

**VIVIENDO EN LA EDAD DE LOS PLÁSTICOS:
SÍNTESIS DE POLÍMEROS Y MÉTODOS DE
RECICLADO**

**LIVING IN THE PLASTICS AGE:
SYNTHESIS OF POLYMERS AND RECYCLING
METHODS**

AUTORES:

Diego Baquero Sanz (IES Lauretum)
Andrea Jurado Torres (Portaceli)
María Moreno Pérez (IES Pepe Ruiz Vela)
Noelia Pérez Herrera (IES Llanes)

NIVEL EDUCATIVO: 1º de Bachillerato

PROFESORES INVESTIGADORES:

Dr Juan Cámpora Pérez
Dra Pilar Palma Ramírez

CENTROS DE INVESTIGACIÓN: CSIC

PROFESORES TUTORES

María de los Reyes Gallardo Gutiérrez

Curso 2016/2017

ÍNDICE

1. Resumen introductorio
2. Introducción o descripción del problema a estudiar
3. Finalidad
4. Planificación y objetivos
 - 4.1. Resumen sesión 1
 - 4.2. Resumen sesión 2
 - 4.3. Resumen sesión 3

5. Fundamentos teóricos
 - 5.1. Definición de plásticos
 - 5.2. Clasificación según su composición
 - 5.3. Polimerización con catalizadores
 - 5.4. Condiciones para usar catalizadores
 - 5.5. Obtención del plástico final, y factores de su obtención

6. Método de trabajo
 - 6.1. Elaboración de un polímero y caracterización de polímeros
 - 6.1.1. Materiales y reactivos
 - 6.1.2. Desarrollo del trabajo
 - 6.1.3. Análisis de resultados obtenidos
 - 6.1.4. Conclusiones.
 - 6.2. Métodos de separación de polímeros mediante procedimientos físicos
 - 6.2.1. Identificación de variables
 - 6.2.2. Método experimental
 - 6.2.3. Material
 - 6.2.4. Procedimiento
 - 6.2.5. Desarrollo del trabajo
 - 6.2.6. Conclusiones

7. Valoración personal
8. Agradecimientos
9. Bibliografía

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto trata sobre el estudio de los polímeros, sus síntesis y métodos de reciclado. En primer lugar es necesario indicar qué son los polímeros, macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros, formando cadenas entre sí. Actualmente son materiales imprescindibles, denominados plásticos, de bajo coste y amplio uso pero presentan algunos problemas tanto en la gestión de sus residuos, como en la síntesis adecuada de los mismos. Los polímeros se separan en distintos grupos según las propiedades y características que tengan en común. Nos vamos a centrar en dos familias de plásticos, los elastómeros (difíciles de reciclar) y los termoplásticos (fácilmente reciclables).

El trabajo consistirá tanto en sintetizar un polímero, proceso llamado polimerización, empleando un catalizador como en aprender a analizar plásticos, mediante procedimientos físicos, para clasificarlos en las dos familias citadas anteriormente y en otros subgrupos, para reciclarlos según el tipo al que pertenezcan.

Todo el proceso, tanto la síntesis del polímero como el análisis de este mediante espectroscopía infrarroja y la clasificación de los polímeros para su reciclado basándonos en sus propiedades físicas, se ha llevado a cabo en el Instituto de Investigaciones Químicas de la Isla de la Cartuja (CSIC)

Palabras clave: plástico, polímero, catalizador, síntesis, reciclado.

1. SUMMARY

This project deals with the study of polymers, their synthesis and methods of recycling. First, it is necessary to indicate that polymers are macromolecules (generally organic) formed by the covalent bonding of one or more simple units, called monomers, forming chains together. At the moment they are essential materials, denominated plastics, of low cost and wide use but they present some problems both in the management of their residues, and in the adequate synthesis of them. The polymers are separated into different groups according to the properties and characteristics they have in common. We will focus on two families of plastics, elastomers (difficult to recycle) and thermoplastics (easily recyclable).

The work will consist in the synthesis of a polymer, a process called polymerization, using a catalyst, and learning about analysis of plastics, using physical procedures, to classify them in the two families mentioned above and in other subgroups, to recycle them according to the type to which they belong.

In the Institute of Chemical Research of Cartuja Island (CSIC) the whole process has been carried out, both the synthesis of the polymer and its analysis by infrared spectroscopy and the classification of polymers for recycling based on their physical properties,

Key words: plastic, polymer, catalyst, synthesis, recycling.

2. INTRODUCCIÓN O DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA A ESTUDIAR

El estudio realizado trata de resolver las siguientes cuestiones:

- En primer lugar , **¿qué es un plástico?**, dada la ambigüedad que por cuestiones sociales pueda existir a este respecto.
- **¿Son todos los plásticos iguales?** para ello, procederemos a clasificar los plásticos o polímeros según sus características físicas o según su espectro infrarrojo.
- **¿Cómo se elaboran los plásticos?** Sintetizamos un polímero para entender la complejidad del proceso, analizaremos las dificultades de la síntesis , y las variables de las que esta depende. Posteriormente, analizaremos el polímero obtenido, para identificar sus parámetros , y lo compararemos con otros ya existentes.
- Por último , **¿cómo debemos reciclar cada plástico?**, puesto que se tratan de materiales de uso cotidiano y muy empleados dado su bajo coste, se propondrán métodos de reciclado, según la clasificación realizada anteriormente, tratando de evitar la contaminación y promoviendo la reutilización siempre que sea posible.

