



**Universidad**  
Zaragoza



**Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**

*Especialidad en Física y Química*

## **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Curso 2020/2021**

**Título:**

*Propuesta de intervención para el uso de las metodologías de aprendizaje  
basadas en ejercicios de indagación y argumentación*

*Intervention proposal for the use of learning methodologies based on  
inquiry and argumentation exercises*

**Autora:**

Elena Calvo Zueco

**Directora:**

María Esther Cascarosa Salillas

## Índice

<b>I. Introducción</b> .....	3
<b>II. Análisis didáctico de dos actividades</b> .....	5
<i>Actividad 1: Velocidad de reacción haciendo uso de un simulador</i> .....	5
<i>Actividad 2: Introducción de un debate en el aula para trabajar la argumentación</i> .....	8
<b>III. Propuesta didáctica</b> .....	11
A. <i>Título de la propuesta: Reacciones de polimerización: Obtención de bioplástico a través de actividades de indagación en el laboratorio</i> .....	12
B. <i>Evaluación inicial</i> .....	12
C. <i>Objetivos del currículo</i> .....	13
D. <i>Justificación</i> .....	14
<b>IV. Actividades</b> .....	15
<i>Actividades Previas</i> .....	17
<i>Actividad 1: Práctica plastificación de almidón</i> .....	20
<i>Actividad 2: Puesta en común procedimiento almidón plastificado.</i> .....	22
<i>Actividad 3: Trabajo práctico “Modelizar test biodegradabilidad”.</i> .....	24
<b>V. Análisis de los resultados de aprendizaje</b> .....	27
<b>VI. Análisis crítico de la propuesta didáctica y propuesta de mejora</b> .....	30
<b>VII. Consideraciones finales</b> .....	31
<b>VIII. Referencias bibliográficas</b> .....	33
<b>IX. ANEXOS</b> .....	36
<i>Anexo I: Evaluación del alumno</i> .....	36

<b>Nombre del alumno</b>	Elena Calvo Zueco
<b>Director del TFM</b>	María Esther Cascarosa Salillas
<b>Tutor del Centro de Prácticas II</b>	Jorge Pozuelo Muñoz
<b>Centro Educativo</b>	Colegio Internacional Ánfora
<b>Curso en el que se desarrolla la propuesta</b>	1º Bachillerato
<b>Tema de la propuesta</b>	Reacciones de polimerización

## I. Introducción

El presente documento ha sido realizado como Trabajo Fin de Máster relativo al Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas, en la especialidad de Física y Química, cursado en la Universidad de Zaragoza durante el año académico 2020 – 2021.

Mi formación académica es la de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Química Industrial, titulado por la Universidad de Zaragoza en septiembre de 1995. Tras obtener dicha titulación he estado trabajando en empresa química en los últimos 24 años. El presente curso escolar he estado realizando este master Universitario en Profesorado con dedicación exclusiva, y tengo previsto iniciar mi labor como docente el próximo curso en el Colegio Internacional Ánfora. Decir que ha resultado ser un master muy intenso y añadir, en mi caso particular, la dificultad de no tener “frescos” los contenidos disciplinares de física y química.

Llamará la atención el giro que ha tomado mi carrera profesional, de estar dedicada tantos años al sector industrial a dedicarme ahora al ejercicio de la docencia. El cambio se debe a un fin de etapa muy intensa dedicada al sector industrial donde he tenido la oportunidad de participar en grandes proyectos, y unas ganas enormes de compartir mi experiencia y mi pasión por la química con mis futuros alumnos. Tengo muchísimas ganas de despertar en ellos el interés y la curiosidad, de que vean la relación y la utilidad de lo que están estudiando, de darles la oportunidad de que “hablen de ciencia”, y permitirles espacios para que disfruten aprendiendo y “haciendo ciencia”. He de decir que para la toma de esta decisión han influido mucho mis hijas en edad adolescente, la mayor cursando actualmente 2º Bachillerato y la pequeña cursando 2º ESO. He estado involucrada en su proceso de formación y este hecho ha despertado en mí la vocación de la docencia.

Sobre mi experiencia en los Practicum I y II, éstos se han desarrollado en el Colegio Internacional Ánfora situado en la localidad de Cuarte de Huerva. Se trata de un centro joven, ya que acaba de cumplir su quinto aniversario, y creo que el factor que diferencia este centro de otros es que a nivel organizativo se trata de una cooperativa de profesores y hay un elevado nivel de implicación por parte de todos los profesionales de la cooperativa. Es un centro privado-concertado que oferta plazas educativas desde el Ánfora Nursery School (0-3 años) hasta Bachillerato. La enseñanza concertada se imparte en las etapas de 2º ciclo de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria Obligatoria, mientras que la enseñanza privada se imparte en el 1º ciclo de Educación Infantil, de 0 a 3 años, así como en Bachillerato.

Sobre mi periodo de prácticas, he tenido la suerte de contar con un tutor que me ha permitido realizar numerosas intervenciones que me han ayudado muchísimo en mi proceso de formación como futura docente. En este sentido he podido trabajar dos unidades didácticas diferentes en dos grupos distintos: Cinemática para alumnos de 4º ESO, y la Química del Carbono para los alumnos de 1º Bachillerato. Ambas intervenciones muy enriquecedoras de las que saco diferentes reflexiones. Por ejemplo, me ha llamado la atención lo que les cuesta a los alumnos de 4º ESO pensar y razonar por sí mismos a la hora de resolver los problemas. Dentro del proceso de aprendizaje pude comprobar cómo se aferran a mecanizar los procesos de resolución de problemas y que les da verdadero pavor intentar resolverlos por ellos mismos. En cambio, el grupo de 1º Bachillerato, era un grupo reducido que presentó mayor madurez e independencia,

y con el que se pudo trabajar de otra manera. Estas características repercutían directamente en el tipo de actividades que se pudieron trabajar y en el resultado de las mismas.

Me llamó la atención y pude comprobar las dificultades con las que se encuentran los alumnos. Por ejemplo, por mucho que se insista en la representación gráfica de espacio/tiempo, velocidad/tiempo, aceleración/tiempo en la unidad didáctica del movimiento, a muchos alumnos les cuesta interpretarlos y mucho más representarlos. Y es así y, seguirá siendo así, si no buscamos estrategias para facilitarles ese aprendizaje, que es uno de los aspectos que se trabajan en el master.

También me llamó la atención, cuando trabajaba con los alumnos de 1º Bachillerato la formulación de química orgánica, lo que les cuesta a los alumnos trabajar en casa, lo enfocados que están en los exámenes y lo preocupados que están en saber cómo va a ser la evaluación. Me sorprende cómo focalizan el trabajo a la realización de la evaluación, que estudian en vísperas de la misma, y que trabajan para aprobar, y no tengo muy claro si para aprender.

¿Y qué he querido aportar a los alumnos con la intervención que presento en este trabajo? Desde que empecé el master mi preocupación era saber cómo se podía llegar a los alumnos y cómo se podría hacer ciencia con ellos, porque mi sensación era que no tenían una participación activa en el proceso enseñanza-aprendizaje. Me llamó la atención cuando nos presentaron en Fundamentos las emociones que despiertan las ciencias en los estudiantes, que eran sensaciones de miedo, ansiedad o desconcierto. Para nada emociones de curiosidad o interés que son las que favorecen el aprendizaje. Este hecho me dio mucha pena y mucha rabia y me resistía a que esto fuera así. Por eso, desde el primer trabajo que realicé en este master, la trasposición didáctica, quise acercar los trabajos prácticos (TP) a los alumnos. Porque quería que hiciesen ciencia y que hablasen ciencia. Es por eso que el trabajo de Fundamentos de la asignatura de Diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales versaba sobre la argumentación en el aula. Ahí pude constatar que en las clases de ciencias los alumnos apenas tienen espacio donde puedan hablar de ciencia. De hecho, los libros de texto raramente incorporan actividades que fomenten la competencia de argumentación. Y una de las cuestiones que me planteaba era: ¿sobre qué pueden hablar los alumnos? Y ha sido a lo largo del master cuando he sido consciente de cómo hacerlo. Los alumnos pueden debatir si los problemas sobre los que vamos a hablar están contextualizados, es decir, si conectan con algún conocimiento previo, y si conseguimos simplificar y modelizar ese conocimiento científico para que pueda incorporarse en el discurso del alumno.

Ellos son capaces de buscar información, de analizarla, de contrastarla y ser críticos con lo que leen. Son capaces de construir unos argumentos y hacerlos suyos, y para eso tenemos que darles esa oportunidad. Es por eso que una de las actividades que presento en este trabajo es el debate que pudimos realizar en el centro al trabajar la unidad didáctica de la química de carbono con los alumnos de 1º Bachillerato. El tema del debate: “plásticos SI, plásticos NO”.

La otra cuestión sobre la que quería trabajar era cómo hacer ciencia con ellos. Pero que no fuera seguir una receta en el laboratorio, sino que tuvieran la oportunidad de trabajar como lo hacen los científicos: participar en su forma de trabajar, en sus métodos, en su forma de enfrentarse a problemas auténticos, creándoles oportunidades para investigar y comunicar los resultados de la experimentación. Y como quería que los alumnos participasen activamente, se cuestionaran ellos las preguntas y ellos mismos

buscaran las respuestas, intenté plantear actividades para trabajar desde la indagación. Considero que no es nada fácil hacer buenas preguntas que sirvan de guía, y de hecho la actividad que propongo en este trabajo, que es la plastificación del almidón a través de actividades de indagación, la he tenido que trabajar en profundidad, en este caso en la asignatura de Diseño de actividades de aprendizaje de física y química. Para poder llegar a presentar esta propuesta, se han tenido que realizar varias modificaciones sobre la que se planteaba inicialmente. Sin duda este proceso de reflexión y ajuste de una actividad ha supuesto una gran aportación a mi proceso de aprendizaje en el master.

Así que, además de otras metodologías, como puede ser el uso de simuladores, o la modelización de procedimientos, os presento en este trabajo mi propuesta para que los alumnos “hablen ciencia” y “hagan ciencia” de manera activa.

## II. Análisis didáctico de dos actividades

Las dos actividades que voy a presentar también las pude trabajar en el periodo de prácticas.

### *Actividad 1: Velocidad de reacción haciendo uso de un simulador*

Esta actividad va dirigida a los alumnos de 4º ESO y se realizó al finalizar el Bloque 3 de Cambios Químicos. El objetivo era que el alumno comprobase mediante aplicaciones virtuales interactivas los factores que afectan a la velocidad de las reacciones químicas (temperatura, concentración y curva de energía), siendo capaz de razonar, justificar y predecir sus efectos, siguiendo el Crit.FQ.3.2. y el Est.FQ.3.2.2. del currículo aragonés (Orden ECD/489/2016).

*Crit.FQ.3.2. 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.*

*Est.FQ.3.2.2. 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.*

Esta actividad consistía en explicar el funcionamiento del simulador y que los alumnos, con algunas iteraciones, respondieran una serie de preguntas que se formulaban. Con este ejercicio se buscaba que los alumnos entendieran los factores que afectan a la velocidad de reacción.

Preguntas propuestas:

- 1 Observar las curvas energéticas de cada reacción, ¿Cuál crees que será más rápida?. Realiza las pruebas necesarias con el simulador para comprobar tus respuestas
- 2 ¿Qué le ocurre a la velocidad de reacción cuando aumentas la cantidad de sustratos que hay inicialmente en el reactor?
- 3 ¿Siempre que aumentamos la temperatura de la reacción, aumenta la cantidad de productos formados?
- 4 ¿Qué pasa si uno de los sustratos está en exceso?
- 5 Elige un modelo de reacción. ¿En qué condiciones se obtiene la mayor cantidad de productos?

**Figura 1:** Preguntas propuestas ejercicio simulador velocidad reacción.

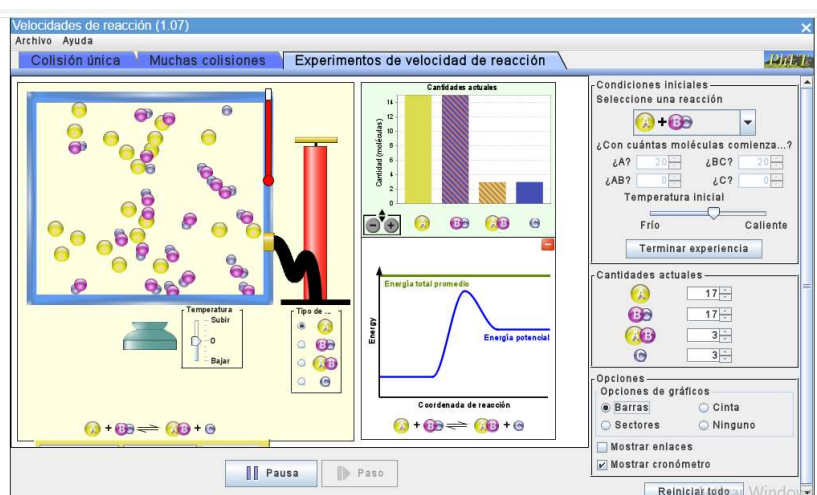
Hay que decir que en este centro todos los alumnos cuentan con dispositivos digitales (tablets y ordenadores personales), que permiten el desarrollo de este tipo de actividades sin problema.

