



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
QUÍMICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de
polímeros en la Educación Media Superior. Impacto ambiental de los
polímeros**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestra en Docencia para la Educación Media Superior

PRESENTA

Anabel Hernández Escamilla

TUTOR

Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

COMITÉ TUTOR

Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia

FES CUAUTITLAN

Dra. Milagros Figueroa Campos

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Cuautitlán Izcalli, Estado de México a 16 de abril
de 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

COMITÉ TUTOR

Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez	FES CUAUTITLÁN
Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia	FES CUAUTITLAN
Dra. Milagros Figueroa Campos	FACULTAD DE PSICOLOGÍA

SÍNODO

Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia	FES CUAUTITLAN
Dra. Milagros Figueroa Campos	FACULTAD DE PSICOLOGÍA
Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez	FES CUAUTITLÁN
Dra. Kira Padilla Martínez	FACULTAD DE QUÍMICA
M. en E. Elva Martínez Holguín	FES CUAUTITLÁN

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Nanomateriales y Catálisis (L-11) de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La investigación se realizó con fondos de la UNAM-DGAPA del Programa de Proyectos de Apoyo al Mejoramiento de la Enseñanza PEPE105118 Manual de Experimentación en Polímeros (Enfoque constructivista e Industrial) y al Programa Interno de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza PIAPIME 2.13.27.21

Asimismo, externo mi profundo agradecimiento a mis sinodales:

Al Dr. Adolfo Obaya Valdivia por su apoyo e invaluable aporte en el presente trabajo.

A la Dra. Milagros Campos Figueroa por siempre aportar oportunas e inteligentes observaciones han contribuido de forma significativa a mejorar esta tesis.

A mi asesora la Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez, quien es un ejemplo de una combinación de saberes, gracias por su apoyo, sus consejos, su amistad y por ser una persona que inspira ser cada día mejor, es usted un ejemplo a seguir, para usted mi eterno agradecimiento.

Kira, por sus valiosos comentarios que enriquecieron este trabajo, estoy muy agradecida por darme la oportunidad de aprender de usted.

Y finalmente a la Maestra Elva Martínez Holguín por aportar su gran conocimiento que favoreció que mi trabajo mejorara en gran medida, muchas gracias por todo.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no desanimarme ante los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades.

A mis padres Sergio y Teresa por el apoyo incondicional de siempre, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por sus sabios consejos, por ser una fuente de inspiración y cuyo ejemplo he llevado en mi pensamiento en cada decisión que tomo, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas Viridiana y Norma Angélica y a mi cuñado Gabriel que es como un hermano, gracias por su complicidad, apoyo, comprensión, y por estar siempre a mi lado.

A mi amado esposo David por su amor, sacrificio y esfuerzo, por estar siempre conmigo apoyándome y dándome fortaleza para seguir adelante, por ser mi mejor amigo y el amor de mi vida.

A mi hijo David, la personita que más amo en el mundo, por ser mi motor de vida, porque con cada sonrisa me ilumina el mundo.

A mi querida suegra Alicia Díaz, por todo su amor, comprensión, cariño y en especial por todo su apoyo.

Y finalmente de manera muy especial a mi tutora la Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez, por ser mi guía en la realización de este trabajo, por su paciencia y dedicación, por sus sabios consejos y sobre todo por su amistad.

CONTENIDO

RESUMEN.....	III
INTRODUCCIÓN.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VII
CAPITULO 1. MARCO CURRICULAR	1
1.1. La Educación Media Superior en México.....	1
1.2 Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)	2
CAPÍTULO 2. MARCO DISCIPLINAR.....	10
2.1 Conceptualización de polímero	10
2.2 Clasificación de los polímeros	11
2.3 Tipos de polimerización.....	14
2.4 Polímeros sintéticos: Plásticos	16
2.5 Plásticos y microplásticos: contaminación ambiental.....	20
2.6 Bioplásticos.....	21
2.7 Soluciones a la contaminación por plásticos	22
2.8 Diagramas de flujo ecológicos para la síntesis y disposición de los polímeros	24
CAPITULO 3. MARCO PEDAGÓGICO	32
3.1 La enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales en la Educación Media Superior	32
3.2 Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.....	34
3.3 La enseñanza de los Polímeros en CCH.....	35
CAPÍTULO 4 MÉTODO.....	37
JUSTIFICACIÓN	37
HIPÓTESIS.....	41
OBJETIVOS.....	41
Objetivo general.....	41
Objetivos particulares	41
CAPITULO 5. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	42
5.1. Elaboración del material didáctico	42
5.2. Secuencia Didáctica	43

5.3.	Elaboración de una presentación en PowerPoint.....	48
5.4.	Actividad: Pelota preguntona	49
5.5.	Actividad: Papel en la pared	50
5.6.	Diseño de los experimentos.....	51
5.7.	Diseño del instrumento de evaluación	51
5.8.	El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica en la síntesis de polímeros	51
5.9.	Aplicación de la secuencia didáctica.....	56
CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		57
6.1.	Análisis descriptivo de resultados	57
6.2.	Descripción de los resultados	60
6.3.	El diagrama de flujo en la síntesis y disposición de polímeros	65
6.4.	Análisis cuantitativo de resultados	68
CONCLUSIONES.....		74
REFERENCIAS.....		79
ANEXOS		84
ANEXO A: PRESENTACIÓN EN POWERPOINT: POLÍMEROS		85
ANEXO B: PRE Y POST-TEST DE EVALUACIÓN		90
ANEXO C: EXPERIMENTOS DE LABORATORIO.....		91
EXPERIMENTO 1. SÍNTESIS DE RESINA GLYPTAL		91
EXPERIMENTO 2. UÑAS DE ACRÍLICO		95
ANEXO E: CONSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN EN FOROS		99

RESUMEN

Con el objetivo de mejorar la comprensión de tema de síntesis de polímeros en el Nivel Medio Superior y hacer una reflexión hacia la problemática que genera el uso excesivo de polímeros en la vida cotidiana, en este trabajo se presenta una secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros y su impacto ambiental, enmarcada en ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA). Esta actividad, se aplica a estudiantes de 16 a 18 años del Nivel Medio Superior. La actividad es introductoria para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros. Se realiza un pretest, para evaluar sus conocimientos previos. Se presenta una sesión teórica utilizando TICs, que cubre la clasificación de los polímeros con base en sus unidades constituyentes (homopolímeros, copolímeros), en su origen, en sus propiedades físicas, en su formación, y se da énfasis en polímeros de uso cotidiano. También, se revisan las características de la polimerización por adición y por condensación. Los alumnos realizan diversas actividades, como pelota preguntona, papel en la pared y dos experimentos de laboratorio que ilustran la síntesis de polímeros por adición y por condensación respectivamente. Para evaluar el impacto ambiental, tanto de la síntesis como de la disposición de los polímeros, se presenta la síntesis industrial de polietilentereftalato (PET) y Poliestireno (PS), en diagramas de flujo ecológico, los alumnos recortan y pegan en el diagrama los pictogramas, rombos de seguridad y símbolos de reciclaje de los polímeros correspondientes. Los resultados cuantitativos del examen y las discusiones después de las actividades muestran una mejor comprensión del tema de polímeros y su síntesis. El diagrama de flujo con pictograma de reciclaje, pictogramas y rombos de seguridad permite a los alumnos, visualizar los riesgos a la salud y al ambiente de la síntesis de polímeros a nivel industrial, así como ver la disposición de los plásticos. Estas actividades se pueden aplicar para la enseñanza del tema de polímeros en estudiantes del nivel medio superior, además de que permiten hacer una reflexión hacia la problemática que genera el uso excesivo de polímeros en el siglo XXI.

INTRODUCCIÓN

Dada la importancia de los polímeros sintéticos, así como de los biopolímeros, las estructuras supramoleculares y los materiales a escala nanométrica que nos rodean en el siglo XXI, las Licenciaturas e Ingenierías en el área de Química, tienen en su plan de estudios asignatura de polímeros, por ejemplo, Ingeniería Química de la FESC, oferta un paquete terminal y una asignatura optativa (UNAM FESC, 2019), (UNAM FQ, 2021). También, en el Nivel Medio Superior se imparten cursos introductorios de polímeros (Dirección General del Bachillerato, 2018), (Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria, 2021).

En este sentido, el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la asignatura de Química IV imparte en el sexto semestre, la unidad 2 titulada “El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad”, en donde se encuentran los temas ¿Cómo se sintetizan los polímeros? y ¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales?, que tiene un enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA).

Dicha unidad tiene como propósito: “Valorar la importancia de la síntesis química en el desarrollo de materiales que impactan a la sociedad en diversos ámbitos, comprender que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura molecular y que ésta determina sus múltiples aplicaciones. Asimismo, reconocer la necesidad de participar en la solución del problema de contaminación ambiental por el desecho de materiales poliméricos, a partir del trabajo en equipo y mediante la investigación documental y experimental”

Cabe hacer mención que, debido a los altos índices en reprobación de la Química (Saucedo Fernández, Herrera-Sánchez, & Díaz Perera, 2014), se tiene un bajo nivel de educación expresado en diversas evaluaciones (Poy Solano, 2018). Además, recientemente la ACS ha reportado documentos que describen cómo se realiza la enseñanza los polímeros en cursos de química general, básica y avanzada, y también en escuelas del Nivel Medio Superior, con el objetivo de que estos documentos sean fuente de ideas y para la enseñanza y aprendizaje de los polímeros.

Por lo anterior, con el fin de mejorar la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros; su concepto, síntesis, aplicación e importancia en la sociedad, incluyendo a los diagramas

ecológicos y los códigos de identificación de reciclaje de los polímeros utilizados en la vida cotidiana, en este trabajo tesis se presenta:

Un marco curricular, en el que se incluye el desarrollo de la Educación Media Superior en México, el plan de estudios actual del Colegio de Ciencias y Humanidades, en donde se aplicó esta secuencia didáctica, así como la descripción de la unidad dos de la asignatura de Química IV, que se encarga del estudio de los polímeros y su impacto ambiental.

También, se describe un marco disciplinar en el que se presenta la conceptualización de polímeros, clasificación, tipos de polimerización, polímeros sintéticos, plásticos, microplásticos (contaminación ambiental), bioplásticos y soluciones a la contaminación por plásticos.

Asimismo, se presenta un marco pedagógico, en el que se describe la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales, ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), la enseñanza de la Química con el uso de las TIC's, los diagramas ecológicos, pictogramas, rombos de seguridad y los códigos de identificación de reciclaje de polímeros. Además, de la problemática de la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros y su impacto ambiental. Subsecuentemente, se muestra la justificación, hipótesis, así como los objetivos generales y particulares de este trabajo.

Además, se presenta el diseño y la aplicación de la secuencia didáctica, cuya metodología consiste en la utilización de diversas estrategias didácticas como lo son: pretest, estrategia llamada pelota preguntona, la síntesis por condensación de glyptal y una la demostración del uso del metacrilato de metilo (sintetizado por adición) en las uñas postizas; un mapa conceptual y finalmente un post-test. Adicionalmente, se mostró a los alumnos la síntesis de polímeros utilizando diagramas de flujo ecológico, en donde se tomaron en cuenta los rombos de seguridad y pictogramas, para considerar la toxicidad y riesgos a la salud y al ambiente, así como los pictogramas de reciclaje de los residuos plásticos.

La secuencia se aplicó en un grupo de Química IV del CCH Vallejo, conformado por 26 estudiantes de sexto semestre, 12 hombres y 14 mujeres, pertenecientes al grupo 653 del CCH Vallejo. El intervalo de edad de los alumnos se encuentra entre los 17 y 18 años.

Finalmente, se muestran los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica, y el análisis de ellos de forma cuantitativa.

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2. 1. Clasificación de los polímeros con base a su estructura molecular</i>	12
<i>Figura 2.2. Clasificación de los polímeros con base a sus unidades constituyentes</i>	13
<i>Figura 2.3 Esquema de reacción de la polimerización por condensación del poliéster</i>	14
<i>Figura 2.4. Esquema de reacción de una polimerización por adición</i>	15
<i>Figura 2.5 Símbolo del reciclaje de plásticos</i>	18
<i>Figura 2.6 Clasificación y símbolos del reciclaje de plásticos</i>	19
<i>Figura 2.7 Cuadro NFPA</i>	28
<i>Figura 5. 1. Secuencia del GIF, para la demostración de polimerización</i>	52
<i>Figura 5. 2 Presentación en PowerPoint</i>	53
<i>Figura 5.3. Metodología para la síntesis de poliestireno</i>	54
<i>Figura 5.4. Diagrama de la síntesis de poliestileno</i>	54
<i>Figura 5.5 Pictogramas especiales y rombos de seguridad de reactivos, productos y disolventes de la síntesis de poliestireno</i>	55
<i>Figura 5.6 Códigos de clasificación de reciclaje de plásticos</i>	55
<i>Figura 5.7 Protocolo de la síntesis de polietilentereftalato (PET)</i>	58
<i>Figura 5.8. Diagrama de la síntesis de adaptado de polietilentereftalato</i>	59
<i>Figura 5.9. Protocolo de la síntesis de polietilentereftalato</i>	59
<i>Figura 6. 1. Evidencias de síntesis de polímeros: a) Síntesis de Glyptal; b) Polimetetilmetacrilato (PMMA)</i>	67
<i>Figura 6. 2. Evidencias del análisis, resultado y conclusiones de los de los experimentos</i>	68
<i>Figura 6. 3. Evaluación ecológica de la síntesis y disposición de PS, con pictogramas, rombos de seguridad y código de reciclaje</i>	70
<i>Figura 6.4. Evaluación ecológica de la síntesis de PET con pictogramas, rombos de seguridad y código de reciclaje</i>	71
<i>Figura 6.5. Resultados del pretest y post-test aplicado al grupo</i>	73

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1 Modificación del plan de estudios del CCH a lo largo de su historia.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla 1.2. Mapa curricular del plan de estudios CCH 2016</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 1.3 Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2.1 Propiedades de los plásticos</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2.2 Diferencias entre polimerización por adición y condensación.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2.3 Ventajas y desventajas de los bioplásticos</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 2.4 Simbología del diagrama de flujo</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2.5 Rombos de seguridad y pictogramas para la identificación de sustancias químicas peligrosas</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2.6 Clasificación de la peligrosidad de las sustancias químicas.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2.7 Criterios para evaluar los principios de química verde en los experimentos de laboratorio.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2.8 Código de color en función del número de principios de la química verde que cumple el experimento.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4.1 Diversas estrategias para la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5.1. Presentación general del plan de clase desarrollado para abordar el tema de polímeros.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6.1 Algunos comentarios de los alumnos acerca de la definición de polímeros.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 6.2 Dudas y respuestas acerca de las reacciones observadas.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 6.3 Se muestran algunas evidencias de la síntesis de polímeros por los alumnos del grupo.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 6.4 Tabla de resultados obtenidos en la síntesis del polímero.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 6.5 Clasificación de los reactivos con base en la taxonomía de Bloom.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 6.6 Definición de polimerización por adición, dadas por los alumnos.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 6.7 Definición de polimerización por condensación, dadas por los alumnos.....</i>	<i>77</i>

CAPITULO 1. MARCO CURRICULAR

1.1. La Educación Media Superior en México

En México, el desarrollo de la Educación Media Superior (EMS) ha estado vinculado a los acontecimientos políticos y sociales de cada época. Este nivel educativo es posterior a la educación secundaria y se cursa en dos o tres años. Actualmente, la EMS se reconoce de carácter obligatorio, en donde el estado tiene la responsabilidad de prestar los servicios educativos para que toda la población pueda cursar los niveles educativos Primaria, Secundaria y EMS y que los padres tienen el deber de hacer que sus hijos acudan a las escuelas públicas o privadas para obtener la instrucción correspondiente a cada nivel (SEMS, 2013).

El objetivo de la EMS ha sido complejo, pues ha enfrentado la disyuntiva de preparar para educación superior o para el área laboral. En este sentido, adquiere relevancia la idea de que este nivel constituye en sí mismo un ciclo formativo, cuyo principal propósito es preparar a los jóvenes para ejercer la ciudadanía y en aprender a vivir en una sociedad (INEE, 2011). Asimismo, se destaca la importancia de la EMS como un espacio para la formación de personas cuyos conocimientos y habilidades les permitan desarrollarse en sus estudios superiores, en el trabajo y de manera más general en la vida (SEMS S. d., 2008).

Con el propósito de elevar la calidad de la EMS, el gobierno federal llevó a cabo en 2008 la Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS), para orientarla hacia el desarrollo de competencias, el desarrollo de los campos del conocimiento que se han determinado necesarios y la mejora de las condiciones de operación de los planteles.

A través de la RIEMS se creó, en el ciclo 2008-2009, el Sistema Nacional del Bachillerato (SNB), con base en cuatro pilares descritos en el portal de la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS S. d., 2011).

- a) Implantación de un Marco Curricular Común (MCC) con base en competencias
- b) Articulación y regulación de las distintas modalidades de EMS y mejoría de los servicios educativos

c) Profesionalización de los servicios educativos y fortalecimiento de la formación profesional de los estudiantes

d) Correspondencia entre necesidades de los sectores productivos estratégicos para el país y la oferta de formación por competencias, estableciendo líneas de acción que permitan la coordinación y cooperación entre las instituciones de EMS, el sector productivo y la sociedad.

El Marco Curricular Común (MCC) está orientado a dotar a la EMS de una identidad que responda a sus necesidades presentes y futuras, basándose en las competencias genéricas, las disciplinares y las profesionales que se presentan a continuación.

Las competencias disciplinares básicas de las Ciencias Experimentales (Física, Química, Biología y Ecología), se orientan a que los estudiantes conozcan y apliquen los métodos y procedimientos de dichas ciencias, para la resolución de problemas cotidianos y para la comprensión racional de su entorno (SEP, 2008).

1.2 Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con dos sistemas de bachillerato general, estos son: el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Ambos tienen una duración de 3 años; el primero se divide por semestres, mientras que los ciclos escolares del segundo son anuales.

El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) es un bachillerato de cultura básica que se propone formar al alumno por medio de la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que propicien en el egresado un desempeño más creativo, responsable y comprometido con la sociedad y que a la vez lo posibilite para continuar estudios superiores.

Para lograr este propósito, las materias que integran el Plan de Estudios están organizadas por áreas que permiten al alumno adquirir una visión de conjunto de los elementos conceptuales y metodológicos para la integración de conocimientos. Dicho plan de estudios se ha ido modificando a lo largo de su historia, la asignatura de Química Tabla 1.1 (CCH, 2012), y no es, sino que hasta el año 2016 hay un cambio significativo en donde propone nuevas estrategias didácticas para la enseñanza aprendizaje de la Química Tabla 1.2 (CCH, 2016).

Tabla 1.1 Modificación del plan de estudios del CCH a lo largo de su historia

Categoría		1971	1996	2002	2005
Naturaleza de la revisión curricular		Inicio del proyecto educativo	Reforma	Ajuste de programas	Precisión al marco pedagógico, filosófico y disciplinario de las áreas de conocimiento.
Estructura curricular	Organización del conocimiento	Por áreas: •Matemáticas • Ciencias Experimentales • Histórico-Social Talleres de idiomas	Por áreas: • Matemáticas • Ciencias Experimentales • Histórico-Social • Talleres de Lenguaje y Comunicación"		
	Lenguas extranjeras	Se establece formalmente la posibilidad de que el alumno acredite el idioma mediante un examen de traducción y comprensión, exentándolo de su asistencia a clases.	El alumno está formalmente obligado a asistir a clases.		
		Se observa diferencia en la enseñanza del idioma en cuanto al tiempo: dos semestres para inglés y cuatro para francés.	Se equilibra el tiempo destinado a su estudio: cuatro horas/ semana, cuatro semestres. para cada lengua		
		Se elige una serie de asignaturas de las opciones 1ª, 2ª, 3ª y 5ª; de la 4ª opción se eligen dos series de asignaturas.	Se elige una serie de asignaturas de la 1ª, 2ª, 4ª y 5ª opción, más una de las opciones 1ª o 2ª y una más de las opciones 4,5 o bien, Temas Selectos de Filosofía.		
	El criterio formal se basa en mantener el equilibrio entre áreas (educación básica).	El primer criterio formal se basa en mantener el equilibrio entre áreas.			