3. FINALIDAD

Este proyecto tiene varias finalidades: responder a las cuestiones planteadas en el problema, sintetizar un polímero, identificarlo mediante espectroscopía infrarroja o mediante métodos físicos sencillos y aprender a reciclar los plásticos de la forma más óptima.

A parte de resolver estas cuestiones, se pretende con estas investigaciones desarrollar el espíritu crítico de los jóvenes. Con el propósito de que no caigan en fracasos cognitivos como pueden ser los prejuicios hacia los plásticos por su gestión como residuos , y que a través de la investigación personal creen su propio criterio y tengan suficientes argumentos para defenderlos. A esto hay que sumarle la creatividad, ya que uno de los requisitos para poder avanzar es innovar.

4. PLANIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Las sesiones transcurrieron como sigue:

1ª Sesión

Introducción teórica

El 30 de Noviembre se realizó la primera sesión del proyecto PIISA. Esta tuvo lugar en el Instituto de Investigaciones Químicas del CSIC, situado en La Cartuja. Los investigadores, hicieron un introducción teórica sobre los plásticos, mostrándonos sus tipos, propiedades y todo aquello que los hace ser unos materiales tan excepcionales e importantes para la sociedad de hoy día. Asimismo, también nos hablaron sobre su evolución a lo largo de la historia, resaltando los hitos y personajes más importantes de esta. Al final, la sesión se

centró más en el impacto medioambiental de los plásticos, además de en las diferentes técnicas y futuras soluciones para su reutilización.

Después de esta primera toma de contacto, empezamos a recoger plásticos para conformar nuestra propia polimeroteca, para lo cual nos serviríamos de los documentos que nos fueron facilitados y la información que pudiésemos encontrar.



Instalaciones del CSIC en Sevilla

2ª Sesión

Esta segunda sesión tuvo un enfoque más práctico. Nuestro objetivo :fabricar nuestro propio polímero (polietileno), para lo cual usamos un catalizador (a fin de que la reacción fuese más rápida la reacción de síntesis).

Tras haber hecho todas las medidas y cálculos necesarios para obtener la disolución que queríamos, fuimos al laboratorio de altas presiones, donde estableceríamos las condiciones para que se produjese la polimerización.

Asimismo, observamos la evolución de este proceso por medio de distintas gráficas (velocidad de consumo del catalizador, temperatura y presión...). Finalmente obtuvimos un polímero opaco y viscoso, el cual dejamos secando hasta la siguiente sesión.

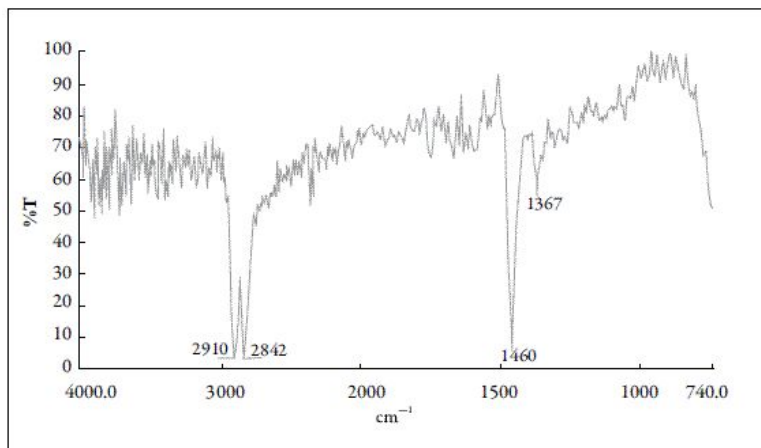
Después de esta, tuvimos que continuar con nuestra polimeroteca, en la que debíamos incluir muestras de distintos plásticos, algunos de los cuales analizaríamos en la siguiente sesión.



3ª Sesión

Para la última sesión tuvimos que llevar nuestras polimerotecas acabadas. De estas elegimos las mejores muestras, las cuales analizaríamos y caracterizaríamos junto con el polímero que habíamos fabricado. Después de esto, hicimos una comparación , empleando espectroscopía infrarroja, entre nuestro polietileno y otro comercial. Pudimos tras el análisis apreciar algunas diferencias, tales como la presencia de bandas de agua en nuestro

polímero debido a la falta de tiempo de secado. Por otro lado, hicimos un análisis homólogo con una muestra de PP (Polipropileno) y con otra de PET (Tereftalato de polietileno) y gracias a las cuales pudimos apreciar sus características, composición e impurezas. Para acabar, analizamos y clasificamos otras de nuestras muestras mediante distintos métodos y propiedades características de cada plástico, como son la flotabilidad o su comportamiento frente a las altas temperaturas.



Ejemplo de espectrometría por infrarrojos

5. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

5.1. Definición de polímeros

Los plásticos o polímeros, son aquellos materiales que, si se le aplica una fuerza, temperatura y presión determinados, pueden modificar su forma de manera permanente. Están compuestos principalmente por resinas y proteínas, que se unen en una serie de procesos químicos a través de la acción de catalizadores.