¿Por qué el uso de simuladores? Se propone el uso de simuladores interactivos como recurso de apoyo que proporcione un escenario novedoso que permita la interacción directa con los principios y conceptos más significativos y sus respectivas interacciones con el fin de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje, haciendo al alumno participe de la creación de su propio conocimiento para así disminuir las dificultades de aprendizaje o consideraciones alternativas propias que esta temática sugiere así como propiciar el autoaprendizaje de los alumnos (Narciso, Narciso y Molina, 2015).

Utilizar simuladores en las aulas permite y colabora en la transmisión de conocimiento de forma interactiva, pues el estudiante, en lugar de la actitud un tanto pasiva de las clases magistrales, se implicará activamente en el proceso. A su vez, el uso de simuladores posee un componente lúdico (Rivera, 2001) en Contreras y Carreño (2012), con rápida retroalimentación para el alumno, involucrando al estudiante en su aprendizaje ya que es él el que tendrá que manejar el simulador, observar los resultados y actuar en consecuencia, y la posibilidad de utilizarse en el diseño de actividades que promueven un acercamiento social del aprendizaje (Rojano, 2003) en Contreras y Carreño (2012).

Sánchez, Sierra, Martínez y Perales (2005) en Narciso, Narciso y Molina (2015), apuntan que la incorporación del ordenador en el aula, fundamentada pedagógicamente, no solo supone una mejora en el proceso educativo, sino que se adapta eficazmente a un enfoque constructivista del proceso de aprendizaje. El uso de los simuladores no solo son un recurso novedoso, sino que permiten al alumno, de una manera autónoma indagar en aquellos conceptos que quiera reforzar o ampliar convirtiéndole en un ser autónomo capaz de construir sus propios conocimientos. Este tipo de herramientas además atraen el interés de los estudiantes, hacen que se recuerde más fácil el aprendizaje, estimulan nuevos aprendizajes, justifican y proveen aprendizaje, dan específico y rápido feed-back a sus respuestas, alientan la práctica y la revisión, y ayudan a los estudiantes a su propio progreso, (Rowntree, 1991) en Cabero, Castaño y Cebreiro (2003).

El aprendizaje es más significativo por la calidad y el tiempo empleado en la interacción con la herramienta (Narciso, Narciso y Molina, 2015). La información que se presenta es más atractiva, en este caso concreto, con la presencia de gráficos y un reactor sobre el que se modifican variables y donde se ven las partículas interaccionando. Además, con este tipo de herramientas se evitan riesgos intrínsecos del laboratorio y montajes laboriosos, y se trabajan habilidades que le permiten dar respuesta a los problemas que se le plantean, en este caso planificando el tipo de interacción a realizar. Añadir que con este tipo de ejercicios trabajamos la competencia científica CMCT y la competencia digital CD.



**Figura 2:** Detalle de la pantalla del simulador donde se trabaja sobre la velocidad de reacción.

Para diseñar esta actividad tuve en cuenta todo lo anterior, que me permitió planificar la docencia considerando las dificultades que los alumnos podían encontrar. En este caso concreto que trabajamos la velocidad de reacción, hay un fondo pedagógico ya que tratamos de cubrir una carencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje convencional. Los alumnos, cuando estudian las reacciones químicas no tienen oportunidad de interactuar con ellas y se encuentran con un gran escalón entre lo que ellos viven y lo que están estudiando. Con el uso de estos simuladores se les acerca, en este caso a la química, y se les permite interactuar con ella, haciendo que el aprendizaje sea mucho más significativo. De esta manera, para este caso concreto, les ayudamos a salvar ese escalón entre su realidad y las reacciones químicas. La actividad consistió en que el docente explicara el uso del simulador, sin entrar en muchos detalles para que fueran los propios alumnos los que, con sus interacciones, interpretaran los resultados de las mismas y de esta manera dieran respuesta a las preguntas planteadas por el docente. En el transcurso de la actividad, el alumno contaba con el apoyo del docente si encontraba alguna dificultad que no pudiera solventar por él mismo.

He de decir que en el caso del Practicum esta actividad se realizó en el aula y de esta manera pudimos constatar las dificultades que les suponía a los alumnos, entre otros, cuantificar la variación de una magnitud en el tiempo, o determinar el punto final de una reacción de equilibrio. Estas dificultades se pudieron resolver en el aula y el desarrollo de la práctica del uso de simulador fue muy satisfactoria. Como propuesta de mejora,

creo que habría que haber incidido al principio en cómo hacer los cálculos y haber enseñado con algún ejemplo cómo dar por concluida la reacción, en este caso cuando se consigue el equilibrio. Voy a compartir algunas de las respuestas de los alumnos:

*“Si aumentamos el número de reactivos, la velocidad aumenta ya que se producen más choques, esto permite que las partículas se separen y reorganicen antes”. “(...) en todos los casos aumenta la velocidad de formación cuando se aumenta la temperatura de la reacción”.*

Al entregar la ficha del ejercicio se les pidió a los alumnos que dieran su opinión sobre el uso del simulador, y me gustaría compartir algunos de los comentarios que hicieron:

*“Esta práctica con el simulador me ha ayudado a entender mejor qué factores afectan a la velocidad a la hora de realizar reacciones. Me parece una forma didáctica y más amena para aprender química, porque se aprende mejor con experimentos. Lo que más me ha gustado de la actividad es ver cuánto cambia una reacción en la medida que cambias una cosa, y lo que menos escribir.”*

*“Esta actividad me ha ayudado a entender mejor los factores que afectan a la velocidad de reacción porque lo he podido ver de una manera gráfica qué es lo que ocurre y como se produce. Creo que el uso de simuladores puede ayudar mucho a la hora de aprender y entender química, ya que algunas cosas como por ejemplo la velocidad de reacción es imposible verlo con nuestros propios ojos, y este simulador te lo enseña de forma gráfica y muy fácil de entender. Lo que más me ha gustado es como lo explican gráficamente y con diferentes opciones de gráficas, sectores, barras, cintas..., y que incluya un cronometro que es muy útil para estos ejercicios.”*

*“Esta práctica a mí me ha servido mucho porque me ha ayudado a entender todo lo que no entendía. El uso de simuladores para aprender química me parece muy interesante y una gran idea. Lo que más me ha gustado de esta práctica ha sido el simulador, y lo que menos ha sido tener que hacer ejercicios”.*

#### *Actividad 2: Introducción de un debate en el aula para trabajar la argumentación*

Uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias en la etapa obligatoria es conseguir la alfabetización científica. Esta alfabetización supone la formación de ciudadanos responsables que posean capacidad crítica para evaluar la información, que sean conscientes del impacto de las actuaciones propias y ajenas, y que sean capaces de mantener opiniones argumentadas a la hora de tomar decisiones (Jiménez, Álvarez y Lago, 2017). Estar alfabetizado científicamente implica no sólo comprender las grandes ideas de la ciencia, sino también ser capaz de hablar, leer y escribir argumentando en función de estas ideas (Sanmartí, 2011). Las ideas de la ciencia se aprenden y se construyen expresándolas, y el conocimiento de las formas de hablar y de escribir en relación con ellas es una condición necesaria para su evolución (Sardá y Sanmartí, 2000). Uno de los problemas con los que nos encontramos en la didáctica de las ciencias son los pocos espacios con los que se encuentra el alumno para desarrollar la competencia de la argumentación, espacios para hablar de ciencia.

La importancia de la argumentación en didáctica de las ciencias se justifica por la relevancia que tiene la discusión argumentativa en la construcción del conocimiento



científico. La perspectiva que contempla el aprendizaje de las ciencias como argumentación pretende superar una forma de entender este aprendizaje sesgada hacia la exploración; en ella el aprendizaje de las ciencias tiene como objetivos, no sólo aprender contenidos científicos, sino equipar los estudiantes con la capacidad de razonar acerca de cuestiones y problemas científicos. Además, la argumentación contribuye a conseguir competencias básicas y objetivos generales de la educación en ciencia como son aprender a aprender, desarrollar el pensamiento crítico y proporcionar una idea más realista de la naturaleza de la ciencia, a la vez que aproxima la dinámica del aula a la verdadera actividad científica. Con ello se permite que los alumnos aprendan además de los conceptos científicos, la metodología y las actitudes y valores relacionados con la ciencia (Jiménez, 2010). El objetivo que se busca con la argumentación es que el alumno deje de creérselo todo y que tenga un espíritu crítico, es decir, evitar el papel meramente receptivo de los alumnos y fomentar su implicación en su propio aprendizaje, un aprendizaje basado en el pensamiento, en el que el propio proceso de reflexión lleve a la adquisición de los aprendizajes. Para ello se requieren procesos mentales de orden superior tales como analizar, comparar, sintetizar, evaluar, justificar o concluir, entre otros. Esta reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje desarrollará su capacidad para la autoevaluación, competencia básica de la lectura crítica. Significa que los alumnos deben aprender a reflexionar y a ser críticos en el proceso de lectura y evaluar sus conclusiones.

También cabe destacar el papel que juega el proceso de indagación en la preparación de argumentos, donde se trabaja: la búsqueda de información, el diagnóstico de problemas, distinción de alternativas, debate con compañeros y construcción de argumentos coherentes.

En esta intervención se proponía un debate “plásticos SI, plásticos NO”, para que los alumnos, a partir de sus ideas previas y tras la preparación del debate con un proceso de investigación, construyan los argumentos (propios) justificados con los que se enfrenten al debate. La actividad tuvo lugar en la clase de química con los alumnos de 1º Bachillerato al trabajar la unidad didáctica de la química del carbono, e introducir los materiales derivados del petróleo, y se proporcionó una ficha a los alumnos para su seguimiento. Acceso ficha del debate: <https://drive.google.com/file/d/1V-9ghCb5hvicn5dZK75HnBuRNDLZCOed/view?usp=sharing>

El debate se desarrolló en 4 fases:

- Fase de preparación: Se dividió la clase en dos grupos de 3 personas cada uno, y cada grupo preparaba argumentos tanto a favor como en contra del uso de plásticos. Este trabajo de investigación se realizaba en casa. El docente proponía varios artículos, pero los alumnos podían buscar más recursos o evidencias. Los alumnos desarrollaban tanto el papel de investigador para la búsqueda de evidencias como el papel de orador para la fase de desarrollo del debate.
- Fase de desarrollo del debate: En esta sesión el profesor realizaba el papel de moderador. Se sorteaban las posturas entre los grupos y se otorgaban 5 minutos para su preparación previa. Trascurrida la fase preparatoria, los dos grupos se enfrentaban en el debate. Las intervenciones tenían un tiempo limitado tal y como se detalla en la *Ficha del debate*. Había cuatro turnos de palabra para cada uno de los grupos: un turno de exposición inicial, dos turnos de refutación y un turno final de conclusiones.
- Fase de conclusiones y de redacción de documento de reflexión: Una vez concluido el debate, se ponían en común las conclusiones y se daba respuesta a las preguntas planteadas para este ejercicio: ¿Cuál es el principal problema del

uso de los plásticos?, ¿se puede vivir sin plásticos?, ¿qué líneas de trabajo se plantean para paliar el problema medioambiental de los plásticos?, y desde la química, ¿qué materiales alternativos se están trabajando? Los alumnos en esta fase preparan un resumen de los contenidos expuestos en el debate y las evidencias encontradas, así como una reflexión sobre las intervenciones del debate.

- Fase de evaluación: Para la evaluación de esta actividad se preparó una rúbrica donde se valoraban las siguientes dimensiones: organización, información, debate, presentación y objetivos, y a parte de la valoración del docente también se pidió la coevaluación entre los propios alumnos. Con el ejercicio de coevaluación se pretendía saber cómo habían visto a sus compañeros.

Los dos grupos en los que dividimos la clase concluyeron que el problema no está en los plásticos en sí, sino que el problema es la gestión y el consumo excesivo.