Tabla 1.2. Mapa curricular del plan de estudios CCH 2016

Semestre	MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS ACTUALIZADO							TOTAL Horas/ Crédito
1	Asignatura	Matemáticas I Álgebra y Geometría	Taller de cómputo	Química I	Historia Universal Moderna y Contemporánea I	Taller de Lectura Redacción e Iniciación a la investigación Documental I	Lengua Extranjera I	
	Horas	5	4	5	4	6	4	28/24
	Crédito	10	3	10	8	12	8	56/48
2	Asignatura	Matemáticas II Álgebra y Geometría	Taller de cómputo	Química II	Historia Universal Moderna y Contemporánea II	Taller de Lectura Redacción e Iniciación a la investigación Documental II	Lengua Extranjera II	
	Horas	5	4	5	4	6	4	28/24
	Crédito	10	8	10	8	12	8	56/48
3	Asignatura	Matemáticas III Álgebra y Geometría Analítica	Física I	Biología I	Historia de México I	Taller de Lectura Redacción e Iniciación a la investigación Documental III	Lengua Extranjera III	
	Horas	5	5	5	4	6	4	29
	Créditos	10	10	10	8	12	8	58
4	Asignatura	Matemáticas IV Álgebra y Geometría Analítica	Física II	Biología II	Historia de México II	Taller de Lectura Redacción e Iniciación a la investigación Documental IV	Lengua Extranjera IV	
	Horas	5	5	5	4	6	4	29
	Créditos	10	10	10	8	12	8	58
		Primera Opción	Segunda Opción	Tercera Opción	Cuarta Opción	Quinta Opción		
		Optativas	Optativas	Optativas	Optativas	Optativas		
5	Asignatura	Cálculo Integral y Diferencial I Estadística y Probabilidad I Cibernética y Computación I	Ecología III Física III Química III	Filosofía I	Administración I Antropología I Ciencias de la Salud I Ciencias Políticas y Sociales I Derecho I Economía I Geografía I Psicología I Teorías de la Historia I	Griego I Latin I Lectura y Análisis de Textos Literarios I Taller de Comunicación I Taller de Diseño Ambiental I Taller de Expresión Gráfica I		
	4							
	8							
	Optativa							
	Horas	4	4	4	4	4	4	28
	Créditos	8	8	8	8	8	8	50
6	Asignatura	Cálculo Integral y Diferencial II Estadística y Probabilidad II Cibernética y Computación II	Química IV Biología IV Física IV	Obligatoria	Administración II Antropología II Ciencias de la Salud II Ciencias Políticas y Sociales II Derecho II Economía II Geografía II Psicología II Teorías de la Historia II	Griego II Latin II Lectura y Análisis de Textos Literarios II Taller de Comunicación II Taller de Diseño Ambiental II Taller de Expresión Gráfica II		
	Filosofía II							
	Optativa							
	Tomas Selectos de Filosofía II							
	Horas	4	4	4	4	4	4	28
	Créditos	8	8	8	8	8	8	56

En el CCH, dentro del área de Ciencias Experimentales, se encuentran las asignaturas de Química, las cuales contribuyen a la cultura básica del estudiante, promoviendo aprendizajes que “le permitirán desarrollar un pensamiento flexible y crítico, de mayor madurez intelectual, a través de conocimientos básicos que lo lleven a comprender y discriminar la información que diariamente se presenta, a comprender fenómenos naturales que ocurren en su entorno o en su propio organismo, a elaborar explicaciones racionales de estos fenómenos, a valorar el desarrollo tecnológico y su uso en la vida diaria, así como a comprender y evaluar el impacto ambiental derivado de las relaciones humano – ciencia y tecnología – naturaleza” (CCH, 2016).

Química I y Química II son las asignaturas obligatorias de esta materia, a éstas corresponde aportar los conocimientos básicos de la disciplina y colaborar en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que permitirán alcanzar los propósitos del área de Ciencias Experimentales.

Las asignaturas de Química III y IV están dirigidas a estudiantes que cursarán carreras vinculadas con la química y a aquellos que la hayan escogido como materia optativa, por lo que tienen una función propedéutica y cultural. Para cumplir con esa doble función, se seleccionan para su estudio temas de interés que permiten abordar los conceptos químicos básicos para las carreras relacionadas con la química, y a la vez, ofrecen una visión del impacto de la química en los ámbitos político y económico de la sociedad.

En particular la asignatura de Química IV, se pretende profundizar en el conocimiento de los conceptos básicos, mediante el estudio de los compuestos del carbono. En la primera unidad (Las industrias del petróleo y de la petroquímica), se analizan las propiedades atómicas del carbono que posibilitan la formación de múltiples compuestos, los grupos funcionales que caracterizan a los compuestos del carbono y algunas de sus reacciones importantes. En la segunda unidad (El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad), se destaca la relación que existe entre la estructura de las moléculas y las propiedades de los compuestos, la importancia de las fuerzas intermoleculares y las reacciones de adición y condensación. En esta segunda unidad se incluyen los temas ¿Cómo se sintetizan los polímeros? y ¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales? (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad (plan de estudios de Química IV, CCH 2016)

Unidad 2. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad		
<p>Propósito:</p> <p>Al finalizar la unidad el alumno:</p> <p>Valorará la importancia de la síntesis química en el desarrollo de materiales que impactan a la sociedad en diversos ámbitos, comprenderá que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura molecular y que ésta determina sus múltiples aplicaciones, asimismo, reconocerá la necesidad de participar en la solución del problema de contaminación ambiental por el desecho de materiales poliméricos, a partir del trabajo en equipo y mediante la investigación documental y experimental.</p>		<p>Tiempo:</p> <p>26 h</p>
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
		4 horas
<p>A1. (H, V) Reconoce la importancia de los polímeros en la vida cotidiana, al reflexionar sobre el origen natural y sintético de estos materiales y sobre sus aplicaciones. N1</p>	<p>Polímeros</p> <p>Aplicaciones (N2)</p> <p>Clasificación por su origen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Naturales y sintéticos (N1) 	<p>¿Qué tipo de materiales son los polímeros y cuál es su importancia?</p> <p>Solicitar que los alumnos hagan un listado de los polímeros que usan cotidianamente, para que discutan sobre su clasificación en naturales o sintéticos.</p> <p>Dirige la discusión para que los alumnos concluyan que, al tratar de replicar las propiedades de los primeros polímeros naturales, el hombre ha desarrollado nuevos materiales poliméricos con propiedades extraordinarias. A1</p>
<p>A2. (C, H, V) Reconoce la versatilidad de los polímeros al observar la resistencia mecánica y flexibilidad de diferentes muestras.</p>	<p>Propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> Resistencia y flexibilidad. (N1) 	<p>Los alumnos observan la flexibilidad, y resistencia mecánica, de polímeros de uso cotidiano. En actividad grupal concluyen que los polímeros tienen una gran diversidad de aplicaciones debido a sus propiedades. A2</p>
<p>A3. (C, H) Comprende que los polímeros son compuestos de gran tamaño, formados por la unión química de sustancias simples, al manipular modelos que</p>	<p>Estructura de los polímeros</p> <ul style="list-style-type: none"> Concepto de monómero y polímero. (N2) Estructura lineal, ramificada, entrecruzada y reticular de los polímeros. (N2) Relación estructura y 	<p>Los alumnos modelan las cadenas poliméricas con diversos materiales (clips, fichas dominó, barritas hechas de plastilina, cuentas de vidrio, imanes de balín), que servirán como monómeros para estructuras geométricas que representen las disposiciones lineales, ramificadas y reticulares de las cadenas poliméricas. El alumno debe concluir que a pesar de utilizar la misma unidad (monómeros) pueden “construir” diversas formas con características</p>

representan cadenas lineales, ramificada y reticulares, para explicar en un primer acercamiento, las propiedades de las sustancias poliméricas. (N2)	propiedades de los polímeros. (N2)	variadas. Se recomienda el video: "La era de los polímeros" de la serie <i>El mundo de la química</i> , volumen 11, (duración: 30 minutos).
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
		8 horas
A4. (H, C) Comprende que la reactividad de un monómero se debe a la presencia de enlaces dobles, triples o de los grupos funcionales, al reconocerlos en la estructura de diferentes polímeros naturales y sintéticos. (N2)	Reacción de polimerización por adición y por condensación <ul style="list-style-type: none"> Reactividad de los dobles y triples enlaces, y de los grupos funcionales. (N2) 	¿Cómo se sintetizan los polímeros? Orienta al estudiante para que, a partir de la comparación de las estructuras de distintos polímeros con sus correspondientes monómeros, identifiquen sus sitios reactivos como son los dobles enlaces (reacciones de adición) y/o la presencia de grupos funcionales (reacciones de condensación) en polímeros naturales y sintéticos. A4
A5. (C, H) Distingue entre un homopolímero y un copolímero, al analizar las cadenas poliméricas que resultan de la reacción de polimerización por adición y por condensación. (N3)	Clasificación de polímeros <ul style="list-style-type: none"> Copolímeros y Homopolímeros. (N3) 	Se recomienda el uso de videos y simulaciones del proceso de polimerización, por ejemplo: < http://www.youtube.com/attribution?v=3gpLM8UIA_w > (polymerization re- action animation). Dirige una actividad en la que los alumnos modelen y analicen estructuras de homopolímeros y copolímeros a partir de una serie de ejemplos que el profesor les proporcionará. Con esta información, distingue que es posible la unión entre monómeros iguales y entre monómeros diferentes, dependiendo del mecanismo de polimerización. A5
A6. (H, V) Explica las diferencias entre la polimerización por adición y la polimerización por condensación, a partir de la obtención en el laboratorio, de diversos materiales poliméricos, para reconocer la importancia de las condiciones de reacción y valorar la importancia de la síntesis química. (N3)	Polimerización por condensación. (N2) <ul style="list-style-type: none"> Condiciones de reacción de los dos tipos de la polimerización. (N2) 	Para la síntesis de polímeros por adición y por condensación, el profesor promueve que se realicen las actividades experimentales: "La sartén por el mango", "síntesis de la baquelita". Orienta a los alumnos para que analicen reacciones de polimerización por adición e identifiquen: <ul style="list-style-type: none"> Tipo de enlace del monómero que participa. Que los dos electrones del doble o triple enlace migran a los átomos de carbono adyacentes, dando lugar a la especie reactiva. Las condiciones de la reacción por adición (temperatura, presión y catalizador) Orienta a los alumnos para que analicen reacciones de polimerización por condensación de polímeros naturales y sintéticos (secuencias de al menos 5 monómeros, aminoácidos en el caso de los naturales)

		e identifiquen: a) Grupo funcional de los monómeros que participan. b) La formación de una molécula sencilla como subproducto, por ejemplo: H ₂ O, HCl, CO ₂ , entre otros. c) Las condiciones de la reacción por condensación (temperatura y medio ácido)
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
8 horas		
A7. (C, H). Comprende que las fuerzas inter e intramoleculares modifican las propiedades de un polímero, al observar las propiedades de éstos en un experimento (N3)	Enlaces intermoleculares y propiedades de polímeros <ul style="list-style-type: none"> Fuerzas intermoleculares: (N3) <ul style="list-style-type: none"> Puente de hidrógeno. Dipolo–dipolo. Dipolo inducido	¿Cómo se logra mayor resistencia en los polímeros? El maestro retoma el tema de la disposición de las cadenas poliméricas y solicita a alumnos investigarán la estructura de polímeros reticulares como el fenol–formaldehído y lo compararán con los polímeros lineales como el PVC para obtener regularidades relacionadas con el comportamiento de los polímeros lineales y los reticulares, como ejemplo, la temperatura o el esfuerzo mecánico
A8. (C, H). Reconoce la importancia de las uniones covalentes en los polímeros en general y los enlaces peptídico y glucosídico al analizar fragmentos de cadenas poliméricas en proteínas y carbohidratos.	<ul style="list-style-type: none"> Relación enlaces intermoleculares Enlace peptídico Enlace glucosídico Propiedades: (N3) <ul style="list-style-type: none"> Resistencia mecánica y al calor. Plasticidad. Flexibilidad. Permeabilidad al agua.	<ul style="list-style-type: none"> Las propiedades de los plásticos termofijos se atribuyen a las cadenas trans- versales que forman enlaces covalentes tridimensionales térmicamente estables, a diferencia de los termoplásticos que consisten en moléculas lineales (ramificadas) que no se encadenan transversalmente cuando se calienta. Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades. Los polímeros tienen una muy buena resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. Química del polímero y pueden ser de varias clases. Las más comunes, denominadas. Fuerzas de Van der Waals: <ul style="list-style-type: none"> En el Polietileno (PE) las fuerzas intermoleculares son débiles de tipo London (dipolo inducido–dipolo inducido) El policloruro de vinilo (PVC), es una molécula polar y las fuerzas intermoleculares de tipo dipolo–dipolo. Los alumnos reconocerán los enlaces peptídico y glucosídico en fragmentos cadenas poliméricas de proteínas y carbohidratos y observarán los grupos amino, carboxilo y amida en las proteínas y los grupos cetona, aldehído y alcohol en carbohidratos, para entender su estructura.

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<p>A9. (H, V) Comunica de forma oral y escrita sus investigaciones, respecto a las aplicaciones y al impacto social de los nuevos materiales poliméricos, para valorar las contribuciones de la química a la sociedad. (N2)</p>	<p>Materiales poliméricos del futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuevos materiales poliméricos. (N2) • Polímeros naturales modificados, materiales con memoria, <p>Materiales inteligentes, nano materiales, grafeno y superconductores, polímeros biodegradables.</p>	<p>¿Cómo se logra mayor resistencia en los polímeros?</p> <p>El maestro retoma el tema de la disposición de las cadenas poliméricas y solicita a alumnos investigarán la estructura de polímeros reticulares como el fenol-formaldehído y lo compararán con los polímeros lineales como el PVC para obtener regularidades relacionadas con el comportamiento de los polímeros lineales y los reticulares, como ejemplo, la temperatura o el esfuerzo mecánico</p>
6 horas		
<p>A10. (H, V) Argumenta la necesidad de hacer un uso responsable de los materiales poliméricos sintéticos, al indagar en fuentes documentales su código de identificación y los métodos de reciclaje. (N2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de materiales poliméricos por su código. <p>Métodos para el reciclado de polímeros con base en su tipo y composición.</p>	<p>En plenaria, los estudiantes argumentarán la necesidad de hacer un uso responsable de los materiales poliméricos y de las medidas que pueden tomar como ciudadanos para contribuir a disminuir la contaminación ambiental por el desecho de estos materiales. A9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para concluir retomar la pregunta del inicio y cerrar el tema contestándola.

CAPÍTULO 2. MARCO DISCIPLINAR

2.1 Conceptualización de polímero

Las moléculas gigantes o polímeros son la materia prima de la vida. Componen las células, el protoplasma y el núcleo de los tejidos animales y vegetales. El químico alemán Hermann Staudinger (1885-1966) empleó el término macromolécula en 1920, al referirse a la estructura de materiales de origen natural como la celulosa. Las proteínas, la fibra del henequén, la seda, el lino y el ámbar, son otros ejemplos de polímeros naturales (Billmeyer, 2004).

El origen de su nombre es griego, poli (mucho) y mero (partes), es decir, que el término polímero designa una combinación de un número no especificado de unidades estructurales (Chang, 2007). Son moléculas de gran tamaño, que suelen formar cadenas y se fabrican a partir de moléculas pequeñas llamadas monómeros, las cuales se enlazan entre sí como si fueran eslabones de una cadena, repitiéndose de una manera más o menos ordenada, porque en ocasiones presentan también ramificaciones o entrecruzamientos, unidas entre sí mediante enlaces covalentes (Rodríguez, 1984).

Los polímeros son también llamados macromoléculas, debido a esto tienen una gran masa molecular y son obtenidos a través de una reacción química llamada polimerización. Constituyen la base de las fibras sintéticas, hules y plásticos y han desempeñado un papel principal en la revolución ocasionada por los productos químicos en los últimos 50 años (Billmeyer, 2004).

Los polímeros sintéticos (plásticos), han sustituido en muchos usos a otros materiales empleados desde hace mucho tiempo, como los metales, la madera, el vidrio, la lana y el algodón, porque representan ventajas sobre ellos: son más ligeros, más resistentes a los impactos y a la intemperie, son moldeables y, en general, presentan un menor costo que los materiales a los que sustituyeron. La mayor parte de los objetos de la vida moderna están fabricados con estos materiales: las botellas de los refrescos, la cubierta de los alimentos, los recipientes del refrigerador, las cubiertas de teflón de las cacerolas, las bolsas del supermercado y de la basura, las escobas, la cubeta, los lazos para tender la ropa, la manguera del jardín, los platos, vasos y cubiertos desechables, las bolsas de mano, las tarjetas de crédito, todos los balones, el aparato del teléfono, muchas piezas de los

coches o de los aviones y algunas partes del cuerpo humano, como las prótesis para sustituir huesos y válvulas del corazón que colocan los cirujanos durante las operaciones. La versatilidad de las propiedades de los plásticos ha permitido su aplicación en campos tan distintos como la medicina, la ingeniería, las comunicaciones, la industria textil, la industria automotriz y, desde luego, en la vida cotidiana.

2.2 Clasificación de los polímeros

Existen varias formas de clasificar los polímeros, entre ellas se destacan las siguientes: según su origen, de acuerdo con su estructura molecular, según sus unidades constituyentes, sus propiedades físicas y su reacción de formación, las cuales se describen a continuación (Orozco, 2011):

1. Según origen (Naturales y sintéticos).
 - a. Los polímeros naturales son todos aquellos que provienen de los seres vivos, es decir, que pueden ser de origen animal o vegetal y por lo tanto, dentro de la naturaleza podemos encontrar una gran diversidad. Entre ellos se encuentran las proteínas globulares, polisacáridos, lana, algodón, almidón, proteínas, caucho natural (látex o hule), ácidos nucleicos como el ADN, entre otros.
 - b. Los polímeros sintéticos son los que se obtienen por procesos de polimerización controlados por el ser humano, a partir de materias primas de bajo peso molecular. A esta clase de polímeros pertenecen los más conocidos en la vida cotidiana como los nylon, el polipropileno, el policloruro de vinilo (PVC) y el polietileno, entre otros. La gran variedad de propiedades físicas y químicas de estos compuestos permite aplicarlos en construcción, embalaje, industria automotriz, aeronáutica, electrónica, agricultura o medicina. También se pueden encontrar por transformación de polímeros naturales, los semisintéticos, por ejemplo la transformación del caucho natural en caucho vulcanizado.
2. Según su estructura molecular Figura 2.1 (Atkins & Jones, 2005)
 - a. Polímeros lineales. Formados por cadenas largas, ramificadas o no. Por ejemplo, polietileno, polietileno tereftalato.

- b. Polímeros entrecruzados. Esencialmente lineales, pero con bajo peso molecular con bajo número de uniones covalentes entre sus cadenas. Ejemplo: caucho.
- c. Polímeros tridimensionales. En estos existen enlaces covalentes que mantienen unidas distintas partes de la molécula. Ejemplo: baquelita

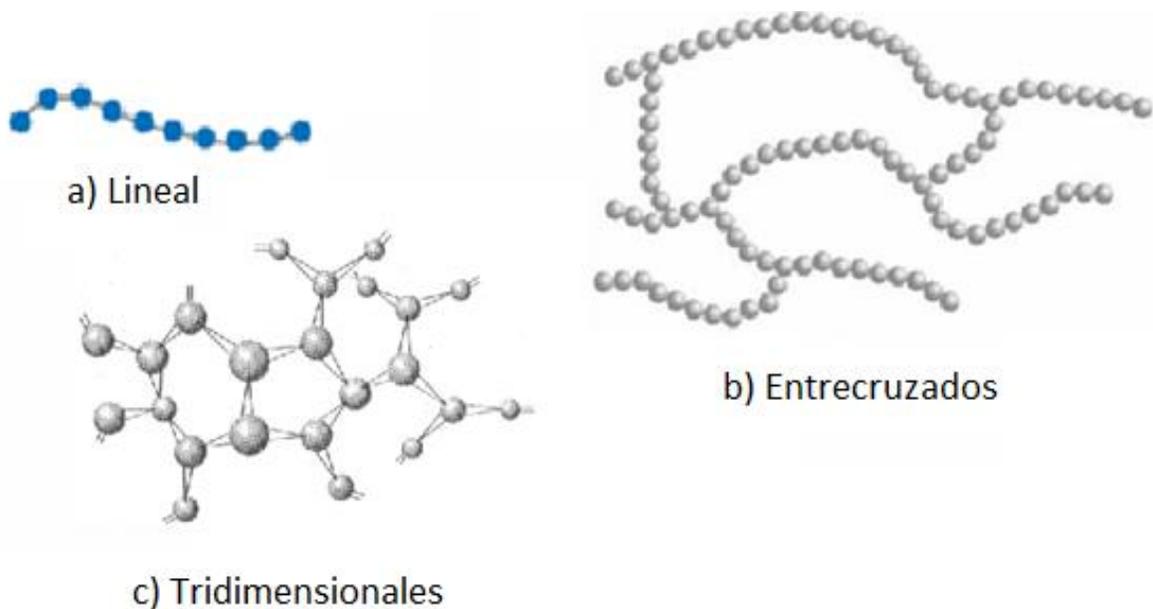


Figura 2. 2. Clasificación de los polímeros con base a su estructura molecular

3. Según sus unidades constituyentes, en la Figura 2.2 se muestra gráficamente las diferencias.
 - a. Homopolímeros. Están constituidos por un solo tipo de monómero, por ejemplo, poliacrilonitrilo.
 - b. Heteropolímeros o Copolímeros. Constituidos por más de un tipo de monómero, por ejemplo, estireno.
4. Según sus propiedades físicas (**Tabla 2.1**).
 - a. Termoplásticos. Se moldean por calentamiento y endurecen al enfriarse, pudiéndose repetir el proceso, por ejemplo, poliamida.

- b. Termoestables. Por acción del calor se endurecen en forma irreversible, se descomponen al fundir, como ejemplo, baquelita.

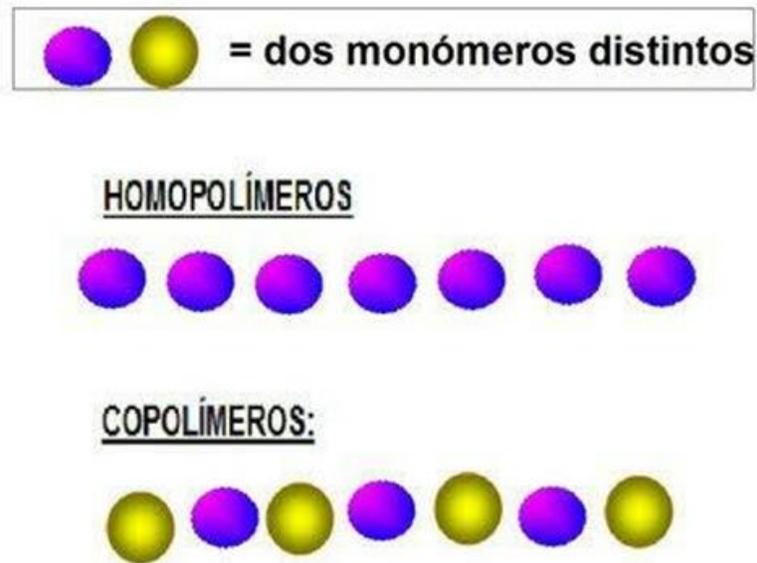


Figura 2.2. Clasificación de los polímeros con base a sus unidades constituyentes

Tabla 2.1 Propiedades de los plásticos. Tomada de (Chang, 2007).

	Termoplásticos	Termoestables	Elastómeros
Energía	Funde	No funde	No funde
Disolventes	Solubles	Insolubles	Insolubles, se hinchan
Estructura	Lineales	Entrecruzados	Poco entrecruzados
Cristalinidad	Amorfos o cristalinos	Amorfos	Amorfos
Propiedades mecánicas	Rígidos a $T < T_g$ ($E \approx 10^3$ MPa)	Rígidos, $\epsilon \approx 4\%$ ($E \approx 10^4$ MPa)	$\epsilon \approx 100-1000\%$ (E bajos \approx MPa)
Procesado	Sin reacción química	Con reacción química	Con reacción química

Ejemplos	PE, PP, PVC,	Resinas epoxi,	Caucho
	Poliamidas y	Resinas fenol-	Poliburano
	Poliésteres	formaldehído	Poliisopreno

2.3 Tipos de polimerización

La polimerización es una reacción química por la cual los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular), forman enlaces químicos entre sí, para dar lugar a una molécula de gran peso molecular (macromolécula), denominada polímero (Atkins & Jones, 2005). Existen diferentes tipos de polimerizaciones y varios sistemas de clasificación. Las categorías principales son:

1. Según el tipo de reacción de formación
 - a. Polímeros por adición: proceso que se inicia por un radical, un catión o un anión. En este tipo de polimerización la masa molecular del polímero es un múltiplo exacto de la masa molecular del monómero.
 - b. Polímeros por condensación. Proceso de polimerización donde distintas sustancias reaccionan para crear uno o más monómeros, los cuales se unirán entre sí para formar un dímero, que por reacción con otros monómeros o dímeros (o trímeros, o tetrámeros) dará a lugar el correspondiente polímero (Aramedia, Aldabe, Bonazzola, & Lacreu, 2004).

Los dos métodos principales para la obtención de polímeros son la polimerización por adición y la polimerización por condensación. Las propiedades químicas de los polímeros son similares a las de sus moléculas pequeñas. Un grupo funcional unido a una cadena polimérica reacciona generalmente en la misma forma que si estuviera presente en un monómero. No obstante, la rapidez con la que reaccionan los grupos funcionales unidos a las cadenas poliméricas puede ser muy diferente (Rodríguez, 1984)

En 1929 W. H. Carothers, sugirió una clasificación de los polímeros en dos grupos, polímeros de condensación y de adición. Los polímeros de condensación son aquellos en los que la fórmula molecular de la unidad repetitiva de la cadena del polímero carece de algunos átomos presentes en el monómero del que se está formando (o al que puede ser reducido). Por ejemplo, en la Figura 2.3, se presenta la síntesis de un poliéster que se forma

por reacciones típicas de condensación entre monómeros bifuncionales con la eliminación de agua (Aramedia, Aldabe, Bonazzola, & Lacreu, 2004).

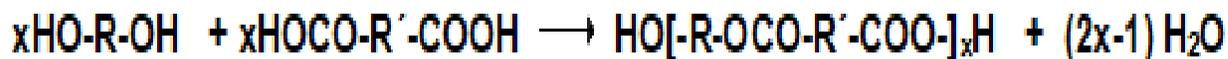


Figura 2.3 Esquema de reacción de la polimerización por condensación del poliéster

Los polímeros de adición son aquellos en los que esta pérdida de una molécula sencilla no tiene lugar. El grupo más importante de los polímeros de adición incluye a los derivados de vinilo (Figura 2.4).

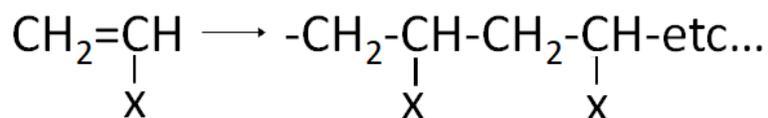


Figura 2.4. Esquema de reacción de una polimerización por adición

La distinción original entre polímeros de adición y de condensación de Carothers fue corregida por Flory, quién situó en énfasis en los mecanismos por los cuales se forman estos tipos de polímeros (Billmeyer, 2004).

Los polímeros de condensación se forman usualmente por la condensación intermolecular escalonada en etapas de los grupos reactivos. Los polímeros de adición resultan de manera general por reacciones en cadena que comprenden algún tipo de centro activo. De estos mecanismos pueden resultar diferentes estructuras de la cadena (Marvel, 1962):

- Las unidades estructurales de los polímeros de condensación están habitualmente unidas por grupos funcionales entre unidades.
- La mayoría de los polímeros de adición no tienen tales grupos funcionales en su estructura base.

En la Tabla 2.2, se muestran las diferencias entre los mecanismos de polimerización en cadena y por etapas (Billmeyer, 2004).

Tabla 2.2 Diferencias entre polimerización por adición y condensación. Tomado de (Atkins & Jones, 2005).

POLIMERIZACIÓN POR ADICIÓN	POLIMERIZACIÓN POR CONDENSACIÓN
La reacción se lleva a cabo en los extremos de la cadena.	La reacción se inicia en un par de moléculas.
Al final queda algo de monómero.	El monómero desaparece totalmente.
Se alcanza rápidamente gran peso molecular.	El peso molecular aumenta poco a poco
A mayor tiempo de reacción, mayor rendimiento.	A mayor tiempo de reacción, mayor peso molecular.

2.4 Polímeros sintéticos: Plásticos

El avance de la industria de los polímeros se intensificó a partir de 1926, cuando el químico alemán Hermann Staudinger expuso su definición de los polímeros: largas cadenas de pequeñas unidades unidas por enlaces covalentes (Martinez-Reina & Amado-González, 2014). Esta industria volvió a tener otro gran avance en la segunda guerra mundial, debido a que la mayoría de los países no recibía materias primas, ya sea porque el país que se la suministraba se encontraba en el bando contrario o porque las rutas de comercio estaban muy controladas y se vieron obligados a desarrollar nuevos polímeros para sustituir las materias primas con las que normalmente hacían los distintos productos o armas de combate. Ejemplo de esto es el caucho sintético usado por Alemania para las ruedas de los tanques y el nailon, desarrollado por los E.E.U.U. usado para fabricar textiles como paracaídas o prendas, combinándolo con lana o algodón.

Durante la posguerra, y hasta nuestros días, la industria de los polímeros ha seguido avanzando a pasos agigantados, desarrollándose nuevos polímeros como el polietileno o el polipropileno, dos de los polímeros más usados en la actualidad.

Entonces ¿podemos imaginar cómo sería nuestro mundo sin la existencia de plásticos, hules, pinturas y fibras sintéticas? La mayoría de los objetos que nos rodean y que utilizamos en la vida cotidiana están hechos o tienen partes elaboradas con alguno de estos productos y nos parece tan familiar su existencia que no nos ponemos a pensar cómo

llegaron a existir ni de qué están formados. Todos estos objetos tienen en común el hecho de estar constituidos por polímeros (Garritz R. & Irazoque P., El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de polímeros, 2004)

Dentro de los polímeros clasificados como sintéticos encontramos a los plásticos que son un material de estupendas características: barato, resistente, de muy larga duración y con infinitud de aplicaciones. Todo es positivo, si no fuera por los importantes problemas ambientales y de salud que ocasiona, como son las islas de basura en el mar. Como consumidores necesitamos comprender si hay opciones ecológicas que eviten estos problemas y si los plásticos reciclables se reciclan realmente.

Por otro lado, están los polímeros compostables, es decir, los polímeros que se transforman en *composta* (tiempos de 12 horas a temperaturas mayores a 50°C) y también están los polímeros biodegradables, que sufren un proceso por el cual una materia se desintegra y descompone en elementos que se encuentran en la naturaleza, por acción del sol (luz y calor), la lluvia, el oxígeno y los microorganismos. En resumen, todo material compostable es biodegradable, pero no todo producto biodegradable es compostable (Howard, 2018).

Por ello, los expertos dicen que el destino más deseable para los plásticos es el reciclaje, ya que no hay que seguir gastando recursos y de esta manera se evitan residuos y se generan puestos de trabajo (Góngora P., 2014).

Aunque, el reciclado es una solución que únicamente se realiza sobre el residuo ya generado, no es una alternativa efectiva para todos los plásticos, en este sentido los biopolímeros suponen, en cambio, una solución desde el origen del problema. Los biopolímeros, que en su mayor parte proceden de recursos renovables, se convierten en una interesante alternativa para la industria de los plásticos. Estos bioplásticos pueden procesarse mediante las mismas tecnologías que los materiales termoplásticos convencionales, tales como extrusión, inyección o soplado. Así, los polímeros basados en recursos renovables o biodegradables están generando un creciente interés, tanto en la sociedad en general como en la industria de los plásticos, así como en el sector agrícola, ya que supondría una salida de sus productos hacia mercados diferentes (Valero-Valdivieso, Ortegón, & Uscategui, 2013).

Es por ello que, los plásticos están clasificados por medio de unos números inscritos en un triángulo indicador de reciclaje. Este es un círculo de Möbius, que presenta 3 flechas, la primera de ellas representa la recolección del plástico (en que estamos involucrados todos los usuarios, hasta llegar a la planta de reciclaje), la segunda flecha es el proceso que realiza la planta de reciclaje para convertir el polímero en nuevos productos y la tercera flecha representan la compra y uso los nuevos productos de plástico (en esta etapa nuevamente depende de los consumidores) y el ciclo continúa indefinidamente (Figura 2.5).



Figura 2.5 Símbolo del reciclaje de plásticos

Este Código de Identificación de Reciclaje de Plástico se aplica internacionalmente desde 1988, con el fin de intentar facilitar el proceso de reciclaje. Es un sistema aprobado por la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) y que establece siete tipos, identificados con los números del 1 al 7 dentro del característico símbolo de un triángulo de flechas en seguimiento. No obstante, hay miles de tipos de plásticos y esta clasificación en realidad recoge los 6 más comunes y deja un número 7 que es el “cajón de sastre” donde entrarían todos los demás.

A continuación, se describe los números de la clasificación de los plásticos para su reciclaje y sus símbolos completos son mostrados en la Figura 2.6.

1. **PET (Tereftalato de Polietileno).** Es el plástico usado más comúnmente en envases para alimentos. Lo podemos encontrar en botellas de agua, zumos, refrescos, aceites, etc.
2. **HDPE (Polietileno de alta densidad).** Es un plástico más rígido y resistente a condiciones extremas de frío o calor. En alimentación se usa para las botellas de leche o garrafas.
3. **PVC (Polivinilo).** Lo podemos encontrar en envoltorios de determinados alimentos, pero es más usado en otros ámbitos: juguetes, interior del automóvil, mangueras, etc.
4. **LDPE (Polietileno de baja densidad).** Es utilizado sobre todo en bolsas y botellas de agua.
5. **PP (Polipropileno).** Es el tipo de plástico usado principalmente en los envases de yogures o mantequilla o en las pajitas.
6. **PS (Poliestireno).** El clásico tipo de plástico utilizado para la elaboración de los envases para hamburguesas en los establecimientos de comida rápida. Es altamente contaminante y por supuesto, no reutilizable.
7. **Otros plásticos y materiales compuestos.** Este último grupo de la clasificación engloba materiales como el PC (Policarbonato).

	1. PET (polietilentereftalato)
	2. HDPE (polietileno de alta densidad)
	3. PVC (policloruro de vinilo)
	4. LDPE (polietileno de baja densidad)
	5. PP (polipropileno)
	6. PS (poliestireno)
	7. Otros

Figura 2.6 Clasificación y símbolos del reciclaje de plásticos

2.5 Plásticos y microplásticos: contaminación ambiental

Los plásticos son uno de los componentes más utilizados en la actualidad. Pero, aunque su producción es de las más extendidas, su eliminación es de las más complicadas de llevar a cabo. Para evitar la contaminación por plásticos, que supone que más de ocho millones de toneladas anuales acaben en los océanos de todo el mundo, han comenzado a surgir multitud de proyectos para su reciclaje y reutilización (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Por otro lado, están los microplásticos o microesferas, que son partículas de plástico que miden menos de 5 milímetros; estos fragmentos se encuentran presentes en una multitud de productos de higiene como cremas exfoliantes, pasta dental, jabones, en las fibras sintéticas de la ropa, entre otros (España, 2019) que, al integrarse a los eslabones de la cadena trófica, se transfieren a especies consumidas por el ser humano. Por ello, se han

convertido en tema de atención para la salud, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018) dada la gran dependencia de los recursos marinos, como fuente vital de alimentos para la creciente población humana (Lugo, 2019).

Algunos datos alarmantes de los microplásticos son:

- Los microplásticos de menos de 25 micrones pueden ingresar al cuerpo humano por la nariz o la boca y los de menos de cinco micrones pueden terminar en el tejido pulmonar (Leahy, 2019).
- Se ha demostrado que los microplásticos se encuentran presentes en el 90 por ciento de las marcas de sal de mesa analizadas a nivel mundial y se estima que el adulto medio consume aproximadamente 2.000 microplásticos al año a través de la sal, aunque aún no se conoce si son perjudiciales (Parker, 2018).

En consecuencia, la contaminación por plásticos y microplásticos ha llegado a convertirse en un problema de primer nivel en los últimos años, que afecta a la biodiversidad de los océanos y también a las personas. Por eso, cada vez hay más medidas, como la química verde, que buscan combatirla a través del reciclaje o de plásticos menos perjudiciales (Atresmedia, 2017)

2.6 Bioplásticos

Los bioplásticos son plásticos que, en lugar de proceder del petróleo, se fabrican a partir de azúcares, almidones o aceites vegetales. Para ello se utilizan alimentos como papa, caña de azúcar, maíz, yuca, soja. Representan aproximadamente el 1% de los plásticos producidos a nivel mundial (González García , Mesa Contreras , González Reynoso, & Córdoba López , 2013).

El término “bioplástico” nos llena de esperanza de que, si son bio, también sean biodegradables. Pero el prefijo “bio” indica que su procedencia es de vegetales y no implica que sean biodegradables. Como todo material, tiene sus ventajas y sus desventajas, algunas se presentan en la Tabla 2. 3 (National Geographic en español, 2018):

Tabla 2.3 Ventajas y desventajas de los bioplásticos. Tomada de (Cortéz O., 2015)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Reduce los costos de la gestión de los residuos, especialmente si se utilizan a gran escala por las industrias	Actualmente en el mercado se elaboran principalmente de harina o almidón de maíz, trigo u otros granos y solo unos pocos bioplásticos son derivados de residuos agrícolas o alimentos
Generan menores emisiones de gases tóxicos en caso de incineración	La producción a gran escala de bioplásticos podría tener un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos y causar aumentos de precios en los alimentos, como el pan y la pasta
Es muy higiénico y se puede utilizar para envases de alimentos o de bebidas y alimentos a los hogares	El bioplástico, aunque biodegradable, no termina en los sistemas adecuados de compostaje, porque son arrojados en los basureros y se mantienen en lugares secos que impiden la biodegradación

2.7 Soluciones a la contaminación por plásticos

El mundo se enfrenta al problema de contaminación plástica que crece de forma vertiginosa, pero también está creciendo la conciencia y la acción de las personas.

Cada año, más de 8 mil millones de kilogramos de residuos plásticos ingresan los océanos desde las regiones costeras. Eso equivale a cinco bolsas de plástico de basura apiladas cada 0.3 metros de costa del planeta. Todo ese plástico está dañando a los seres vivos que habitan en el océano (Howard, 2018).

A continuación, un seguimiento de algunas de las medidas que se han tomado en torno a la reducción de la contaminación por plásticos (Howard, 2018):

- 2 de octubre de 2018. *El presidente Trump firma un proyecto de ley para limpiar los océanos.*

Esta ley fue aprobada con apoyo bipartidista, modifica la Ley de Desechos Marinos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, y financia el programa hasta 2022. La ley fomenta las actividades para limpiar los mares contaminados de todo el mundo y anima a los comerciantes federales a presionar a los "líderes de las

naciones responsables de la mayoría de los desechos marinos" para que se encarguen de gestionar la basura que acaba en los océanos.

- *1 de octubre del 2018. Red Lobster reduce el uso de sorbetes.*

La compañía de restaurantes de mariscos más grande del mundo anunció que, a partir de noviembre de 2018 en sus 700 restaurantes, proveerá popotes solamente si el cliente los solicita. Para 2020, la compañía espera suministrar únicamente una versión más ecológica de popotes.

- *20 de septiembre de 2018. California aprueba el proyecto de ley para limitar el uso de popotes en restaurantes.*

California se ha convertido en el primer estado en implementar una prohibición parcial de los popotes de plástico. Ya no se permitirá a los restaurantes que provean popotes; solo recibirán aquellos clientes que los soliciten. Los restaurantes que no cumplan con la prohibición recibirán una advertencia la primera vez; si continúan incumpliendo, recibirán una multa.

- *7 de septiembre de 2018.*

El gigante recolector de desechos, enorme y flotante saldrá de San Francisco en una misión para limpiar el Great Pacific Garbage Patch o "isla de la basura".

United Airlines se unió a otras empresas de la industria del turismo al prohibir los popotes de plástico y los palillos de cocteles en sus vuelos. La aerolínea, en cambio, utilizará un sustituto de bambú biodegradable a partir de noviembre.

- *7 de septiembre de 2018. Cerveza Carsberg abandona los sujetadores plásticos para latas.*

La cervecera danesa Carlsberg será el primer productor de cerveza en deshacerse de los anillos de plástico que sujetan varias cervezas y otras latas juntas y los reemplazará por pegamento reciclable, según un comunicado de prensa de la compañía. Carlsberg afirma que esto reducirá en un 76 % la cantidad de plástico utilizado en sus tradicionales sujetadores.

- *26 de julio de 2018. El socio de viajes de National Geographic prohíbe los plásticos de un solo uso.*

Finalmente, es imprescindible seguir buscando soluciones, contribuir con la mejor información científica para los tomadores de decisiones e implementar políticas públicas bajo una óptica de gobernanza desde el ámbito local o mediante acciones personales como disminuir por voluntad propia, el uso de botellas desechables para agua, jugo, café y bebidas gasificadas; también no utilizar bolsas de plástico durante las compras, no consumir productos de higiene personal que contengan microplásticos como dentífricos, cremas exfoliantes y geles de baño (Lugo, 2019).

En este sentido el uso de los símbolos de reciclaje ha tomado gran importancia en la impartición de las asignaturas pertenecientes a las ciencias experimentales en el medio superior.

2.8 Diagramas de flujo ecológicos para la síntesis y disposición de los polímeros

La Química Verde es una filosofía de la química dirigida hacia el diseño de productos y procesos químicos que implica la reducción o eliminación de productos nocivos para las personas y el ambiente (Anastas & Eghbali, 2010).

Recientemente, (Vargas-Rodríguez, y otros, 2016) publicaron una métrica holística conocida como el diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio, que a partir de este momento se denominará como “métrica del semáforo”. Esta métrica es integral para evaluar el acercamiento verde de un experimento de cualquier área de la química, a partir de su correspondiente diagrama de flujo. En el diagrama se integran el tratamiento y la disposición de los residuos, y se consideran los riesgos a la salud, al ambiente y a la seguridad, utilizando los pictogramas y rombos de seguridad de reactivos, sustancias auxiliares, productos y residuos. Además, de acuerdo con el número de principios de la química verde que se cumplen (entre 0-12), se asigna al diagrama un color preestablecido entre una gama de verdes, amarillos y rojos Tabla 2.8.

Cabe hacer mención que, el artículo de Vargas-Rodríguez y otros, 2016, sirve de apoyo al profesor con recomendaciones generales de cómo enseñar a construir los diagramas de

flujo y la simbología que se utiliza en estos esquemas ya que en el Programa de Estudios de Química I (2016, 1a ed.) se propone su utilización en las Estrategias sugeridas para el Aprendizaje 9. (Argüelles Pimentel, Carballo Balvarena, Gómez Almaraz, & Pérez Orta, 2016).

A continuación, se describe brevemente la forma de emplear la métrica del semáforo y que consta de cinco etapas.

- A. Consideraciones para la evaluación de los 12 principios
- B. Construcción del diagrama de flujo
- C. Colocar los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos y disolventes
- D. Análisis del cumplimiento o no de cada uno de los principios de la química verde.
- E. Asignación del color con base al número de principios que cumplen los códigos de color

A) Consideraciones para la evaluación de los 12 principios

- Para evaluar los principios 1, 2, 5 y 8 (P1, P2, P5 y P8) es necesario conocer todos los reactivos y sustancias auxiliares a utilizar, sus cantidades y/o concentraciones, transformaciones realizadas, productos, subproductos y residuos obtenidos en cada etapa del proceso.
- Evaluar el nivel de los riesgos a la salud, al ambiente y a la seguridad mediante los pictogramas y rombos de seguridad de reactivos, sustancias auxiliares, productos y residuos: P3, P4 y P12.
- Investigar las condiciones de reacción de temperatura, presión y tiempo que deben mantenerse durante el desarrollo experimental, P6.
- Averiguar si las materias primas son renovables, P7, e investigar si los residuos y productos generados son biodegradables, P10.
- Conocer el uso de catalizadores en lugar de reactivos estequiométricos, P9.
- Finalmente es importante considerar el desarrollo de metodologías analíticas, P11 en esta métrica, ya que en muchos laboratorios de enseñanza experimental se aplica para el seguimiento de las reacciones o únicamente para adquirir la competencia de aplicar este principio en la evaluación del acercamiento verde de un experimento.

B) Construcción del diagrama de flujo

El diagrama de flujo debe elaborarse antes del trabajo experimental o elaborarlo únicamente con el objetivo de analizar un experimento (aun cuando éste no se lleve a cabo). Para realizarlo, se sugiere utilizar los símbolos descritos en la Tabla 2.4. Una vez generado este, deben incluirse las cantidades de reactivos, disolventes y reactivos auxiliares a utilizar. También es importante efectuar un balance de materia en cada etapa del experimento, incluyendo las transformaciones químicas, por lo que el análisis del proceso y las reacciones que se llevan a cabo deben estar indicados en el diagrama de flujo del proceso. Cabe resaltar que en la enseñanza experimental los productos, los subproductos, el disolvente y el residuo (aun los reutilizables), son considerados como residuos, y por ello deben incluirse dentro del diagrama como parte del proceso. En el diagrama debe considerarse el tratamiento y/o la disposición de residuos, así como los reactivos utilizados para el tratamiento de los residuos.

Tabla 2.4 Simbología del diagrama de flujo. Tomada de (Vargas-Rodríguez, y otros, 2016).

Símbolo	Significado	Aplicación en los experimentos de laboratorio
	Inicio del proceso	Indica el inicio de un diagrama; de este solo puede salir una línea de flujo. Lleva el título general o de cada etapa del experimento
	Final del proceso	Indica el final del experimento. El proceso terminará con el tratamiento y disposición de los residuos
	Entrada general	Emplear únicamente para indicar los reactivos que entran al proceso, el volumen, el peso y la concentración
	Salida general	Indica los materiales que salen del proceso (productos, residuos, etc.), su volumen, peso y concentración, así como los componentes y sus composiciones respectivas. Puede tener varias flechas de salida para indicar biodegradabilidad, reutilización, tratamiento y/o disposición de los residuos
	Acción/proceso general	Contiene la instrucción general que el alumno debe realizar para el desarrollo del experimento y del tratamiento y disposición de los residuos. Si es posible debe indicar la transformación de los reactantes
	Decisión	Sirve para comparar dos datos. Dependiendo del resultado (falso o verdadero) se toma la decisión de seguir un camino del diagrama u otro
	Línea de flujo	Indica la dirección de flujo del proceso

C) Colocar los pictogramas y rombos de seguridad en el diagrama

Se seleccionan los rombos de seguridad y pictogramas especiales en cada entrada o salida general, debido a la entrada y salida de reactivos, disolventes, sustancias auxiliares, catalizadores, etcétera según la NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. Los significados de los pictogramas y rombos de seguridad se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Rombos de seguridad y pictogramas para la identificación de sustancias químicas peligrosas

Pictograma	Significado
	<p>La calavera sobre dos tibias cruzadas indica que el producto puede producir efectos adversos para la salud, incluso en pequeñas dosis. Puede provocar náuseas, vómitos, dolores de cabeza, pérdidas de conocimiento e incluso la muerte.</p>
	<p>Esta simbología advierte de los daños que le puede ocasionar a nuestra salud la sustancia o la mezcla que contiene el producto.</p> <p>Este pictograma, nos avisa de que se trata de productos tóxicos o muy tóxicos, ya sea por inhalación, ingestión o por contacto con la piel.</p>
	<p>Este pictograma advierte de los daños que le puede ocasionar a nuestra salud la sustancia o la mezcla que contiene el producto.</p> <p>El pictograma indica que el producto es nocivo o perjudicial para nuestra salud en contacto con la piel o por inhalación.</p>
	<p>El pictograma se utiliza para indicar que el producto puede provocar quemaduras graves en la piel y/o lesiones oculares graves. También puede indicar que el producto puede ser corrosivo para los metales.</p>
	<p>El pictograma indica que el producto puede calentarse o inflamarse fácilmente en el aire a temperatura ambiente o si se produce un breve contacto con una fuente de calor y seguir quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente.</p>

	<p>Los productos que contienen este pictograma son ricos en oxígeno, y en contacto con otras sustancias, en especial sustancias inflamables, producen una reacción fuerte exotérmica (proceso que va acompañado de un desprendimiento de calor), por lo que pueden provocar, avivar o favorecer un incendio o una explosión, etc.</p>
	<p>Los productos que lo contengan indicarán que en determinadas condiciones pueden explotar por efecto del calor, por el contacto con otros productos, por rozamientos o choques que se produzcan, etc.</p>
	<p>Este símbolo (bombona de gas), advierte que el producto, en este caso gases a presión, puede originar accidentes y poner en peligro nuestra seguridad.</p>
	<p>Este pictograma advierte que el producto puede dañar el medio ambiente acuático y la capa de ozono.</p>

La Norma FPA 704 establece un sistema de identificación de riesgos para que, en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales y su nivel de peligrosidad respecto del fuego y diferentes factores. Establece a través de un rombo seccionado en cuatro partes de diferentes colores, indicar los grados de peligrosidad de la sustancia a clasificar como se muestra en Figura 2.7 y se describe en la Tabla 2.6 (Gavilán García, Santos Santos, & Cano Díaz, 2014).



Figura 2.7 Cuadro NFPA

Tabla 2.6 Clasificación de la peligrosidad de las sustancias químicas tomada de la NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. tomado de (NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015, 2015).

	AZUL-SALUD	ROJO- INFLAMABILIDAD	AMARILLO- INESTABILIDAD
4	Sustancias que con una muy corta exposición puedan causar la muerte o daño permanente aun en caso de atención médica inmediata.	Materiales que se vaporizan rápido o completamente a la temperatura y presión atmosférica ambiental. Punto de inflamación mayor a 23 °C.	Materiales que por sí mismos son capaces de explotar o detonar a temperatura y presión ambiente normales.
3	Materiales que bajo a una corta exposición pueden causar daños temporales o permanentes, aunque se dé pronta atención médica.	Líquidos y sólidos que pueden encenderse en casi todas las condiciones a temperatura ambiente. Punto de inflamación menor a 27 °C.	Materiales que por sí mismos son capaces de detonación o reacción explosiva que requiere de un fuerte agente iniciador.
2	Materiales que bajo su exposición intensa o continúa pueden causar daños temporales o	Materiales que deben calentarse moderadamente o exponerse a temperaturas altas antes de su ignición.	Materiales inestables que están listos para sufrir cambios químicos violentos pero que no detonan. También debe incluir

	permanentes, aunque se dé pronta atención médica.	Punto de inflamación entre 31 y 93 °C.	aquellos materiales que reaccionan violentamente en contacto con el agua.
1	Materiales que bajo su exposición causan irritación, pero solo daños residuales menores aun en ausencia de tratamiento médico.	Materiales que deben precalentarse antes de la ignición. Punto de inflamación mayor a 93°C.	Materiales que de por sí son estables, pero pueden llegar a ser inestables sometidos a presiones y temperaturas elevadas o que pueden reaccionar en contacto con el agua o con una liberación de energía en una forma no violenta.
0	Materiales que bajo su exposición en condiciones de incendio no ofrecen otro peligro que el de material combustible ordinario.	Materiales que no se queman	Materiales que de por sí son estables aun en condiciones de incendio y que no reaccionan con el agua.

D) Análisis de los principios de la química verde

Evaluar principio por principio, ya sea en un proceso industrial o un experimento académico de acuerdo con las observaciones de la Tabla 2.7.

E) Asignación del color con base al número de principios que cumple el proceso o el experimento.

Tabla 2.7 Criterios para evaluar los principios de química verde en los experimentos de laboratorio (Vargas-Rodríguez, y otros, 2016)

NO.	PRINCIPIO	APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS EN LOS EXPERIMENTOS DE LABORATORIO
P1	Prevención de residuos	La eficiencia, eficiencia en masa o eficiencia en volumen debe ser mínima (microescala, semimicro). <i>Evaluar eficiencia.</i>
P2	Economía atómica:	La economía atómica debe ser cercana al 100%. <i>Evaluar EA</i>
P3	Usar metodologías que utilicen y generen productos con toxicidad reducida:	La metodología experimental debe utilizar y generar sustancias sin toxicidad. <i>Evaluar riesgos a la salud</i>

			No.
P4	Generar productos eficaces, pero no tóxicos	Los productos y/o residuos no deben ser tóxicos. <i>Evaluar riesgos a la salud</i>	
P5	Reducir el uso de sustancias auxiliares:	No utilizar sustancias auxiliares; si se utilizan, no debe presentar riesgos para la salud y el ambiente. <i>Evaluar riesgos a la salud y al medio ambiente</i>	
P6	Disminuir el consumo energético	Los experimentos deben preferentemente llevarse a cabo a temperatura y presión ambientes	
P7	Utilizar materias primas renovables:	La materia prima ha de ser preferiblemente renovable	
P8	Evitar derivados innecesarios	<i>Evaluar riesgos a la salud y al ambiente</i>	
P9	Potenciar la catálisis	Evaluar en el siguiente orden: emplear catálisis heterogénea, catálisis homogénea, no es necesaria la catálisis. <i>Evaluar toxicidad del catalizador o sistema catalítico</i>	
P10	Generar productos biodegradables:	Los productos químicos y/o residuos deben ser biodegradables. Si no es biodegradable, <i>evaluar toxicidad</i> al ambiente	
P11	Desarrollar metodologías analíticas para monitorear en tiempo real los procesos:	Utilizar metodologías fisicoquímicas para el seguimiento el experimento. Estas no deben presentar riesgos para la salud y el ambiente. <i>Evaluar riesgos a la salud y al ambiente</i>	
P12	Minimizar el potencial de accidentes químicos:	Las sustancias utilizadas deben presentar el riesgo mínimo de accidentes químicos. <i>Evaluar riesgos de accidentes químicos</i>	

PQVCE* Número de principios de la química verde que cumple el experimento

CAPITULO 3. MARCO PEDAGÓGICO

3.1 La enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales en la Educación Media Superior

La problemática que representa la reprobación académica de los estudiantes ha aumentado en todo el país, generando la búsqueda de soluciones, además de que es escasa la información sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la EMS de México (la gran mayoría existente es producto de tesis de licenciatura o posgrado) y usualmente se refieren a concepciones alternativas y dificultades de enseñanza-aprendizaje sobre algún contenido científico determinado; en algunos casos, se abordan las creencias, los conocimientos y los recursos de los maestros al planificar un contenido para su impartición en el aula (Garritz R., 2001).

- Los problemas de la educación de las ciencias en el bachillerato mexicano, que constituían un resumen de la situación de la EMS, muchos de los cuales subsisten hoy día (Garritz R. & Irazoque P., 2004).
 - Carencia de mecanismos efectivos de coordinación.
 - Diversidad, el patrón generalizado.
 - Deficiente flexibilidad de tránsito y valoración social.
 - Planes de estudio obsoletos.
 - Infraestructura inadecuada.
- En la investigación de Carbajal y Gómez sobre las concepciones y representaciones de los maestros en secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, con el objetivo de conocer los factores que influyen en la enseñanza de las ciencias, se identificaron las concepciones sobre la naturaleza y el aprendizaje de estas con 7 profesores mexicanos de ciencias de nivel medio y medio superior, para ello se utilizó un modelo de análisis que considera categorías definidas *a priori*. Se explotaron también las representaciones que los maestros sostienen sobre sus prácticas en la enseñanza. Los principales resultados del análisis de sus respuestas permitieron determinar que, en general (Carvajal Cantillo & Gómez Vallarta, 2002):

- a) Se percibe en ellos escasa reflexión sobre la naturaleza del conocimiento científico.
- b) Consideran a la ciencia como un proceso de exploración y recolección de datos que conduce al descubrimiento de las verdades sobre la naturaleza y pocos conocen el proceso por el cual las teorías se desarrollan y son aceptadas por la comunidad científica.
- c) Perciben poco valorado el papel de la comunidad científica en la creación y utilidad del conocimiento científico, considerándose incapaces de profundizar en este conocimiento y mucho menos de generarlo.
- d) En general, recurren a diversas estrategias didácticas, sin embargo, no todas promueven la construcción del conocimiento por parte de sus alumnos.
- e) Frecuentemente, sobre todo con grupos numerosos, la clase es expositiva. En general, van adaptando sus prácticas tradicionales a nuevos enfoques, mediante ensayo-error, determinando qué les funciona mejor con sus alumnos.
- f) En general, se quejan del nivel de análisis de sus alumnos, del tipo de conclusiones que manifiestan en los reportes de las actividades de laboratorio, de la dificultad de entablar una discusión y reflexión en grupo (Alvarado Zamorano, 2014).

En la UNAM, la más grande e importante institución educativa de México, reconocida a nivel internacional, en cuanto a oferta de bachilleratos, carreras de licenciatura, planes de estudio de maestría y doctorado, profesorado y población estudiantil, así como infraestructura de instalaciones, laboratorios, bibliotecas y servicios diversos, se presenta la información más destacada resultante de dos estudios diagnósticos recientes de 2010 y 2011 elaborados sobre el bachillerato UNAM, el cual contaba en 2014 con una matrícula de alrededor de 113 000 alumnos y 6 000 profesores, en sus tres planes de estudio de bachillerato: Escuela Nacional Preparatoria (nueve planteles), Colegio de Ciencias y Humanidades (cinco planteles), además de la del Bachillerato a Distancia. Para elaborar el Diagnóstico a cargo del CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico), se entrevistó a 257 docentes que impartían las asignaturas de Biología, Física y Química en bachillerato de la UNAM. Donde concluyen diferentes causas por las cuales existen deficiencias en la enseñanza de las ciencias en diversas instituciones mexicanas públicas y privadas del nivel medio superior, tales causas se enumeran a continuación (Alvarado Zamorano, 2014):

- El tránsito de la secundaria al bachillerato, debido a los deficientes conocimientos adquiridos en el nivel secundaria
- La poca disposición de los alumnos, debido a que su tiempo lo invierten en actividades diferentes a las escolares.
- Falta de vocación de los profesores, al reusarse a capacitarse
- La enseñanza de las ciencias en los laboratorios poco equipados

3.2 Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente

En las últimas décadas el enfoque ciencia tecnología y sociedad (CTS) se ha consolidado como una propuesta para el desarrollo de los currículos de ciencias de muchos países. La inclusión de la letra A de Ambiente a las siglas CTS contribuye a dar una imagen más completa y contextualizada de la ciencia y supone considerar la comprensión de cuestiones ambientales y de calidad de vida. De este modo, este enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) pretende, sentar las bases para un futuro sostenible y contribuir al ejercicio de una ciudadanía activa y consciente, así como el desarrollo de competencias que posibiliten utilizar los conocimientos adquiridos en la escuela al contexto cotidiano, (Fernandes, 2014).

La gran meta educativa del enfoque CTSA, es el desarrollo de la cultura científica en los estudiantes, que les permita comprender los avances científico-tecnológicos de la sociedad actual, haciendo que sean capaces de utilizar en contextos reales los conocimientos y las competencias adquiridas en la escuela (Martín, 2017).

Por consiguiente, la enseñanza de las ciencias requiere la necesidad de considerar la ciencia y la tecnología como dos sistemas que interactúan intelectual y socialmente, así como la necesidad de seleccionar problemas y ejemplos de la vida cotidiana y no una enseñanza que enfatice la ciencia “pura”, básica y descontextualizada. Este propósito exige la contextualización simultánea de los aspectos científicos, tecnológicos y sociales. Para mejorar la enseñanza de la ciencia según la perspectiva CTS se necesita (Estrada Molina, 2019):

(a) dar prioridad al aprendizaje de conceptos que sean importantes y relevantes para las necesidades de los estudiantes, para el progreso social y para el bien común, centrando la enseñanza en temas científicos socio-ambientales relevantes y polémicos.

(b) promover el aprendizaje de los conceptos científicos a partir de ejemplos de su vida diaria, conectando el conocimiento científico con el conocimiento cotidiano, involucrando a los estudiantes en aprendizajes significativos y contextualizados, necesarios para comprender el mundo en su globalidad y complejidad.

(c) comprender los aspectos epistemológicos y sociológicos de la construcción de la ciencia, llevando a los estudiantes a reconocer las ventajas y las limitaciones de la ciencia y de la tecnología.

(d) conocer, valorar y usar la tecnología en su vida personal, así como ser capaz de contrastar las explicaciones científicas con las ideas del sentido común.

En este sentido y de acuerdo con el enfoque didáctico del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) en donde se considera al alumno como centro del proceso de enseñanza–aprendizaje, la enseñanza de la Química tienen como finalidad incorporar conocimientos, habilidades, actitudes y valores que le permita interpretar racionalmente la naturaleza, así como promover la interacción responsable y consciente del alumno con la ciencia, la tecnología y la sociedad y por tal razón se tomó como base el modelo CTSA para el desarrollo de esta secuencia didáctica. (CCH, Programas de Estudio, 2016).

3.3 La enseñanza de los Polímeros en CCH

En 2006, John K. Gilbert propone 3 modelos de contexto en los cuales plantea las distintas formas de enseñar en los diferentes sistemas de la Educación Media Superior, los cuales se describen a continuación (Gilbert, 2006).

Modelo 1. El contexto como la aplicación directa de los conceptos, es decir, como ejemplos. En términos prácticos, un plan de estudios basado en este modelo consiste en situaciones o acontecimientos extraídos de la presunta vida cotidiana, personal y/o social de los estudiantes y/o de las actividades industriales en las que los conceptos de las ciencias, que se enseñan como abstracciones, entonces se aplican con los estudiantes que pueden comprenderlos más plenamente.

Modelo 2. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones. Este modelo, no sólo contiene conceptos relacionados con sus aplicaciones, sino que también aplicaciones que afectan el significado atribuido a los conceptos. El contexto está formado por la yuxtaposición del concepto y su aplicación en la estructura cognitiva de los

estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura del conocimiento científico. Este mayor grado de reciprocidad en la relación entre conceptos y aplicaciones, está parcialmente inferido en la amplia definición de los contenidos que se utilizan en el movimiento la ciencia-tecnología-sociedad (CTS). Los contenidos en un plan de estudios de educación científica CTS, se componen de la interacción entre la ciencia y la tecnología, o entre la ciencia y la sociedad, o cualquiera de otras combinaciones.

Modelo 3. El contexto como las circunstancias sociales. En esta perspectiva, la dimensión social de un contexto es esencial. Un contexto está situado como una entidad cultural en la sociedad. Se relaciona con los temas y las actividades que se consideran de importancia para su vida y de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto así puede ser, por ejemplo, el desarrollo tecnológico basado en la modificación genética.

En el CCH, la contextualización en química es de modelo 2, ya que se apela a un enfoque CTS: al final de las unidades se plantea la aplicación de los conceptos adquiridos planteando alguna investigación documental relacionada con problemáticas de la Ciudad de México, como la contaminación. Incluyendo actividades prácticas, son los referentes fenomenológicos indispensables para que los estudiantes interactúen con los procesos o fenómenos naturales y para que, a través de esto, desarrollen los procesos cognoscitivos complejos, que los lleven a conformar sus representaciones y conceptualizaciones, con las que hagan posible el aprendizaje de los conceptos científicos. De la misma manera, en Química 4, en la segunda unidad del programa, se propone hacer una contextualización en la cual se parte del estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad” para aplicar los conocimientos adquiridos previamente (Pérez-Campillo & Chamizo-Guerrero, 2016).

En este sentido, actualmente se han realizado distintas investigaciones diseñando estrategias y secuencias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de los polímeros, las cuales son útiles para comprender la importancia de impartir, de manera completa y compleja este tema que es de gran importancia en nuestra sociedad desde el punto de vista científico, ambiental y tecnológico. Dichas investigaciones se tomaron como base para el diseño de este trabajo de tesis, (Obaya Valdivia, Ruiz Solorzano, Giammatteo, Montano-Osorio, & Vargas-Rodriguez, 2019).

CAPÍTULO 4 MÉTODO

JUSTIFICACIÓN

¿Podemos imaginar cómo sería nuestro mundo sin la existencia de plásticos, hules, pinturas y fibras sintéticas? La mayoría de los objetos que nos rodean y que utilizamos en la vida cotidiana están hechos o tienen partes elaboradas con alguno de estos productos y nos parece tan familiar su existencia que no nos ponemos a pensar cómo llegaron a existir ni de qué están formados. Todos estos objetos tienen en común el hecho de estar constituidos por polímeros (Garriz R. & Irazoque P., 2004).

Los polímeros, son de gran importancia debido a que desempeñan distintas e importantes funciones, tanto dentro del cuerpo humano como el ADN, las proteínas y la quitina (polímeros naturales); como para satisfacer necesidades (polímeros sintéticos) una de ellas es el uso de los plásticos, los cuales hoy en día son de preocupación mundial debido a su uso desmedido, lo que conlleva a altos índices de contaminación que afectan al planeta, para lo cual se han tomado medidas para atacar de este gran problema (Perdomo M., 2002).

Dado que el reciclado es una solución, pero se produce sobre el residuo ya generado y, además no es una alternativa efectiva para todos los plásticos. Los biopolímeros suponen, en cambio, una solución desde el origen del problema, debido a que en su mayor parte proceden de recursos renovables, es por ello que están generando un creciente interés, tanto en la sociedad en general como en la industria de los plásticos, ya que supondría una salida de sus productos hacia mercados diferentes (Valero-Valdivieso, Ortegón, & Uscategui, 2013).

Los biopolímeros se dividen en aquellos basados en recursos renovables y degradables que cumplen todos los criterios de las normas científicamente reconocidas para biodegradabilidad y compostaje de plásticos y productos plásticos. Los primeros no son necesariamente biodegradables o compostables, aunque la mayoría lo son. Los del segundo grupo, no necesariamente tienen que estar basados en materias primas renovables para cumplir la norma, ya que la biodegradabilidad está más directamente relacionada con la estructura química que con el origen de las materias primas (Hernández S. & Guzmán M., 2009).

En consecuencia, dada la importancia de los polímeros sintéticos, así como de los biopolímeros biodegradables y biocompostables que nos rodean en el siglo XXI, el Comité de Capacitación Profesional de la Sociedad Química Americana (ACS) requiere la enseñanza de al menos dos de estos temas en los cursos de química en el Nivel Licenciatura. Es por ello por lo que es necesario que se den cursos introductorios de polímeros en el Nivel Medio Superior (Ford, 2017).

En este sentido, con base en una investigación documental se encontró que la ACS, ha reportado documentos que describen cómo se enseñan los polímeros en cursos de química general, básica y avanzada, y también en escuelas del Nivel Medio Superior, con el objetivo de que éstos sean fuente de ideas para los instructores y poder incorporar la química de polímeros en sus propios cursos donde se describen algunas estrategias utilizadas y los resultados obtenidos con la implementación de estas, tales como mapas mentales, aprendizaje lúdico, experimentos, etcétera Tabla 4.1 (Bodlalo, Maryam, & Jome, 2013) (Bopegedera, 2017) (Kosbar & Wenzel, 2017).

Asimismo, es necesario considerar la problemática que representa la reprobación académica de los estudiantes ha aumentado en todo el país, generando la búsqueda de soluciones, además de que es escasa la información sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la EMS de México (la gran mayoría existente es producto de tesis de licenciatura o posgrado) y usualmente se refieren a concepciones alternativas y dificultades de enseñanza-aprendizaje sobre algún contenido científico determinado; en algunos casos, se abordan las creencias, los conocimientos y los recursos de los maestros al planificar un contenido para su impartición en el aula (Garriz R., 2001).

Por lo anterior, se justifica el diseñar una secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros en la Educación Media Superior, para promover aprendizajes significativos y una mejor apreciación del impacto ambiental, de la síntesis y de la utilización de los polímeros, mediante la aplicación de estrategias didácticas. Adicionalmente, para que los alumnos conozcan y sean conscientes del impacto ambiental que genera el uso de los polímeros, hacer una extensión de la métrica holística del diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica integrando los pictogramas del reciclaje de polímeros.

Tabla 4.1 Diversas estrategias para la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros

Tipo de estrategia	Descripción de la estrategia	Resultados obtenidos
<p>Aprendizaje basado en investigación (ABI)</p> <p>(Knutson, Schneiderman, & Yu, 2017)</p>	<p>Estudiantes de secundaria diseñaron su propio experimento para sintetizar hilos de poli (ϵ-caprolactama) de diferentes masas moleculares y compararlos con las suturas médicas reales absorbibles.</p>	<p>El desarrollo de este experimento basado en la síntesis y en la exploración de las propiedades de las suturas médicas es adecuado para un curso introductorio de química. La implementación de la estrategia dio como resultado comentarios positivos de maestros y estudiantes que apreciaron aprender más sobre la naturaleza de los polímeros.</p>
<p>Aprendizaje lúdico</p> <p>(Bopegedera, 2017)</p>	<p>Se utilizaron tres distintas actividades para introducir el concepto de polímero y el proceso de polimerización; a tres grupos de química inicial.</p> <ul style="list-style-type: none"> • kit de modelo molecular • tiñeron una • comprender el proceso de tinción visualizando las reacciones químicas que suceden realizar una lectura 	<p>La actividad con un kit de Modelos moleculares de Química, ayudó a los estudiantes a obtener su primera experiencia con el proceso de polimerización y al mismo tiempo comprender como se rompen y se forman enlaces durante una reacción y además obtuvieron su primer acercamiento con la química verde.</p>
<p>Polymer day (Programa de divulgación)</p> <p>(Ting, y otros, 2017)</p>	<p>En EE. UU. se realiza una presentación de experimentos prácticos que colectivamente enseñan a los estudiantes preuniversitarios los conceptos de síntesis y caracterización de los polímeros. Estos experimentos son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Síntesis de polímeros ● Micelización de polímeros ● Transición vítrea <p>Hinchamiento de polímeros</p>	<p>Todos los años, los estudiantes responden de manera positivas a través de encuestas ya que en este llamado "Polymer day" presentan conceptos simples para que los educadores los incorporen al laboratorio de clase y, asimismo, se puedan incorporar a la divulgación de programas enfocados a numerosas aplicaciones de ciencia e ingeniería</p>
<p>Mapa mental</p> <p>Exposición de carteles</p> <p>(Guedens & Reynders, 2017)</p>	<p>La estrategia se centra en una colaboración de estudiantes de química de pregrado y estudiantes de ingeniería con un programa secundario en química. Actuando sobre un mapa mental ordenado y adecuado de pautas prácticas, los estudiantes adquieren e intercambian múltiples "buenas prácticas de laboratorio". Con esto, los estudiantes</p>	<p>La desafiante colaboración interdisciplinaria de estudiantes de ingeniería y química con un programa en química es un valor agregado para este experimento de laboratorio como parte de apoyo de su curso de química y tecnología química.</p> <p>Pedagógicamente, la configuración de la tarea va más allá del experimento. El resultado se</p>

	<p>de ingeniería se familiarizan con los químicos, por ejemplo, los polímeros, mientras que los futuros químicos tienen una impresión de cómo se preocupa la economía para mantener un equilibrio entre economía y ecología, es decir, una economía circular. En una gran final, los estudiantes presentan sus habilidades de comunicación interdisciplinaria a través de una exposición de carteles: "la química se encuentra con la economía". Además, a través de este enfoque interdisciplinario, la sesión de laboratorio de química de polímeros parte sustancial del plan de estudios de química orgánica en los cursos de química de polímeros, se renueva y se integrará en un plan de estudios moderno y avanzado.</p>	<p>presenta en una gran final con una presentación de carteles científicos donde los estudiantes intercambian sus hallazgos experimentales.</p> <p>En conclusión, la estrategia de enseñanza descrita motiva a los estudiantes con puntos de vista e interés bastante diferentes a la química para cooperar y así perseguir no solo sus propios objetivos sino también sus intereses comunes.</p>
<p>Relación estructura-propiedad (Wnek, 2017)</p>	<p>Las moléculas orgánicas pequeñas ofrecen una gran oportunidad para discutir la interacción de la estructura química con propiedades como el punto de fusión y fenómenos como la formación de vidrio y pueden formar la base de consideraciones fundamentales de las relaciones estructura-propiedad en las macromoléculas.</p> <p>De particular importancia son las transiciones térmicas, específicamente los puntos de fusión y las temperaturas de transición vítrea, y cada una se discute en el contexto de las correlaciones estructura-propiedad.</p>	<p>Se hacen conexiones a polímeros comercialmente importantes y sus transiciones térmicas.</p>
<p>El arte de los siloxanos (Longenberger, M., Y., & Krumpfer, 2017)</p>	<p>Los polímeros de siloxano y los materiales de silicona son componentes importantes en la vida cotidiana de la mayoría de las personas y son importantes en una amplia variedad de aplicaciones. Sin embargo, a pesar de su innegable importancia, a menudo se los pasa por alto en la educación tradicional de pregrado, ya que no entran claramente en las categorías tradicionales de química orgánica o inorgánica. Incluso en cursos avanzados de polímeros, a menudo se</p>	<p>Se presentan experimentos sencillos para introducir los polímeros de siloxano en la educación de pregrado dirigida a estudiantes de primer año, de nivel superior y no especializados en ciencias. Esto está precedido por una breve descripción de la historia y la química de los siloxanos y su valor como herramientas de enseñanza en el laboratorio y en el aula.</p>

	pasan por alto a pesar de su valor en la descripción de muchos conceptos importantes de polímeros.	
--	--	--

HIPÓTESIS

El diseño de una secuencia didáctica para la enseñanza aprendizaje del tema de síntesis de polímeros, en la que se incluya la relación entre ciencia-tecnología-sociedad-ambiente y la evaluación de los riesgos a la salud y al ambiente favorecerá el aprendizaje del tema y concientizará al alumno de la contaminación ambiental por plásticos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar, aplicar y evaluar una secuencia didáctica a través de diversas estrategias y mediante la aplicación de la métrica denominada el diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio para mejorar la comprensión del tema de polímeros, así como concientizar al alumno del impacto ambiental de la producción y empleo de los polímeros, para hacer uso responsable de estos materiales.

Objetivos particulares

- Delimitar los temas a abordar en la secuencia didáctica
- Diseñar un plan de clase para la enseñanza y aprendizaje de los temas seleccionados
- Elaborar los recursos didácticos
- Diseñar dos experimentos, uno para cada tipo de polimerización
- Realizar una extensión de la métrica del diagrama de flujo, introduciendo al diagrama de ecológico de los experimentos, los símbolos del reciclaje del plástico.
- Diseñar los instrumentos de evaluación
- Aplicar la secuencia didáctica para evaluar los niveles de aprendizaje obtenidos

CAPITULO 5. DISEÑO Y APLICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Para el desarrollo de la propuesta, se analizó el programa de la asignatura de Química IV del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, en la que se enfatizó en la unidad II: El mundo de los polímeros, con el objetivo de delimitar de manera puntual los subtemas a abordar en esta propuesta de enseñanza aprendizaje.

Cabe hacer mención que los objetivos de la unidad II son que, al finalizar la Unidad el alumno:

- Comprenderá los procesos de polimerización mediante el estudio de las reacciones químicas de adición y condensación, para conocer la diversidad de polímeros que se pueden obtener y son útiles para el ser humano.
- Reconocerá, mediante la investigación documental y experimental, que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura molecular, para comprender sus múltiples aplicaciones.
- Valorará el impacto socioeconómico y ambiental de la producción y empleo de los polímeros, para hacer uso responsable de estos materiales.

Con base en los objetivos de este trabajo y el tiempo destinado para aplicar la secuencia se seleccionaron los aprendizajes A5, A6 y A10, que se muestran en la Tabla 1.3.

5.1. Elaboración del material didáctico

En el diseño de la secuencia didáctica se tomaron en cuenta los diferentes estilos de aprendizaje: auditivos, visuales o kinestésicos (aunque no se hizo una evaluación para determinar el estilo de aprendizaje al grupo al cual se le aplicó la secuencia didáctica), se diseñó un plan clase con diferentes estrategias didácticas tales como: papel en la pared que está planteada para los alumnos kinestésicos, una presentación en PowerPoint que incluye un GIF, dirigido a los alumnos visuales y auditivos, además una práctica experimental para alumnos kinestésicos y adicionalmente, la estrategia pelota preguntona que incluye a los alumnos visuales y auditivos y kinestésicos.

De forma complementaria, se añadió una métrica denominada el diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio para mejorar la comprensión del tema de polímeros, así como concientizar al alumno del impacto ambiental

de la producción y empleo de los polímeros, para hacer uso responsable de estos materiales. Asimismo, se obtuvo un instrumento de evaluación que consistió en un test. A continuación, se desarrolla a detalle cada paso del plan de actuación.

5.2. Secuencia Didáctica

Con base a los subtemas de polímeros seleccionados en la tabla 1.3 y a los contenidos que los anteceden, se elaboró una secuencia didáctica que consideró las siguientes características:

- a. Se desarrolló bajo una secuencia lógica de Apertura, Desarrollo y Cierre, con el fin de conformar sesión instruccional organizada y sistematizada.
- b. Se consideraron dos sesiones de clase, misma que consta de 4 horas continuas de clase, de 50 minutos cada una.
- c. Se estableció, conforme al tema, un conflicto cognitivo, el objetivo de la sesión, los conocimientos previos y los aprendizajes a lograr.
- d. En la fase de apertura se incluyó la aplicación de un examen diagnóstico.

En la tabla 5.1 se presenta el plan de clase diseñado, donde se puntualizan objetivos de aprendizaje, la temática, las etapas de la secuencia didáctica (inicio, desarrollo, cierre), así también los recursos requeridos y el instrumento de evaluación a utilizar.

Tabla 5.1. Presentación general del plan de clase desarrollado para abordar el tema de polímeros

SECUENCIA DIDÁCTICA		FECHA:	25/Marzo /2017
SEMESTRE	Sexto	No. CLASES:	2
MATERIA	Química IV	DURACIÓN:	100 minutos
UNIDAD	Unidad II. El estudio de los polímeros y su impacto en la actualidad		
TEMA	Clasificación de polímeros Polimerización por condensación y adición Materiales poliméricos del futuro		
CONFLICTO COGNITIVO	¿Cómo se sintetizan los polímeros? ¿Cómo impacta a la sociedad el desarrollo de nuevos materiales?		
PROPÓSITOS	Explica las diferencias entre la polimerización por adición y la polimerización por condensación Identifica las condiciones de reacción para los dos tipos de polimerización Reconoce la importancia de las condiciones de reacción Valorar la importancia de la síntesis química Identifica los materiales poliméricos por su código Reconoce los métodos para el reciclaje de polímeros con base en su tipo y composición.		
OBJETIVO GENERAL:	Que el alumno: Explique las diferencias entre la polimerización por adición y por condensación, reconociendo la importancia de las condiciones de reacción a partir de la obtención experimental de dos polímeros, asimismo que logre identificar los materiales poliméricos por su código y reconozca los métodos para el reciclaje de polímeros con base en su tipo y composición.		
APRENDIZAJES PARA LOGRAR:	El alumno: Señala las diferencias entre la polimerización por adición y por condensación Analiza las condiciones de reacción para cada tipo de polimerización Obtiene dos tipos de polímeros mediante la experimentación Clasifica materiales poliméricos por su código Reconoce métodos para el reciclaje de polímeros con base en su tipo y composición		

CONOCIMIENTOS**PREVIOS:**

Concepto de polímero
Clasificación general de los polímeros
Estructura de los polímeros
Concepto de monómero
Reacción química

INICIO**TIEMPO: 5 min. / _____**

Presentación del profesor y del tema a abordar; además de los objetivos

TÉCNICA:

Cuestionario.

TIEMPO: 15 min. / _____**Cuestionario**

Se inicia con un cuestionario, el cual se entregará a los alumnos de forma individual para su solución.

Propósito de la actividad: Conocer las concepciones previas de los alumnos relacionadas con el tema.

MATERIAL:

Actividad diagnóstica, pizarrón, plumones.

DESARROLLO**Pelota preguntona****TIEMPO: 20 min. / _____**

Se inicia preguntando a los alumnos: ¿Qué es un polímero? ¿Cómo se clasifican?, ¿Podríamos sobrevivir sin polímeros? y mediante la estrategia de "la pelota preguntona" que respondan a las preguntas.

Propósito de la actividad:

- Identificar a los participantes.
- Romper las tensiones propias del primer momento.
- Facilitar la participación de todos
- Que los alumnos despierten el interés por conocer la importancia de los polímeros

Tamaño del grupo: ilimitado

Material:

Una pelota

TÉCNICA:

Pelota preguntona

Se solicitará la participación de los alumnos

MATERIAL

Proyector

Computadora

Cuaderno, lápiz, pizarrón, plumones, etc.

Desarrollo:

- I. El profesor ubica a los participantes en círculo.
- II. El profesor escribirá las preguntas a responder en el pizarrón
- III. La pelota es lanzada por el profesor al azar
- IV. El participante que se haya quedado con la pelota deberá leer en voz alta la pregunta y antes de responderla dirá su nombre. El juego continúa de la misma manera hasta que se acaban todas las preguntas. En caso de que la misma persona quede otra vez con la pelota, escoge otra pregunta.

TIEMPO: 20 min. / _____

Con apoyo de una presentación de PowerPoint explicará las características de las reacciones de condensación y adición.

Propósito de la actividad: Dar inicio al tema abordando el concepto de polímero, su clasificación su composición y los tipos de polimerización.

TIEMPO: 40 min. / _____

A partir de lo anterior, se les preguntará a los alumnos lo siguiente:

- ¿Qué tan importantes son los polímeros en nuestra vida?
- ¿Podríamos vivir sin los polímeros?
- ¿Cómo se clasifican los polímeros?
- ¿Cómo están formados los polímeros?
- ¿Qué es un monómero?
- ¿Qué es un homopolímero?
- ¿Qué es un copolímero?
- ¿Qué características tiene la polimerización por adición?
- ¿Qué características tiene la polimerización por condensación?

Mediante las preguntas anteriores se dará paso a la fase experimental:

El profesor realizará la explicación en general del procedimiento a seguir durante la práctica de laboratorio y los alumnos obtendrán los polímeros mediante el método que marca el experimento y plasmarán sus observaciones y resultados, para posteriormente hacer un análisis de resultados y concluir acerca de ambos experimentos.

TIEMPO: 10 min. / _____

Papel en la pared

Objetivos:

Reforzar los conocimientos adquiridos por alumnos, haciendo un mapa conceptual para retroalimentar a los estudiantes y aclarar dudas.

Desarrollo:

- I. Antes del evento, el Facilitador prepara preguntas relativas al objetivo que se busque en la dinámica.
- II. El Facilitador ubica a los participantes en círculo.

RECOMENDACIONES

Los alumnos piden su material de laboratorio y se organizan en equipo para la realización del experimento.

III. Les indica que deberán ir pasando mediante un número al azar al pizarrón a ir armando un mapa conceptual

Las preguntas para esta actividad son las siguientes:

¿Qué tan importantes son los polímeros en nuestra vida?

¿Podríamos vivir sin los polímeros?

¿Cómo se clasifican los polímeros?

¿Cómo están formados los polímeros?

¿Qué es un monómero?

¿Qué es un homopolímero?

¿Qué es un copolímero?

¿Qué características tiene la polimerización por adición?

¿Qué características tiene la polimerización por condensación?

Métrica de semáforo ecológico

Objetivos:

Evaluar la síntesis de polímeros, así como la seguridad ecológica de los plásticos obtenidos, a través de la métrica del semáforo se seguirán las etapas A-E, que se utilizan para la evaluación del acercamiento verde

A) Para realizar las consideraciones de los 12 principios de la química verde, en el Nivel Medio Superior,

1. Se presentará al alumno el procedimiento de la síntesis o de la obtención del polímero

B) Pegar los pictogramas y rombos de seguridad en el diagrama de flujo (Figura 8.5).

Se realiza una tabla con la estructura de sustancias participantes en la reacción, con sus respectivos riesgos a la salud, al ambiente, y a la seguridad, mediante los rombos de seguridad y pictogramas especiales y se entregará al alumno de forma impresa.

F) Se seleccionará el símbolo del tipo de plástico reciclable

G) Se seleccionará el símbolo si el plástico es compostable o biodegradable

H) También, se tendrá disponible un pictograma para material renovable

TÉCNICA:

Métrica de semáforo ecológico

MATERIAL

Copias de las actividades, cuaderno, lápiz, pizarrón, resistol, plumones, etc.

FASE DE CIERRE

TIEMPO: 20min. / _____

El profesor entregará a los alumnos de forma individual un post-test mediante el cual se evaluarán si comprendieron los aprendizajes planteados durante la secuencia didáctica

TÉCNICA:

Cuestionario Pos-test

MATERIAL

Copias de las actividades,
cuaderno, lápiz, pizarrón,
plumones, etc.

RECOMENDACIONES

Los alumnos realizarán su
Post-test de forma individual

5.3. Elaboración de una presentación en PowerPoint

En primer lugar, se explicó a los estudiantes el concepto de polímero, así también se dio a conocer cómo se forman y, de acuerdo con sus unidades constituyentes, el tipo de polímero que forma. Después se explicó, a grandes rasgos y a manera de resumen, cómo es que se clasifican los polímeros, según su forma de obtención, sus unidades constituyentes y sus propiedades físicas. Para explicar a detalle la polimerización por adición y condensación. Para dar comienzo, se expusieron las dos distintas formas de llevar a cabo una polimerización, haciendo hincapié en las diferencias de cada una de ellas. Asimismo, para que la explicación de los tipos de polimerización, se presentó el GIF para mostrar de forma gráfica como se unen los monómeros para formar un polímero y que los estudiantes lo relacionaran con los experimentos que realizaron después. En la Figura 5.1, se muestra la secuencia que sigue el GIF.

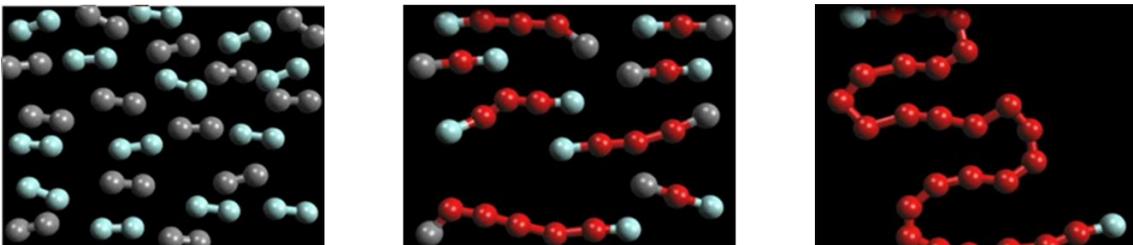


Figura 5. 2. Secuencia del GIF, para la demostración de polimerización

Para finalizar la explicación de los conceptos generales sobre los polímeros y sus tipos de polimerización, se mostraron los ejemplos más comunes de cada tipo de reacción. Y de esta forma también se aterrizó con algunos ejemplos de uso cotidiano. Se muestra en la Figura 5.2, un ejemplo de una diapositiva y en el anexo la presentación completa.

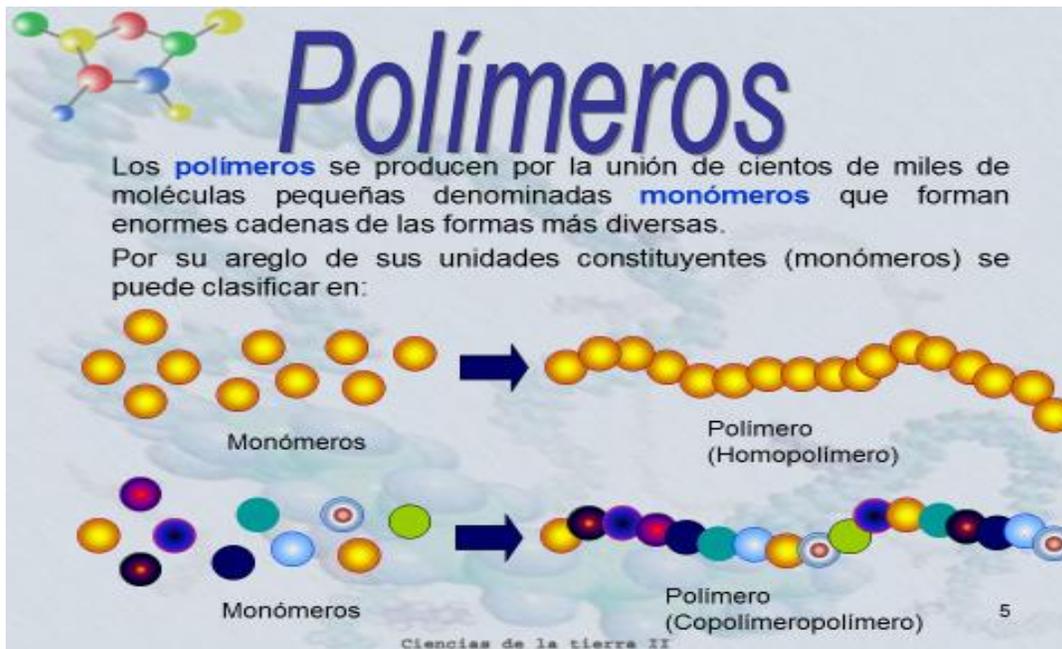


Figura 5. 2 Presentación en PowerPoint

5.4. Actividad: Pelota preguntona

Objetivos:

- 2 Identificar a los participantes.
- 3 Romper las tensiones propias del primer momento.
- 4 Facilitar la participación de todos

Desarrollo:

- I. Antes del evento, el Facilitador prepara varias tarjetas con diferentes tipos de preguntas relativas al objetivo que se busque en la dinámica.
- II. El Facilitador ubica a los participantes en círculo.
- III. Les indica que deberán ir pasándose la pelota a la vez que entonan una canción. Esta puede ser escogida por el Facilitador o por el grupo.
- IV. Cuando el Facilitador crea conveniente, hará sonar la campana o el silbato, esta señal indicará que deben detenerse.

V. El participante que se haya quedado con la pelota deberá tomar una tarjeta y leer en voz alta la pregunta y antes de responderla dirá su nombre. El juego continúa de la misma manera hasta que se acaban todas las preguntas. En caso de que una misma persona quede otra vez con la pelota, retira otra pregunta.

VI. El Facilitador guía un proceso, para que el grupo analice cómo se puede aplicar lo aprendido a su vida.

➤ Formación de grupos por mes de cumpleaños

Se juntan todos los que nacieron en ciertos meses del año. Como ejemplo ya que hay 12 meses, si uno quiere formar tres grupos, se juntan los que nacieron en enero – abril, los que nacieron en mayo – agosto, y los que nacieron en octubre – diciembre. Si los grupos son desiguales, se pueden hacer algunos ajustes al final.

5.5. Actividad: Papel en la pared

Objetivo:

- Facilitar la participación de todos
- Identificar los conocimientos adquiridos
- Resolver dudas
- Concluir acerca del tema impartido

Desarrollo:

Escriben ideas individualmente en post-it. Luego se pegan y agrupan en un mapa conceptual. Esta es una forma de lluvia de ideas. Los participantes escriben sus ideas en pequeños trozos de papel (*post-it*) y los pegan a la pared. Las ventajas de este método consisten en el hecho de que la gente puede estar sentada y pensar tranquilamente por su cuenta antes de que les influyan las ideas de los demás

5.6. Diseño de los experimentos

Se diseñaron dos experimentos para demostrar los tipos de reacciones de formación de polímeros: condensación y adición. El primero de ellos es el que muestra la reacción de polimerización por condensación para la formación de una resina glyptal o alquidámica, mediante el uso de glicerina y anhídrido ftálico. El segundo experimento es para la demostración de la reacción de polimerización por adición, en este caso se usó el acrílico comercial usado para las uñas postizas. La descripción detallada de ambos experimentos se encuentra en el Anexo C.

5.7. Diseño del instrumento de evaluación

Con el fin de evaluar los aprendizajes de los alumnos en el tema de tipos de síntesis de polimerización: condensación y adición, antes y después de aplicar la secuencia didáctica, se diseñó una prueba de 8 preguntas. En ésta se cuestionan los conocimientos que se pretende que los alumnos obtengan al final de la implementación de la secuencia. Dicha prueba es la misma que se aplica tanto al inicio de la secuencia como al final de esta y para fines prácticos, se distinguen como pretest y post-test. Estos se describen de forma detallada en el anexo B.

5.8. El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica en la síntesis de polímeros

Para evaluar la seguridad ecológica de la síntesis de polímeros a través de diagrama del flujo, se realizaron las actividades siguientes: para la síntesis por adición, se revisó el protocolo de la síntesis industrial de poliestireno (**PS**) mostrado en la figura 5.3 (Wackerly & Dunne, 2017) y se entregó a los alumnos el diagrama de flujo impreso (figura 5.4). Como una extensión del trabajo de Vargas Rodríguez y otros, 2016, se entregó en material impreso los pictogramas de los códigos de identificación de reciclaje de los polímeros (figura 5.5), así como los códigos de clasificación de los plásticos Figura 5.6.

Síntesis industrial de poliestireno

Síntesis por adición

1. Agregue 2000L de **tolueno** y 5000L de **estireno** libre de inhibidor en un reactor.
2. Agregue 30g de peróxido de benzoilo (precaución: revise la información de seguridad sobre el **peróxido de benzoilo**. Manipule con extrema precaución).
3. Caliente entre 90-95°C
4. Después de 60 minutos, vierta la solución de 20000L de **metanol** contenido en el reactor. Se formará un precipitado blanco de poliestireno.
5. Recoja el poliestireno por filtración y lave el precipitado en el embudo con 5000L de **metanol**.
6. Retire el precipitado y extiéndalo para que se seque.

Figura 5.3. Metodología para la síntesis de poliestireno. (Wackerly & Dunne, 2017)

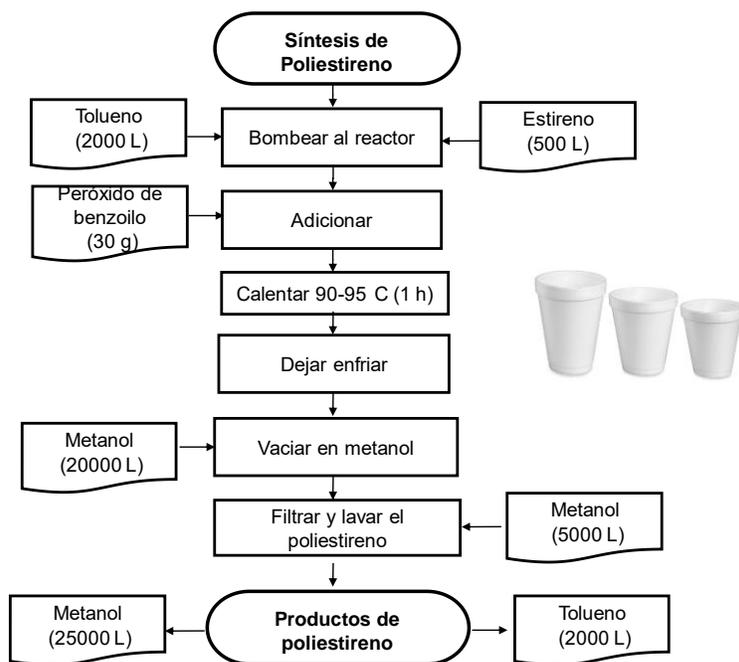


Figura 5.4. Diagrama de la síntesis de poliestileno

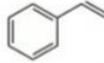
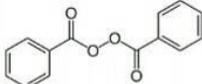
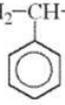
Nombre	Estructura / Fórmula	Rombos de seguridad	Pictogramas especiales
Tolueno			
Estireno			
Metanol	MeOH		
Peróxido de benzoilo			
Poliestireno	$\text{-(CH}_2\text{-CH(C}_6\text{H}_5\text{))}_n\text{-}$ 		

Figura 5.5 Pictogramas especiales y rombos de seguridad de reactivos, productos y disolventes de la síntesis de poliestireno.

- | | |
|---|--|
|  | 1. PET (polietilentereftalato) |
|  | 2. HDPE (polietileno de alta densidad) |
|  | 3. PVC (policloruro de vinilo) |
|  | 4. LDPE (polietileno de baja densidad) |
|  | 5. PP (polipropileno) |
|  | 6. PS (poliestireno) |
|  | 7. Otros |

Figura 5.6 Códigos de clasificación de reciclaje de plásticos

Para la síntesis por condensación, se revisó el protocolo de la síntesis industrial de Polietileno Tereftalato (PET), que se observa en la figura 5.7. (Flores, y otros, 2018). También, se entregó a los alumnos el diagrama de flujo impreso (figura 5.8), los pictogramas especiales y rombos de seguridad de reactivos, productos y disolventes de la síntesis de PET (figura 5.9) y los pictogramas de los códigos de identificación de reciclaje de los plásticos (figura 5.6).

Entonces, se solicitó a los alumnos:

- A. Recortar y pegar los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos, productos y disolventes
- B. Recortar y pegar el pictograma del código de identificación de reciclaje del plástico.

Síntesis de PET

Síntesis por condensación

1. En un reactor, equipado con un agitador adicionar **dimetil tereftalato** (DMT, 300Kg) con **etilenglicol** (130 Kg) en presencia de 5% de moles de catalizador (con respecto a DMT).
2. Calentar el reactor a 200°C por 24 h, a presión atmosférica.
3. Calentar a 200°C por 24h, al vacío.
4. El PET obtenido es diluido en una mezcla de **cloroformo** y **ácido trifluoroacético** (800:100).
5. Adicionar un exceso de **metanol** (1000L) y recuperar por centrifugación.

Figura 5.7 Protocolo de la síntesis de polietilentereftalato (PET) adaptado de (Flores, y otros, 2018)

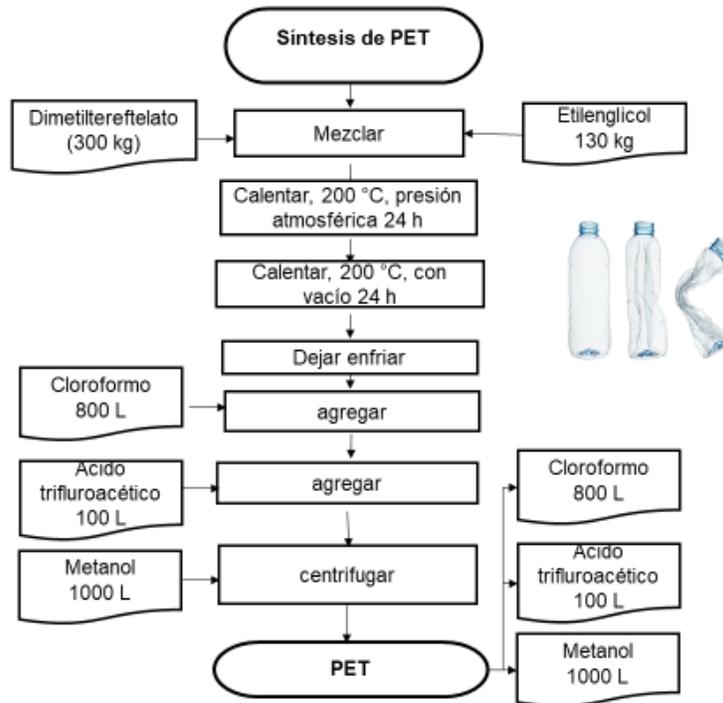


Figura 5.8. Diagrama de la síntesis de adaptado de polietileno de tereftalato (Flores, y otros, 2018)

Nombre	Estructura/Fórmula	Rombos de seguridad	Pictogramas especiales
Dimetiltereftalato			
Etilenglicol	<chem>HO-CH2-CH2-OH</chem>		
Cloroformo	<chem>CHCl3</chem>		
Metanol	<chem>MeOH</chem>		
Ácido trifluoroacético	<chem>CF3COOH</chem>		

Figura 5.9. Protocolo de la síntesis de polietilentereftalato adaptado de (Flores, y otros, 2018)

5.9. Aplicación de la secuencia didáctica

Descripción de la población

La secuencia didáctica se aplicó grupo conformado por 26 estudiantes de sexto semestre, 12 hombres y 14 mujeres, pertenecientes al CCH Vallejo. El rango de edad de los alumnos se encuentra entre los 17 y 18 años. En la Figura 5.10, se presenta el diagrama de la aplicación de la secuencia didáctica. Se muestran las actividades realizadas y productos esperados.

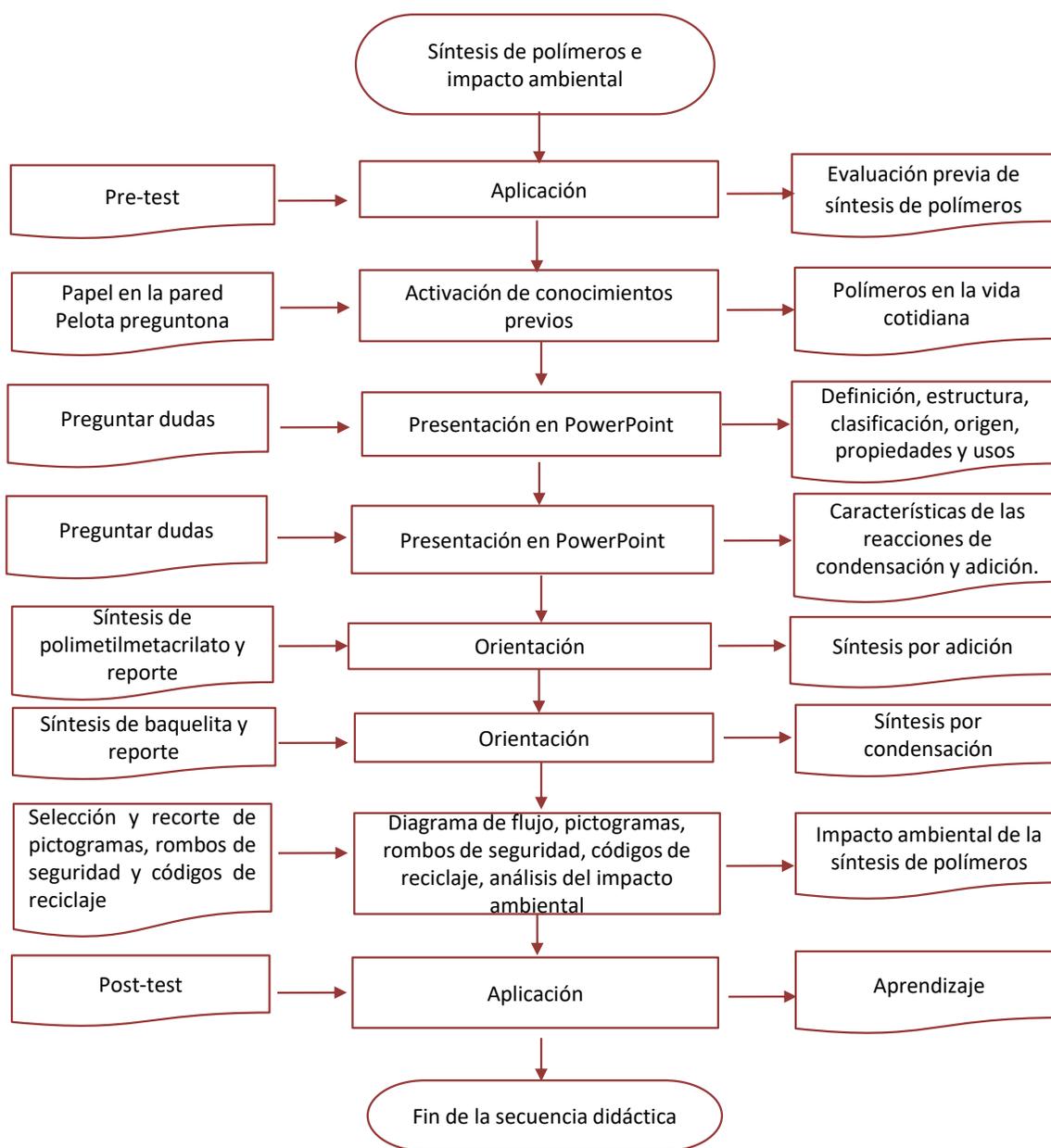


Figura 5.10. Diagrama aplicación de la secuencia didáctica.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis descriptivo de resultados

En este capítulo, se presentan los resultados mismos que se obtuvieron a partir de la ejecución de la secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros, síntesis y su impacto ambiental, desde el punto de vista de la contextualización de los resultados, análisis cuantitativo de los aprendizajes y los resultados de la métrica del semáforo aplicada a la síntesis y disposición de los polímeros.

De acuerdo con los resultados obtenidos a través del pretest y la estrategia “pelota preguntona” y “papel en la pared”, se detectó que los alumnos tenían conocimientos escasos sobre el tema y para ello se puso en práctica las estrategias diseñadas dentro de la secuencia didáctica: la presentación en PowerPoint que incluye el GIF, los experimentos y papel en la pared; adicionalmente se aplicó la métrica del semáforo ecológico para evaluar el acercamiento verde de los experimentos, la que se mostró a través de rombos de seguridad y pictogramas la toxicidad de y riesgos a la salud y al ambiente, pero se dio énfasis a la disposición de los residuos (plásticos).

A continuación, se explica cada una de las actividades que conformaron la secuencia didáctica y su objetivo.

La estrategia “pelota preguntona”, es la parte de la secuencia didáctica tuvo como objetivo promover la participación de los estudiantes, ya que su implementación ayudó a extraer los conocimientos previos de los alumnos, mostrando así sus experiencias y habilidades.

Dentro de estas experiencias externadas por los estudiantes, se pudo percatar que los conocimientos que tenían era solo la idea general de los polímeros, adquiridos por su contacto con ellos en su vida diaria, además de que se habla de algunos avances en su tecnología en la TV y las redes sociales.

Sin embargo, no tenían idea de cómo es la forma por la cual se sintetizan y no se había despertado el interés por saberlo. No fue hasta que dentro de esta estrategia que se les cuestionó si les gustaría saber cómo es que los polímeros que usan a diario llegan hasta sus manos, fue entonces que la curiosidad invadió su mente y surgieron varias preguntas como ejemplo:

- 1, *¿Cómo se sintetiza el polímero de mi ropa?*
- 2, *¿De qué polímero esta echa mi botella de agua? y ¿Cómo se sintetiza?*
- 3, *¿La pintura es un polímero?*
- 4, *¿Con lo que impermeabilizo mi casa es un polímero?*
- 5, *¿Mis zapatos o tenis también son un polímero?*

Dichas preguntas fueron respondidas de la siguiente manera, de forma clara y fluida, con el fin de inspirar mucho más su interés por conocer acerca de la síntesis de los polímeros y así poner todo su empeño durante el desarrollo de la secuencia didáctica.

En este planeta que habitamos está lleno de polímeros, incluso nosotros mismos estamos compuestos de polímeros; nuestro ADN es un polímero. Los plásticos en general son polímeros que son formados por diferentes moléculas que les dan características diferentes, como ejemplo la ropa esta echa a base del polímero llamado polietileno, al igual que los zapatos o tenis algunos están hechos a base de nylon, un polímero muy abundante hoy en día, incluso la suela de algunos está hecha de caucho, que es polímero natural, las botellas están elaboradas con polipropileno y de las pinturas e impermeabilizantes su base es con resinas de polímeros para hacer más duradera su resistencia,

La ejecución de esta secuencia didáctica se video grabó con el fin de identificar las áreas de oportunidad, además se obtuvieron algunos comentarios de los estudiantes, con base en ellos se logró identificar que esta estrategia les sirvió para recuperar conocimientos de la vida cotidiana que ni ellos mismos sabían que poseían y eso les encantó porque de esta manera se involucraron en la secuencia didáctica y, por lo tanto, la “pelota preguntona” cumplió su objetivo.

Posteriormente, mediante la técnica “mes de cumpleaños”, cuyo objetivo era la de formación de equipos, fue bastante interesante, ya que fomentó la convivencia entre el grupo, al preguntarse entre ellos su fecha de cumpleaños. Dicha técnica propició que los equipos estuvieran integrados de forma amigable, formando así un ambiente agradable para trabajar.

Además, el uso del material audiovisual contribuyó a desarrollar la secuencia didáctica, específicamente una presentación en PowerPoint en las que se usaron de manera equilibrada imágenes y textos; dentro de estas imágenes se incluyó un GIF para mostrar la unión de monómeros para la formación un polímero.

El docente fue el encargado de realizar esta presentación en la cual se expusieron los conceptos generales acerca de los polímeros; su definición, su clasificación, su síntesis y ejemplos más comunes. Durante esta exposición los estudiantes estuvieron atentos a la explicación y la parte que más les llamó la atención fue la presentación del GIF, aunado a esto, tomaron nota en sus cuadernos de las ideas que consideraban más importantes y que a su consideración podrían ser de utilidad para contestar su test de evaluación. Con estas observaciones, se puede decir que se captó la atención de los estudiantes y se mantuvo el interés activo durante esta fase de la secuencia.

Las actividades experimentales que se llevaron a cabo fueron esenciales en el desarrollo de esta estrategia didáctica. Durante su desarrollo se llevó el registro de lo acontecido y observado. Asimismo, para su evaluación se tomaron en cuenta los resultados, el análisis de resultados y las conclusiones planteadas por los estudiantes.

Durante esta actividad experimental, los estudiantes mostraron gran entusiasmo por hacer y aprender. Los resultados muestran que los polímeros fueron sintetizados de forma correcta, ya que todos los equipos obtuvieron el polímero con características similares; por ejemplo, el Glyptal lo describieron como un líquido amarillento, viscoso y pegajoso y el acrílico de uñas como rígido y de olor característico. En cuanto al análisis de resultados, en general los estudiantes coincidieron en describir el camino correcto para diferenciar cada tipo de reacción, es decir en la reacción por condensación (Glyptal) observaron claramente el desprendimiento de vapor de agua; asimismo, se percataron que este tipo de reacción necesita calor para poder llevarse a cabo, y por lo tanto, necesita más tiempo para lograr la síntesis del polímero y, por el contrario, la reacción de adición (acrílico de uñas) es mucho más rápida, no necesita calor y no desprende agua, logrando así llegar a las conclusiones del todo acertadas y, por tanto estos datos arrojaron que los experimentos fueron comprendidos de manera eficaz.

Durante la experimentación, los estudiantes estuvieron muy activos y atentos a cada una de las indicaciones presentadas por el docente, así también surgieron dudas con respecto a qué era lo que sucedía en las reacciones a nivel molecular, para lo que se dio una explicación en el pizarrón, representado la formación de polímero con dibujos para que ellos se les hiciera fácil la comprensión de lo que sucedía durante las reacciones. Este hecho motivó a los estudiantes a realizar con mayor entusiasmo los experimentos, ya que, según sus comentarios escuchados en la grabación, les agradaba saber lo que pasaba dentro del frasco en el caso de la reacción por condensación y en el vidrio de reloj en el caso de la

reacción por adición porque eso hacía que los conocimientos adquiridos durante la presentación de PowerPoint tuvieran sentido y que no quedaran solo en su imaginación, sino que, al ver los polímeros y poderlos palpar, hacía que el aprendizaje se les quedara de forma permanente.

Después, utilizaron los diagramas de flujo, los pictogramas y los rombos de seguridad, los cuales recortaron y pegaron. En automático veían el impacto ambiental debido a los números tan elevados del rombo y a la cantidad de pictogramas usados.

A modo de cierre, y con el fin de recapitular todo lo visto, se llevó a cabo la estrategia “Papel en la pared”, cuyo objetivo principal era identificar los huecos que hubieran quedado durante el desarrollo de la secuencia didáctica en esta fase se observó que los alumnos realmente comprendieron el tema, ya que todos participaron activamente poniendo los post-it y armando el mapa conceptual. En esta fase, debido a que todos los estudiantes participaron se lograron identificar los puntos que quedaron débiles durante la secuencia didáctica y de esta manera se reforzaron y se aclararon dudas que surgieron a lo largo de la sesión.

Después del desarrollo de la secuencia didáctica, se les pidió a los alumnos contestaran el post-test, cuyo objetivo fue evaluar los aprendizajes adquiridos durante la estrategia. De acuerdo con los resultados arrojados, se puede decir que la secuencia didáctica implementada fue todo un éxito debido a que la mayoría de los estudiantes obtuvo respuestas correctas, lo que nos lleva a decir que el conocimiento construido a través de las distintas estrategias utilizadas fueron una excelente elección para los estudiantes.

6.2. Descripción de los resultados

El alumno contestó un pretest proporcionado por el profesor anexo B. En esta primera etapa los alumnos plasmaron sus conocimientos, acerca de los polímeros, adquiridos a lo largo de su vida y durante clases anteriores. El pretest reflejó que dichos conocimientos eran pobres ya que en su mayoría no fueron contestadas o contestadas de manera incorrecta, como se discutirá posteriormente.

A continuación, aplicando la estrategia “pelota preguntona”, se exploraron de manera verbal y ante el grupo los conocimientos previos que poseen los alumnos. En esta parte se aplicó dicha estrategia logrando que los alumnos se involucraron en la actividad, dejando salir los conocimientos que poseían, lo cual lo demostraron respondiendo de manera eficaz las preguntas que les hacía con ayuda de la pelota. Algunas preguntas fueron las siguientes:

¿Sabes qué es un polímero?

¿Cómo está formado un polímero?

¿Cómo te imaginas que se sintetiza un polímero?

A diferencia de los resultados plasmados de forma escrita en el pretest, los alumnos mostraron ser más claros y fluidos al responder de forma oral y, por lo tanto, los conocimientos previos fueron más y mejor expresados, ya que los estudiantes al responder de forma oral recordaron todas las ocasiones que han tenido contacto con los polímeros durante prácticamente toda su vida. Algunas respuestas que se obtuvieron durante esta estrategia se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 Algunos comentarios del pre-test de los alumnos acerca de la definición de polímeros

<i>“Recuerdo que ese concepto ya lo he escuchado antes en la televisión, no recuerdo exactamente, pero era algo así, como que habían inventado un plástico mejorado para las prótesis que las personas usan las personas que sufren algún accidente y estaba hecha con polímeros, no sé de qué están hechos y como se sintetizan”</i>
<i>“He escuchado que los polímeros son los plásticos como los vasos de unicel o las botellas donde tomamos agua o refresco, supongo que están formados de moléculas, pero no sé cómo se sintetizan”</i>
<i>“Los polímeros creo que son los plásticos en general y por la palabra poli supongo que es porque son muchas moléculas unidas, entonces los hemos usado prácticamente desde que nacimos, pero no tengo idea de cómo se fabrican”</i>

Por otro lado, en la formación de equipos se utilizó la técnica de formación de equipos “mes de cumpleaños”.

Con esta actividad la formación de equipos fue muy amena, sin embargo, hubo varios estudiantes cuyo mes de nacimiento coincidía con febrero y se tuvo que hacer la repartición equitativa. En general, los resultados de esta estrategia fue la interacción entre los estudiantes y de alguna manera propiciar el interés sobre el tema a aprender. Finalmente se formaron 6 equipos.

Para finalizar la explicación de los conceptos generales sobre los polímeros y sus tipos de polimerización, se mostraron los ejemplos más comunes de cada tipo de reacción y de esta forma, también se aterrizaron con algunos ejemplos de uso cotidiano.

Posteriormente, los alumnos solicitaron material de laboratorio para realizar los dos experimentos de laboratorio (Anexo 2) para la de síntesis de polímeros. Después llevaron a cabo los dos experimentos de forma correcta y ordenada. Las imágenes siguientes muestran su trabajo Figura 6.1. Durante la experimentación surgieron interrogantes acerca de lo que sucedía dentro de la reacción; a tales cuestiones, se les dio respuesta de forma grupal para que quedaran aclaradas para todos los estudiantes. Algunas dudas son las mostradas en las Tablas 6.2 y 6.3.

Tabla 6.2 Dudas y respuestas acerca de las reacciones observadas

Pregunta	Respuesta
¿Por qué se endurece la resina tan rápido?	Una característica de la polimerización por adición es que es más rápida con respecto a la de condensación.
¿Por qué no hay un cambio de color en esta reacción?	Debido a que el producto tiene diferentes propiedades que el monómero.
¿Por qué no necesita energía para llevar a cabo la reacción?	Las moléculas del monómero se rompen formando iones o radicales libres para poder así unirse formando el polímero debido a su elevada reactividad

Tabla 6.3 Se muestran algunas evidencias de la síntesis de polímeros por los alumnos del grupo

Pregunta	Respuesta
¿Por qué hay un cambio de color la reacción?	El cambio de coloración se debe a que cuando se van rompiendo los enlaces que unían a las moléculas de monómeros desprendiendo vapor de agua, estos monómeros se unen para formar un polímero cuyas características son diferentes a las propiedades de las moléculas iniciales.
¿Por qué desprende tanto vapor de agua?	Porque reaccionan los grupos funcionales de ambos monómeros y se forma agua como subproducto y debido a la temperatura alta, esta se desprende del seno de la reacción en forma de vapor de agua
Si aumento la temperatura más ¿Qué pasaría?	En caso de que aumenten la temperatura más de lo debido la polimerización es más rápida, pero se torna más peligrosa para quien está sintetizando el polímero
Si no llego a la temperatura que el experimento indica ¿Qué sucedería?	En caso de no llegar a la temperatura indicada simplemente no ocurre este rompimiento de enlaces y no se lleva a cabo la reacción



a)



b)

Figura 6. 4. Evidencias de síntesis de polímeros: a) Síntesis de Glyptal; b) Polimetetimetacrilato (PMMA).

Asimismo, en la Tabla 6.4 se muestran las observaciones que los jóvenes anotaron en su reporte del experimento (Anexo C), la relación que tienen estas observaciones con los conceptos aprendidos durante la presentación en PowerPoint y las dudas respondidas durante la práctica.

Tabla 6.4 Tabla de resultados obtenidos en la síntesis del polímero

Observación	Resina Glyptal	Poliacrilato de metilo
Formación de polímero	<i>Si, hubo la formación de un polímero viscoso</i>	<i>Si, se formó un polímero sólido</i>
Cambio de color	<i>Pasó de blanco a color amarillo</i>	<i>Pasó de una mezcla rosa a un tono más claro</i>
Desprendimiento de vapor	<i>Si, hubo un desprendimiento de vapor</i>	<i>No, no hubo desprendimiento de vapor</i>

Luego de la experimentación, los alumnos llenaron la tabla con los resultados obtenidos, realizaron un análisis de estos y generaron sus propias conclusiones. En la Figura 6.2, se presenta como ejemplo el análisis de resultados y conclusiones de un equipo.

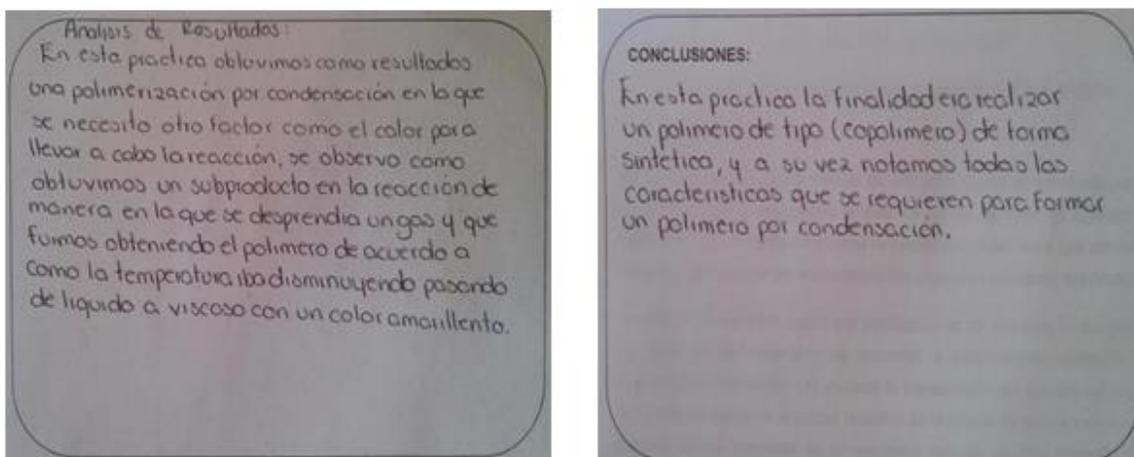


Figura 6. 5. Evidencias del análisis, resultado y conclusiones de los de los experimentos

En general los resultados los análisis de resultados y de las conclusiones de los equipos, comprueban que comprenden la diferencia entre una polimerización por condensación y adición; asimismo, también conocen el concepto de polímero, las unidades que lo constituyen y la relación con algunos productos de la vida cotidiana.

6.3. El diagrama de flujo en la síntesis y disposición de polímeros

Si bien los alumnos, no realizaron la síntesis de PS en el laboratorio, al realizar el docente la actividad, los alumnos observaron que, para el caso de la síntesis del poliestireno Figura 6.3 el tolueno y el estireno tienen los mismos pictogramas ya que ambos son inflamables e irritan las vías respiratorias, además son potencialmente mortales si se inhalan y/o ingieren, y de acuerdo a su rombo de seguridad el estireno es menos estable que el tolueno debido a que el tolueno tiene 0 en el cuadrante color amarillo y el estireno tiene grado 2 que indica que es moderadamente peligroso, en el cuadrante azul correspondiente a la salud ambos tienen grado 2, y por último ambos tienen grado 3 en el cuadrante rojo que indica la inflamabilidad, es decir son seriamente peligrosos. Por otro lado, está el peróxido de benzoilo que según los pictogramas es inflamable e irrita las vías respiratorias, además de ser dañino para el ecosistema y su rombo de seguridad dice que es ligeramente inestable pues el cuadrante amarillo tiene grado 1 lo que quiere decir que es ligeramente peligroso, en el cuadrante azul representa los daños a la salud y grado 2, es decir que su peligro es moderado y en ligeramente inestable en vista de que el cuadrante amarillo tiene grado 1. Y por último el metanol que es el más dañino en comparación con los demás reactivos ya que puede causar la muerte si se ingiere, es altamente inflamable; además, con base en su rombo de seguridad tiene grado 3 en inflamabilidad, que indica seriamente peligroso y grado 2 en daños a la salud, es decir moderada peligrosidad; sin embargo, es estable bajo determinadas condiciones. Respecto, al código de reciclaje, número 6, que es el corresponde a poliestireno, discutieron acerca de que es un material que utiliza en los vasos y platos térmicos desechables, así como contenedores de alimentos y empaques de embalaje, mismos que contaminan el ambiente y por lo tanto es importante que reduzca su uso y que se recolecte para su reciclaje.

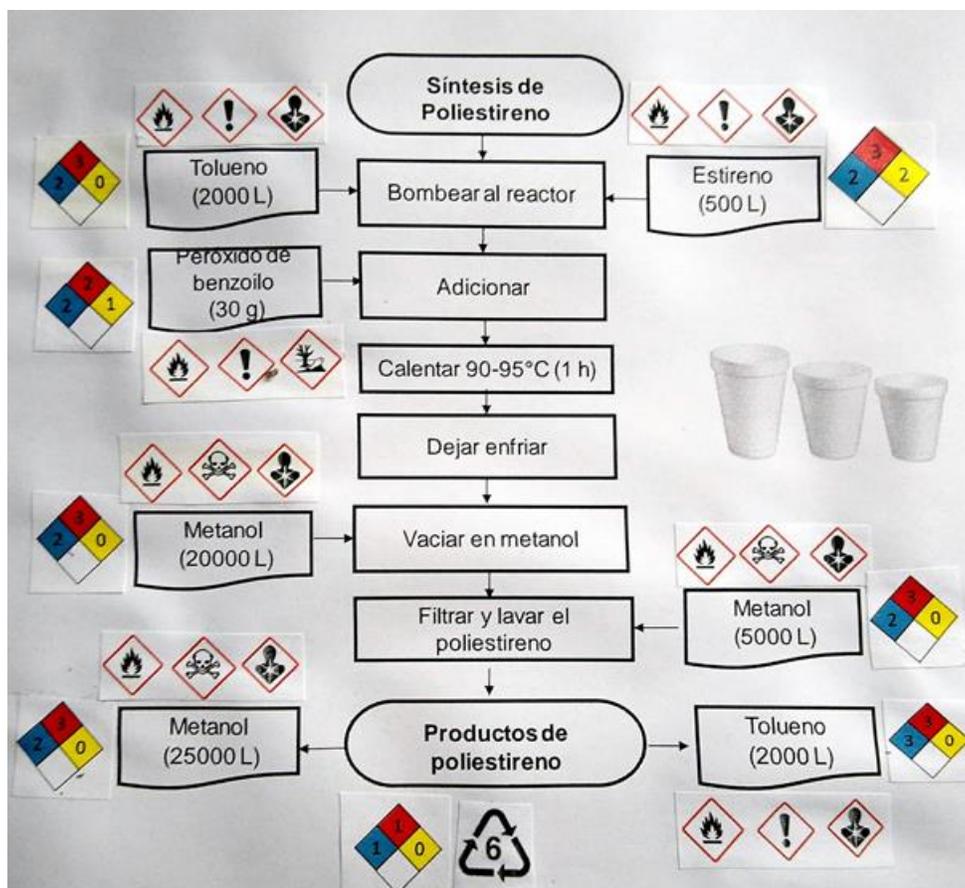


Figura 6. 6. Evaluación ecológica de la síntesis y disposición de PS, con pictogramas, rombos de seguridad y código de reciclaje.

En el caso de la síntesis del PET Figura 6.4, los alumnos hicieron varios comentarios con respecto al diagrama de flujo entre ellos observaron que: “Había más pictogramas que en el de la síntesis de poliestireno” y que aunque el dimetiltereftalato es uno de los menos dañinos debido a que sólo es inflamable, aun así es seriamente peligroso debido a que en el cuadrante rojo del rombo de seguridad tiene grado 3; el etilenglicol es corrosivo según sus pictogramas, además es seriamente peligroso para la salud porque tiene grado 3 en el cuadrante azul. El metanol, que es inflamable, daña las vías respiratorias y puede causar la muerte, además tomando en cuenta el rombo de seguridad es moderadamente peligroso para la salud con el grado 2 que está en el cuadrante azul y es seriamente peligroso en cuanto a su inflamabilidad, ya que tiene grado 3 en el cuadrante rojo, a su vez el cloroformo también es peligroso para la salud en grado 2, pero no es inflamable y es estable dado que

en los cuadrantes rojo y amarillo tiene grado 0. Por otro lado, está el ácido trifluoroacético que es corrosivo y también causa daños en las vías respiratorias, debido a que es severamente peligroso para la salud con un grado 3 en el cuadrante azul de su rombo de seguridad, y en el cuadrante rojo y amarillo tienen grado 1, por lo tanto, es ligeramente inflamable y estable.

También se analizó que el PET, no tiene rombos ni pictograma de seguridad debido a que no representa ningún peligro para la salud, igualmente se identificó el código de reciclaje (como número 1). Además, un punto importante que se discutió fue el símbolo de reciclaje, ya que involucra tres flechas que significan 1. Recolección del polímero, por ejemplo, recolección de botellas de PET, 2. Producción de nuevos productos a partir de la botella de PET.

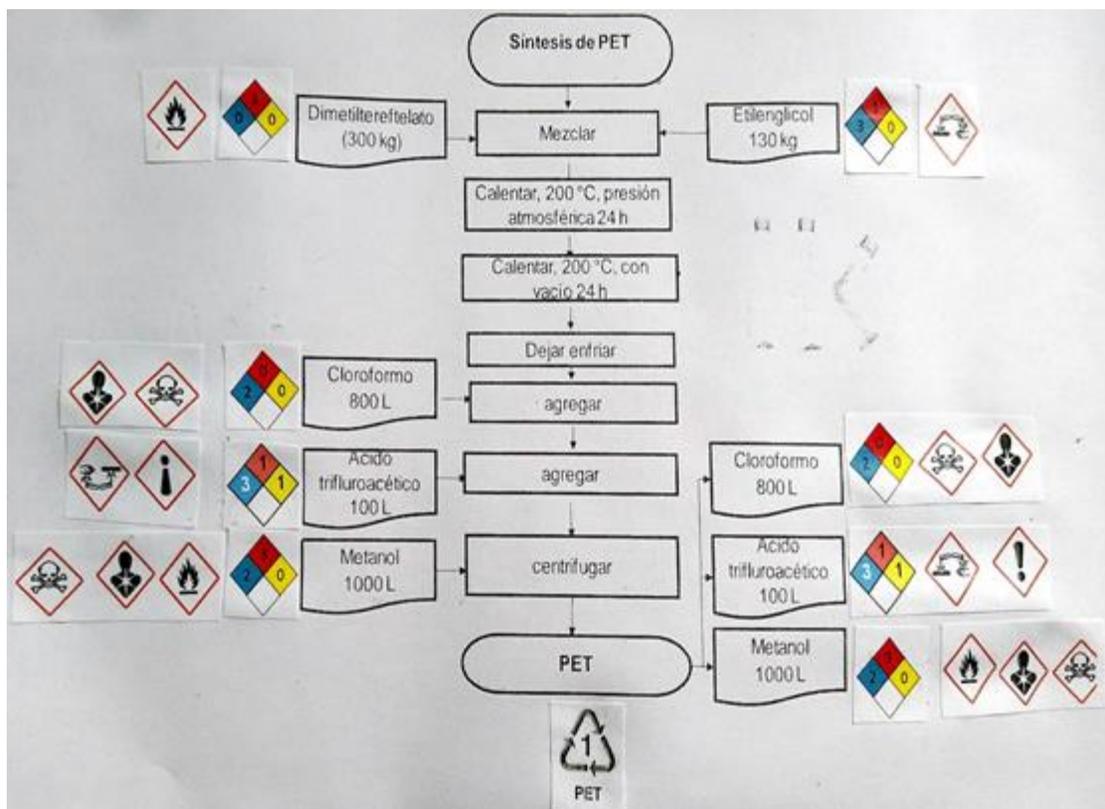


Figura 6.4. Evaluación ecológica de la síntesis de PET con pictogramas, rombos de seguridad y código de reciclaje.

De manera general los alumnos concluyeron que los rombos de seguridad son una imagen que incluye un símbolo de advertencia y colores específicos con el fin de transmitir información sobre el daño de una determinada sustancia o mezcla y que representan los riesgos a la salud, toxicidad, el riesgo de incendio, etc., además que los pictogramas son un apoyo visual para comprender la correcta identificación de las sustancias químicas con respecto a su peligrosidad y toxicidad y que es de gran importancia para evitar accidentes, asimismo, identificaron los códigos de reciclaje y reconocieron la importancia de reciclar a los polímeros.

A modo de cierre, y con el fin de recapitular todo lo visto, se llevó a cabo la estrategia “Papel en la pared”, cuyo objetivo principal fue identificar los huecos que hubieran quedado durante el desarrollo de la secuencia didáctica. En esta fase se observó que los alumnos realmente comprendieron el tema, ya que todos participaron activamente poniendo los post-it y armando el mapa conceptual. En esta fase, debido a que todos los estudiantes participaron, se lograron identificar los puntos que quedaron débiles durante la secuencia didáctica y de esta forma se reforzaron y se aclararon dudas que surgieron a lo largo de la sesión.