La palabra "plásticos" proviene del griego «Plastikos», que significa exactamente lo mismo que la definición actual de plásticos.

Los plásticos son productos orgánicos, ya que se componen principalmente de carbono, oxígeno e hidrógeno, pero son de origen sintético. La ciencia de los polímeros se encarga de elaborarlos y clasificarlos.

Las moléculas que componen los plásticos se llaman **monómeros**, que son moléculas que se repiten y están perfectamente definidas. Por ello para referirnos a los plásticos hablamos de "Polímeros" (muchas partes). Este concepto surgió por primera vez en el siglo XIX. La palabra macromolécula, que hace también referencia a los polímeros, fue usada por primera vez en 1922, por Hermann Staudinger (Nobel de química en 1953).

Lo que hace hoy en día importante a los plásticos son su variedad, versatilidad y su bajo costo, que los hacen ser accesibles a todo el mundo.

Existen multitud de tipos de plásticos, pero lo que diferencia a unos de otros es su tamaño o peso molecular, su dispersidad y sus funciones.

Algunas características que diferencia a unos plásticos de otros son las siguientes:

- Los polímeros no sólo son cadenas de C,H,O, sino que también presenta ramificaciones.
- La mayoría poseen entrecruzamientos. Eso les hace no ser líquidos o elásticos.
- Pueden organizarse en cristales o dominios cristalinos. Esto los hace ser opacos, transparentes o translúcidos.

5.2 Clasificación de los plásticos

Los polímeros se clasifican según la composición de sus monómeros, y eso les da diferentes propiedades. Principalmente pueden ser:

- **Termoplásticos:** Se vuelven pastosos con el calor.
- **Termoestables:** No se reblandecen con el calor.
- **Elastómeros:** Elásticos mientras se aplica esa fuerza.

Los termoplásticos son los que se usan principalmente hoy en día. Los más destacados son:

• **Polietileno:** Es blando, flexible, maleable, fácil de fundir y arde con facilidad. Se puede encontrar en las botellas, films de cocina, envases o embalajes. Presenta un aspecto transparente o coloreado.

• **Polipropileno:** Es rígido y más duro que el polietileno. Por ello, también arde peor que este. Presenta un aspecto translúcido u opaco. Se encuentra en tuberías, juguetes, piezas de plástico duro, etc.

• **Teflón:** Muy resistente al calor y al ataque químico. Es blanco o coloreado, opaco o translúcido. Sirve para el recubrimiento de sartenes o material de laboratorio.

• **Cloruro de polivinilo:** Muy tenaz y resistente de manera química. Es translúcido u opaco, aunque lo podemos encontrar coloreado. Está presente en botellas, tuberías de agua, embalaje de alimentos, etc.

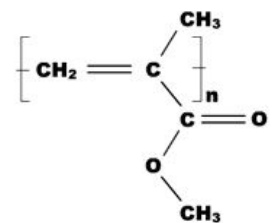
• **Poliestireno:** Es rígido y frágil, transparente, duro y quebradizo. Se encuentra en tazas o vasos.

• **Metacrilato:** Duro y frágil, resistente a la intemperie. Es transparente en un 92%. Sirve para los faros o parabrisas de los coches.

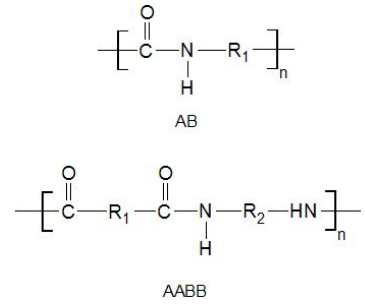
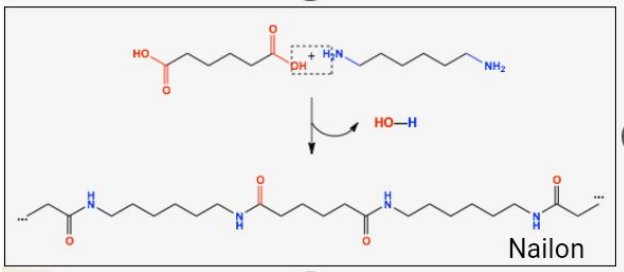
• **Polietilentereftalato:** Tiene un tacto suave y es resistente, pero se reblandece y funde fácilmente. Es mayoritariamente transparente. Sirve para las fibras textiles o botellas de uso alimentario.

• **Poliamida:** Es translúcido y muy tenaz. Tiene aspecto de fibras o piezas coloreadas. Se usa para fibras textiles, cordelería, cepillas, etc.

• **Policarbonato:** Es rígido y duro, con aspecto de piezas transparentes. Forma el llamado "cristal irrompible", biberones, gafas de seguridad, CDs y DVDs.

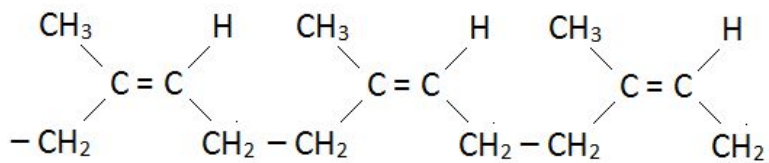
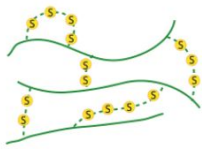


Metil Metacrilato



Hay otros tipos de plásticos que forman nuestra vida cotidiana. El primero que surgió fue el caucho, que no era todavía un polímero fabricado de manera artificial.

El caucho surgió alrededor de 1700. Provenía principalmente de la savia de un árbol, que se sometía a curación y daba lugar a un plástico muy impermeable y pegajoso con el calor. Una de las primeras aplicaciones que se le dio fue el de goma de borrar, inventada por Priestley.

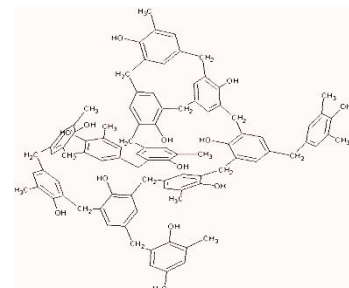
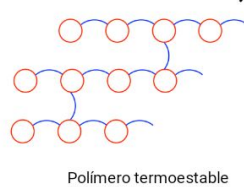
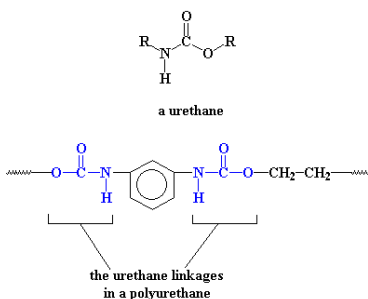


Pero el verdadero descubridor de su utilidad fue Goodyear. Durante un experimento, se le cayó caucho y azufre al calor y vio que la parte quemada se reblandece. Esto es porque el azufre produce un puente de unión en el caucho. Goodyear recibió su reconocimiento una vez muerto.



Uno de los polímeros más usados es el poliuretano. Funciona como espuma aislante, para suela de los zapatos o para licra y material deportivo. Está formado por hidrógeno, nitrógeno y oxígeno Unidos con doble enlace.

Otro es la baquelita. Fue el primer polímero totalmente sintético, a imitación de la madera pero con sus propiedades mejoradas. Fue descubierto en 1907 por Baekeland. Se forma por la unión de un fenol y un formaldehído. Esto forma un resol y cuando se le añade calor forma la baquelita. Sirve para teléfonos, aviones, plumas, etc.



El etileno es una de las bases de los plásticos. Está formado por uniones de cadenas de Hidrógeno y carbono. La unión natural se produce a 250 grados y 1000 atm, pero con ayuda de catalizadores se puede hacer a temperatura ambiente. Lo descubrió Ziegler por accidente. Es cristalino y resistente.

El principal problema de los plásticos es su reciclaje. Al ser todos tan resistentes es difícil degradarlos, además de que se producen en cantidad elevadas porque son necesarios para nuestra vida. Una solución sería el despolimerizaje. España es pionera en reciclaje de plásticos, pero todavía hay que seguir avanzando.

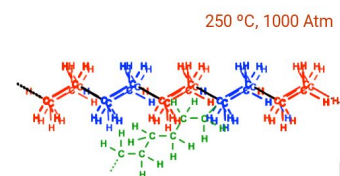
5.3 Polimerización con catalizadores.

La polimerización es el proceso químico por el cual, mediante calor, luz o un catalizador (como es este caso), se unen varias moléculas de un compuesto para formar una cadena de múltiples eslabones, dando así lugar a una macromolécula o polímero. En este caso se fabricará un plástico.

Las reacciones que usan catalizadores se conocen como Polimerización de adición. Se forman cadenas de polímeros partiendo de monómeros y con la adición de otros monómeros activados, que son estos catalizadores. Suelen dar lugar a polímeros lineales que, dependiendo del proceso, serán más elaborados o no. Generalmente no da lugar a otros subproductos, aunque en algunos casos puede ocurrir.

Lo que hacen los catalizadores en estos procesos es activar el monómeros que se quiere modificar, abriendo la estructura en dos puntos activos en los extremos de dicho monómero. La polimerización por adición suele dar lugar a termoplásticos. Por lo tanto, las características de estos plásticos serán las siguientes:

- Pueden derretirse antes de pasar a estado gaseoso.
- Permiten una deformación plástica cuando se derriten.
- Solubles en ciertos solventes.
- Con la acción de determinados solventes, se hinchan.
- Buena resistencia al fenómeno de fluencia.



5.4 Condiciones de la polimerización

Se distinguen tres etapas bien organizadas: iniciación, propagación y terminación. En todas ellas el proceso general que ocurre es la formación de una especie reactiva al monómero. Es decir, se genera otra cadena de monómeros que participa en la reacción y a la vez va generando otra especie similar. Así, cada reacción para dar lugar al polímero dependerá de la especie similar que se ha formado en el proceso anterior. Esa especie puede ser un radical, catión o anión.

El catalizador hace que se rompa la estructura del monómero. Para dar lugar a esa apertura, activa la densidad electrónica del monómero haciendo que se rompan los dobles enlaces. Hay dos tipos de rotura, la homolítica (cada átomo que se separa retiene un electrón de los dos que tenía el enlace) o heterolítica (uno de los átomos se lleva los dos

electrones que tenía el enlace). En la primera rotura se generan radicales y en la segunda aniones o cationes.

Existen dos tipos de polimerización con adición, dependiendo del catalizador que se use. Está la de Ziegler-Natta y la de Metalocenos.

La primera es la más usada, ya que da lugar a polímeros con una tacticidad específica y que no pueden ser hechos por otro camino, como el polietileno lineal no ramificado y el polipropileno isotáctico. Las ventajas son que las condiciones de esta reacción son muy suaves, a presión atmosférica y bajas temperaturas; origina moléculas lineales como polietileno de alta densidad y que permite un control estequiométrico de la reacción.

La segunda no es tan usada pero le hace competencia a la primera. Los principales polietilenos fabricados con este catalizador son los que son capaces de parar las balas, debido a que se obtienen polímeros con un peso molecular 6 o 7 millones por encima de los fabricados con el Ziegler-Natta. Las ventajas que presenta son que puede polimerizar casi cualquier polímero, los polímeros resultantes son muy uniformes y que se obtienen productos con tacticidad muy específica.

5.5 Nuestro plástico obtenido

Materiales y métodos de trabajo en la primera parte

En la primera parte teníamos que crear nuestro propio plástico, polietileno. Para ello lo primero que hicimos fue calcular la cantidad de catalizador que teníamos que utilizar. El catalizador que usamos fue Cl_2CH_2 (diclorometano), tomamos 44 miligramos y lo pusimos en un tubo de ensayos. Usamos una balanza electrónica antes tarada para pesar los 44 miligramos.

Al tubo donde se encuentra el diclorometano le hemos puesto un agitador magnético. Los dos tubos que han sido expuestos al O_2 del medio se les hace el vacío y se llena de N_2 . Esto se hace con unos útiles específicos que están compuesto de tubos de vidrio con aperturas una de entrada y más de una de salida. En uno de estos tubos entra N_2 y tiene diferentes salidas con una llave para controlar el paso de N_2 . El otro tubo de vidrio tiene una entrada que succiona el O_2 al conectarlo con una jeringa y una cánula al tubo de ensayo y sale por otros conductos. Con la ayuda de una jeringa y una cánula le hacemos el vacío y llenamos de N_2 nuestros compuestos.

Utilizamos dos jeringas para que no hubiera excesiva presión.

Introducimos el compuesto al tubo donde se encuentra el catalizador y lo mezclamos de la siguiente forma.

Ponemos el tubo de ensayo en el agitador magnético y se mezcla.

Llevamos esta disolución al laboratorio de altas presiones. Decidimos cuánto debe durar la polarización, esto depende del catalizador.

La presión y la temperatura a la que se somete se muestran en una gráfica en el ordenador conectado a la máquina de altas presiones.

Antes de meterlo en la máquina de altas presiones le hacemos el vacío y llenamos de N_2 como anteriormente para que el O_2 que haya entrado no altere nuestra disolución. Esto lo

repetimos 3 veces para que no quede ningún resto de O₂. Introducimos 2ml de Aluminio con una jeringa . Al verter el aluminio la disolución cambia de color.

Cuando lo ponemos en la máquina de altas presiones podemos comprobar la situación de nuestro polímero en la gráfica del ordenador. Cuando la línea desciende es que el catalizador está “muriendo” y cuando desaparece del todo es que ya tenemos nuestro polímero terminado.

Conseguimos un polímero opaco y viscoso.

Añadimos ácido clorhídrico y metanol a nuestra disolución y lo filtramos con un matraz de kitasato. Finalmente lo dejamos secar.

El catalizador que usamos en nuestro proyecto para fabricar polietileno fue el diclorometano, que es del tipo metaloceno.

Usamos 44 mg de catalizador. Antes de añadirlo, lo pesamos en una balanza posteriormente tarada. También usamos un cocatalizador llamado MAO. Las condiciones de la reacción fueron 3 atm de presión y 30 °C, temperatura ambiente. Los cálculos fueron los siguientes: 40ml de disolución de diclorometano, 2ml que tengan 4 micromoles debemos obtener. Su masa molar es 510,5 g/mol. El resultado es 40,08mg. Para que el polímero precipite, se añaden 200ml de metanol, en un baño de tolueno. Obtuvimos etileno, un plástico opaco y viscoso. Lo producimos en el laboratorio de altas presiones. Vimos el proceso en un programa informático que controlaba y mostraba todos los datos detallados de la reacción.

Los metalocenos son iones metálicos con carga positiva, entre medio de dos aniones ciclopentadienilo con carga negativa.



6. MÉTODO DE TRABAJO

6.1. Elaboración de un polímero y caracterización de polímeros

Los polímeros que sometimos a estudio fueron dos muestras de PE (polietileno), una de ellas del que habíamos fabricado nosotros y otra de un papel de film; una muestra de un plástico desconocido y otra del PET propio de una botella. La caracterización de cada uno de ellos es la siguiente:

POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

Es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno muy ramificada. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, *Low Density Polyethylene*).

Características:

- Buena resistencia térmica y química. Puede soportar temperaturas de 80 °C de forma

continua y 95 °C durante un corto período de tiempo.

- Buena resistencia al impacto.
- Es de color lechoso, puede llegar a ser transparente dependiendo de su espesor.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es más flexible que el polietileno de alta densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Densidad en el entorno de 0.910 - 0.940 g/cm³.



TEREFTALATO DE POLIETILENO

Es más conocido por sus siglas en inglés PET (polyethylene terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Perteneció al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad.



Características:

- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

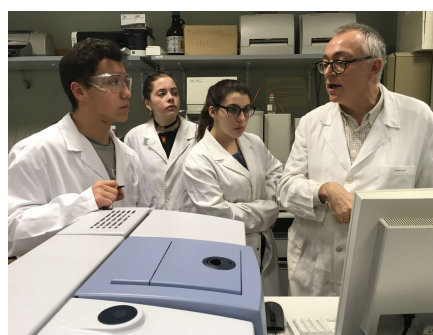
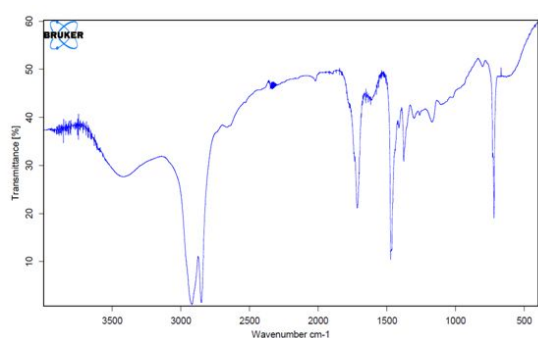
6.1.1 Materiales y reactivos

A lo largo de la sesión empleamos los siguientes equipos:

Espectrómetro de masas:

El espectrómetro de masas es un dispositivo que permite analizar con gran precisión la composición de diferentes elementos químicos e isótopos atómicos, separando los núcleos atómicos en función de su relación entre masa y carga (m/z). Puede utilizarse para identificar los diferentes elementos químicos que forman un compuesto, o para determinar el contenido isotópico de diferentes elementos en un mismo compuesto.

El espectrómetro de masas mide razones masa/carga de iones, calentando un haz de material del compuesto a analizar hasta vaporizarlo e ionizar los diferentes átomos. El haz de iones produce un patrón específico en el detector, que permite analizar el compuesto.



Espectrometría de nuestro PE (polietileno)

Prensa de laboratorio:

Se trata de un mecanismo conformado por **vasos comunicantes** impulsados por **pistones** de diferentes áreas que, mediante una pequeña **fuerza** sobre un pistón de menor área, permite obtener una fuerza mayor en el pistón de mayor área. La utilizamos para la preparación de las muestras de los plásticos que utilizaríamos en los análisis posteriores, convirtiéndolas en láminas muy finas que posteriormente serían introducidas en el espectrómetro (únicamente no fue usada para la muestra de papel film, debido a que ya presentaba un grosor adecuado).



6.1.2 Desarrollo del trabajo

El etileno es una sustancia muy estable, y no se polimeriza de manera espontánea bajo las condiciones normales. Para ello serían necesarias presiones y temperaturas muy elevadas. Para que la polimerización del etileno tenga lugar empleamos un catalizador.

Los catalizadores son sustancias que sin participar aparentemente en las reacciones químicas pueden modificar su curso acelerándolas e incluso alterando los productos de las

mismas. Las características de los polietilenos que se obtienen quedan determinadas en buena medida por el tipo de catalizador empleado.

Las reacciones con el etileno requieren utilizar reactores básicos de vidrio, ya que el gas se introducirá a una presión de 2 bar. La cantidad de catalizador que se utilizará es muy pequeña (4 mol).

Gramos catalizador: $m = M \cdot n = 510,5 \times 0,8 \cdot 10^{-5} = 0,04084\text{g}$.

Como cocatalizador se utilizará el metilalumoxano modificado (MAO), el cual se introduce en el reactor en forma de disolución.

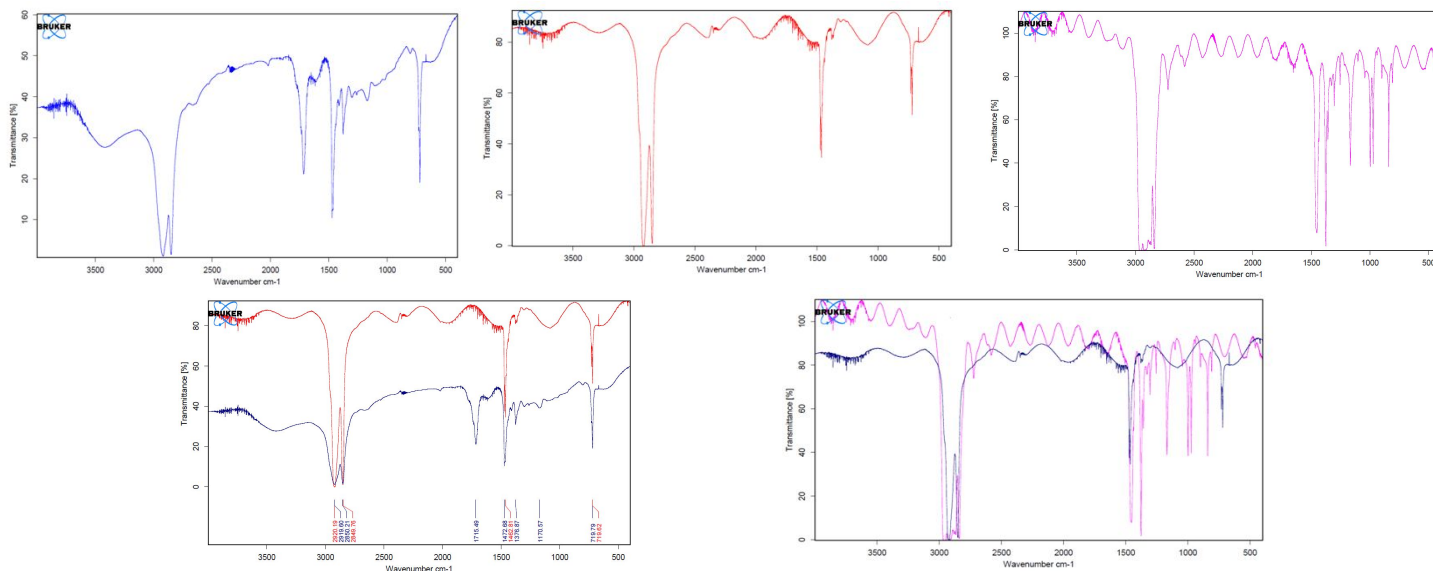
Con el objetivo de efectuar un seguimiento continuo de la velocidad de reacción de polimerización, se utilizará un dispositivo experimental. Consta además del reactor, de una botella de acero inoxidable (pulmón), un manorreductor y un transductor electrónico que mide la presión en el pulmón, y envía el dato a un ordenador.

Antes de empezar con la reacción, se carga el pulmón con etileno, y se selecciona la presión de trabajo por medio del manorreductor, permitiendo que el disolvente se sature de gas. Hecho esto se cierra una válvula, y se introduce el catalizador en el reactor a través de un septum. A partir de este momento, comienza a consumirse el etileno. El manorreductor mantiene la presión constante en el reactor, compensándola con el gas que deja pasar desde el pulmón. La caída de presión del pulmón permite conocer el consumo del monómero, el cual se calcula por medio de la ecuación de estado de los gases ideales: $PV=nRT$. Esta ecuación nos indica que a medida que vamos tomando etileno desde el pulmón, su presión tiene que ir disminuyendo por una cantidad que es proporcional al número de moles que sustraemos.



6.1.3 Análisis de los resultados obtenidos

Para realizar el análisis de las distintas muestras empleamos el espectrómetro de masas, a fin de que obtener los distintos espectro propios para poder determinar de qué plástico se trataba en cada caso. De esta forma, obtuvimos los siguientes espectros ,de izquierda a derecha: espectro de nuestro polietileno, de polietileno industrial, de muestra de polipropileno y comparaciones entre ellos.



PE fabricado (azul), PE comercial (rojo)

PP comercial (morado), PET (azul)

6.1.4 Conclusiones

Finalmente, tras analizar los espectros de nuestras muestras de polietileno (el de fabricación propia y el del papel de film), pudimos observar que la principal diferencia entre ambos era que el nuestro presentaba ciertas contaminaciones, entre las que cabe destacar la presencia de bandas propias del agua. La contaminación se debió a que la muestra no terminó de secarse completamente, por lo que el espectro se vió alterado.

Por otro lado, tras realizar un análisis de la muestra de polipropileno fuimos capaces de observar sus bandas características. Después de esto, comparamos su espectro con el propio de una de nuestras muestras de polietileno tereftalato, con el fin de poder apreciar sus diferencias.

Finalmente, realizamos la misma experiencia con la muestra de PET, llegando a la conclusión de que efectivamente, nos encontrábamos ante el ya mencionado plástico, tras haber observado, por comparación, una espectrometría claramente característica de este polímero en nuestra muestra.

6.2 Métodos de separación de polímeros mediante procedimientos físicos

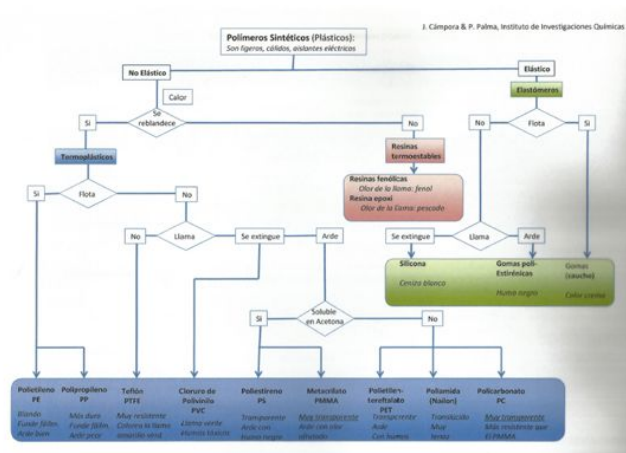
6.2.1 Identificación de variables

Las variables a estudiar son:

- Elasticidad.
- Calor (se reblandece o no)
- Ignición (si arde, color cenizas, olor...)
- Flotabilidad.
- Solubilidad en acetona.

necesario comprobar su solubilidad en acetona, pudiendo ser poliestireno (PS) en caso de ser soluble, o polietileno tereftalato (PET), poliamida o policarbonato (PC) en caso de no presentar solubilidad.

Por otro lado, una vez hecha esta clasificación nos basamos en propiedades más específicas de cada plástico (tales como el color de la ceniza, de la llama o del humo, olor que desprende al quemarse...) para que el análisis sea más correcto y certero.



6.2.5 Desarrollo del trabajo

La clasificación de los polímeros a través de propiedades físicas se hace del siguiente modo. Fuimos al laboratorio, y una vez allí conseguidos los materiales que se citan en el punto anterior y los plásticos que nos resultaron más originales. Hicimos una primera clasificación "a ojo" de los plásticos de los que estaba compuestos nuestra polimeroteca. Diferenciamos los plásticos de los no plásticos, aquellos materiales que estaban compuestos por varios tipos de polímeros o los que tenían demasiado recubrimiento de pintura. Una vez seleccionados los necesarios, utilizamos los materiales como el mechero o agua para realizar las pruebas. Para la clasificación posterior a las pruebas usamos la tabla que se nos proporcionó en CSIC, que es la que se muestra en la fotografía. Según el comportamiento que presentaba el plástico antes las distintas pruebas físicas, podíamos averiguar casi con exactitud de qué tipo de plástico se trataba.

Hicimos una primera clasificación basándonos en su elasticidad y a partir de aquí elaboramos tres grupos de plásticos: los elásticos, no elásticos y los intermedios.

Se encontraban la gomillas, guantes, silicona, etc.

Después evaluamos su flotabilidad en un recipiente con agua.

Y posteriormente si ardían o no y de qué color era el humo y la llama que desprendían.

Con estos datos elaboramos una tabla y una lista con el nombre y cualidades de cada uno de los plásticos, con la mayor exactitud posible y siguiendo la tabla proporcionada. Se nos indicaron también cómo podíamos seguir con la clasificación de los polímeros en nuestras casas: viendo su origen y composición, etc y todo ello usando la tabla de soporte, que nos fue muy útil durante todo el proceso.

6.2.6 Conclusiones

Los plásticos pese a parecer simples están compuestos de estructuras complejas llamadas polímeros que a su vez están formados de estructuras llamadas monómeros.

Para que dichas estructuras se unan formando un polímero hay que realizar varios procedimientos y reacciones químicas vistas en los anteriores puntos y someterlas a unas condiciones altas de presión.

Aunque sean difícil de degradar, crear y su excesivo uso contamine, la vida actual sin plásticos no sería posible ya que como hemos visto durante el proyecto casi todo lo que nos rodea está compuesto por ellos.

Por ello se propone el reciclado y la reutilización , como medidas para paliar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

El reciclado consiste en un proceso físico en donde se tritura y funde el plástico. Luego esta masa es la que se trata por medio de diferentes procesos de moldeo para obtener las piezas que deseamos.

7. VALORACIÓN PERSONAL

Bajo nuestra opinión, es muy interesante que se realice este proyecto porque a los jóvenes nos ayuda tanto en el ámbito profesional como en el personal. Pensamos que el tema a tratar puede llegar a despertar el interés de alguien una vez que se adentra en él. Además creemos que es muy útil, ya que los plásticos son materiales que están a nuestro alrededor constantemente y pensamos que deberíamos informarnos un poco más sobre ellos ya que son muy complejos.

Creemos que la programación ha sido muy acertada, porque el trabajo estaba muy bien repartido e impartido para que pudiese despertar nuestro interés y concentración. Por el contrario, nos hubiese gustado poder hacer más parte de la práctica por nosotros mismos, ya que casi todo lo hizo el investigador por falta de tiempo y grado de dificultad.

También hay que tener en cuenta el trabajo de los investigadores ya que están dedicando su tiempo libre a estas sesiones por nosotros y les estamos muy agradecidos.

8. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la posibilidad de realizar este proyecto al instituto de investigaciones químicas del CSIC y sus investigadores, Dr Juan Càmpera Pérez y Dra Pilar Palma Ramírez. Sabemos que están esforzándose por prestarnos sus instalaciones y laboratorios y desarrollando este proyecto en su tiempo libre, algo que agradecemos y de lo que somos conscientes. Esta oportunidad nos sirve para poder descubrir más sobre un mundo que, a priori, puede resultar desalentador.

También queremos agradecer a nuestros respectivos colegios por darnos la oportunidad y los medios para poder participar en proyectos como este que nos permiten aprender y desarrollarnos. Nos abren las puertas a nuevas posibilidades en el mundo de la ciencia y que nos pueden servir para nuestro futuro.

Y por último, también agradecer a los profesores que dirigen los proyectos y nos dan todas

las pautas para realizarlos bien. Es un gran esfuerzo salir de la rutina y dirigir esfuerzos a algo que no entra dentro de su obligación, por lo que les queremos dar las gracias. Esperamos que disfruten de nuestro proyecto y dedicación.

9. BIBLIOGRAFÍA

Las principales fuentes que hemos consultado a la hora de realizar este trabajo han sido:

- Apuntes tomados por nosotros durante las sesiones.
- Tabla de clasificación de los polímeros y espectros facilitados por los investigadores.
- Wikipedia.org
- Google Images para las imágenes.