Una vez finalizada la actividad tengo que decir que me sorprendió cómo lo prepararon, cómo lo argumentaron y como defendieron las posturas. Pensaba que se limitarían a exponer los artículos que hubiesen trabajado, pero realmente interactuaron entre ellos. Ambos grupos estaban preparados para defender las dos posturas, algo también muy enriquecedor. Sobre el ejercicio de coevaluación, me ha llamado la atención que han coincidido en la evaluación de los puntos débiles de alguno de los compañeros. Inicialmente pensaba que habría un fuerte componente subjetivo, pero he visto que se corresponde con la evaluación del docente. La coevaluación tiene puntuaciones más bajas, pero creo que se debe a que no tienen el documento de la transcripción donde aparecen todos los puntos tratados. Acceso resultados rúbrica coevaluación:

<https://drive.google.com/file/d/120JNxY-oQ2BriVFnPSI3soZpiNcgQTLI/view?usp=sharing>

Podemos decir que el objetivo que planteaba que era la labor de investigación previa, la elaboración de argumentos propios, la defensa de los mismos y despertar la conciencia medioambiental, se cumplieron. La sesión fue grabada y posteriormente pudimos transcribir el contenido. Comparto alguna de las intervenciones de los alumnos:

*“Empezaremos diciendo qué es un plástico: es un polímero derivado del petróleo. Nos cuesta mucho vivir sin plástico, (...) Eso es un punto malo porque nos hace depender mucho del petróleo. El plástico es muy poco biodegradable. Tarda 150 años en desaparecer y perjudica al ecosistema, (...) Se está intentando hacer plásticos biodegradables para solucionar el problema. A los plásticos actuales solo les afecta los rayos UV por eso tarda tanto en desaparecer. Los nuevos plásticos que se están haciendo ya les afecta la temperatura o microorganismos para que se descompongan más rápido”.*

*“(...) no es que estemos a favor de los plásticos, pero no estamos a favor de que tengan que desaparecer porque si necesitamos reemplazar el plástico, primero tenemos que encontrar una solución para reemplazarlo. La producción del petróleo destinado al plástico es solo el 4%, no como las gasolineras que suponen un 20% o los aceites diésel y de calefacción que son un 70%. Una solución alternativa sería meternos más en el tema del reciclaje. Sería bueno que nos informasen más y tener más conocimiento. Si profundizamos en el tema del reciclaje es muy rentable, hay muchos métodos de transformación porque es un material muy versátil. (...) Es un material muy económico y no se ha encontrado un material tan barato de producción y de venta”.*

*“El problema de los plásticos es la contaminación. Estamos hablando del presente. Ya han pasado 70 años porque los primeros plásticos se crearon en 1950. Si estamos*

*hablando de un futuro próximos 50 años, va a haber más plásticos que peces. (...) Hay que hablar de reciclaje. La gente no reutiliza. El problema es el alto consumo. Hay que reducir el consumo. (...) Hay que tomar decisiones y gestionarlos mejor”.*



**Figura 3:** Capturas del desarrollo del debate “plásticos SI, plásticos NO”.

Aprovecho para compartir algunos de los comentarios que realizaron los alumnos sobre la realización del debate:

*“Me ha ayudado a entender más y he descubierto más allá de lo general. Repetiría la experiencia”. “Me ha gustado mucho y ha ayudado a entender el problema que dan los plásticos el medioambiente”. “Me he sentido bien en el debate y me ha ayudado a ver problemas de los plásticos. Definitivamente lo repetiría”. “Me he sentido muy bien, me encanta hablar. Si me ha ayudado bastante, lo repetiría una y mil veces”.*

En la didáctica de las ciencias nos encontramos con la necesidad del desarrollo de la capacidad de razonar o argumentar, en otras palabras, no sólo aprender significativamente los conceptos implicados, o la mecánica de resolución de los problemas. Viendo los resultados de la actividad y la buena acogida que ha tenido, creo que es interesante seguir fomentando que el alumno “hable ciencia”, participe de la cultura científica, de la producción y circulación de conocimiento, y así trabajar la competencia de la argumentación y la co-evaluación entre los propios estudiantes. Ya que los libros de texto de física y química apenas promueven la argumentación de una manera directa (Furió, Ruiz y Solbes, 2010), quedará en manos del docente proponer este tipo de dinámicas y crear ambientes de aprendizaje que favorezcan la discusión y el razonamiento.

### **III. Propuesta didáctica**

La enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas es un contenido fundamental del currículo de química que se aborda en los cursos de educación secundaria y bachillerato. Debido a las dificultades que implica su aprendizaje para el alumnado, una forma de facilitar su comprensión es a través de la experimentación (González y

Crujeiras, 2016), y esta es la base fundamental de la propuesta didáctica que se presenta con esta intervención.

*A. Título de la propuesta: Reacciones de polimerización: Obtención de bioplástico a través de actividades de indagación en el laboratorio*

Como la unidad didáctica que he desarrollado en el Practicum II ha sido la Química de Carbono con los alumnos de 1º de Bachillerato del Colegio Internacional Ánfora, me ha parecido interesante trabajar las reacciones de polimerización de una manera diferente. No limitarlo a la exposición de los conceptos teóricos, ni a unos trabajos prácticos siguiendo recetas preestablecidas, sino proponer una secuencia de actividades con las que se consiguiera una participación activa del alumno y poder adoptar un proceso dinámico de enseñanza-aprendizaje, basado en la indagación y fundamentado en la necesidad de trabajar desde la experimentación tal como he indicado antes. Un proceso orientado a construir conocimiento descriptivo, explicativo y predictivo basado en las cuestiones planteadas por el propio alumno en la evolución de sus ideas acerca de la comprensión del fenómeno (Schwarz, 2009).

¿Y qué podía plantear para conseguir esa participación activa? Teniendo en cuenta las reflexiones de Hodson (1994), sobre el proceso de aprendizaje de las ciencias, considerado como un proceso activo en el que el estudiante construye y re-construye su propio entendimiento a la luz de sus experiencias y de sus ideas previas, donde el profesor debe proporcionar el marco conceptual, dejando espacio para el significado personal, me pareció interesante plantear actividades de indagación ya que constituyen un recurso idóneo que permiten poner en práctica el conocimiento teórico para resolver un problema práctico (González y Crujeiras, 2016).

*B. Evaluación inicial*

Una de las mayores dificultades asociadas al estudiar las reacciones químicas y su aplicación deriva del uso de diferentes niveles de representación para interpretar los fenómenos químicos citado por otros autores en González y Crujeiras (2016): el macroscópico, que estudia las sustancias y sus propiedades, los procesos y los fenómenos; el submicroscópico, que estudia modelos corpusculares (moléculas, átomos, iones, electrones, etc.), y el simbólico. El alumnado, al final de la educación secundaria y bachillerato, debería ser capaz de articular los tres niveles de representación para interpretar ciertas reacciones químicas presentes en la vida cotidiana. Sin embargo, esto no siempre se consigue, debido a la persistencia de ciertas ideas alternativas, como, por ejemplo, considerar la materia como algo estático y continuo.

Otras dificultades que influyen en el proceso de aprendizaje del cambio químico y citados por otros autores en González y Crujeiras (2016), son aquellas relacionadas con la aplicación de la nomenclatura química, la simbología química, la comprensión de las transformaciones de materia y la reordenación de los átomos después de la reacción o la confusión entre los elementos participantes en estas, como átomo, ión y molécula.

Todas estas dificultades se han tenido en cuenta cuando se ha diseñado esta secuencia de actividades que trabajan las reacciones de polimerización. En este sentido los alumnos han podido experimentar el cambio químico a nivel macroscópico con la formación de los productos obtenidos, y han estudiado los mecanismos de reacción en cada uno de los procesos. Han conocido con detalle las reacciones químicas que han tenido lugar, las ecuaciones químicas, la reordenación de los elementos y los grupos funcionales que han intervenido. Para entender mejor este tipo de reacciones se ha

modelizado el mecanismo de reacción con un juego de clips, donde a partir de los monómeros han formado dímeros, trímeros, homopolímero y heteropolímero.

Otra de las dificultades con las que se ha podido encontrar el alumno ha podido las asociadas a la planificación de las investigaciones (González y Crujeiras, 2016). En esta secuencia de actividades se buscaba que ellos definieran la práctica a realizar en base a unos objetivos (por ejemplo, buscar la influencia del plastificante en la receta), que analizaran los resultados de la práctica y supieran explicar qué había pasado.

Y, por último, otro punto que tampoco están acostumbrados a trabajar es el de la modelización. Están más habituados a seguir una receta preestablecida, y en este caso han tenido que definir un test de biodegradabilidad basándose en los conocimientos adquiridos.

### *C. Objetivos del currículo*

Los contenidos que se pretenden trabajar se encuentran dentro del currículo aragonés (Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato). En el Bloque 4 de la Química del Carbono de la disciplina de Física y Química de 1º Bachillerato, se trabajan contenidos como el petróleo y los nuevos materiales, principales compuestos orgánicos de interés industrial como los materiales poliméricos, macromoléculas, polímeros de origen natural y sintético, reacciones de polimerización, fabricación de materiales plásticos y su impacto medioambiental, o la importancia de la química del carbono en el desarrollo de la sociedad del bienestar entre otros.

Dentro de este bloque nos aparecen criterios de evaluación como:

*Crit.FQ.4.9. Representar la fórmula de un polímero a partir de sus monómeros y viceversa.*

*Crit.FQ.4.10. Describir los mecanismos más sencillos de polimerización y las propiedades de algunos de los principales polímeros de interés industrial.*

*Crit.FQ.4.11. Conocer las propiedades y obtención de algunos compuestos de interés en las diferentes ramas de la industria.*

*Crit.FQ.4.13. Valorar la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual y los problemas medioambientales que se pueden derivar.*

Y estándares de aprendizaje y evaluación tales como:

*Est.FQ.4.8.1. Reconoce macromoléculas de origen natural y sintético.*

*Est.FQ.4.9.1. A partir de un monómero, diseña el polímero correspondiente, explicando el proceso que ha tenido lugar.*

*Est.FQ.4.10.1. Utiliza las reacciones de polimerización para la obtención de compuestos de interés industrial.*

*Est.FQ.4.11.1. Identifica sustancias y derivados orgánicos que se utilizan como principios activos de biomateriales valorando la repercusión en la calidad de vida.*

*Est.FQ.4.13.1. Reconoce las distintas utilidades que los compuestos orgánicos tienen en diferentes sectores como la ingeniería de materiales frente a las posibles desventajas que conlleva su desarrollo.*

Esta intervención, además de plantear objetivos conceptuales como son trabajar el cambio químico, las reacciones de polimerización o las dificultades que plantean las mezclas de dos sustancias, también busca promover destrezas de investigación, fomentar la argumentación basada en evidencias, el contraste y evaluación de ideas alternativas, y la construcción de teorías y modelos científicos explicativos. Además, con esta secuencia de actividades también se quiere construir una conciencia sobre los problemas medioambientales que generan los materiales plásticos. Los objetivos planteados para cada actividad se detallan más adelante.

#### *D. Justificación*

Los autores (Lederman y Antink, 2013) afirman que los estudiantes aprenden mejor los conceptos científicos haciendo ciencia. Las actividades experimentales permiten que el alumnado participe en las prácticas de la comunidad científica, promueven su interés por el aprendizaje de la materia, ayudan a ejemplificar la teoría y a comprender la naturaleza de la ciencia a la vez que se familiarizan con el manejo de técnicas (Taber, 2015). Cuando las actividades se formulan de forma adecuada, permiten a los estudiantes comprender mejor el funcionamiento de la ciencia y contribuyen a desarrollar la competencia científica, así como a alcanzar los objetivos del currículo (Crujeiras y Jiménez, 2012).

Bevins y Price (2016), consideran que la indagación es el mejor método para enseñar ciencias, para promover habilidades de investigación en los estudiantes y ayudarles a interiorizar nuevo conocimiento en la búsqueda de respuesta a preguntas científicas, previamente formuladas. Así, afirman que “esta aproximación aporta al alumnado un mayor control del propio aprendizaje y le permite navegar activamente por los caminos que aumentan su comprensión y motivación, y mejoran su actitud hacia la práctica científica, incrementando su auto-estima y su capacidad para manejar nuevos datos en un mundo cada vez más complejo”. (p. 19).

La indagación es un proceso intencional de diagnóstico de problemas. En este sentido, una de las definiciones que más encajan en el marco que queremos desarrollar es la que daba en 1996 el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos de América (NRC, 1996: 23): “Indagación: Las diversas formas en las que los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. La indagación también se refiere a las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas”. La indagación requiere la identificación de asunciones, la aplicación del pensamiento lógico y crítico, y la consideración de explicaciones alternativas (Ariza, Aguirre, Quesada, Abril y García, 2016).

Las preguntas que se plantean a lo largo de la secuencia de actividades en un modelo de indagación tienen un papel fundamental, “Las preguntas actúan como generadoras y organizadoras del saber escolar. Así, éstas despiertan nuestro deseo de conocer cosas nuevas, nos ayudan a reflexionar sobre el propio saber y el proceso de aprendizaje.” (Roselló, Roselló y Muñoz, 1996).

Se ha demostrado que realizar preguntas abiertas, mostrar actitud de escucha y dar tiempo a los alumnos y alumnas a responder favorece el pensamiento divergente, las

respuestas más completas y la participación en debates en el aula. Evitando las preguntas que ofrecen respuestas limitadas conseguiremos favorecer conversaciones más enriquecedoras (Rakow, 1986).