6.4. Análisis cuantitativo de resultados

Para evaluar la eficacia de la secuencia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición, se aplicó el post- test de 9 preguntas, dicho test es el mismo que se aplicó tanto al inicio como al final de la secuencia, y para fines prácticos se distinguen como pretest y post-test.

En la Figura 6.5, se muestran los resultados del pre-test y del post-test aplicado, para determinar el mejoramiento en la enseñanza y aprendizaje del tema de polímeros. Cabe hacer mención que los reactivos se clasificaron con base en la taxonomía de Bloom (Marzano, 2001), debido a que todas las preguntas están en el nivel de conocer se consideraron todas en el nivel 1, Tabla 6.5.

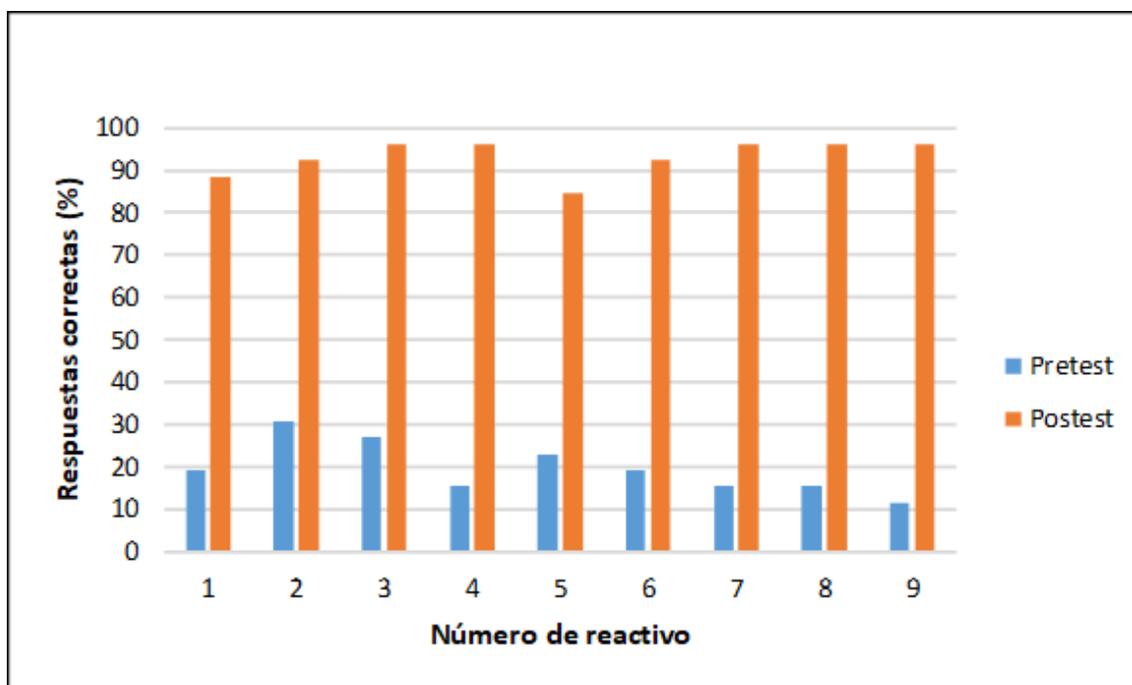


Figura 6.5. Resultados del pretest y post-test aplicado al grupo

Tabla 6.5 Clasificación de los reactivos con base en la taxonomía de Bloom (Marzano, 2001)

Nivel taxonómico	Indicador de aprendizaje	Reactivo
1	Identifica el concepto de Polímero	1. Son macromoléculas de alto peso molecular, construidas de unidades repetitivas llamadas monómeros 2. Son las unidades repetitivas que forman los polímeros
	Identifica el concepto de monómero	3. Son unidades repetitivas que forman a los polímeros
	Clasificación de los dos tipos de síntesis de los polímeros	4. De acuerdo con el tipo de reacción de formación de los polímeros, se clasifican en
	Identifica los dos tipos de polimerización (condensación y adición)	5. Este tipo de reacción de formación de polímeros se lleva a cabo por radicales libres 6. En qué tipo de polimerización la molécula completa de monómero pasa a formar parte del polímero. 7. ¿Qué contienen los monómeros para que puedan reaccionar entre sí?

		8. ¿En qué tipo de reacciones de polimerización, se desprende una molécula de agua o de dióxido de carbono?
	Analiza y diferencia los dos tipos de reacciones de formación de los polímeros	9. Define la polimerización por adición 10. Define la polimerización por condensación

Después de la aplicar la secuencia didáctica, el 88 y 92 % de los alumnos reconoce los términos de polímero y monómero, el 96 % clasifica los dos tipos de síntesis de los polímeros, en promedio el 92% identifica los dos tipos de polimerización y finalmente, en promedio, el 95 % de los alumnos logra analizar y diferenciar los tipos de polimerización. Es importante resaltar que antes de aplicar la secuencia didáctica, aunque los alumnos indicaron que estaban familiarizados con los polímeros en su vida cotidiana, el resultado del pretest fue de 20 % de respuestas correctas.

A continuación, se analizan cada uno de los reactivos. La primera pregunta de este test fue: son macromoléculas de alto peso molecular, construidos de unidades repetitivas llamadas monómeros, la respuesta correcta es *polímeros* como se puede observar en la tabla anterior el 30.76% respondieron de manera correcta al inicio de la clase y, después de la aplicación de la secuencia didáctica, el 100% de ellos contestaron correctamente la pregunta. Con este resultado se puede decir que el total de los estudiantes evaluados comprendieron que un polímero es una macromolécula de alto peso molecular y que está constituido por unidades repetitivas llamadas monómeros.

En cuanto a la segunda pregunta: son las unidades repetitivas que forman a los polímeros, la respuesta correcta a esta pregunta es *monómeros*, en este caso el 19.2 % contestó de manera correcta en el pretest. Después de aplicar la secuencia didáctica el 96.1% respondió de forma correcta, lo que significa la mayoría de los estudiantes logró el aprendizaje de que las unidades repetitivas que conforman a los polímeros son los monómeros. De acuerdo con los resultados anteriores, después de aplicar la secuencia didáctica, los alumnos lograron reconocer los conceptos de polímero y monómero

Respecto a la pregunta número tres: ¿según el tipo de reacción de formación los polímeros se clasifican en? Para esta pregunta la respuesta correcta es *polímeros por adición y condensación*. En este caso el 23.07% contestó de forma correcta antes de la secuencia y posterior a ella el 100 % de los alumnos contestaron de forma correcta. Al cuestionar a los estudiantes que contestaron de forma correcta desde un inicio, su respuesta fue que se basaron en el título del tema con el cual se trabajaría ese día. Y posterior a la secuencia didáctica la respuesta fue más clara para todos.

El reactivo número cuatro fue: Este tipo de reacción de polimerización que se lleva a cabo por radicales libres. La respuesta a esta pregunta es *polimerización por adición*, en donde en un inicio el 15.3% contestó de manera correcta y al final el 92.30 % de los alumnos contestó de forma correcta podemos decir que la mayoría del grupo comprendió el concepto.

La quinta pregunta es: en la polimerización _____ por la molécula entera de monómero pasa a formar parte del polímero. La respuesta a esta pregunta es *polimerización por adición*, inicialmente el 1% contestó de manera correcta y al final el 96.10 % de los alumnos contestó de forma correcta por consiguiente podemos decir que la mayoría del grupo comprendió el concepto.

La sexta pregunta fue: En la polimerización por condensación ¿las unidades del monómero tienen _____ que pueden reaccionar entre sí? La respuesta correcta a esta pregunta es *grupos funcionales*, en donde solo un alumno contestó de forma correcta (el alumno que contestó de forma correcta comentó que ya había llevado previamente la materia, pero que no la había aprobado); posterior a la estrategia, el 100 % de los alumnos contestaron de forma correcta lo que quiere decir que los estudiantes lograron comprender que este tipo de polimerización se lleva a cabo por medio de los grupos funcionales presentes en los monómeros.

La pregunta número 6. En esta pregunta la respuesta es la misma que la anterior *Adición* con la intención de ver si los alumnos habían comprendido el tema y no había sido parte del azar su respuesta o que se habían copiado entre ellos, los resultados arrojan que en un inicio el 11.5% de los estudiantes contestó de forma correcta lo cual se atribuye a que relacionaron el tema de día con la pregunta del post-test. Posterior a la estrategia el 96.1% contestaron correctamente lo que es congruente ya que la respuesta anterior tuvo resultados similares a esta.

La séptima pregunta fue: en la ____ se desprende una molécula generalmente agua o dióxido de carbono. La respuesta correcta es *polimerización por condensación* para este caso nuevamente el alumno que llevaba por segunda vez la materia fue el único que contestó de forma correcta y el resto de sus compañeros dejó la pregunta en blanco. Posterior a las aplicaciones la estrategia, el 92.3 % respondió de forma correcta lo que indica que el concepto quedó comprendido por la mayoría de los estudiantes.

El reactivo 8 fue: Con tus propias palabras define: Polimerización por adición. En la Tabla 9.7. se presentan algunas de las respuestas escritas por los alumnos. Se observa que los alumnos dan su respuesta con base en el concepto la formación de polímero en general y posteriormente se enfoca en las características de este tipo de polimerización, que es la formación por medio de radicales libres, además que no necesita energía en forma de calor para llevarse a cabo y sucede rápidamente.

Tabla 6.6 Definición de polimerización por adición, dadas por los alumnos

Alumno	Definición
1	<i>“La polimerización por condensación es la formación de un polímero, en donde no hay desprendimiento de una partícula”</i>
2	“La polimerización donde no se desprende agua se llama por adición”
3	<i>“Los polímeros por condensación se forman cuando los monómeros se unen y desprenden una molécula”</i>
4	“En la polimerización por adición no hay desprendimiento de partículas a diferencia de la polimerización por condensación”

Finalmente, el reactivo 9 es: Con tus propias palabras define: Polimerización por condensación. En la Tabla 9.8. se presentan algunas de las respuestas escritas por los alumnos. Se observa que los alumnos presentan su respuesta primeramente dando como concepto la formación de polímero en general y posteriormente se enfoca en las características de este tipo de polimerización que es la formación por medio de grupos funcionales presentes en los monómeros y que durante la reacción de polimerización se desprende una molécula en forma de gas ya sea agua o CO₂.

Tabla 6.7 Definición de polimerización por condensación, dadas por los alumnos

Alumno	Definición
1	<i>“La polimerización por condensación es cuando se forma cuando las unidades de monómeros se unen y desprende moléculas”</i>
2	<i>“En la polimerización por condensación se observa desprendimiento de gas”</i>
3	<i>“El desprendimiento de agua indica que es una polimerización por condensación”</i>
4	<i>“Polimerización por condensación se lleva a cabo cuando se unen los monómeros y se desprende gas o una molécula”</i>

CONCLUSIONES

Con el objetivo de que los alumnos del Nivel Medio Superior valoren la importancia de la síntesis química en el desarrollo de materiales que impactan a la sociedad en diversos ámbitos, comprenda que las propiedades de los polímeros dependen de su estructura molecular y que ésta determina sus múltiples aplicaciones, asimismo, reconozca la necesidad de participar en la solución del problema de contaminación ambiental por el desecho de materiales poliméricos, se presentó una secuencia didáctica que incluyó teoría a través de TIC, síntesis de polímeros y la utilización del diagrama de flujo de las síntesis industrial de polímeros para evaluar tanto el impacto ambiental que genera la síntesis, así como uso excesivo de los polímeros en la vida cotidiana.

También, las habilidades y destrezas desarrolladas durante esta secuencia didáctica, que fueron punto de observación por el docente, se mencionan a continuación: expresar ideas y conceptos mediante representaciones lingüísticas, identificar las ideas clave en una exposición oral, infiriendo conclusiones a partir de ellas, manejar las tecnologías de la información y la comunicación para entender información, en este caso el uso de la presentación en PowerPoint y el GIF que se incluyó dentro de ésta, pensar de forma crítica y reflexivamente, ya que siguen instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo cómo cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo, sintetizar evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular nuevas preguntas, sustentar una postura personal sobre el tema, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva, estructurar ideas y argumentar de manera clara, coherente y sintética, trabajar en forma colaborativa, ya que participan y colaboran de manera efectiva en equipos, asumen una actitud constructiva, congruente con los conocimientos y habilidades con los que cuentan dentro de distintos equipos de trabajo y reconocer y comprender las implicaciones biológicas, económicas y sociales del daño ambiental que puede tener hacer síntesis de polímeros a nivel industrial, en este caso tomando como base el diagrama de flujo ecológico presentado para cada experimento.

La clave de los aprendizajes reside en el grado de significatividad que los alumnos otorgan a los contenidos y en este caso se observó que, al hacer el mapa conceptual en el cierre de la secuencia didáctica, los estudiantes realmente habían logrado adquirir los conceptos y por tanto podían relacionar lo aprendido con lo que viven día a día dentro de sus diferentes entornos.

Por tanto, considerando que el constructivismo, que en esencia plantea que el conocimiento no es el resultado de una mera copia de la realidad preexistente, sino de un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información externa es interpretada y reinterpretada por la mente, es base para la adquisición de los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante esta secuencia didáctica, ya que tomando como base la idea germinal de todo constructivismo: “la elaboración necesaria para efectuar la convergencia del pasado y del futuro”, se planteó el desarrollo de esta secuencia didáctica que funge como alternativa para el aprendizaje del tema de polímeros

De igual manera, el modelo de aprendizaje aprender a aprender, que por definición nos dice que es "las secuencias integradas de procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, el almacenaje y/o la utilización de información o conocimiento", de tal manera que el dominar las estrategias de aprendizaje, permite al alumnado planificar u organizar sus propias actividades de aprendizaje, tuvo gran injerencia dentro de esta secuencia didáctica puesto que se siguió en todas sus fases su diseño, dado que esta secuencia didáctica impulsó a los estudiantes a aprender de forma autónoma dentro de su entorno e identificar qué polímeros podría estar utilizando dentro de sus actividades diarias.

Del análisis cuantitativo, se concluye que después de aplicar la secuencia didáctica los alumnos identificaron el concepto de polímero, distinguieron la clasificación de los dos tipos de formación de los polímeros (condensación y adición) y analizaron las diferencias entre los dos tipos de reacciones de formación de los polímeros.

En el caso de la síntesis de polímeros, el diagrama de flujo resultó una estrategia didáctica muy atractiva debido a los pictogramas y rombos de seguridad en donde los alumnos “observaron” los riesgos de utilizar reactivos y disolventes y, poder así reducir los riesgos de accidentes durante la experimentación. Además, comprendieron la importancia del uso del código de reciclaje con base en su tipo y composición aunado a la importancia de reducir el uso excesivo de polímeros causante de la contaminación ambiental por plásticos fomentando así a la reflexión para coadyuvar a la resolución de este problema.

Finalmente, por los resultados positivos de esta secuencia didáctica, se considera que esta es una alternativa para la enseñanza y aprendizaje de polímeros en el Nivel Medio Superior, en particular para diferenciar los tipos de síntesis de polímeros (adición y condensación), y

que el diagrama de flujo con sus pictogramas, código de reciclaje, y rombos de seguridad, permite al alumno hacer conciencia del impacto ambiental de la síntesis industrial de los polímeros, así como del uso excesivo de los estos.

Es importantes resaltar que los avances de este trabajo se presentaron en siguientes foros:

1. (2015) Coloquio de Maestros de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS). Ciudad Universitaria, Unidad de Posgrado, UNAM. 7-9 de diciembre de 2016. Estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición.
2. (2016) Coloquio de Maestros de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS). Ciudad Universitaria, Unidad de Posgrado, UNAM. 4-7 diciembre de 2016. Estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición.
3. (2017) 3er Encuentro universitario de mejores prácticas de uso de TIC en la educación "De las TIC a las TAC, experiencias en el aula. Aprender, conocer y hacer" 26-28 de julio de 2017. Educatic2017. Escuela de Trabajo Social. UNAM, CU. Estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición.
4. (2019) 38 Congreso Nacional de Educación Química y 54 Congreso Mexicano de Química 30 septiembre al 3 de octubre de 2019. Complejo Cultural Universitario, BUAP Pue., Puebla México. Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros en la Educación Media Superior. Impacto ambiental de los polímeros.
5. (2020) Anabel Hernández-Escamilla, Guadalupe Iveth Vargas-Rodríguez, Adolfo Eduardo Obaya Valdivia, Yolanda Marina Vargas-Rodríguez. Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros en la EMS enmarcada en ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA). 2° Encuentro de Buenas Prácticas Docentes (EBPD), enmarcada en el 6° Congreso de Ciencia, Educación y Tecnología (CCET), que se llevó a cabo de manera virtual. 9, 10, y 11 de diciembre 2020.

Cabe hacer mención que, el trabajo obtuvo el segundo lugar en el 2° Encuentro de Buenas Prácticas Docentes (EBPD).

PROSPECTIVAS Y LIMITACIONES DEL TRABAJO

Como resultado del diseño de esta secuencia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición, basada en la metodología: investigación-acción, nos permitimos proponer las siguientes sugerencias sobre las estrategias usadas, partiendo de la experiencia en el desarrollo de dicha secuencia.

En la etapa de exploración de conocimientos previos, donde se utilizó la estrategia llamada “pelota preguntona”, sugiero que se formen parejas con el fin de que entre los mismos estudiantes intercambien sus conocimientos y así enriquecer más la clase, además de propiciar el buen ambiente en el grupo.

En el caso de la formación de equipos durante el desarrollo de esta estrategia, se tuvo un grupo relativamente pequeño y aun así hubo la coincidencia en que se formaron grupos con mayor número de integrantes; en este sentido sugiero repartir al azar en los demás grupos. Aunque también existen otras estrategias para formar grupos que podrían ser de utilidad para la formación de diferentes equipos, algunas de ellas son: rompecabezas, mímica o sonidos.

Para el caso de la presentación en PowerPoint, en esta estrategia se hizo uso de un solo GIF para mostrar los tipos de polimerización, sin embargo sugiero que para hacer más llamativa la presentación podrían utilizarse un varios GIFs en la presentación y de esa forma llamar la atención de los alumnos, o en su defecto que ellos mismos como tarea hagan su propia presentación con GIF, ya que hoy en día estar en contacto con la tecnología es el pan de cada día y los estudiantes son especialistas en ella y es una excelente forma de entrar en su mundo.

En la etapa donde se desarrollaron los experimentos de síntesis de polímeros, sería altamente recomendable que los alumnos prepararan polímeros biodegradables o compostables a partir de materia prima renovable.

Para la etapa de cierre, donde se utilizó la estrategia de “papel en la pared”, sugiero que también se puede trabajar con los mismos equipos formados y que ellos aporten ideas para la formación del mapa conceptual, en lugar de ser individual lo que a mi parecer fomentaría la retroalimentación entre ellos mismos.

Cabe mencionar que hubo un sesgo durante la aplicación de esta secuencia didáctica, ya que como docente involuntariamente antes de comenzar la clase comente que habría una evaluación al final, lo que provocó que los estudiantes estuvieran predispuestos a poner más atención durante la clase y de este modo los resultados se vieron mayormente beneficiados.

REFERENCIAS

- Alvarado Zamorano, C. (2014). La Enseñanza y el aprendizaje de las ciencias experimentales en la Educación Media Superior de México. *RevIU*, 2(2), 60-75.
- Anastas, P. T., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301-312.
- Aramedia, P., Aldabe, S., Bonazzola, C., & Lacreu, L. (2004). *Química 2. Química en acción* (1 ed.). Buenos Aires: Ediciones Colihue S.R.L. Recuperado el 2019, de https://books.google.com.gt/books?id=nsTjBmyABXsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Argüelles Pimentel, A., Carballo Balvarena, M. G., Gómez Almaraz, L., & Pérez Orta, R. E. (2016). Argüelles Pimentes, Adolfo; Calrballo Balvarena, María Guadalupe; Gómez Almaraz, Liztli; Pérez Orta, Rosa Elba. Guía para el profesor de Química con recursos digitales. Obtenido de https://portalacademico.cch.unam.mx/materiales/prof/matdidac/sitpro/exp/quim/quim1/quiml_vall/index.html
- Atkins, P., & Jones, L. (2005). *Principios de Química : Los caminos del descubrimiento* (3 ed.). España, Madrid: Médica Panamericana. Recuperado el 25 de Mayo de 2019
- Atresmedia. (28 de Mayo de 2017). *Química verde para acabar con la contaminación de los plásticos*. Recuperado el 26 de Julio de 2018, de https://compromiso.atresmedia.com/hazte-eco/programa/plasticos_201905285ced1d820cf21b72629c1455.html
- Billmeyer, F. W. (2004). *Ciencia de los polímeros*. España, Barcelona: Reverté.
- Bodlalo, H., Maryam, S., & Jome, S. M. (2013). Bodlalo,Habibi.; Sabbaghan Maryam; Jome,Seyyed Mohammad Reza Emam. A Comparative Study in Green Chemistry Education Curriculum in America and China. Leila. *Procedia - Social and Behavior Sciences*, 90, 288-292.
- Bopegedera, A. (2017). Tie-Dye! An Engaging Activity To Introduce Polymers and. *Journal of Chemical Education*, 94, 1725-1732.
- Carvajal Cantillo, E., & Gómez Vallarta, M. (Septiembre-Diciembre de 2002). Concepciones y representaciones de los maestros en secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7(16), 577-602.
- CCH. (2012). *Documento Base para la Actualización del Plan de Estudios: Doce puntos a considerar*. