	0.5	4.4		
Viridiflorol	1593	2101	0.6	6.1				
Ledol	1602	2032	0.6	6.4			0.3	3.2
Humulene epoxide II	1608	2025	1.1	11.8	0.3	2.9	0.3	3.2
DBIapiole [¶]	1620	1962			55.3	523.8		
Muurota-4-(10(14)-dien-1- β -ol	1630	2149	1.7	18.2				
Gymnomitron	1631	1855	24.9	266.8	0.08	0.8	0.07	0.8
Cubanol	1645	1999	1.0	10.7				
Cedr-8(15)-em-9- α -ol	1650	2118					0.8	8.6
α -Cadinol	1652	2194	1.7	18.2	0.3	2.9		
trans-Calamen-10-ol	1668	2335	0.7	7.5				
Mustakone	1676	2365	0.4	4.3				
Caryophyllene <14-hydroxy-4,5-dihydro-	1706	2379	9.3	99.6			0.01	0.1
Benzyl benzoate	1759	2072					3.8	40.7
Hexadecanoic acid	1959	2861					4.0	42.3
Ethyl hexadecanoate	1993	2251					4.0	42.9
Oleic acid	2141	2432					28.0	300.0
Ethyl octadecanoate	2196	2446					2.0	21.4
Labd-7,13-dien-15-ol	2291	2592	26.8	287.1	0.06	0.6	0.07	0.8
TOTAL [‡]			72.4	78.9			81.6	

*Compounds are listed in order of their elution from an DB-SMS column. Retention indices as determined on non-polar DB-SMS[¶] and polar VF-WAXMS[¶] columns using the homologous series of n-alkanes. [†]Method of identification by injection of an authentic sample. [‡]Total percentage of compounds identified (retention indices of compounds unknown were not added in the table).

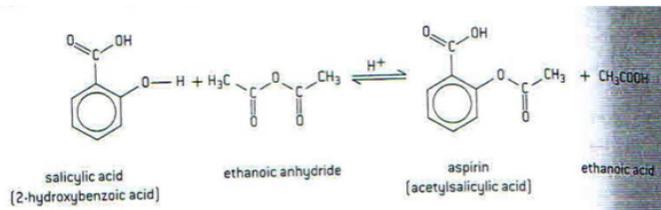
Historia de la Medicina. Productos NATURALES en MEDICINA

Las **MEDICINAS NATURALES** tienen muchas **desventajas**, incluyendo baja eficiencia, composición variable, inestabilidad y numerosos efectos secundarios causados por la presencia de muchas otras sustancias bioactivas en el mismo material (pág. 725).

CASO PRÁCTICO: la Aspirina



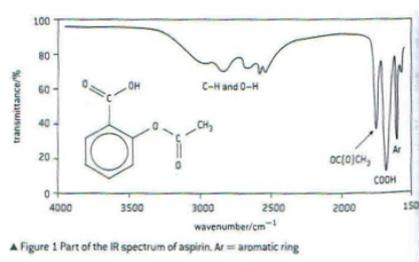
Sauce blanco. Wikipedia



Ácido salicílico puro (el que se obtiene directamente de la naturaleza) **causaba severos problemas digestivos** como irritación, sangrado y diarrea.

El **Ácido Acetil Salicílico** obtenido así, o mediante catálisis básica (pág. 726) se purifica mediante un doble proceso de cristalización.

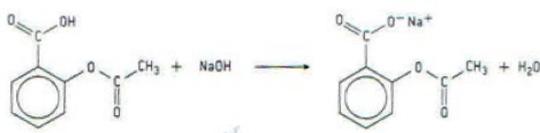
Su identidad y pureza se confirma por espectroscopía de Infrarrojos y punto de fusión.



Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

La ASPIRINA - ÁCIDO ACETIL SALICÍLICO

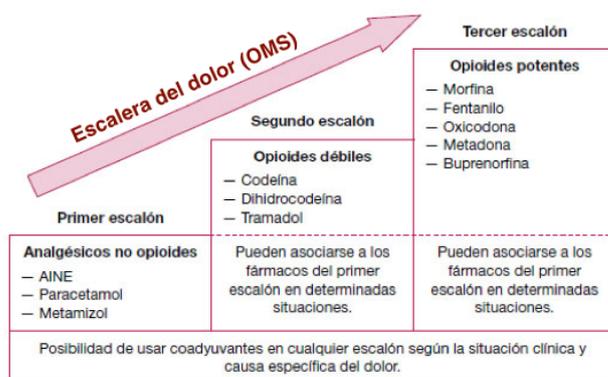
Solubilidad de la Aspirina



No es muy soluble, lo que limita su biodisponibilidad
 → Se neutraliza el carboxilo con NaOH → SAL

¿Qué efecto terapéutico tiene el Ác. Acetil Salicílico?

Pertenece a la clase de los **ANALGÉSICOS DE MEDIA POTENCIA**, también conocidos como **analgésicos no opiáceos** (o no narcóticos) o **antiinflamatorios no esteroideos (NSAIDs, en inglés; AINE, en español)**.



Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

La ASPIRINA - ÁCIDO ACETIL SALICÍLICO

Características de los NSAIDs

- **Analgésico:** por interacción directa con la fuente que estimula el dolor a nivel de sistema nervioso periférico, y no con el sistema nervioso central como hacen los opiáceos)
 - **Antipirético:** por bloqueo de la ciclooxigenasa, suprimen la producción de prostaglandinas, responsables de la fiebre, sudoración, etc.
 - **Antiinflamatorio** (causado por irritación, infección o daño físico)
 - **Anticoagulante** (SOLO LA ASPIRINA, por inhibición de la producción de prostaglandinas y tromboxanos (que estimulan la agregación plaquetaria; por lo que se usa para PREVENIR ATAQUES CARDIACOS E INFARTOS.
- ¡IMPORTANTE** ASPIRINA EN NIÑOS: Síndrome de Reye (irreversible daño hepático y potencial renal grave)

Alternativas a la Aspirina

Tienen, en general, menos efectos secundarios particularmente en niños

- **Paracetamol:** ventana terapéutica media, y altas dosis pueden causar daño hepático, renal y cerebral. En dosis indicada NO AFECTA A MUCOSA GÁSTRICA, RIÑÓN, NI HA COAGULACIÓN SANGUÍNEA.
- **Ibuprofeno:** Incrementa el riesgo de sangrado de estómago tomado simultáneamente con alcohol (al igual que la Aspirina).

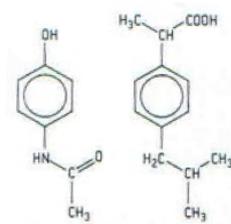


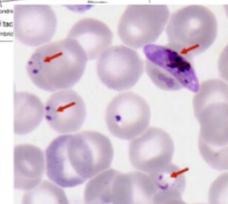
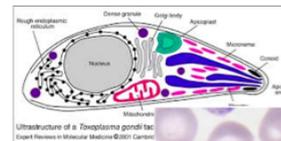
Figure 2 The structures of paracetamol (left) and ibuprofen (right)

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Aspirina, penicilina y antivirales

¿Qué nos enseña la Naturaleza?

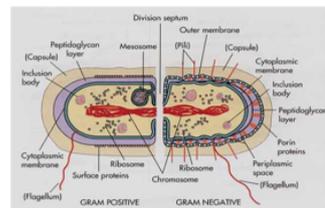
¿Cómo diseñar fármacos cuando otro ser vivo nos ataca?



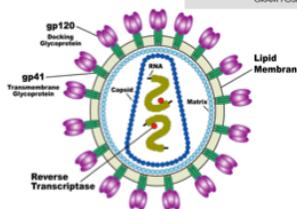
ANTIPARÁSITOS

ANTIFÚNGICOS (antihongos)

ANTIBIÓTICOS (sólo antibacterias)



Antivirales

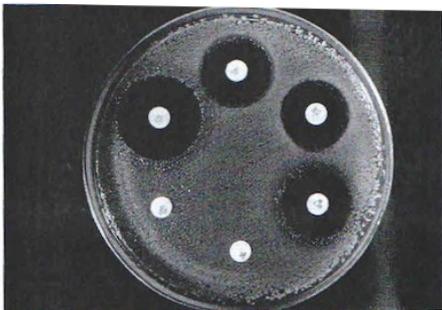


Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

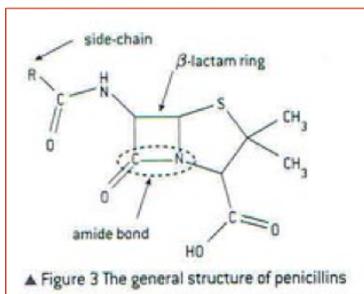
Desarrollo de la PENICILINA como fármaco

¿Qué nos enseña la Naturaleza?

SERENDIPIA y DESCUBRIMIENTO CIENTÍFICO: Observación, mente abierta, hipótesis, experimentos, repetición de resultados y FALSABILIDAD



▲ Figure 4 A Petri dish with a bacterial culture [grey] and six different antibiotics [white pellets]. Four antibiotics inhibit the bacterial growth (dark circles around the pellets). The remaining two pellets are surrounded by bacteria that are resistant to these drugs



Alexander Fleming, 1928. Un moho verde-azulado ha contaminado su placa e inhibe el crecimiento bacteriano.

DEBE haber una sustancia ANTIBACTERIANA

Identifica el hongo: género *Penicillium*. Llama a la "sustancia" PENICILINA

NO PUEDE AISLAR LA SUSTANCIA PURA.

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Desarrollo de la PENICILINA como fármaco

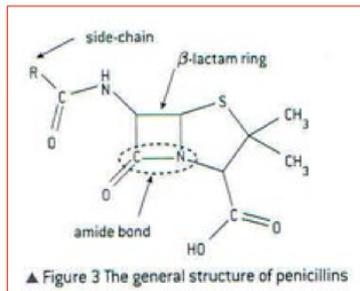
¿Qué nos enseña la Naturaleza? A Caminar a Hombros de Gigantes

1938, Howard Florey y Ernest Chain prueban el concentrado de "penicilinas" de Fleming en ratones con éxito.

1941, la usan sobre pacientes con éxito, pero se quedan sin penicilina y los pacientes recaen, y mueren.

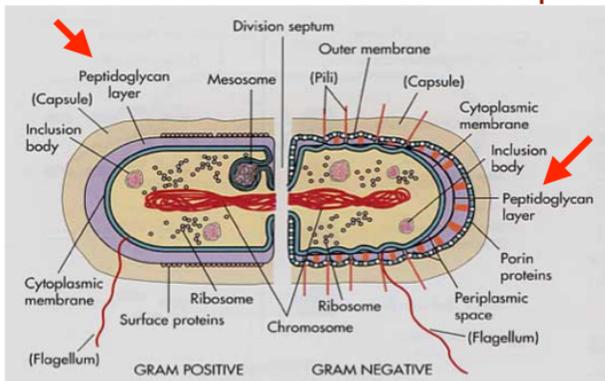
1943, Andrew Moyer y Margaret Rousseau desarrollan la tecnología para producir "penicilinas" a gran escala (crecen el hongo *penicillium* en tanques sobre "licor" de maíz fermentado).

1945, Dorothy Hodgkin determina la estructura química.



Benzylpenicillin or penicillin G (prefix "benzyl" refers to the side-chain (R))

¿Cómo funciona? MECANISMO DE ACCIÓN de la penicilina



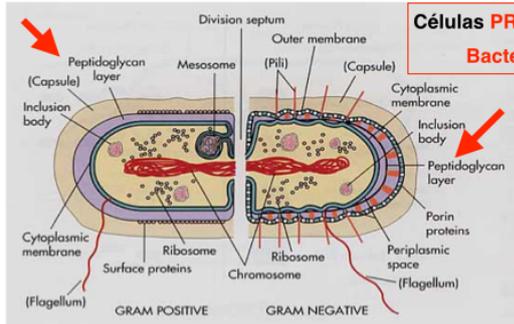
TODAS las PENICILINAS tienen en común el ANILLO BETA-LACTÁMICO, y éste es el RESPONSABLE de sus PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS.

Dentro de la bacteria, el ANILLO SE ABRE y se UNE IRREVERSIBLEMENTE a la enzima TRANSPeptIDASA, responsable del entre-cruzamiento (cross-linking) de la pared bacteriana.

Sin pared, la bacteria es sensible a las diferencias de "presión osmótica", y, en un ambiente hipoosmótico, el agua entra dentro de la bacteria hasta reventarla y hacerla morir.

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

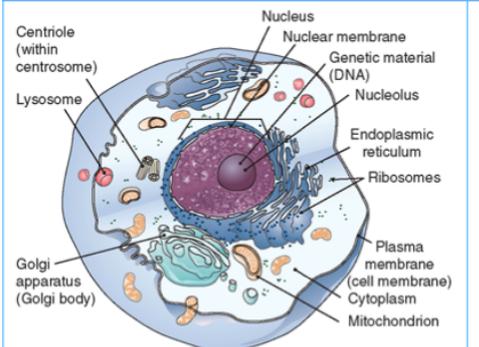
¿Qué les ocurre a las células de MAMÍFERO en presencia de PENICILINA? ¿Y a un virus?



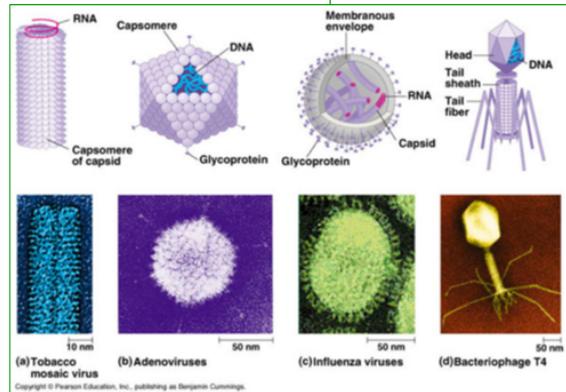
Células **PROCARIOTAS**: sin núcleo compartimentalizado
Bacterias: GRAM+ (con pared celular gruesa) o **GRAM-**

Al carecer de **transpeptidasa**, ni las células de **mamíferos** (incluyendo el ser humano) **ni los virus se ven afectados** por la **PENICILINA**.
 Es decir, la **PENICILINA ES UN ANTIBIÓTICO SELECTIVO**, frente a bacterias.

Células **EUCARIOTAS**: CON núcleo compartimentalizado
 Por ejemplo, las **CÉLULAS DE MAMÍFERO**

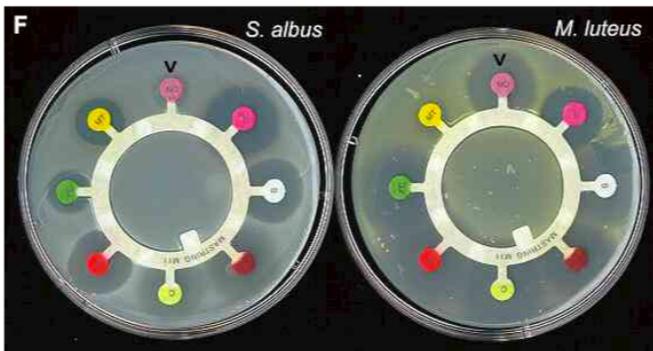


Diferentes tipos de virus



Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

MULTIDRUG RESISTANCE (MDR) e INFECCIONES NOSOCOMIALES

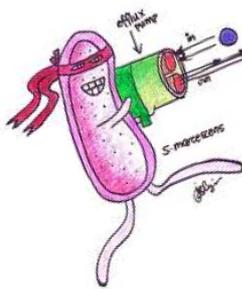


<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/penicill.htm>

Las penicilinas **han salvado más vidas** que cualquier otro fármaco. Redujo la ocurrencia y severidad de las infecciones y, **a partir de 1950 era prescrito rutinariamente**, a veces sin necesidad, y **como PROFILÁCTICO**.

Las **BACTERIAS MUTARON**, y desarrollaron grados de **RESISTENCIA** al antibiótico **INCREMENTANDO** la **PRODUCCIÓN** de la enzima **PENICILASA** (betalactamasa o *penicillinase*, que rompe el anillo beta-lactámico).

GUERRA: INVESTIGADORES vs BACTERIAS:
 Generación de nuevos antibióticos →
 Nuevas resistencias → nuevo antibiótico →
 Nueva Resistencia → **APARICIÓN DE BACTERIAS MULTIRRESISTENTES (MDR)**, peligroso en ambiente hospitalario (infecciones nosocomiales).

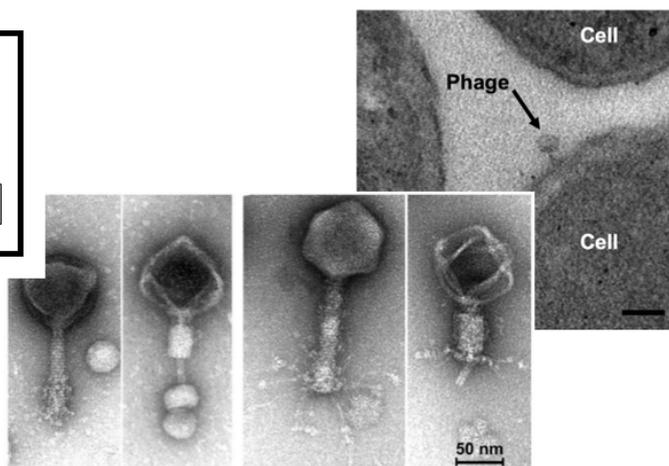
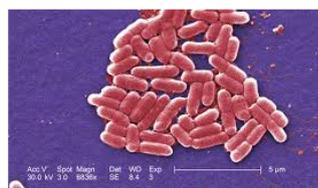
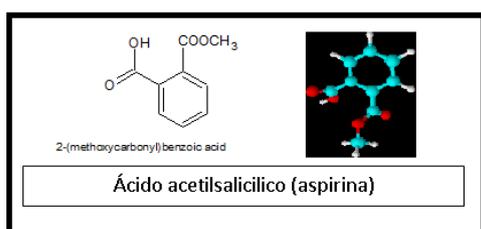


¿Qué podemos hacer?
 Usar **CÓCTELES DE ANTIBIÓTICOS** y ser **RESPONSABLES**: Antibióticos **SOLO** cuando sea necesario, bajo seguimiento y **CUMPLIENDO**, estrictamente, la **POSOLOGÍA** y **LOS DÍAS DE TRATAMIENTO**.

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Aspirina, penicilina y antivirales

2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Curso 2015-2016
2º BI - Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016



ELENA CAMPOS SÁNCHEZ - ECAMPOS@CBM.CSIC.ES - @GONDWATEC - CENTRO DE BIOLÓGIA MOLECULAR SEVERO OCHOA, CSIC-UAM

Fármacos ANTIVIRALES. ¿Qué es un virus?

Los **antibióticos** son **COMPLETAMENTE INEFICACES** frente a **VIRUS**.

BACTERIAS:

- Son células vivas
- Se alimentan
- Crecen, excretan
- Se reproducen
- Mueren
- TIENEN SU PROPIO METABOLISMO

VIRUS:

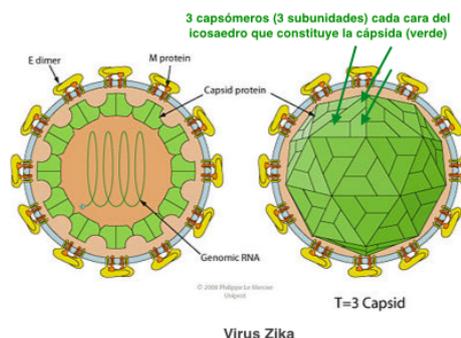
- Necesitan infectar a otro ser vivo, y utilizar el metabolismo de otro, para reproducirse.
- Se reproducen INTRACELULARMENTE.
- ALTA TASA DE MUTACIÓN GENÉTICA, con lo que se adaptan rápidamente a nuevos fármacos (RESISTENCIAS).

ESPECIFICIDADES PARA ATACARLOS:

- Conocer su ciclo vital
- Saber cómo infectan: identificar a la célula "diana" y las proteínas víricas responsables de iniciar la infección.
- Conocer su genoma: DNA o RNA
- Conocer su estructura: Cápside formada por "capsómeros" organizados en hélice o poliedro.

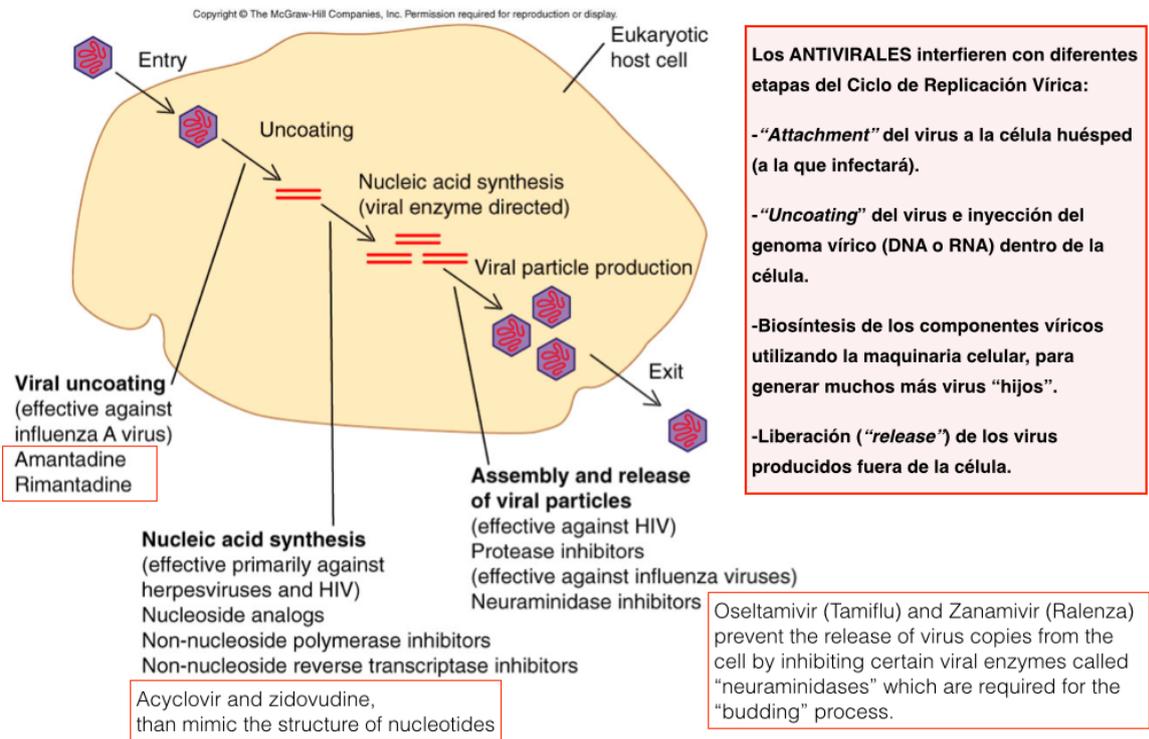


Smallpox virus (viruela)
EXISTE VACUNA EFECTIVA



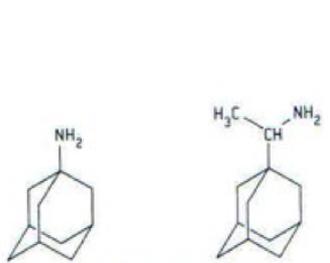
Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

Fármacos ANTIVIRALES. ¿Dónde/cómo/cuándo podemos bloquear la infección por un virus?

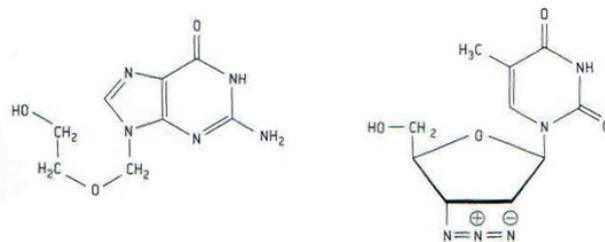


Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

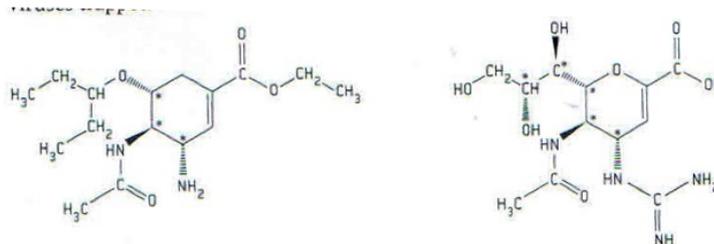
Estructuras de los ANTIVIRALES vistos. GRUPOS FUNCIONALES



▲ Figure 5 The structures of amantadine (left) and rimantadine (right)



▲ Figure 6 The structures of acyclovir (left) and zidovudine (right)



▲ Figure 7 The structures of oseltamivir (left) and zanamivir (right). The chiral carbon atoms are marked with asterisks; common structural features are shown in red

Págs. 746-747

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

HIV and AIDS (*Human immunodeficiency virus and Acquired Immunodeficiency syndrome*)



Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

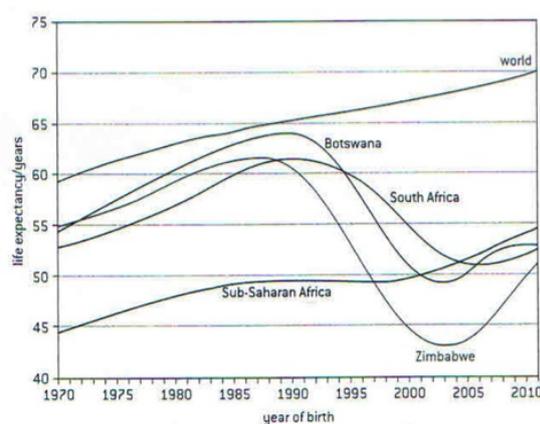
HIV and AIDS (*Human immunodeficiency virus and Acquired Immunodeficiency syndrome*)

El VIH (*Virus de la Inmunodeficiencia Humana*) es el agente RESPONSABLE del SIDA (*Síndrome de la Inmunodeficiencia Humana Adquirida*). Lleva 30 millones muertos desde 1980.

Este síndrome se caracteriza por **el fallo progresivo del sistema inmune, lo que lleva al desarrollo de infecciones oportunistas cada vez más frecuentes y recurrentes y cáncer.**

La inmunodeficiencia se produce, en parte, porque las células “diana” del virus son células sanguíneas (del sistema inmune, principalmente linfocitos T).

Es difícil de controlar la infección en un individuo concreto, así como desarrollar una vacuna o tratamiento efectivo generalizable a la población, debido a la **ALTA TASA DE MUTACIÓN del virus.**



▲ Figure 10 Life expectancy at birth for some sub-Saharan countries. The sharp fall in the 1990s was primarily due to the HIV/AIDS pandemic. Data from <http://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN>

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

HIV and AIDS (Human immunodeficiency virus and Acquired Immunodeficiency syndrome)

Pertenece a la **familia de los RETROVIRUS**, ya que su genoma es de ARN y el virus se ve obligado a usar una enzima específica, la **transcriptasa reversa (o retrotranscriptasa)**, que se llama así porque "retro-transcribe" ARN en forma de una molécula ADN, ADN que es "entendible" por la célula infectada. Sólo así el virus podrá usar la maquinaria (o metabolismo) celular para poderse replicar y dar lugar a más copias de virus.

Esta enzima **NO se halla en las células de mamífero infectadas**, tampoco en las humanas.

Por este motivo que **los tratamientos habituales frente al VIH se basan en CÓCETELES DE INHIBIDORES de la RETROTRANSCRIPTASA**.

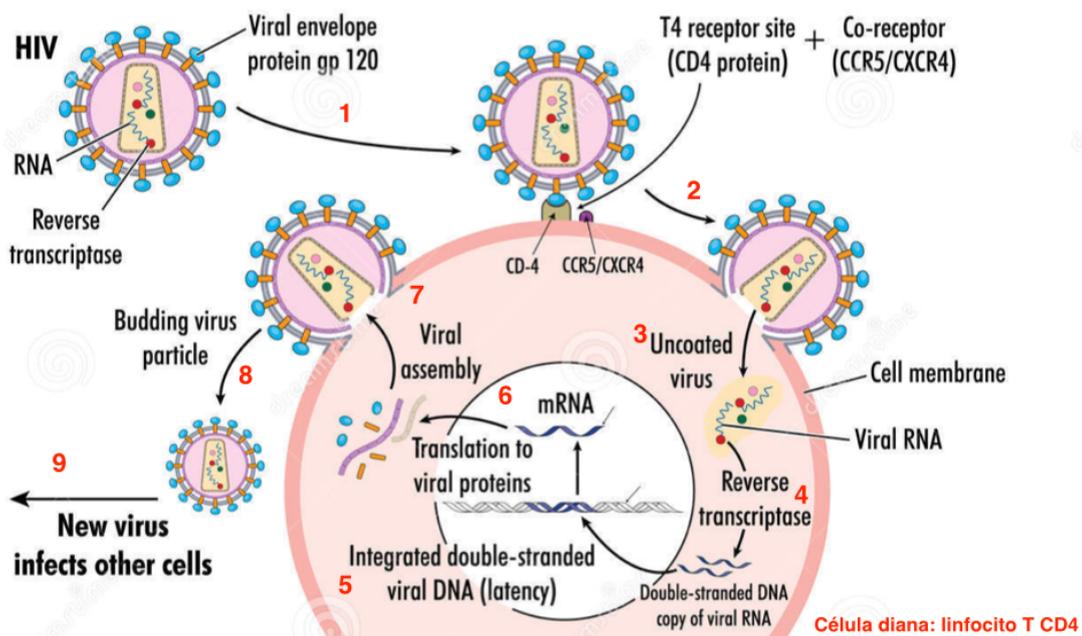
El fármaco **Zidovudine** inhibe a esta enzima y combate al sida, previniendo su transmisión (horizontal y vertical -de madre a hijo-) pero **NO elimina el virus completamente...** con lo que este se vuelve resistente con el tiempo.

STOP AIDS

La MEDIDA DE PROTECCIÓN más efectiva contra el VIH es el uso del PRESERVATIVO.

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

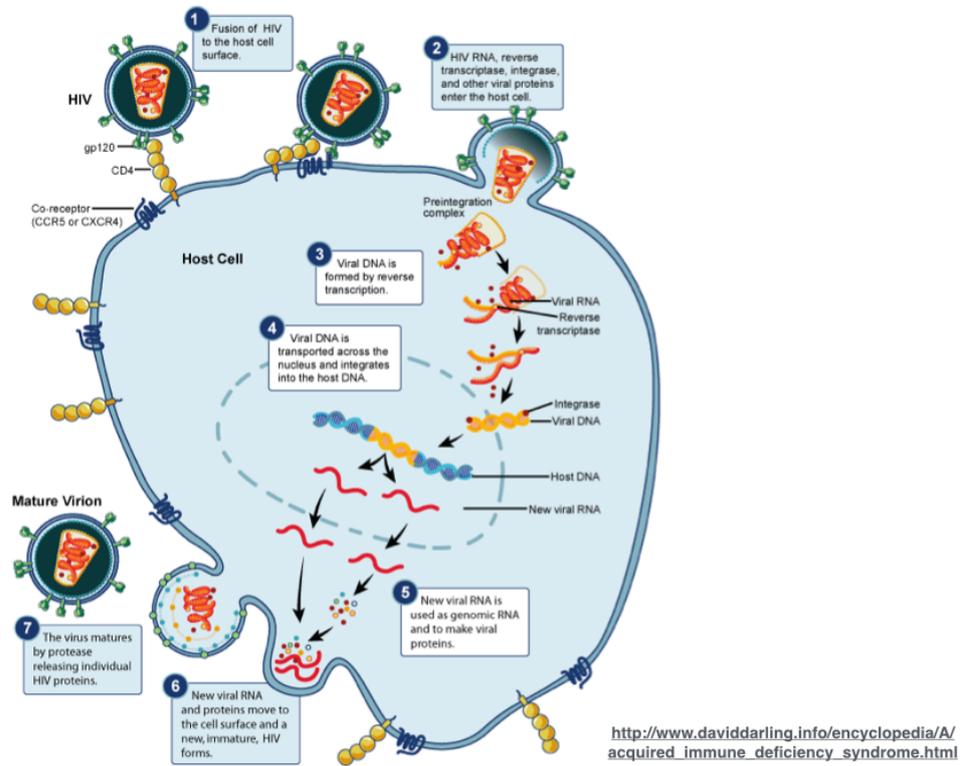
HIV and AIDS (Human immunodeficiency virus and Acquired Immunodeficiency syndrome)



<http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-virus-del-vih-image43728589>

Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016

HIV and AIDS (*Human immunodeficiency virus and Acquired Immunodeficiency syndrome*)



Aspirina, penicilina y antivirales - 2º BI - Tema D.2, págs. 725-731; Tema D.5, págs. 745-750; Curso 2015-2016



PRÓXIMO DÍA (2 horas):

-ACABAR TEMARIO: D6, Environmental impact of some medications.

-TRAER INTENTADAS LAS ACTIVIDADES, para RESOLVER DUDAS SOBRE ELLAS O EL TEMARIO.

-TEST de asimilación de conocimientos (10 cuestiones aproximadamente):

-La mejor puntuación está **invitada** a venir a la **grabación de un programa de radio** de **Entre Probetas (RNE, Radio5. Con José Antonio López Guerrero, Ana de las Heras y la servidora, Elena Campos-Sánchez)** @EntreProbetas.

-La segunda mejor puntuación... también tendrá algún regalo.

-CURIOSIDADES (si da tiempo)



<https://twitter.com/entreprobetas>
<http://www.rtve.es/alacarta/audios/entre-probetas/>

Medicamentos e Impacto Medioambiental

2º BI - Tema D.6, págs. 751-757; Curso 2015-2016



Alexander Litvinenko

Oficial FUGITIVO del servicio de seguridad ruso (KGB), especializado en investigación del crimen organizado.

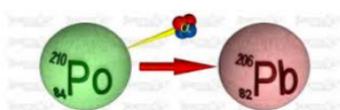
En 1998, junto a otros oficiales rusos, acusan públicamente a sus superiores de haberles ordenado el asesinato del magnate ruso Boris Berezovski.

Tras ser encarcelado y liberado en un par de ocasiones, en el 2000 huye y pide asilo en Londres. Trabaja como escritor, periodista y consultor de los servicios de inteligencia británica.

En **octubre de 2006 acusa a Vladimir Putin** de ciertos asesinatos y actos terroristas.

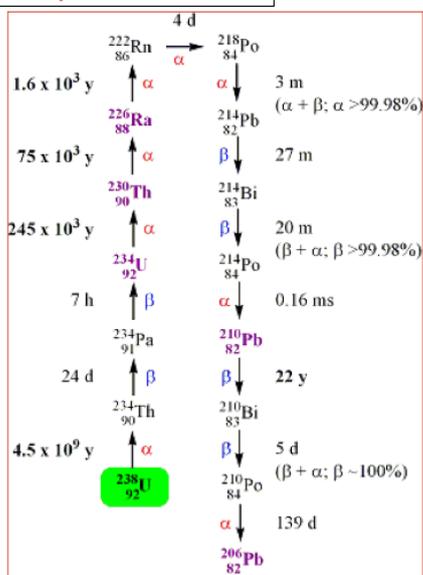
El **1 de noviembre de 2006 Litvinenko enferma** repentinamente. **Murió el 23 de noviembre.**

CAUSA de la Muerte: Síndrome de radiación agudo por envenenamiento radiactivo con Po-210.

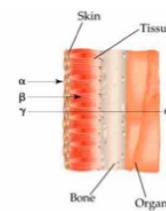
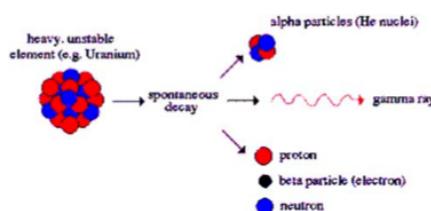


ELENA CAMPOS SÁNCHEZ - ECAMPOS@CBM.CSIC.ES - @GONDWATEC - CENTRO DE BIOLÓGIA MOLECULAR SEVERO OCHOA, CSIC-UAM

Alfa decay of a Uranium-238 nucleus



Type of radiation	Symbol	Composition	Charge	Mass (atomic mass units)	Penetrance, speed and ionising power
Alfa	α	2 protons and 2 neutrons (a Helium nucleus)	+2	4	Low penetration, slowest speed. Very high ionising power. (biggest mass and charge)
Beta	β^-	electron	-1	Negligible	Moderate penetration and ionising power. (Aprox 90% speed of light; middle values of charge and mass).
Positrón	β^+	antimatter electron	+1	Negligible	Antiparticle of electron. Destroyed when it meets an electron (so it doesn't get very far) producing two high energy gamma ray photons.
Gamma	γ	photons of electromagnetic energy	0	0	Very highly penetrating and the lowest ionising power (100% light speed; smallest mass and charge and greatest speed).
Neutron	n	1 neutron	0	1	Highly penetrating (more than alfa, beta and gamma sometimes). Can't ionise directly, but they are absorbed by the nuclei of atoms which can make the atom unstable -radioactive-.



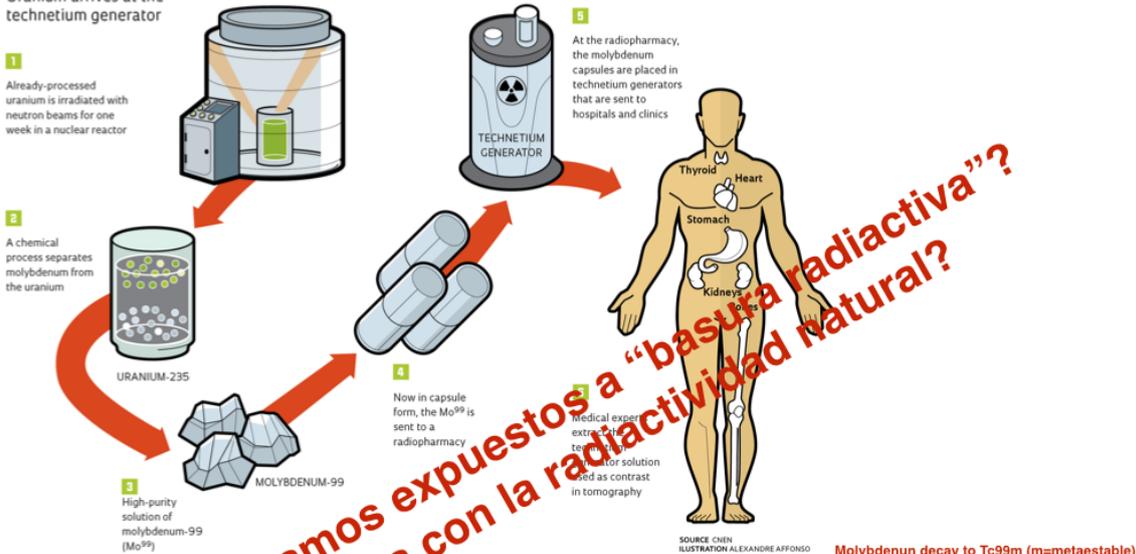
http://www.docbrown.info/page03/3_54radio04.htm

<http://www.cyberphysics.co.uk/topics/radioact/Radio/Glossary.htm>

<http://www.semim.es/>

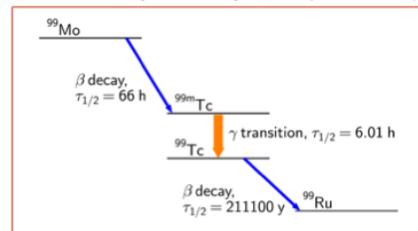
Pathway of the radiopharmaceutical

Uranium arrives at the technetium generator



¿Sólo estamos expuestos a “basura radiactiva”?
¿qué pasa con la radiactividad natural?

Molybdenum decay to Tc99m (m=metaestable)



Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

Respecto al diseño de fármacos y/o aproximaciones tanto diagnósticas como terapéuticas, la Comunidad Científica debe considerar:

- 1.- tanto los **efectos secundarios** de los medicamentos **sobre los pacientes**
- 2.- como los **efectos secundarios** del proceso de desarrollo, producción y uso de los medicamentos **sobre el medio ambiente (p.e. basura nuclear, solventes, basura biológica y antibiótica)**

Tipos de residuos que se generan (Xenobióticos*)

Además de los contaminantes generados por la agricultura y sectores industriales (solventes, CO₂, plásticos...), hay que tener en cuenta los **compuestos farmacológicamente activos** (Pharmacologically active compounds, PACs), usados en medicina o en estudios bioquímicos, y que pueden afectar a otros organismos. Por ejemplo:

- Liberación no controlada de **antibióticos** al medio ambiente → **Bacterias resistentes** (sub-topic D2).
- Disruptores endocrinos** (análogos de estrógenos, por ejemplo) → Incremento riesgo **cáncer y problemas reproductivos** en humanos y animales.
- Materiales radiactivos** (derivados de tratamientos o diagnósticos) → Bioacumulación y biomagnificación, **incrementando el riesgo de exposición a radiación**.

***Environmental xenobiotics:** are **artificial bioactive compounds that are found as pollutants in the natural environment**. Along with industrial products, include various PACs such as antibiotics, analgesics, cytostatics (chemotherapy drugs), disinfectants, steroids, hormones.

In 2012 over a million tonnes of PACs were released to the environment worldwide. (see pag. 751).

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

CONCEPTOS IMPORTANTES:

-**Radionuclides** (radionucleidos): unstable isotopes of certain elements that undergo spontaneous radioactive decay.

-**High-Level Waste (HLW)** is waste that **gives off large amounts of ionizing radiation for a long time**. Es decir, a partir de isótopos radiactivos con un lento "decay" (que "decaen" o se desintegran muy lentamente).

-**Low-Level Waste (LLW)** is waste that gives off **small amounts of ionizing radiation for a short time**.

-**Antibiotic resistance** occurs when **microorganisms become resistant to antibacterials**.

¿Qué podemos hacer?



Reducir o bien la cantidad de residuos generados y/o sus efectos negativos, mediante la introducción de **procesos industriales que lleven a la SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL (Green Chemistry o QUÍMICA SOSTENIBLE)**.

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS (ya explicado en tema 2, sub-topic D.2)

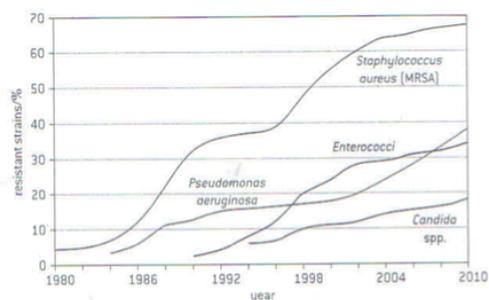
-**Antibiotic resistance** occurs when **microorganisms become resistant to antibacterials**.

El amplio **uso no muy responsable o racional** por **desconocimiento** de la capacidad de mutación bacteriana y adaptación, de antibióticos en el **S.XX**, llevó a la aparición de resistencias bacterianas.

En nuestra época, la **sobre-prescripción** de antibióticos a pacientes, **pacientes que no terminan el tratamiento**, uso en agricultura y **ganadería** (incluso sobre animales sanos para que no enfermen -primera fuente de vertido de antibióticos al ambiente), vertidos como **basura de hospitales e industria farmacéutica sin procesar correctamente** (destruir), etc.

Seguirán apareciendo **RESISTENCIAS BACTERIANAS** a los nuevos antibióticos (a pesar de que se usen responsablemente) porque es ley evolutiva.

Cada vez se irá haciendo **progresivamente más difícil tratar resistencias**, ya que **las bacterias constantemente evolucionan y se vuelven resistentes a un número creciente de antibióticos**.



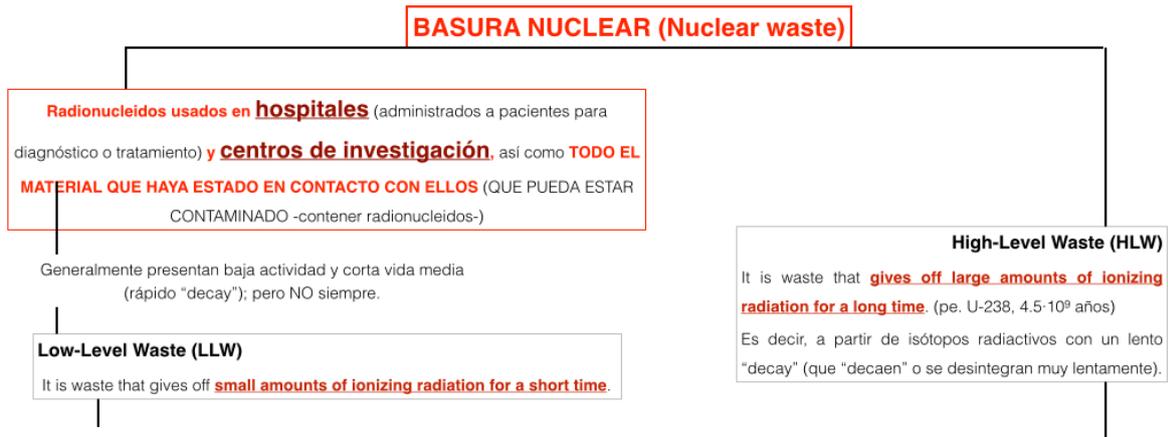
▲ Figure 1 Antibiotic-resistant strains of common bacteria

Pag. 753. Otra nota interesante: las resistencias pueden pasar de animales (domésticos) a humanos. Así que CUIDADO.

¿Qué podemos hacer?

RESTRINGIR EL USO DE ANTIBIÓTICOS.
Ser responsables.

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas



Residuos típicos:

Residuos con baja cantidad de radionucleido se incineran o entierran.

Por ejemplo, agujas, jeringuillas, herramientas, papel, toallas, ropa protectora.

Si son residuos con ALTA CONCENTRACIÓN del radionucleido, se guardan durante varios días o semanas en contenedores y almacenes especiales hasta que hayan decaído y los niveles de radiación sean seguros o nulos.

Por ejemplo, el sobrante de la preparación radioisotópica o excreciones del paciente.

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

EJEMPLOS INTERESANTES:

Co-60: periodo de semidesintegración o semivida (**beta**) de **5,27 años**.

Cs-137: periodo de semidesintegración (**beta**) de **30,23 años**, para dar Ba-137m, con $t_{1/2}$ (gamma)=2,55min

Son considerados LLW. NO PUEDEN SER VERTIDOS AL AMBIENTE.
Generalmente **se reciclan o bien se guardan en repositorios subterráneos.**

¿Qué se considera entonces Nuclear High-Level Waste?

Los Residuos producidos en REACTORES NUCLEARES.

Suelen contener:

-**mezclas de productos de fisión** con "combustible" nuclear sin usar

-y los **radionucleidos** tienen **semividas** que van de **varias décadas a millones de años**, o bien semividas cortas pero altamente activas. (p.e. U-238, 4.5·10⁹ años)



Central nuclear de Almaraz (Badajoz)

http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/x.-las-centrales-nucleares

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

BASURA NUCLEAR (Nuclear waste)



Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

Goiânia accident

In 1987 a Cs-137 radiation source was stolen from an abandoned hospital site in Goiânia (Brazil) and disassembled at a local scrapyard. As a result four people died of radiation sickness, including a six-year-old girl who was fascinated by the deep-blue glow of the source and applied some of the radioactive material to her body. Another 249 people received varying doses of radiation and needed medical treatment. Several houses had to be demolished and topsoil removed from contaminated areas. According to the *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, it was one of the world's worst radiological incidents to date.

The treatment, transportation, and disposal of nuclear waste present serious risks due to possible release of radionuclides to the environment. In high doses ionizing radiation is harmful to all living organisms, causing extensive cellular and genetic damage. Low doses of radiation increase the number of mutations and the probability of developing certain diseases such as cancer, birth defects, and reproductive disorders. In addition, ionizing radiation weakens the immune system by triggering apoptosis (programmed cell death) in lymphocytes and rapidly dividing bone marrow cells. As a result, organisms exposed to radiation are more likely to contract infectious diseases and develop complications.

The effects of ionizing radiation and other environmental pollutants can be cumulative. For example, radioactive materials discarded together with antibiotic waste can increase the mutation rate in bacteria and accelerate the development of drug-resistant strains. A personal injury caused by contaminated hypodermic needles or broken glass can introduce such bacteria directly into the bloodstream and lead to a serious disease. Therefore each kind of medical waste must be disposed of separately and always treated as a potential environmental hazard.

Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

Productos de desecho desde la Industria Farmacéutica

La mayoría de los procesos implican el **uso/generación de sustancias químicas tóxicas**, que o bien son recicladas o descartadas tras la síntesis del compuesto de interés.

En general, **estos productos afectan a los seres vivos** a nivel de los sistemas nervioso, respiratorio y reproductivo, o a nivel de órganos internos (riñón o hígado) o son carcinógenos (como el benceno (C₆H₆) o el cloroformo (CHCl₃)) o son inflamables y sus vapores contribuyen al **Efecto Invernadero** (*Greenhouse effect*).

Ejemplos de residuos:

-**Disolventes orgánicos** (proporción significativa del total de desechos): **Benceno (C₆H₆) y disolventes CLORADOS** -*Chlorinated solvents*- (tetraclorometano, CCl₄; Cloroformo, CHCl₃; diclorometano, CHCl₂; tricloroetano, Cl₂C=CHCl o tetracloroetano, Cl₂C=CCl₂).

Los **compuestos clorados**, atacan la **capa de ozono** y contribuyen a la formación de la "niebla de contaminación" (*photochemical smog*) de las grandes ciudades, presentan limitada biodegradabilidad y se acumulan en las aguas subterráneas.

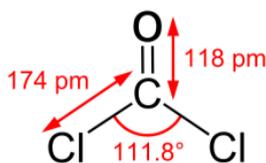
La **eliminación** de los disolventes clorados es **cara y compleja**. **NO pueden ser INCINERADOS** junto con basura orgánica común ya que **su combustión incompleta genera gas fosgeno** (*phosgene gas*, COCl₂), altamente tóxico a temperatura ambiente, **y dioxinas**.

Por ello, se oxidan separadamente a altas temperaturas o se reciclan por destilación.



Naturaleza de la Ciencia: Implicaciones éticas, riesgos y problemas

Toxicidad del GAS FOSGENO



Dicloruro de carbonilo

Ampliamente usado en la **Primera Guerra Mundial** como **agente asfixiante** (edema pulmonar masivo, tras 12 h de exposición. Muerte tras 24-48 h).

Responsable del 85% de las 100.000 muertes causadas por armas químicas durante este periodo bélico.

Las **dioxinas** son compuestos químicos que se producen a partir de procesos de combustión que implican al cloro.

A la derecha se representa la fórmula estructural y esquema de numeración de los sustituyentes del compuesto principal: la **dibenzo-*p*-dioxina**.



Se trata de contaminantes ambientales persistentes, que se van acumulando a lo largo de la cadena alimentaria, sobre todo en productos de origen animal. Se hallan en nanogramos y picogramos por kilogramo en los alimentos; que son cantidades no tóxicas.

Viktor Yúshchenko, presidente ucraniano entre 2005 y 2010, sufrió un intento de asesinato con dioxinas durante la campaña electoral en 2004. Fue tratado en Londres.



¿Hace un café DESCAFEINADO?

Fluidos supercríticos en alimentación y química farmacéutica

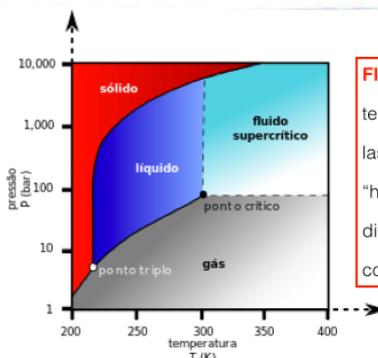
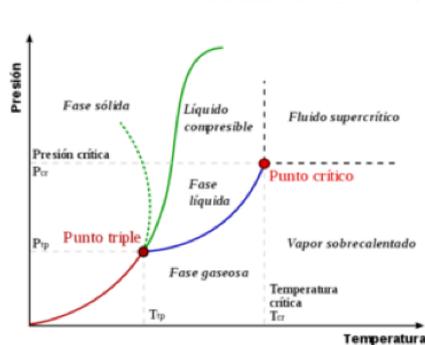
Supercritical fluids

For every substance there is a certain combination of temperature and pressure (the "critical point") where all differences between gaseous and liquid phases disappears. Above that point the substance behaves as a **supercritical fluid**, which can pass through porous solids like a gas and dissolve other substances like a liquid. **Supercritical carbon dioxide** is an excellent solvent that is increasingly used in the pharmaceutical industry for extraction, recrystallization and purification of various **compounds**. In contrast to common organic solvents it is **non-toxic, non-flammable, and can easily be removed** from the solution by reducing the pressure. In food processing supercritical carbon dioxide is used for making **decaffeinated coffee and tea**. The extracted **caffeine is used as a component of pharmaceutical drugs and soft**

drinks. An anticancer drug **Taxol** (sub-topic D.7) is also extracted from plant material using supercritical carbon dioxide.

Another supercritical fluid, **water**, is used as a solvent for the **oxidation of hazardous materials such as polychlorinated biphenyls (PCBs) and certain types of LLW**. These materials cannot be destroyed by incineration because they release toxic combustion products. In supercritical water saturated with oxygen these products are oxidized and hydrolysed into hydrochloric acid, carbon dioxide, and inorganic compounds that can easily be separated and recycled. Similar to carbon dioxide, supercritical water is an excellent solvent but can exist only at very high pressures and temperatures.

pág. 755



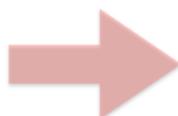
Fluidos supercríticos: para presiones y temperaturas superiores al Punto Crítico, las sustancias se comportan como un "híbrido" entre gas y líquido; pueden difundir como un gas (efusión) y disolver como un líquido (disolvente).

www.wikipedia.org

Química sostenible o *Green Chemistry* (término acuñado por Paul Anastas y John Warner, 1995)

¿Cómo medir la EFICIENCIA de un proceso químico?

Tradicionalmente, la eficiencia de un procedimiento de síntesis (producción) se medía en términos de **producción de producto deseado frente al coste de los materiales de partida**.



Green Chemistry:

Reducir el impacto medioambiental del proceso tecnológico mediante la minimización del uso y generación de subproductos contaminantes y/o peligrosos.

CONCEPTOS IMPORTANTES:

-**ECONOMÍA ATÓMICA:** expresa la eficiencia de un procedimiento de síntesis como la **relación entre la masa molecular del producto de interés aislado y las masas moleculares combinadas de todos los materiales de partida, los requeridos durante la catálisis y disolventes usados en la reacción** (pág. 755).

Otra manera de medirlo sería a cuantificando cuántos de los átomos de partida se hallan formando parte de los productos finales de interés y/o no contaminantes o peligrosos frente a los residuales que se descartan.

Cuestiones!!!!!!