La indagación experimental forma parte del proceso de elaboración de modelos en el marco escolar, en las fases de elaboración y puesta a prueba de los modelos mentales, cuyo objetivo es la resolución de desafíos prácticos, que son muy útiles para la comprensión procedimental de la ciencia, es decir, para aprender los procesos que caracterizan la investigación. Según Hodson (1994), a los estudiantes les gusta saber lo que están haciendo porque si no les desconcierta, y lo que valoran son los desafíos cognitivos, el ser capaces de responderse ellos mismos las preguntas. Eso implica que se tendrán que diseñar trabajos prácticos (TP) adecuados en los que el alumno tenga una medida de control e independencia suficiente. Será importante a la hora de diseñar la secuencia de actividades, definir el propósito y escoger la actividad de aprendizaje que se adapte a esos objetivos, sin que constituya una interferencia en el proceso de aprendizaje.

En este trabajo se han tenido en cuenta los principios de diseño aportados por Del Carmen y Jiménez (1997), que deben estar presentes a la hora de decidir sobre los contenidos y las actividades, como son:

- Identificar problemas que tengan conexión con la vida real para ser investigados. En este sentido hemos elegido el problema medioambiental del uso de los plásticos.

- Mantener los objetivos conceptuales en número limitado para facilitar tanto su comprensión como su utilización en contextos de investigación, es decir, no introducir conceptos que no vayan a ser utilizados. Todos los contenidos de esta intervención están incluidos dentro del currículo oficial aragonés, dentro de la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, en la especialidad de Física y Química, dentro del Bloque 4 Química del Carbono, de 1º Bachillerato.

- Emplear destrezas de investigación y experimentación para comprobar ideas, que se llevarán a cabo con los trabajos prácticos planteados.

- Reflexionar de forma crítica sobre la manera en que se recogen los datos y las pruebas y sobre cómo se usan para comprobar las ideas. Para ello planteamos la actividad 2 de puesta en común del procedimiento.

En resumen, debido a la potencialidad de las actividades de laboratorio como recurso de aprendizaje, el uso de actividades de indagación puede ayudar al alumnado a comprender mejor los fenómenos científicos, especialmente aquellos de carácter abstracto, como es el caso de las reacciones de polimerización, el cual abordamos en esta intervención.

#### **IV. Actividades**

Esta secuencia didáctica se va a realizar con los alumnos de 1º Bachillerato del Colegio Internacional Ánfora, en la localidad de Cuarte de Huerva. Se trata de un grupo reducido compuesto por 6 alumnos, 5 chicos y 1 chica. Es un grupo muy serio, todos

ellos están muy motivados, se trabaja de una manera muy ágil y, gracias a los medios con los que cuenta el centro, ya han realizado trabajos de laboratorio, por lo que ya tienen adquiridas habilidades propias del trabajo práctico. Precisamente por las características del grupo, creemos que este ejercicio ha podido tener resultados tan interesantes.

Con esta propuesta se van a trabajar las reacciones de polimerización a través de la obtención de un material bioplástico. Para ello partimos del problema medioambiental que supone el uso de materiales plásticos, estudiaremos los nuevos materiales plásticos biodegradables que se han desarrollado desde la química, haremos trabajos prácticos (TP) con este tipo de materiales, y finalmente comprobaremos qué plástico es más biodegradable.

La intervención que se propone en este trabajo se ha estructurado en 3 actividades, donde se guía al alumno a través de una serie de preguntas, pero para poder llevar a cabo estas actividades son necesarias unas actividades previas que nos van a proporcionar el marco teórico conceptual necesario sobre las reacciones de polimerización:



Figura 4: Secuencia de actividades previas.

Una vez realizadas estas actividades previas, se desarrollan las 3 actividades objeto de esta propuesta didáctica.

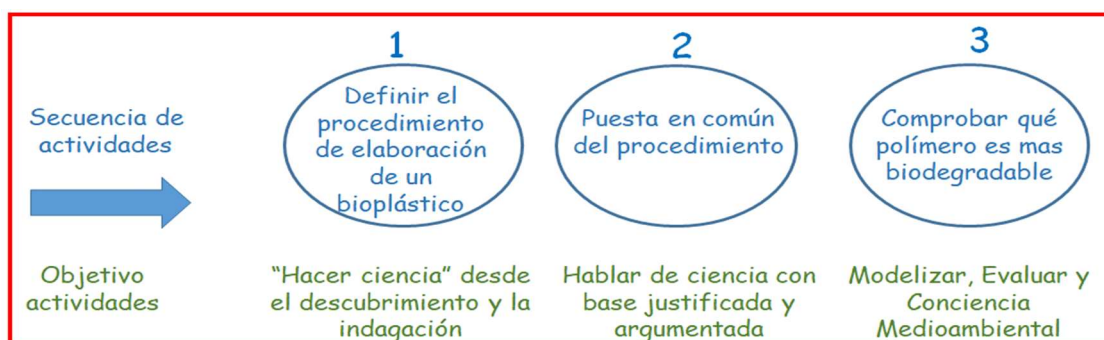


Figura 5: Secuencia de las actividades de la Propuesta Didáctica.

Con esta secuencia de actividades, se pretende guiar al alumno en su desarrollo, sin quitarle el protagonismo ni el papel activo ya que se le permite explorar, entender y hacerse preguntas. Se trabaja en el contexto de descubrimiento, de la comprobación de hipótesis y de su validación tras el análisis de los resultados.

Los objetivos concretos de cada actividad y las preguntas que sirven de guía en este ejercicio de indagación se presentan en la tabla siguiente:



Tabla 1. Secuencia actividades: objetivos y preguntas previas.

SECUENCIA	ACTIVIDAD	OBJETIVO	PREGUNTA PREVIA
ACTIVIDADES PREVIAS	MODELIZACION Y TP CASEINA	INTRODUCIR MARCO TEORICO REACCIONES POLIMERIZACION E INICIACIÓN EN ACTIVIDAD PRACTICA CON LA PLASTIFICACION DE LA PROTEINA DE LA LECHE	¿Qué es un polímero?, ¿qué tipos de enlaces tienen? Representa un homopolímero, un heteropolímero, un dímero y un trímero. Reconoce macromoléculas naturales y sintéticas. ¿Qué mecanismos de reacción tienen lugar?
ACTIVIDAD 1	TP: PRACTICA POLIMERIZACION	PROMOVER DESTREZAS DE INVESTIGACION A TRAVES DE ACTIVIDADES DE INDAGACION: TP PARA TRABAJAR CAMBIOS QUIMICOS Y ACTIVIDAD DE PLANIFICACION (DEFINIR PROCEDIMIENTO PLASTIFICACION ALMIDON)	¿Qué hace falta para elaborar un bioplástico?, ¿cuál es la proporción óptima almidon/plastificante?, ¿hay diferencia según el procedimiento seguido?, ¿cómo imaginas el proceso de transformación del almidón a bioplástico?
ACTIVIDAD 2	PRESENTACION RESULTADOS	FOMENTAR COMPETENCIA DE LA ARGUMENTACION: PRESENTAR RESULTADOS DEL TRABAJO PRÁCTICO Y EXPLICAR PROCESO "TRABAJO CIENTIFICO"	¿Qué diferencia hay entre las dos producciones que se presentan?, ¿han seguido el mismo procedimiento o ha cambiado la composición? ¿Cuál dirías que es el mejor procedimiento? ¿Con qué problemas te has encontrado en la práctica?, ¿cómo los has solucionado?
ACTIVIDAD 3	DISEÑO TEST BIODEGRADABILIDAD	MODELIZAR PROCEDIMIENTO, CONTRASTAR RESULTADOS Y CONSTRUIR CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL	¿Cuál de los plásticos que tenemos sobre la mesa es más biodegradable?, ¿cómo podemos comprobarlo?

### Actividades Previas

Antes de empezar con la secuencia de actividades, se realizaron unas sesiones previas que proporcionaron el marco teórico conceptual necesario sobre las reacciones de polimerización. En primer lugar, la sesión teórica donde se introducían los derivados del petróleo, las reacciones de polimerización y las principales aplicaciones. Se trabajó el proceso de polimerización con la modelización de los clips y se llevaron varias muestras a clase de Nylon 6 y su monómero para una primera toma de contacto.

**Sesión teórica: Derivados del petróleo y Polímeros**

Los polímeros son **macromoléculas** formadas por uniones de una misma molécula, denominada **monómero**, que se repite n veces.

Ethylene → Polymerization → Polyethylene

Estructura 3D de molécula de polietileno

Los polímeros se pueden clasificar según su procedencia en

- **Polímeros naturales:** sustancias de origen animal como la **caseína**, o vegetal como el **almidón**.
- **Polímeros sintéticos:** son sustancias que provienen del petróleo y se obtiene por mecanismos de polimerización, como son las reacciones de condensación (elimina agua) o adición (suma de monómeros sin pérdida de agua).

Figura 6: Actividad previa: sesión teórica para introducir las reacciones de polimerización.

## Modelización proceso polimerización

### Construyendo un polímero con clips

Un clip representa un monómero, y cada color se identificaría con un monómero distinto. Para entender los conceptos de dímero, homopolímero y heteropolímero encadena clips de la siguiente forma:

- Encadena 2 clips del mismo color: ¿Cómo lo llamarías?
- Encadena muchos clips del mismo color ¿Qué estaríamos formando?
- Encadena muchos clips de diferentes colores ¿Sería igual que la cadena anterior? ¿Qué hemos construido?

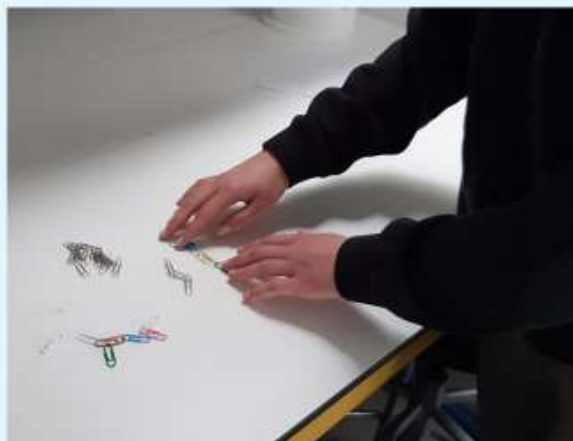


Figura 7: Actividad previa de Modelización Reacciones Polimerización.

## "Toma de contacto" polímero Nylon 6

Explicamos los mecanismos de reacción de la polimerización del Nylon 6.

Y tocamos

- muestras de su monómero (caprolactama),
- muestras de varios polímeros en formato de granza,
- polímero fundido y
- fibras sintéticas (producto semielaborado fibras textiles)



Figura 8: Actividad previa: toma de contacto polímero nylon 6.

Posteriormente, dentro de la secuencia de actividades previas, planteamos un TP donde se experimentará con una reacción de polimerización, la desnaturalización de la caseína, y de manera sencilla se puede trabajar el cambio químico de este tipo de reacciones. De esta manera introducimos al alumno en el trabajo científico, trabajando destrezas propias de los trabajos prácticos como son: dosificación, mezclado, filtrado, evaporación, cambio químico o secado. Esta actividad previa es fundamental dentro de la secuencia de actividades que planteamos ya que va a permitir que el alumno pueda trabajar de manera autónoma en la práctica de laboratorio donde se trabaja la plastificación del almidón.

Tabla 2. Descripción actividad previa: Trabajo Práctico Polimerización Caseína

<i>Título actividad</i>	<i>TP: El polímero de la leche</i>
<i>Objetivo didáctico/ desempeños esperados</i>	Iniciar en la actividad práctica con la polimerización de la proteína de la leche. Familiarizarse con el trabajo científico: dosificación, mezclado, filtrado, evaporación, cambio químico o secado
<i>Metodología</i>	Trabajo guiado de laboratorio
<i>Desarrollo de la actividad</i>	Calentamos la leche, y justo antes de hervir, añadimos el vinagre, removiendo bien. La leche se corta: se separa el suero de la caseína que precipita. Separamos el suero de la caseína, colándola y secándola con papel absorbente. En 24 horas la pasta de caseína se endurecerá.
<i>Contenido</i>	En su composición, la leche tiene componentes orgánicos (glúcidos, lípidos, vitaminas y proteínas), y componentes minerales (Ca, Na, K, Mg, Cl). En nuestro caso, nos va a interesar sobremanera el grupo de proteínas de las caseínas ( $\alpha$ s1-caseína, $\alpha$ s2-caseína, $\beta$ -caseína y $\kappa$ -caseína) que son las proteínas más abundantes en la leche y que se encuentran formando micelas. Sin embargo, cuando el pH de la leche llega a 4,6 estas micelas precipitan, permitiendo la creación de enlaces entre las distintas moléculas de caseína y produciendo una polimerización.
<i>Contexto del aula</i>	La actividad se lleva a cabo en el laboratorio en grupos de 3-4 personas.
<i>Temporalización</i>	Esta actividad tiene una duración de 30-40 minutos.
<i>Recursos necesarios</i>	Leche desnatada (250 ml), vinagre (10 ml), colorante alimenticio, probeta, vaso de precipitados, placa calefactora, cuchara de madera, colador, sarten y papel secante o papel de horno
<i>Criterios evaluación</i>	El alumno rellenará una ficha de laboratoria y dará respuesta a las siguientes preguntas: ¿de qué están compuestas las proteínas?, ¿qué tipo de enlace forman las subunidades de las proteínas?, ¿en qué momento se produce la reacción de polimerización, ¿cuál es la función del vinagre?, ¿cómo se llama la operación de separar el suero del precipitado?

A los alumnos les sorprendió el resultado ya que se puede apreciar muy bien el cambio físico y químico por el cambio a simple vista de los materiales.

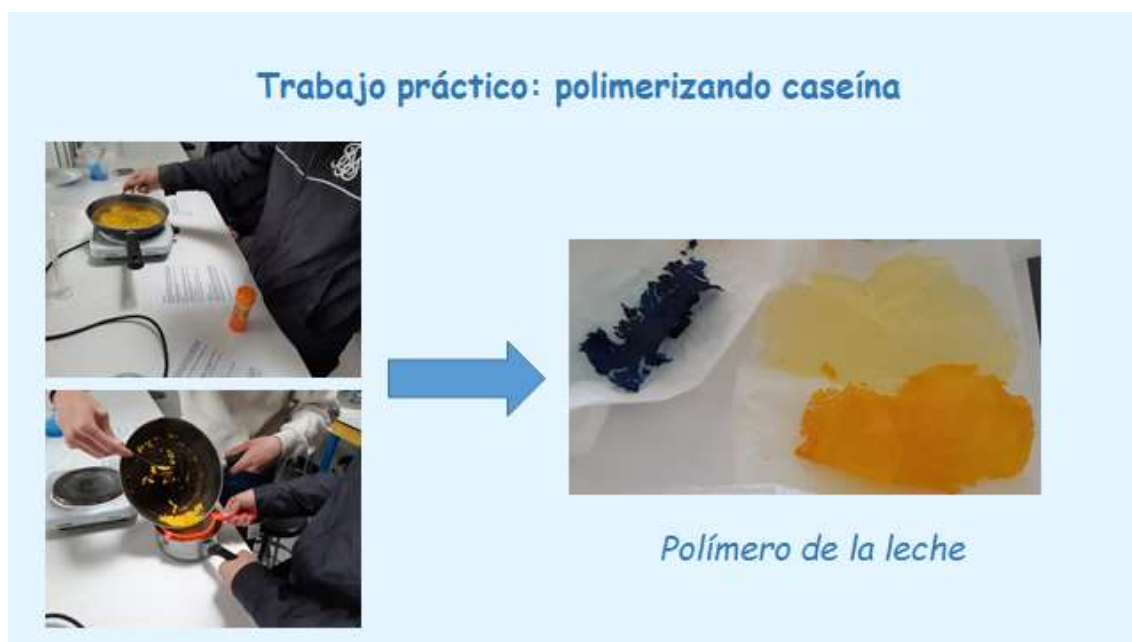


Figura 9: Actividad previa: trabajo práctico polimerización caseína

Este ejercicio va a servir de base para el siguiente trabajo práctico, en el que se va a trabajar la plastificación del almidón a través de actividades de indagación.

### Actividad 1: Práctica plastificación de almidón

En este TP se plantea un trabajo de indagación guiada, y se busca que los alumnos trabajen desde una perspectiva que modele cómo trabajan los científicos. Además de buscar la motivación e implicación cognitiva del alumnado a través de un reto, se busca promover destrezas de investigación, fomentar la argumentación basada en evidencias, el contraste, evaluación de ideas alternativas, y la construcción de teorías y modelos científicos explicativos. Esta estrategia remarca el papel activo y de razonamiento del alumnado en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Para ello, una vez que ya habíamos comprendido el problema actual de los plásticos, ponemos encima de la mesa los plásticos que manejamos en el día a día.



Figura 10: Ponemos encima de la mesa los plásticos que manejamos cada día

Vemos que algunos de estos plásticos están hechos de maíz y nos planteamos el reto de desarrollar un procedimiento operativo para la fabricación de un biopolímero a partir de almidón de maíz.

Se proporciona a los alumnos una fórmula buscada en bibliografía, y se les pide que desarrollen el procedimiento, para que sean conscientes de la importancia del método científico y lo que afecta el procedimiento en una reacción. Los tres grupos en los que dividimos la clase van a partir de la misma fórmula y vamos a comprobar como los resultados van a ser diferentes. El objetivo que se plantea es que los alumnos identifiquen problemas o dificultades, diseñen estrategias de resolución de problemas, identifiquen las variables de la reacción, las relacionen con los productos obtenidos (causa-efecto), y que sean capaces de explicar y entender lo que ha sucedido. Se les guía por medio de las siguientes preguntas: ¿Qué hace falta para elaborar un bioplástico?, ¿cuál es la proporción óptima almidón/plastificante?, ¿hay diferencia según el procedimiento seguido?, ¿cuál es el procedimiento óptimo para su elaboración?

Tabla 3. Descripción de la actividad 1: Plastificación del almidón.

<i>Título actividad</i>	<i>Plastificación almidón a través de actividades de indagación</i>
<i>Objetivo didáctico/ desempeños esperados</i>	Experimentar en laboratorio con las reacciones de polimerización. Familiarizarse con el trabajo científico (dosificación, mezclado, filtrado, evaporación, cambio físico, terminar una reacción), modificar variables y observar resultados, o dar solución a problemas operativos en un proceso sencillo de laboratorio que no entraña riesgos más allá de trabajar con calor. Con esta experiencia se les permite que los estudiantes lleven a cabo su propia investigación. Además, esta práctica pretende introducir al estudiante en los nuevos materiales que se desarrollan en la industria química para dar solución a problemas medioambientales. Que vean la utilidad de la química.
<i>Metodología</i>	Trabajo práctico de laboratorio a través de actividades de indagación, con preguntas del tipo: ¿Qué hace falta para elaborar un bioplástico?, ¿cuál es la proporción óptima almidón/plastificante?, ¿hay diferencia según el procedimiento seguido?, ¿cuál es el procedimiento óptimo para su elaboración?
<i>Desarrollo de la actividad</i>	Se les pide a los alumnos que realicen dos producciones para optimizar el procedimiento de plastificación del almidón. Datos de partida: Adicionar en el cazo 200 ml de agua y mezclar con 30 g de almidón de maíz (maicena). Mezclarlo bien y agregar a la mezcla 20 mls de glicerina (es el plastificante) y 20 mls de vinagre blanco (es el iniciador de reacción y limitante). Opcionalmente se puede adicionar colorante alimenticio para dar color al bioplástico. Mantener la mezcla en el cazo metálico con calor y agitación hasta que la mezcla cambie de apariencia y quede viscosa. Verter la mezcla en papel de horno bien extendida para que se enfríe. Dejar enfriar el biopolímero 24h y observa el producto resultante.
<i>Contenido</i>	Experimentar con el cambio físico y químico: primero con la gelatinización del almidón (formación de emulsión suave al tacto), y posteriormente con el proceso de polimerización (plastificación del almidón: formación de Termoplástico TPS).
<i>Contexto del aula</i>	La actividad se lleva a cabo en el laboratorio en grupos de 3-4 personas.
<i>Temporalización</i>	Cada interacción tiene una duración de 30-40 minutos. Se recomienda realizar dos iteraciones para incorporar mejoras en el procedimiento y poder comparar resultados.
<i>Recursos necesarios</i>	1 placa calefactora, 1 cazo metálico de 500cc, almidón de maíz (maicena), vinagre blanco (ácido acético), glicerina y papel de horno
<i>Criterios evaluación</i>	El alumno rellenará una ficha de laboratorio y dará respuesta a las siguientes preguntas: ¿Ha sido fácil "incorporar" el almidón en el agua?, ¿has notado un cambio en la mezcla?, ¿cómo dirías que es el mejor procedimiento para mezclar almidón y agua? ¿Cuál ha sido la pérdida de reactivo en el proceso de filtración?, ¿se han mantenido las proporciones de la fórmula inicial? ¿Cuánto tiempo de agitación ha sido necesario hasta que se ha formado el bioplástico?, ¿en qué momento has empezado a notar el cambio químico?, ¿has notado algo más? Cuando laves el cazo, observa qué le ocurre al bioplástico que se ha formado en contacto con el agua (fría y caliente). ¿Qué has notado? ¿Con qué problemas te has encontrado en la práctica?, ¿cómo los has solucionado? Además de la valoración de esta ficha, se evaluará la actividad según rúbrica de nivel de desempeños de destrezas implicadas.

¿Qué destrezas hay en juego? Destrezas científicas como análisis de resultados, aplicar conocimientos sobre mezclas, reacciones y cambios químicos, autonomía personal, independencia y resolución de problemas, para dar solución al problema de la incorporación del agua al almidón, recalcular % de la fórmula al perder materia en el proceso de filtrado, caracterizar plásticos según % plastificante (más flexible o más rígido), comparar muestras según la formulación, indagar sobre los logos de las bolsas, medir los reactivos u observar los cambios de la reacción.

Aprovechamos el final de esta sesión para explicar el proceso de cambio físico y químico que ha experimentado el almidón y las reacciones que han tenido lugar.

## TP: Definir procedimiento para la plastificación del almidón



Figura 11: Momentos de la realización del TP “plastificación almidón”.

### Actividad 2: Puesta en común procedimiento almidón plastificado.

Para poder trabajar la competencia de la argumentación, en esta sesión los alumnos presentan los trabajos prácticos realizados con una explicación de los procedimientos seguidos, y las diferencias de los productos obtenidos.

Tabla 4. Descripción actividad 2: puesta en común trabajo práctico

<i>Título actividad</i>	<i>Puesta en común trabajo práctico plastificación almidón</i>
<i>Objetivo didáctico/ desempeños esperados</i>	Trabajar la competencia de argumentación, y que el alumno sea capaz de analizar resultados y explicar causa-efecto del procedimiento seguido y los resultados obtenidos con base científica.
<i>Metodología</i>	Exposición por parte del alumno y explicación del docente si procede
<i>Desarrollo de la actividad</i>	Se les pide a los alumnos que expliquen el procedimiento seguido en cada una de las dos producciones y los resultados de las mismas (p.e.: se mezcla mejor el agua y el almidón en frío, el material es más flexible si tiene más porcentaje de plastificante, el material es más viscoso por tener menor contenido de ácido o procedimiento más rápido y evaporación más violenta si ha habido un calentamiento previo). Para ayudarles en el desarrollo, se les pide que vayan respondiendo a las preguntas iniciales: ¿Qué diferencia hay entre las dos producciones que se presentan? ¿Han seguido el mismo procedimiento o ha cambiado la composición? ¿Cuál dirías que es el mejor procedimiento? ¿Con qué problemas te has encontrado en la práctica?, ¿cómo los has solucionado? ¿Ha sido fácil “incorporar” el almidón en el agua?, ¿has notado un cambio en la mezcla? ¿Cuánto tiempo de agitación ha sido necesario hasta que se ha formado el bioplástico?, ¿en qué momento has empezado a notar el cambio químico?, ¿has notado algo más? Cuando le al bioplástico que se ha formado en contacto con el agua (fría y caliente). ¿Qué has notado? zcla de dos sustancias es una reac
<i>Contenido</i>	Cambio químico y reacción de policondensación el almidón, gelatinización del almidón, ley de Lavoisier, efecto plastificante de la glicerina, que incrementa el espacio intermolecular y permite la movilidad de las cadenas
<i>Contexto del aula</i>	La actividad se puede llevar a cabo tanto en clase como en el laboratorio
<i>Temporalización</i>	Esta exposición debe realizarse una vez analizados los trabajos prácticos realizados y tras la explicación teórica de las reacciones de plastificación del almidón.
<i>Recursos necesarios</i>	No se requieren materiales específicos
<i>Criterios evaluación</i>	Se evaluará la actividad según rúbrica de nivel de desempeños de destrezas implicadas.

En todos los grupos identificaron las variables de la reacción, pudieron ver el efecto de los cambios en los procedimientos, pudieron caracterizar los films (flexibilidad, rigidez, aspecto), analizaron los resultados, y pudieron explicar y justificar el efecto resultante con evidencias. Al presentar los productos los grupos extraen las siguientes conclusiones:

- Todos los grupos partieron de la misma información, una proporción inicial de los componentes (almidón, glicerina, ácido y agua), y se han obtenido productos diferentes. Concluimos que el procedimiento de trabajo seguido en una reacción química influye en el resultado.

- Dos de los grupos han querido comprobar cómo afecta el % de plastificante en el producto. Se ha demostrado que a mayor proporción de plastificante el producto es más flexible y maleable. Se justifica por el efecto plastificante de la glicerina, que incrementa el espacio intermolecular y permite la movilidad de las cadenas, tal y como habíamos visto en teoría.

- Se han encontrado con el problema de la incorporación del agua en el almidón, ya que los gránulos de almidón son insolubles en agua. Con las distintas iteraciones realizadas, el grupo concluye que el mejor método para incorporarlo es mezclándolo previamente en frío antes de calentar. Uno de los grupos tuvo que filtrar la primera prueba y perdió mucho material en el proceso de filtración. Este ejercicio nos demostró que también cambió la composición de la mezcla ya que se perdió almidón, y por tanto aumentó la proporción de plastificante, adquiriendo la muestra un aspecto gelatinoso. Uno de los grupos no se atrevió a filtrar porque tenía el producto muy viscoso y se puede observar en su film un aspecto granular.

- En dos de los grupos se pudo ver que el producto era una muestra muy pequeña y que había habido una pérdida de material. Se habló de la ley de Lavoisier y la conservación de la materia, y que se podría haber pesado la mezcla antes, la mezcla final y el residuo del filtro. Aquí se veía que también hay que considerar la pérdida de agua debida a la evaporación.

- Sobre el cambio químico, todos los grupos eran conscientes del momento en que la mezcla empezaba a cambiar de aspecto por la subida de viscosidad, el proceso de polimerización. Venía precedido por un aumento en la evaporación y dedujimos entre todos que la reacción era de poli-condensación. Hubo un grupo que notó diferencia entre las dos pruebas. En una de ellas el cambio químico fue instantáneo, y explicaron que se debía a que antes de incorporar la glicerina la mezcla ya estaba caliente. La mezcla almidón y agua en ese caso se notaba menos fluida, tenía el aspecto de gel, y explicaba el proceso de gelatinización que sufre el almidón. Tal y como habíamos visto en la teoría, se trataba del proceso de pérdida de cristalinidad del almidón y la solubilización de la amilosa.

- Sobre el efecto del ácido en esta reacción, uno de los grupos empezó la reacción sin acético, pero la reacción se había iniciado porque había un cambio de viscosidad. La teoría de que el ácido actúa de iniciador de reacción para abrir las cadenas parece que no se cumple. Se explica que es posible que solo la polaridad del agua haga esa función. Comentaba que habían notado la formación de muchos grumos y un producto muy denso. Al final se echó menos proporción de ácido de lo que correspondía, y notaron que la mezcla había sido más espesa que la segunda que tenía la proporción de ácido correcta. Aquí explicamos que el ácido también hace el efecto de limitador de cadena y corta la reacción de polimerización, bajando la viscosidad del producto.

## Puesta en común del procedimiento de plastificación del almidón



**Figura 12:** Puesta en común del procedimiento de plastificación del almidón

Al finalizar esta sesión se explica a los alumnos cómo es la formulación de las bolsas de plástico, ya que solo con el almidón plastificado no se consiguen las propiedades necesarias de las bolsas comerciales.

### *Actividad 3: Trabajo práctico “Modelizar test biodegradabilidad”.*

El objetivo de la actividad es que los alumnos modelicen un test de biodegradabilidad de los plásticos, y sensibilizarlos con el problema medioambiental que supone la degradación de los plásticos. Así damos cumplimiento a los Crit.FQ.1.1. y Crit.FQ.4.13. del currículo aragonés:

*Crit.FQ.1.1. Reconocer y utilizar las estrategias básicas de la actividad científica como: plantear problemas, formular hipótesis, proponer modelos, elaborar estrategias de resolución de problemas, diseños experimentales y análisis de los resultados.*

*Crit.FQ.4.13. Valorar la utilización de las sustancias orgánicas en el desarrollo de la sociedad actual y los problemas medioambientales que se pueden derivar.*

¿En qué consiste la actividad? Primero el alumno debe reconocer los factores que afectan a la reacción de degradación de los materiales plásticos. Tras una labor de investigación y la lectura de los artículos proporcionados por el docente, se concluye que para degradar un plástico es necesario romper el enlace carbono – carbono, y los factores ambientales con los que contamos son, entre otros, los rayos UV, la humedad y microorganismos (Posada, 2012). Una vez que se conocen los factores que afectan a la reacción de degradación de los plásticos y el concepto de biodegradación, los alumnos modelizan su propio test para responder a las siguientes preguntas: ¿cuál de los plásticos que tenemos sobre la mesa es más biodegradable?, ¿cómo podemos comprobarlo?, ¿qué condiciones son las de mayor velocidad de reacción de degradación?



Tabla 5. Descripción actividad 3: Modelizar test biodegradabilidad

<i>Título actividad</i>	<i>Modelizar "Test Biodegradabilidad"</i>
<i>Objetivo didáctico/ desempeños esperados</i>	Que el alumno investigue sobre los factores que intervienen en la degradación de los plásticos, que modelice su propio test de biodegradabilidad y que analice cómo afectan las distintas condiciones propuestas a la velocidad de reacción de descomposición de los plásticos. Además se pretende despertar la conciencia medioambiental y experimentar el problema que supone la degradación de los plásticos.
<i>Metodología</i>	Trabajo práctico de laboratorio basado en actividades de investigación y modelización
<i>Desarrollo de la actividad</i>	El alumno debe modelizar su propio test de biodegradabilidad para responder a las siguientes preguntas: ¿cuál de los plásticos que tenemos sobre la mesa es más biodegradable?, ¿cómo podemos comprobarlo?, ¿qué condiciones son las de mayor velocidad de reacción de degradación? Como ayuda se parte de un test iniciado con anterioridad y se explican los detalles del test. Se preparan láminas de 4x4cms de los plásticos que se quieren testear, se les somete a las condiciones que se acuerden y se hace el seguimiento de las láminas a los 15, 40 y 120 días, por ejemplo. Los polímeros naturales como la caseína y el almidón plastificado se descomponen al 100% entre 15 y 40d, los polímeros biodegradables de las bolsas comerciales se empezarán a descomponer entre 40-120 días y los polímeros sintéticos pueden tardar años en empezar a descomponerse, aunque va a depender de las condiciones a las que se sometan. Para determinar el grado de degradación se puede medir el % de pérdida de peso.
<i>Contenido</i>	Cambio químico, reacción de descomposición de los polímeros plásticos, factores que afectan a la reacción, velocidad de reacción
<i>Contexto del aula</i>	La actividad se lleva a cabo en el laboratorio en grupos de 3-4 personas
<i>Temporalización</i>	Esta actividad puede realizarse en cualquier etapa adaptando el nivel de dificultad. En este caso, para los alumnos de 1º Bachillerato será el cierre de los trabajos prácticos planteados para trabajar las reacciones de polimerización. La sesión para la preparación de las muestras tiene una duración de 40-50 minutos y las sesiones posteriores de control tienen una duración de 15-20 minutos.
<i>Recursos necesarios</i>	Bolsas de plástico a testear, vasos de plástico de 100 cc y los medios requeridos por los alumnos. En este caso, agua del río, tierra fiemo, microorganismos, agua, luz UV, calor,...
<i>Criterios evaluación</i>	El alumno rellenará una ficha de laboratoria donde explique el test realizado y los resultados obtenidos.

En la sesión llevada a cabo en el periodo de prácticas, los estudiantes primero analizaron los resultados de un test de biodegradabilidad iniciado hacía 40 días, ya que la velocidad la reacción de descomposición de los plásticos es lenta, y se les planteó que, con los recursos del centro y los conocimientos adquiridos, modelizaran su propio test de biodegradabilidad. Tras comprobar los restos de plástico que quedaban en las macetas de la prueba iniciada anteriormente, los estudiantes pudieron concluir que los dos polímeros naturales (caseína y almidón) eran 100% degradables a los 40 días en esas condiciones, ya que no había quedado resto del material plástico en la tierra. La muestra C que correspondía a la bolsa de supermercado marcada como 100% biodegradable ya empezaba a notarse descomposición a simple vista (a falta de comprobar la pérdida de % peso). Sin embargo, las otras 3 muestras de bolsas no habían sufrido ningún cambio a simple vista. Los alumnos decidieron iniciar nuevos test con las bolsas ya testeadas y dos bolsas nuevas que habían traído los propios alumnos (de fécula de patata y bolsa shopper del supermercado), y comprobar los efectos en tierra con microorganismos. Para ver los resultados habrá que esperar varias semanas. Podemos enlazar este fenómeno con la importancia de la velocidad de reacción del proceso de biodegradabilidad de un material plástico (degradación de los polímeros por organismos) ya que, los plásticos de origen fósil como el polietileno tardan en

descomponerse una media de 50 años, mientras que los bioplásticos empiezan a descomponerse a los 40 días.



Figura 13: Modelizar test biodegradabilidad para materiales plásticos

Los resultados muestran como los alumnos fueron más allá, incluso intentaron generalizar los aprendizajes, por ejemplo, plantearon test de biodegradabilidad para agua del rio, agua de mar y test con microorganismos vivos como el gusano “*Galleria mellonella*” (gusano de cera), que son los que se están probando para la descomposición del polietileno.

Comparto algunos comentarios de los trabajos entregados por los alumnos:

*“(...) propongo hacer un test de biodegradabilidad con agua salada en vez de tierra ya que el principal problema es que los plásticos que se hacen hoy en día no se degradan con el tiempo. El procedimiento que propongo es muy similar: primero coger varios tipos de polímeros y recrear las condiciones que tendría el océano (misma solubilidad, misma temperatura... etc.), y meter los distintos tipos de plásticos. Habría que dejarlos un tiempo y analizar si dependiendo del polímero se han degradado poco o mucho. Además, también recreará el mismo procedimiento, pero en vez de con plásticos derivados del petróleo, con plásticos hechos por ejemplo de maicena y glicerina, para saber si es posible crear un plástico más “natural” y que encima sea biodegradable en condiciones marinas. Tomando como referencia este tipo de test, lo recreará con varios tipos de condiciones, ya sea por ejemplo con agua dulce. Así, con este tipo de test conseguimos saber que material plástico se descompone antes”.*

*“(...) creo q realmente se podría solucionar este problema de una forma muy eficaz: por una parte, crear un sistema de reciclado de plásticos que haga que los plásticos no acaben en el océano, sino que acaben en una fábrica para darles un segundo uso y así conseguir menos contaminación y un ahorro de petróleo y segundo, crear plásticos biodegradables y de formas más ecológicas”.*

## V. Análisis de los resultados de aprendizaje

Además de buscar la motivación e implicación cognitiva del alumnado, esta secuencia donde los alumnos trabajan a través de la indagación, busca promover destrezas de investigación, fomentar la argumentación basada en evidencias, el contraste y evaluación de ideas alternativas y la construcción de teorías y modelos científicos explicativos. También plantea objetivos conceptuales como son trabajar el cambio químico, las reacciones de polimerización o las dificultades que plantean las mezclas de dos sustancias. Con esta secuencia de actividades también se quiere construir una conciencia sobre los problemas medioambientales que generan los materiales plásticos.

Los objetivos planteados para cada actividad y los métodos de evaluación han sido los siguientes:

Tabla 6. Secuencia actividades: objetivos y tipo evaluación

ACTIVIDAD	OBJETIVO	METODO EVALUACION
<b>ACTICIDAD 1: PRACTICA POLIMERIZACION. TP PLASTIFICACION ALMIDÓN</b>	PROMOVER DESTREZAS DE INVESTIGACION A TRAVES DE ACTIVIDADES DE INDAGACION: TP PARA DEFINIR PROCEDIMIENTO PLASTIFICACION ALMIDON	EVALUAR TRABAJO PRÁCTICO SEGÚN RÚBRICA: PLANIFICACIÓN TP. OBSERVACIÓN, IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE REACCION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.
<b>ACTIVIDAD 2: PRESENTACION RESULTADOS</b>	FOMENTAR COMPETENCIA DE LA ARGUMENTACION: PRESENTAR RESULTADOS DEL TRABAJO PRÁCTICO Y EXPLICAR PROCESO "TRABAJO CIENTIFICO"	EVALUACION DE DESTREZAS DE INDAGACIÓN SEGÚN RÚBRICA: PRESENTACIÓN E INFORMACIÓN, INTERPRETACION DE RESULTADOS Y ELABORACIÓN DE CONCLUSIONES
<b>ACTIVIDAD 3: DISEÑO TEST BIODEGRADABILIDAD</b>	MODELIZAR PROCEDIMIENTO, CONTRASTAR RESULTADOS Y CONSTRUIR CONCIENCIA MEDIOAMBIENTAL	EVALUAR FICHA PRÁCTICA RESPONDIENDO LAS SIGUIENTES PREGUNTAS: ¿SE HA MODELIZADO UN TEST DE BIODEGRADABILIDAD?. ¿SABEMOS QUÉ MATERIAL PLÁSTICO ES MAS BIODEGRADABLE?

### *Evaluación del proceso de enseñanza- aprendizaje de las actividades de indagación*

Para la evaluación de las destrezas del trabajo de indagación se diseñó una rúbrica tomando como referencia las propuestas por Crujeiras y Cambeiro (2018). La rúbrica comprende cinco dimensiones, y para cada dimensión se establecen tres niveles de desempeño siendo el 1 el más bajo y el 3 el más alto. Cada dimensión queda definida por una serie de destrezas implicadas en la práctica de indagación.

Tabla 7. Rúbrica evaluación destrezas actividades indagación

Dimensión	Niveles de desempeño		
	3	2	1
Planificación de la investigación	Diseña procedimientos y no tiene dificultades para identificar variables	Diseña procedimientos y tiene algún problema para identificar variables	No es capaz de diseñar procedimientos
Observación y toma de datos	Analiza las propiedades y no tiene dificultades para relacionar causa - efecto de los resultados obtenidos	Analiza las propiedades y tiene algún problema para relacionar causa - efecto de los resultados obtenidos	No es capaz de analizar propiedades y relacionarlo con el procedimiento seguido
Presentación de información	Sabe explicar el procedimiento, entiende lo que explica y lo justifica científicamente	Sabe explicar el procedimiento, pero tiene dificultades en entender lo que explica y en justificarlo	Tiene dificultades en explicar el procedimiento, de comprensión y no es capaz de justificarlo
Interpretación de resultados	Relaciona los resultados con las variables de la reacción y con el procedimiento seguido	Tiene dificultades en relacionar los resultados con las variables de la reacción y con el procedimiento	No relaciona los resultados con las variables de la reacción y con el procedimiento seguido
Establece conclusiones	Es capaz de definir el procedimiento óptimo una vez analizados los resultados	Tiene dificultades en establecer el procedimiento óptimo	No es capaz de establecer el procedimiento óptimo

Se presentan los resultados de la rúbrica:

Tabla 8. Destrezas implicadas en las actividades de indagación y nivel de desempeño

Dimensión	Items propuestos	Grupo 1			Grupo 2			Grupo 3			TOTAL
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	
Planificación de la investigación	Diseña procedimientos que permitan responder a la cuestión planteada	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
	Modifica el procedimiento para solucionar problemas detectados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
	Identifica las variables de la reacción	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
Observación y toma de datos	Analiza las propiedades de los productos obtenidos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
	Relaciona causa-efecto del procedimiento seguido en base a evidencias	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
Presentación de información	Sabe explicar el procedimiento seguido en base a objetivos marcados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
	Entiende lo que explica y lo justifica científicamente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
Interpretación de resultados	Explica el fenómeno observado en base a la teoría	■	■	■	■	■	■	■	■	■	7
	Relaciona los resultados con las variables de reacción	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
	Analiza los datos extraídos y los relaciona con el procedimiento seguido	■	■	■	■	■	■	■	■	■	9
Establece conclusiones	Utiliza los datos obtenidos para establecer conclusiones	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
	Identifica problemas y define el procedimiento óptimo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8
	Analiza el procedimiento seguido, el producto obtenido y determina el procedimiento idónea	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8

Los resultados muestran altos niveles de desempeño, especialmente en las dimensiones relativas a la planificación de la investigación y el diseño de pruebas, en la observación, en la búsqueda y presentación de la información y el establecimiento de conclusiones. Un poco más bajos son los resultados de la interpretación de resultados en base a la teoría, en parte debido a no conocer el producto y sus reacciones en profundidad.

Llama la atención que haya dos grupos con un desempeño tan alto en planificación de investigación y diseño de procedimientos científicos, y que, a pesar de no conocer la reacción, hayan podido mejorar el procedimiento inicial, salvando los problemas que se encontraban a lo largo de la práctica, como la presencia de grumos o la falta de evaporación en el producto final.

### Evaluación del alumno

Para la evaluación del alumno se ha utilizado un “*One minute paper*” para conocer su opinión sobre la secuencia de actividades. Ver detalle cuestionario en [ANEXO I](#). Estos son los resultados:

Tabla 9. Evaluación del alumno sobre secuencia actividades y método indagación

Aspectos a evaluar	Poco (2p)	Algo (3p)	Mucho (4p)
¿Ha cambiado tu perspectiva sobre los materiales plásticos?		3	3
¿El tema del problema de los plásticos te ha parecido interesante?		6	
¿Se han cumplido los objetivos?, ¿conoces mejor el problema de los plásticos, las soluciones que se plantean y materiales alternativos que se trabajan desde la química?		1	5
¿Los Trabajos Prácticos te han ayudado a entender los cambios químicos y los procesos de polimerización?		2	4
¿Te ha gustado trabajar como un investigador?			6
¿Te ha gustado diseñar el test de biodegradabilidad?	1	2	2
¿Te ha gustado esta forma de trabajar donde tu eres el protagonista?		1	4
¿Repetirías esta forma de trabajar en el futuro?		1	4

Y la valoración de las actividades:

Tabla 10. Valoración general del alumno sobre la secuencia actividades.

	Investigar con indagación guiada (TP)	Argumentación y análisis de datos (exponer resultados)	Modelizar (Test de biodegradabilidad)
¿Qué actividad te ha gustado más?	3		
¿Qué actividad te ha ayudado más a entender este tipo de reacciones?	4		

Destaca lo bien que han valorado los ejercicios de indagación. Los trabajos prácticos les han ayudado a entender este tipo de reacciones. Estos han sido algunos comentarios de los alumnos:

¿Qué es lo más que te ha llamado la atención de los Trabajos Prácticos?

*“Los experimentos es algo que me gusta más que la teoría”. “Me ha llamado la atención lo mucho que influye a la mezcla los cambios de algún material”. “Lo mucho que afecta al resultado un cambio en los ingredientes usados”. “Lo que varía un plástico si le reduces un poco el plastificante”. “Como se hace una bolsa de plástico a partir del almidón de maíz”.*

¿En qué crees que te ha ayudado a trabajar como un investigador?

*“Se aprende más experimentando y descubriendo por ti mismo”. “Trabajar por mí mismo me ha ayudado a entender mejor el proceso de polimerización”, “a entender mejor los procedimientos y los cambios químicos”, “en entender mejor todo este mundo de los plásticos”, “en saber cómo entender los procedimientos puestos en práctica”, “a ser autosuficiente e independiente a la hora de trabajar con productos químicos”.*

## **VI. Análisis crítico de la propuesta didáctica y propuesta de mejora**

En la presente intervención se describe una experiencia de indagación dirigida en la que se pretendía que los alumnos aprendieran ciencia a través de prácticas científicas.

El hecho de haber realizado una primera actividad donde los alumnos tomaban contacto con un proceso de polimerización, como era el caso del polímero de la leche, ha ayudado a que la actividad de indagación guiada de la segunda práctica de plastificación del almidón haya dado estos resultados.

De los tres grupos que participaron en el TP de ajuste del procedimiento de un bioplástico, destacan los distintos planteamientos en la realización de la actividad. Uno de los grupos fue muy prudente y no se atrevió tan apenas a salirse del guion, casualmente es el grupo donde había una chica. Otro de los grupos, mucho más lanzado, que se atrevió a cambiar la composición sin tan apenas conocer la reacción, y un tercer grupo que analizaba más y se atrevía a modificar variables de una manera muy conservadora, cuando ya había realizado la primera iteración y ya conocía la reacción.

Un objetivo que se ha mostrado difícil de conseguir es que los alumnos utilicen el conocimiento científico en general y los contenidos de la materia de Física y Química en particular para justificar y fundamentar sus razonamientos (Furió, Ruiz y Solbes, 2013), es decir, conseguir que fundamenten sus razones o argumentos científicamente, ya que suelen hacerlo mediante las reglas lógicas del sentido común y es poco habitual que utilicen los conocimientos aprendidos en las clases de física y química. Según Furió, Solbes y Ruiz (2010), para conseguirlo tendremos que buscar convergencias entre el programa de investigación sobre argumentación del alumnado y el programa de enseñanza-aprendizaje por investigación, puesto que el conocimiento avanza mucho cuando se producen síntesis entre estas dos teorías. Es decir, pensar según un modelo, simplificando y modelizando los problemas. De ahí la importancia de trabajar con datos experimentales y tener en cuenta las consecuencias que esto comporta, representar e interpretar los datos analizando los resultados y expresar las conclusiones de la forma más sencilla. Tal y como se ha visto en esta intervención, los estudiantes son capaces de establecer conclusiones en base a las evidencias, aunque no tanto en base a la teoría, pero como decía anteriormente, se puede explicar por falta de conocimiento del proceso, ya que era la primera vez que trabajaban con este producto.

Sin duda esta actividad ha superado mis expectativas, ya que inicialmente planteaba unas preguntas sencillas, como era el problema de la incorporación del almidón en el agua o las diferentes texturas en función del porcentaje de plastificante utilizado, y no pensaba que pudiéramos llegar a explicar las diferentes velocidades de reacción, o diferencias de viscosidad debida al limitador de cadena. Sin duda, han llegado a conclusiones y han trabajado destrezas que sin este tipo de actividades no se habrían podido trabajar en una sesión convencional.

Aunque los alumnos han valorado muy positivamente las actividades del debate, sintiéndose tan cómodos a la hora de defender sus posturas, y la actividad práctica de la definición el procedimiento, sin duda como docente la actividad que más valoro es aquella en la que han puesto en común los resultados y han “hablado ciencia”, porque realmente es en ese momento cuando puedes evaluar su nivel de comprensión y si el alumno es capaz de identificar, evaluar, justificar o incluso concluir y planificar nuevas pruebas en base a evidencias.

Con esta intervención se buscaba que el alumno aplicara conocimientos frente a la memorización de contenidos (Crujeiras y Jiménez, 2015), que “hablara ciencia”, “practicara ciencia”, participara de la cultura científica, de la producción y circulación de conocimiento, para fomentar las tres grandes prácticas científicas: indagación, modelización y argumentación. Para ello es necesario el desarrollo de la capacidad de razonar o argumentar, en otras palabras, no sólo aprender significativamente los conceptos implicados, o la mecánica de resolución de los problemas, sino también aprender el “qué” de las ciencias, participar en su forma de trabajar, en sus métodos, en su forma de enfrentarse a problemas auténticos. Para conseguirlo, las prácticas pedagógicas basadas en métodos de indagación son los más efectivos, ya que es a través de oportunidades para investigar y comunicar los resultados de la experimentación, como se consigue “engancharse” a los estudiantes a la ciencia y a los fenómenos científicos. Es por eso que debemos seguir fomentando oportunidades y creando ambientes de aprendizaje en los que se demande al alumnado que resuelva problemas, que compare las soluciones dadas por distintos equipos y que justifique sus opciones.

## VII. Consideraciones finales

Una vez llegado el final del máster, reflexionando sobre todas y cada una de las partes del mismo, veo que el paso por el Practicum me aportó muchas cosas, por ejemplo:

Resulta estimulante cuando ves que, al realizar el trabajo práctico de plastificar el almidón, a los alumnos se les pasa el tiempo volando y de hecho te proponen quedarse en el tiempo del recreo haciendo una nueva prueba porque se les ha ocurrido un cambio en el procedimiento y quieren ver el efecto. O cuando al cabo de unos días te encuentras a estos alumnos por la calle y te dicen que han disfrutado con las actividades que has realizado con ellos y que les gustaría repetirlos. Y supongo que esta es la recompensa por un trabajo bien hecho. Que, por supuesto puede ser mejorable, que se podrán cambiar cosas, que se les podrá implicar más, pero por lo menos iba en el buen camino si se ha conseguido que los alumnos además de motivados hayan disfrutado con la ciencia.

En cambio, no todas las experiencias en el Practicum fueron tan reconfortantes. Recuerdo mi intervención en el aula el día que nos tocaba introducir los grupos funcionales de oxígeno cuando trabajábamos la formulación en la unidad didáctica de la química de carbono con los alumnos de 1º Bachillerato. Era un viernes a las 8 de la mañana, los chicos venían medio dormidos y yo empecé hablar de alcoholes, cetonas, aldehídos, éteres, esteres y ácidos carboxílicos, y me di cuenta que los había perdido en el minuto 1. Por muchos ejemplos que ponía, por muchos ejercicios que hacíamos, los chicos estaban colapsados, abrumados, incluso podíamos decir que asustados pensando que tenían la evaluación a la semana siguiente. Estaba claro que no había estudiado la manera de hacerme entender. Me había faltado hacer un diagnóstico previo de las dificultades o necesidades del proceso enseñanza-aprendizaje, me faltaba el análisis del mismo, y la búsqueda posterior de las estrategias o actividades a diseñar para dar cumplimiento a los propósitos finales, en este caso que aprendieran a diferenciar los distintos grupos funcionales, y que supieran nombrar y formular los compuestos orgánicos. Si lo tuviera que repetir esta claro que lo haría de otra manera.

Y lo mismo me ocurrió cuando al trabajar la unidad didáctica del movimiento con los alumnos de 4º ESO, cuando vi la dificultad que les supone la comprensión de las representaciones gráficas o incluso las variaciones de una magnitud en el tiempo. Si lo tuviera que repetir, incidiría en este apartado y también lo trabajaría de otra manera.

Y si soy capaz de hacer este tipo de análisis y tengo las herramientas para poder hacerlo, creo que mi paso por el master ha dado sus frutos. El master nos proporciona los conocimientos y las habilidades que nos permiten dar respuesta a reflexiones del tipo: qué conocimientos, habilidades y valores queremos que desarrollen los estudiantes y cómo; qué competencias debemos alcanzar y desarrollar los docentes para ayudarles; y en qué contexto estamos trabajando. Todo ello dará lugar a un plan de trabajo coherente que se concretará en las actividades que finalmente se desarrollen en el aula.

¿Y quién dijo que la labor del docente es sencilla? La cita de Carles Monereo y Juan Ignacio Pozo: “la escuela enseña contenidos del siglo XIX, con profesores del siglo XX a alumnos del siglo XXI”, creo que puede ser un buen punto de partida para dar respuesta a esta cuestión. Vamos a analizar el papel del docente y el papel del alumno. Si bien los estudiantes son el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, los docentes son el motor de dicho proceso, y es por eso que se deben analizar las competencias que debemos desarrollar para ser buenos docentes. El docente no solo debe poseer conocimiento, ha de saber compartirlo y llegar a quien te escucha. Debe ser consciente de su condición de intermediario entre los estudiantes y el mundo, y la necesidad de disponer y utilizar una amplia gama de herramientas, habilidades y recursos para conseguir que el alumnado descubra por sí mismo ese mundo. Podemos separar estas cualidades en tres grandes ámbitos: qué saben (sus conocimientos), qué hacen (sus habilidades) y qué son (sus valores y actitudes). Los conocimientos (sobre la disciplina, metodológicos, técnicos, etc.), las habilidades (comunicativas, de resolución de conflictos, organizativas, etc.) y las actitudes (liderazgo, asertividad, empatía, etc.) que nos permitirán servir en nuestra práctica educativa. Y el master nos proporciona herramientas para trabajar sobre esas cualidades.

¿Y cómo llegamos a nuestros alumnos? Un hecho que hemos podido constatar en el periodo de prácticas y que me parece crítico es la falta de motivación de los alumnos. Estamos pidiendo que los adolescentes aprendan de un saber preconcebido, incidiendo en lo correcto y lo incorrecto, sin preguntarse ni plantear hipótesis o deducciones. Es decir, no se les invita a pensar, ni a intercalar su componente emocional (Berger, 2004). Si además los contenidos son lejanos a la experiencia propia de los estudiantes, todavía es menos probable captar su atención y mantenerla. Podrán memorizar, pero no aprender. Debemos trabajar para que el alumno deje de creérselo todo y fomentar su espíritu crítico, es decir, evitar el papel meramente receptivo de los alumnos y fomentar su implicación en su propio aprendizaje. Los alumnos necesitan la vivencia de que gracias a su propio esfuerzo consiguen las cosas. En caso contrario, la frustración por la imposibilidad de alcanzar ciertos logros fruto de su esfuerzo se convertirá en desmotivación abrumadora. De ahí la importancia de trabajar con metodologías como la indagación o el descubrimiento.

Tampoco debemos olvidarnos de la etapa dentro de la adolescencia en la que se encuentran nuestros estudiantes. Por ejemplo, al principio tienden más a utilizar el pensamiento intuitivo y emocional (alumnos de 1º, 2º y 3º ESO), que poco a poco se irá equilibrando con el más cerebral y racional (alumnos a partir de 4º ESO). Por eso es importante ajustar el nivel y profundidad de los contenidos a la madurez de la etapa en la que estamos trabajando.



Una de las reflexiones que hace Cesar Bona en su libro *La nueva educación*, es que en las escuelas nos empeñamos en enseñar en lugar de invitar a aprender. Y creo que esta reflexión es clave en la práctica docente. Comenta que debería ser obligatorio estimular la curiosidad del alumno a diario porque se deja de aprender cuando se deja de sentir curiosidad por las cosas que se tiene alrededor. Debemos facilitar entornos de aprendizaje donde el alumno se sienta implicado, comprometido con lo que está haciendo. Debemos invitarle a ello, a que se sientan implicados en el proceso educativo. Debemos dejarles espacio para que den un paso adelante. Para que puedan hablar, para que expresen sus emociones, para que compartan sus pensamientos, para que puedan defender sus argumentos. Por eso la importancia del debate en clase. Para que puedan hablar, para que puedan hacerse. Y debemos proporcionarles oportunidades para que lo puedan hacer, para que puedan participar.

Una de las preguntas que nos hacían en la asignatura de nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para el aprendizaje, era en qué habían influido las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Ahora que la información está disponible con un toque de tecla, pierde el sentido que el proceso de aprendizaje se limite a aprender datos de manera memorística. Lo que hay que tratar ahora es que con esa información el alumno sea capaz de construir un conocimiento. Sea capaz de reflexionar sobre la información, de discernir y de discriminar respecto a la información que se tiene, sea capaz de jerarquizar, de ordenar, de maximizar, etc., de ser críticos con lo que leen.

Por todo ello, los estudiantes necesitan actividades intelectuales estimulantes y que requieran de la interacción social dentro de un contexto que actúe de soporte. Como hemos indicado antes, los alumnos están ávidos por alcanzar sus propios logros. Por eso el uso de metodologías activas adaptadas a su etapa de madurez es fundamental para un buen proceso de aprendizaje.

Me gustaría concluir haciendo mención a una cita de Sanmartí (2011): *mientras las madres de los otros niños preguntaban ¿qué habéis aprendido hoy en clase?, mi madre me hacia la siguiente pregunta: ¿te has planteado hoy alguna buena pregunta?*

### **VIII. Referencias bibliográficas**

- Ariza, M., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A., García, F. (2016). ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 297-311.
- Bevins, S. (2016). Price Centre for Science Education, Sheffield Hallam University. Reconceptualising inquiry inscience education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29.
- Berger, K. (2004). *Psicología del desarrollo: Infancia y adolescencia*. Madrid: Panamericana.
- Cabero, J., Castaño, C., Cabreiro, B. (2003). Las nuevas tecnologías en la actividad universitaria. *Revista de medios y educación*, 20, 81-100. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/article/view/61207/37221>
- Contreras, G.A., Carreño, P. (2012). Simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza. *Ingenium*, 13(25), 107-119. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5038479>

- Crujeiras, B., Jiménez, M.P. (2012). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19.
- Crujeiras, B., Jiménez, M.P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84.
- Crujeiras, B., Cambeiro, F. (2018). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(1), 1201.
- Del Carmen, L., Jiménez, A. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible. *Alambique*, 11, 7-14.
- Furió, C., Ruiz, J., Solbes, J. (2010). Debates y argumentación en las clases de Física y Química. *Alambique*. 63, 65-75. Recuperado el 31/12/202 de [https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique\\_Solbes\\_Ruiz\\_Furio\\_2010.pdf](https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique_Solbes_Ruiz_Furio_2010.pdf)
- Furió, C., Ruiz, J., Solbes, J. (2013). Los debates sociocientíficos: un recurso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Física y Química. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, (Extra)*, 3126-3131, Recuperado el 31/12/202 de <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308283>
- González, L., Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Jiménez, P., (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez, P., Álvarez, V. y Lago, J. M. (2017). La argumentación en los libros de texto de ciencias. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36. Recuperado el 31/12/2020 de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7232>
- Narciso, P., Narciso, J., Molina, J.M. (2015). Los simuladores como recurso educativo. Recuperado el 17/06/2021 de <https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2015/documentos/tema-1/410893.pdf>
- NRC, National Research Council, National Science Educational Standards. Washington. National Academy Press, 1996.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., Antink, A. (2013) Nature of science and scientific inquiry as contexts for learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology* 1(3), 138-147.
- Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. (2016).
- Posada, B. (2012). La degradación de los plásticos. *Revista Universidad EAFIT*, 30(94), 67-86.

- Rakow, S. J. (1986). *Teaching Science as Inquiry*. Fastback 246. Phi Delta Kappa, Eighth and Union, Box 789, Bloomington, IN 47402. Recuperado el 5/05/2021 de: <https://eric.ed.gov/?id=ED275506>
- Reyes-Cárdenas, F., Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*, 23(4), 415-421.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299.
- Roselló, M., Roselló, C., Muñoz, D. (1996). La importancia de las preguntas. *Cuadernos de pedagogía*, 243, 73-77. Recuperado el 5/05/2021 de [http://didac.unizar.es/jlbernal/enlaces/pdf/04\\_aprendpreguntas.PDF](http://didac.unizar.es/jlbernal/enlaces/pdf/04_aprendpreguntas.PDF)
- Sánchez, A., Sierra, J. L., Martínez, S., Perales, F. P. (2005). El aprendizaje de la Física en bachillerato: investigación con simuladores informáticos versus aula tradicional. *Enseñanza de las Ciencias (Extra)*. Recuperado de [https://emapublic.ihmc.us/rid=1171379786968\\_271976688\\_17489/Dificultades%20para%20aprender%20la%20fisica.pdf](https://emapublic.ihmc.us/rid=1171379786968_271976688_17489/Dificultades%20para%20aprender%20la%20fisica.pdf)
- Sanmartí, N. (2011). Leer para aprender ciencias. Recuperado el 5/05/2021 de: [http://leer.es/documents/235507/242734/art\\_prof\\_eso\\_leerciencias\\_neussanmarti.pdf/b3507413-ca58-4a00-bf37-c30c619b627f](http://leer.es/documents/235507/242734/art_prof_eso_leerciencias_neussanmarti.pdf/b3507413-ca58-4a00-bf37-c30c619b627f)
- Sardá, A., Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422. Recuperado el 31/12/2020 de <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3/02124521v18n3p405.pdf>
- Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720-744.
- Taber, K.S. (2015). The role of «practical» work in teaching and learning chemistry. *School Science Review*, 96(357), 75-83.

## IX. ANEXOS

### Anexo I: Evaluación del alumno

#### Cuestionario evaluación actividad (1º BACH Química del Carbono)

Hola, te voy a robar otro minutillo para que respondas este test, porque me interesa tu opinión sobre qué te han parecido las actividades que hemos realizado para trabajar las reacciones de polimerización, los materiales plásticos y su impacto medioambiental. Hemos querido que TÚ fueras el protagonista y buscaras la información y elaboraras tus propios argumentos (por ejemplo en el debate), y que desarrollaras el procedimiento de laboratorio del bioplástico. Por favor, responde con sinceridad. El test puede ser anónimo, pero si quieres puedes poner tu nombre al final de la hoja.

1. Ha cambiado tu perspectiva sobre los materiales plásticos:

- Muy poco  
 Poco  
 Algo  
 Mucho

¿En qué sentido?

2. El tema te ha parecido:

- Muy poco interesante  
 Poco interesante  
 Interesante  
 Muy interesante

3. ¿Sabrías ahora responder a estas preguntas?: ¿Qué líneas de trabajo se plantean para paliar el problema medioambiental de los plásticos?. Desde la química, ¿qué materiales alternativos se están trabajando?. ¿Habrias sabido responderlas antes de todas las actividades?

4. ¿Las practicas de laboratorio del polimero de la leche y el plastificado del almidon te han ayudado a entender los cambios quimicos y los procesos de polimerización?

- Muy poco  
 Poco  
 Algo  
 Mucho

¿qué es lo que más te ha llamado la atención?

5. ¿Te ha gustado la forma en la que hemos trabajado en el laboratoio dejándo que seas tu el que definas y mejores el procedimiento de plastificación del almidón?

- Muy poco  
 Poco  
 Algo  
 Mucho

¿en qué crees que te ha ayudado?

7. ¿Te ha gustado diseñar el test de biodegradabilidad?

- Muy poco
- Poco
- Algo
- Mucho

¿por qué?

8. ¿Qué actividad te ha gustado más y cual menos?, ¿por qué? Las actividades han sido: el debate, la mejora del procedimiento de plastificación de almidón, la puesta en comun del procedimiento y la definición del test de biodegradabilidad.

9. ¿Qué actividad te ha ayudado más a entender este tipo de reacciones?

10. ¿ Te ha gustado esta forma de trabajar donde has sido tu el protagonista?

- Muy poco
- Poco
- Algo
- Mucho

¿te gustaria repetirlo en el futuro?, ¿por qué?