

Contextualización de la Cinética Química en la Química Verde para Secundaria y Bachillerato

Francisco José Suárez Álvarez

Resumen: Atendiendo a las orientaciones metodológicas recogidas por los últimos Decretos que regulan los nuevos currículos de Secundaria derivados del cambio Legislativo en Educación, se desarrolla el tema de Cinética Química que se reincorpora al currículo de algunos cursos de Secundaria, contextualizando con el actual término de “Química Verde”, relacionado con el concepto de sostenibilidad. Concretamente se utilizará la catálisis y su importancia industrial como nexo de unión entre el currículo y el concepto de Química Verde.

Palabras clave: Enseñanza, Secundaria, Catálisis, Cinética Química, Química Verde.

Abstract: In regard with the methodological orientations gathered by the last Education Acts that regulate the new Secondary Education curricula derived from the Educative Laws changes, Chemical Kinetics is developed -which is reincorporated into the curriculum of some Secondary courses- in the context of the current term of “Green Chemistry”, related to the concept of sustainability. Specifically, catalysis and its industrial importance will be used as a link between the curriculum and the concept of Green Chemistry.

Keywords: Teaching, Secondary School, Catalysis, Chemical Kinetics, Green Chemistry.

INTRODUCCIÓN

Con el reciente cambio en la Legislación Educativa, se ha reintroducido en el currículo de Secundaria el estudio de la Cinética Química. Siguiendo las orientaciones metodológicas que recoge dicha legislación, en lo que concierne a la contextualización de los aprendizajes, se realiza la siguiente propuesta para contextualizar una Unidad Didáctica para 2.º de Bachillerato, pero también para otros cursos en los que se estudien conceptos relacionados con el tema. La Unidad Didáctica en cuestión se contextualiza desde la óptica de la catálisis y su importancia industrial en el contexto del concepto de “Química Verde”.

Este concepto surge de la necesidad de la sociedad moderna por desarrollar metodologías sostenibles con el medio ambiente. Al ser un término relativamente reciente no está incorporado en los currículos de Secundaria, pero los fundamentos sobre los que desarrolla sus principios (sostenibilidad, salud e higiene, recursos renovables, medioambiente, etc.), sí que están recogidos las nuevas leyes de Educación.

Así pues, la Química Verde podría incluirse en el currículo de Bachillerato y de Secundaria como materia transversal en las asignaturas de Química y también en la asignatura optativa de Cultura Científica.

El concepto de sostenibilidad está actualmente en todos los medios. Una sociedad moderna busca el progreso no a cualquier coste, como en las últimas décadas, sino con un nuevo sentido de la responsabilidad presente y futura con los recursos, la salud humana y el medio ambiente.

La Química, como parte del motor de la nueva sociedad del conocimiento no se queda rezagada respecto a esta nueva mentalidad. Prueba de ello es el nuevo concepto de Química Verde.

“QUÍMICA VERDE”

La producción industrial de alta eficiencia utilizando las materias primas más baratas ha sido durante décadas el objetivo más deseado por la industria química. Estos criterios sin embargo no constituyen ya un lema general, y tienden a desaparecer conforme la prevención de la contaminación y conservación de la salud se van imponiendo como nuevas fuerzas impulsoras de la producción. La aplicación a los procesos químicos de una serie de directrices compatibles con estos nuevos objetivos conforma en su conjunto una nueva disciplina: la *Química Verde*. El *Green Chemistry Program* aparece por primera vez en 1991 en EE. UU., como consecuencia de la aprobación del *Pollution Prevention Act* en el año anterior.^[1] El objetivo fundamental de la Química Verde es la búsqueda de



I.E.S. Carreño Miranda
Avda. Cervantes, 26.
33402 Avilés Asturias
C-e: franciscojsa@educastur.org

F. J. Suárez
Álvarez

Recibido: 24/07/2018. Aceptado: 11/10/2018.

procesos eficientes, limpios y sin riesgos. Estos criterios se resumen en doce principios:^[2]

1. Prevención.
2. Economía Atómica.
3. Síntesis química menos peligrosa.
4. Modificación o sustitución de productos finales.
5. Menor uso de sustancias auxiliares.
6. Disminuir el impacto de las fuentes de energía.
7. Uso de materias primas renovables.
8. Evitar el uso de derivados.
9. Uso de catalizadores.
10. Diseño de productos degradables.
11. Análisis en tiempo real del proceso.
12. Uso de sustancias químicas que disminuyan el riesgo de accidentes.

Todos los conceptos de estos doce principios son conocidos por el público en general (salvo el concepto de Economía Atómica,^[3] pero es sencilla su explicación). Quizá el concepto más complicado de entender es el de Catálisis (principio núm. 9). En este campo la Química actual tiene un especial interés y así se ha reconocido con la concesión de tres premios Nobel^[4] relacionados con la Catálisis Homogénea (Química Organometálica) y otro relacionado con la Catálisis Heterogénea (Química de Superficies)^[5] durante los primeros años del siglo XXI.

CATÁLISIS

El concepto de catálisis es habitual en el lenguaje cotidiano, pero realmente la mayoría de la gente no tiene claro

que significa. Muchas personas lo asocian a “filtros” que hay en los tubos de escape de los coches. En la prensa también se utiliza y no siempre de la manera más adecuada:

La catálisis de CO₂ a metanol requiere una fuente de hidrógeno y energía química.

La Razón, 25 de junio de 2013^[6]

El día dos, titulado *Connecting Content – From the Networks to the Home*, explorará cómo el modelo de emisión tradicional está evolucionando y qué catálisis e interrupciones hay para este cambio.

Comunicado de prensa, 27 de mayo 2007^[7]

Pero “el catalítico que más ayudó a atraer público” fue conseguir la distribución exclusiva para dos marcas de guitarras...

elnuevodia.com, 23 de junio de 2013^[8]

La Catálisis se define como el aumento de la velocidad de las reacciones químicas gracias a la participación de un catalizador. El área de la Química que estudia la velocidad de las reacciones químicas es la Cinética Química.

LA CINÉTICA QUÍMICA EN EL CURRÍCULO DE SECUNDARIA

Un análisis del currículo nacional de las asignaturas relacionadas con la Química de Secundaria (Esquema 1),^[9] nos permite observar la reintroducción de la Cinética Química en Segundo de Bachillerato y la introducción de contenidos relacionados con la velocidad de reacción en otros cursos de la Educación Secundaria Obligatoria. En

FÍSICA Y QUÍMICA 2º Y 3º ESO

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 3. Los cambios		
Cambios físicos y cambios químicos. La reacción química. Cálculos estequiométricos sencillos. Ley de conservación de la masa. La química en la sociedad y el medio ambiente.	3. Describir a nivel molecular el proceso por el cual los reactivos se transforman en productos en términos de la teoría de colisiones. 5. Comprobar mediante experiencias sencillas de laboratorio la influencia de determinados factores en la velocidad de las reacciones químicas.	3.1. Representa e interpreta una reacción química a partir de la teoría atómico-molecular y la teoría de colisiones. 5.1. Propone el desarrollo de un experimento sencillo que permita comprobar experimentalmente el efecto de la concentración de los reactivos en la velocidad de formación de los productos de una reacción química, justificando este efecto en términos de la teoría de colisiones. 5.2. Interpreta situaciones cotidianas en las que la temperatura influye significativamente en la velocidad de la reacción.

FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 3. Los cambios		
Reacciones y ecuaciones químicas. Mecanismo, velocidad y energía de las reacciones.	2. Razonar cómo se altera la velocidad de una reacción al modificar alguno de los factores que influyen sobre la misma, utilizando el modelo cinético-molecular y la teoría de colisiones para justificar esta predicción.	2.1. Predice el efecto que sobre la velocidad de reacción tienen: la concentración de los reactivos, la temperatura, el grado de división de los reactivos sólidos y los catalizadores. 2.2. Analiza el efecto de los distintos factores que afectan a la velocidad de una reacción química ya sea a través de experiencias de laboratorio o mediante aplicaciones virtuales interactivas en las que la manipulación de las distintas variables permita extraer conclusiones.

QUÍMICA 2º BACHILLER

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Bloque 3. Reacciones químicas		
Concepto de velocidad de reacción. Teoría de colisiones Factores que influyen en la velocidad de las reacciones químicas. Utilización de catalizadores en procesos industriales.	1. Definir velocidad de una reacción y aplicar la teoría de las colisiones y del estado de transición utilizando el concepto de energía de activación. 2. Justificar cómo la naturaleza y concentración de los reactivos, la temperatura y la presencia de catalizadores modifican la velocidad de reacción. 3. Conocer que la velocidad de una reacción química depende de la etapa limitante según su mecanismo de reacción establecido.	1.1. Obtiene ecuaciones cinéticas reflejando las unidades de las magnitudes que intervienen. 2.1. Predice la influencia de los factores que modifican la velocidad de una reacción. 2.2. Explica el funcionamiento de los catalizadores relacionándolo con procesos industriales y la catálisis enzimática analizando su repercusión en el medio ambiente y en la salud. 3.1. Deduce el proceso de control de la velocidad de una reacción química identificando la etapa limitante correspondiente a su mecanismo de reacción.

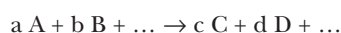
Esquema 1. Extractos del RD que regula el currículo de Educación Secundaria

el Esquema 1 se recogen los contenidos relacionados con los criterios de evaluación y los estándares de evaluación extraídos del Real Decreto que regula el currículo a nivel nacional. Así, la cinética es un contenido para los dos ciclos de la ESO (primer ciclo 2.º y 3.º, segundo ciclo 4.º) y para el Bachillerato (2.º).

Para el segundo curso de Bachillerato, se podría diseñar una Unidad Didáctica exclusivamente para tratar los contenidos de Cinética Química. En cualquier manual de Química General^[10,11] podemos encontrar uno o más capítulos dedicados exclusivamente a estos contenidos. Veámoslos de forma más detallada.

Velocidad de reacción

En general, para la reacción:



donde a, b, c, d, \dots , son los coeficientes estequiométricos de las especies químicas A, B, C, D, ... la velocidad de conversión se define como

$$v = -\frac{1}{a} \frac{dn_A}{dt} = \dots = \frac{1}{d} \frac{dn_D}{dt}$$

donde n_A, n_D , son el número de moles de A, D.

Al ser v una propiedad extensiva depende del tamaño del sistema. Si la dividimos por el volumen (V) obtenemos la velocidad de reacción:

$$r = \frac{v}{V} = -\frac{1}{V a} \frac{dn_A}{dt} = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt}$$

donde $[A]$ es la concentración molar de A (suponiendo que el volumen no varía durante la reacción). Así pues, las unidades de la velocidad de reacción son $\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$.

Aquí, los profesores de Secundaria, nos encontramos con el primer problema: Los alumnos no tienen las herramientas del cálculo, o aún no están consolidadas. La solución es relativamente fácil: hablaremos de incrementos finitos en vez de infinitesimales.

$$r = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

Ecuación de velocidad

Experimentalmente la cinética química busca la obtención de una expresión que pueda predecir la dependencia de la velocidad de reacción con respecto a las concentraciones de los reactivos. Esta expresión conocida como ecuación de velocidad:

$$r = k[A]^\alpha [B]^\beta \dots$$

donde $[A], [B]$, son las concentraciones de los reactivos, α, β, \dots , son los órdenes parciales respecto a cada reactivo y no

están relacionados con los coeficientes estequiométricos, y k es la constante de velocidad. La suma de los órdenes parciales se denomina orden de reacción.

La determinación de la ecuación de velocidad de una reacción mediante datos experimentales es una actividad habitual y que resulta muy accesible para los alumnos del final de esta Etapa.

Ecuaciones de velocidad integradas

Omitiré aquí su tratamiento teórico ya que excede al nivel exigido en Secundaria. Además, requiere una serie de herramientas matemáticas que los alumnos de Bachillerato aprenden prácticamente en el último curso, por lo que su aplicación es dificultosa ya que no están asimilados. Sí se podría, sin embargo, trabajar con conceptos de variaciones como apuntaba anteriormente. La integración de las ecuaciones de velocidad quedaría, por tanto, fuera del alcance de Bachillerato.

Aunque bien es cierto que el caso para reacciones de orden 1 podría aplicarse para explicar el decaimiento radiactivo en la asignatura de Física de segundo de Bachillerato, siempre como contenido de ampliación y en coordinación con la asignatura de Física, ya que esos conceptos suelen darse al final del curso.

Mecanismos de reacción

Son tratados someramente en la Educación Secundaria, y nunca se exceden en complejidad.

Modelos teóricos

Mediante los mismos se tratan aspectos microscópicos que explican cómo y por qué se producen las reacciones químicas, e interpretan las leyes experimentales. Los modelos teóricos explican a nivel molecular lo que ocurre al producirse una reacción química.

Existen dos teorías, una muy sencilla e intuitiva, y otra que completa a la primera con aspectos energéticos:

1. Teoría de las colisiones o de los choques, basada en la teoría cinética de la materia.
2. Teoría del estado de transición, que se centra en la formación del complejo activado o estado de transición.

Influencia de la Temperatura

El dato experimental más inmediato que se conoce sobre las reacciones químicas es que la velocidad de reacción aumenta con la temperatura. Al aumentar la temperatura también lo hace la energía de las partículas que reaccionan, con lo que una fracción mayor de partículas tiene energía suficiente para superar la barrera de energía, por lo que aumenta la velocidad de reacción.

La relación entre la constante de velocidad k y la temperatura se descubrió por procedimientos experimentales (Arrhenius, 1899). Esta relación se conoce con el nombre de ley de Arrhenius y su expresión matemática es:

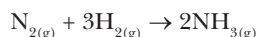
$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

donde A es una constante llamada factor de frecuencia, R la constante de los gases ideales (expresada en unidades de energía), T la temperatura absoluta y E_a la energía de activación de la reacción.

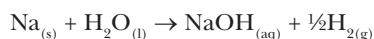
Aunque se trata de una ecuación sencilla, no está contemplado en el nivel de Bachillerato, realizar problemas de cálculos de energía de activación con datos experimentales de k y T , pero sí el estudio de la dependencia de k respecto a T .

Espontaneidad y velocidad

Termodinámica y cinética no siempre van de la mano. Así, en los ejemplos siguientes se observa la diferencia entre espontaneidad (termodinámica) y velocidad (cinética):



con $\Delta H^\circ = -92,4 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta S^\circ = -201 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, es espontánea a menos de 460 K (186 °C); ΔG° se hace más negativo a menores temperaturas, pero a temperaturas bajas la reacción es muy lenta.



con $\Delta H^\circ = -184,3 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta S^\circ = -15,76 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$, es espontánea y ocurre de forma violenta sin necesidad de intervención de ningún tipo.

Sirvan éstos como ejemplo para ejemplificar la aparente contradicción, y afrontar el conflicto cognitivo correspondiente.^[12]

Los catalizadores

Los catalizadores son sustancias que modifican la velocidad de una reacción química sin cambiar el producto final de la misma. A veces la luz o un campo eléctrico externo realizan también una labor catalizadora.

Los catalizadores no se consumen durante el proceso por lo que pueden recogerse al final de la reacción sin que hayan cambiado. Por lo tanto, no son necesarias grandes cantidades de catalizador, pero con el tiempo experimentan un proceso de desgaste o “envenenamiento” que les hace inservibles.

Los catalizadores afectan a la cinética de la reacción pero no a su termodinámica: cambian la constante de velocidad y la energía de activación, pero no la entalpía ni la energía libre de Gibbs de la reacción (ΔH y ΔG), ya que son funciones de estado. Tampoco cambian el rendimiento de la reacción.

Los catalizadores que ralentizan las reacciones, aumentan la altura de la barrera de energía, se llaman inhibidores.

Tipos de catálisis

- Catálisis homogénea:** Los reactivos y el catalizador están en la misma fase. Todos los centros activos (o catalíticos) son iguales por lo que son procesos muy selectivos y reproducibles. La desventaja es la posterior separación del catalizador de los productos.
- Catálisis heterogénea:** El catalizador se encuentra en una fase distinta de los reactivos. El caso típico es la reacción entre gases catalizada por la acción superficial de un sólido. En este caso los centros activos no son todos iguales por lo que pueden ser procesos menos selectivos. Sin embargo, respecto a la separación de los productos aventaja a la catálisis homogénea.

El ejemplo más típico es el proceso industrial para la obtención del amoniaco.

- Catálisis enzimática:** Las enzimas son proteínas que catalizan los procesos que determinan la actividad de los organismos vivos. Se trata en la mayoría de los casos de reacciones muy complejas, que a la temperatura corporal serían demasiado lentas para las necesidades de los organismos. Las enzimas son fundamentales para que esos procesos sean suficientemente rápidos.

Por ejemplo, la amilasa que hay en la saliva ayuda a transformar los almidones de la comida en glucosa, más dulce y de digestión más fácil. Por esa razón, si masticas repetidamente una galleta puedes observar un aumento de su dulzor.

LA CINÉTICA QUÍMICA EN LA ESO

Para el primer ciclo de ESO (que corresponde a los tres primeros cursos de ESO) el currículo propone el estudio cualitativo, desde el punto de vista meramente fenomenológico, aunque también incluye una descripción microscópica. En estos cursos la contextualización es sencilla, ya que existen numerosos ejemplos de la vida cotidiana que pueden utilizarse (la oxidación de una manzana, la combustión del papel, etc.). Los catalizadores se incluyen de forma cualitativa, y es un buen momento para indicar a todo el alumnado (ya que se trata de asignaturas obligatorias) el verdadero significado de los mismos comparando el término científico con el uso cotidiano o periodístico (como los ejemplos de la tercera sección).

Para el segundo ciclo de la ESO, que incluye únicamente el 4.º curso, se introduce de manera cualitativa la teoría de colisiones para justificar los distintos factores que influyen en la velocidad. Justificar mediante esta teoría el efecto de los catalizadores obliga, necesariamente, a introducir el concepto de mecanismo de reacción. Como contenido queda reflejado en el decreto, pero no es objeto de evaluación, por lo que podría no aplicarse en este curso. Personalmente, el concepto de mecanismo es suficientemente abstracto y complejo como para obviarlo en este curso de ESO.

También introduciría la diferencia entre la cinética y la termodinámica de la reacción química. Esta diferencia puede suponer un buen ejemplo de conflicto cognitivo, como se comenta en el apartado anterior.

Por tanto, la inclusión en la ESO debe simplificarse. El tratamiento matemático y numérico queda fuera de la etapa obligatoria, y debe reducirse el contenido al estudio únicamente fenomenológico y de los diversos factores de la velocidad. Podría introducirse el término catálisis mediante ejemplos que no necesariamente deben ir incluidos en el estudio de las reacciones químicas. Por ejemplo:

- a) La destrucción del ozono por CFC's que se estudia en la Química y el Medio Ambiente es un buen ejemplo para explicar en qué consiste un catalizador.
- b) La descomposición del agua oxigenada catalizada por la catalasa presente en la sangre, puede servir como ejemplo de reacción química en la que se desprende un gas (de forma cualitativa para el primer ciclo, o incluyendo algún cálculo de volúmenes, por ejemplo, en el segundo ciclo).
- c) Los convertidores catalíticos de los tubos de escape, que pueden surgir en una tormenta de ideas, si se menciona la idea de catalizador entre los alumnos, sirven de ejemplo de los diferentes tipos de catálisis, en este caso heterogénea, aunque en este caso siempre como un contenido de ampliación.

METODOLOGÍA Y ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

En muchas ocasiones los conceptos estudiados en Física y Química son muy abstractos y no se relacionan a simple vista con la realidad. En algunos casos es difícil de trasladar el concepto abstracto a la realidad cotidiana (véase las teorías atómicas, o las propiedades periódicas), pero en el tema que estamos tratando esta identificación con lo cotidiano es más fácil. Prueba de ello es la enorme cantidad de ejemplos cotidianos que podemos emplear para ilustrar los conceptos.

Algunos de estos ejemplos ya están indicados más arriba. Quizá el ejemplo más importante con el cual puede empezarse el tema, es la combustión del papel. Esta reacción es espontánea y muy exotérmica, y sin embargo a temperatura ambiente tenemos el papel en contacto con el aire y no arde. Podría mostrarse al alumnado dos papeles de distinta edad y ver cómo el más antiguo está más amarillo ya que la combustión está en un proceso más adelantado que en el papel nuevo. Este ejemplo podría inducir en el alumno un conflicto cognitivo: el estudiante se da cuenta de que, aunque la combustión sea muy exotérmica la reacción no tiene lugar a simple vista salvo que se aumente la temperatura o se acerque a una llama.

Además de este acercamiento al mundo cotidiano es importante acercar al alumno a la Química desde diversas materias de forma pluridisciplinar. La Química parte de una situación aventajada en este sentido ya que se trata de una ciencia central. Es muy probable que el alumnado de Química de Segundo de Bachiller, lo sea también de Biología o de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Una motivación para este estudiante sería poder relacionar o identificar

conceptos de unas asignaturas en otras, comprobando, así, la importancia de lo aprendido en Química.

En Biología, por ejemplo, podrían explicarse los enzimas como catalizadores (sin entrar en el detalle del desarrollo matemático de su cinética). Los enzimas son proteínas que catalizan reacciones, imposibles de realizar o muy lentas en las condiciones fisiológicas, en fracciones de segundo. Los enzimas controlan prácticamente todas las reacciones químicas que ocurren en un organismo: el metabolismo, la duplicación del ADN, la formación de proteínas, etc. Como ejemplo más cotidiano: cuando se añade agua oxigenada a una herida la catalasa, presente en la sangre, cataliza la descomposición del agua oxigenada en agua y oxígeno.

En Ciencias Ambientales un ejemplo sería la destrucción de ozono catalizada por los denominados CFC's. También es típico el ejemplo del catalizador de los tubos de escape de los coches que catalizan la descomposición de óxidos de nitrógeno y CO a nitrógeno y CO₂.

La Química Verde, en este sentido, permite enlazar con más materias, pero contextualizando en los valores de sostenibilidad de los que surge, y los cuáles son también criterios de evaluación en los nuevos currículos de Secundaria y Bachillerato.

APLICACIONES PRÁCTICAS A LA ACTUACIÓN DOCENTE

Para contextualizar una unidad didáctica relativa a la Cinética Química en la Química Verde, se debe comenzar por el diseño y planificación de actividades por el profesor. Estas actividades pueden diseñarse partiendo de los problemas y ejercicios clásicos, a los que se añade algún tipo de información interesante sobre las aplicaciones en la industria, el medio ambiente, o la investigación química. Por ejemplo, si queremos hacer algún ejercicio de cálculo estequiométrico con volúmenes de gases en la descomposición del agua oxigenada, incluiremos en la información del problema, que la misma está catalizada por una enzima denominada catalasa presente en la sangre.

El trabajo de investigación, es otro tipo de actividad que permite, bien con el objetivo de introducir o bien con el de afianzar los conocimientos de tema, contextualizar el tema, siendo, en este caso, el alumno el protagonista. Este trabajo consiste en un informe redactado por el estudiante donde recoja la información obtenida en la búsqueda bibliográfica y/o en Internet. Para ello, el profesor debe guiar la actividad mediante preguntas que provoquen al estudiante el interés por el tema y lo inciten a la búsqueda de respuestas. Por ejemplo, ¿por qué son perjudiciales los aerosoles antiguos para la capa de ozono? ¿Qué alternativas tenemos? ¿Qué gases emiten los tubos de escape? ¿Cómo podemos evitarlos? Con la información que obtengan prepararán algún tipo de presentación en formato digital o tipo póster. Los temas propuestos serán aplicaciones prácticas en la industria o en otros ámbitos (medio ambiente, biología, etc.), de los conceptos estudiados como los ejemplos que se muestran a lo largo de este trabajo. El concepto de catálisis permite por una parte abrir un amplio campo de posibilidades para realizar la investigación, ya que son muchas y muy

importantes las aplicaciones existentes, y por otra, enlazar con el tema a contextualizar la Química Verde. El ahorro energético, la reducción de residuos además del uso de catalizadores son algunos de los principios de la Química Verde que pueden relacionar con los procesos industriales que investiguen.

Otros temas,^[13] además de los que ya hemos comentado, que se podrían tratar contextualizándolos en el desarrollo sostenible del que surge la Química Verde son:

- a) La obtención de alcohol por fermentación en colaboración con la asignatura de Biología, el estudiante puede profundizar en el concepto de catálisis y de enzima, además de relacionar el tema con el bloque de contenidos de Química Orgánica.
- b) El proceso de obtención del amoníaco se estudia en profundidad en segundo de Bachillerato ya que es un caso tratado en el Equilibrio Químico y permite profundizar en la diferencia entre cinética y termodinámica.
- c) Los procesos industriales de obtención del ácido nítrico y del ácido sulfúrico, también son objeto de estudio, incluso en cursos anteriores como en segundo ciclo de ESO y en primero de Bachillerato, permiten a su vez acercarse a la realidad industrial y medio ambiental de su entorno.

CONCLUSIONES

Se ha presentado una propuesta de trabajo para impartir en la Cinética Química, de gran importancia actual como prueban los últimos Premios Nobel de Química relacionados con la catálisis, contextualizada en la Química Verde.

La filosofía en la que se basa la Química Verde contiene valores que se recogen en los currículos oficiales y en las últimas leyes generales de Educación. Estos valores son el respeto por el medio ambiente, la sostenibilidad, el uso responsable de los recursos, la consciencia de la limitación de los recursos, etc.

El tema tratado tiene como ventaja, para llevar a cabo la educación en estos valores, la enorme cantidad de ejemplos que existen en el mundo cotidiano.

Una propuesta de mejora sería extender la contextualización de la Química Verde a todo el curso de Química de segundo de Bachillerato. Existen varios proyectos de contextualización de los contenidos como puede ser la "Química Faraday" o "Química Salters". Así pues, este supuesto proyecto consistiría en reordenar todos los contenidos de Química Bachillerato de acuerdo a los principios de la Química Verde.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la tutorización de la Dr. Rosa María Martín Aranda de la UNED, así como a los tutores de prácticas Victoria Valdés y Delfín Álvarez el apoyo dado durante

el período de prácticas del Máster de Formación de Profesorado, durante el cual se ha realizado el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agencia de Protección del Medio Ambiente (EE. UU.), *Green Chemistry Program Fac. Sheet*; www.epa.gov/greenchemistry
- [2] P. T. Anastas, J. C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, NY, USA, 1998.
- [3] Término acuñado por B. M. Trost (B. M. Trost, *Science* 1991, 254, 1471-1477), y definido como la incorporación del mayor porcentaje del material de partida en los productos finales evitando al máximo la generación de productos de desecho que requieren su eliminación o reciclado con el consiguiente gasto de energía, tiempo y otros recursos.
- [4] La concesión del premio Nobel en Química 2010 a R. F. Heck, E. Negishi y A. Suzuki, completa en un período de 10 años (2001-2010) un número total de nueve investigadores en el campo. Este reconocimiento, que no tiene parangón en ninguna otra rama de la química, durante la última década, es un aval suficiente y extraordinario de la aportación de la Química Organometálica a la evolución del conocimiento químico (W. S. Knowles, K. B. Sharpless, R. Noyori en 2001, R. H. Grubbs, R. R. Schrock, Y. Chauvin en 2005). Premio Nobel en Química 2007 a Gerhard Ertl, Química Heterogénea. <http://nobelprizes.org>.
- [5] Un ejemplo de Química Heterogénea como aplicación a una Química Verde: A. Marinas Aramendía, *An. Quím.*, 2007, 103(1), 30-37.
- [6] <http://www.larazon.es/>
- [7] <http://www.comunicado-prensa.com>
- [8] <http://www.elnuevodia.com/>
- [9] Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- [10] R. H. Petrucci, F. G. Herring, J. D. Madura, C. Bissonnette, *Química General*, Pearson Educación, Madrid, 2011.
- [11] I. N. Levine, *Fisicoquímica*, 4.ª ed. McGrawHill, Madrid, 1996.
- [12] Conflicto cognitivo es un concepto que nace con la teoría del aprendizaje de Piaget y consiste en una discrepancia entre las preconcepciones y significados previos de un alumno en relación con un concepto determinado, y los nuevos significados que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- [13] Algunos proyectos para contextualizar los contenidos del currículum Química de Bachillerato son A. Caamaño (coord.), A. de Pro, P. Cañal, D. Couso, R. Justí, J. Ametleri, M. P. Jiménez Aleixandre, J. R. Gallastegui, R. Pintó, N. Sanmartí (2011) "Didáctica de la Física y la Química" Ed. Graó. Vol. III. En el caso del Proyecto "Química Faraday" se basa en la evolución histórica de los conceptos, y cómo la experimentación fue dirigiendo la ampliación del conocimiento en Química. El proyecto "Química Salters" contextualiza los contenidos a su vez en cuestiones cotidianas de la Química: Grupo Salters, "Proyecto Química Salters" en *Cuadernos de Pedagogía*, 1999, 281, 68-72.



XXXVII
REUNIÓN BIENAL
DE LA REAL SOCIEDAD
ESPAÑOLA DE QUÍMICA

Donostia – San Sebastián
26 / 30 de mayo de 2019 | Auditorio Kursaal

www.bienal2019.com

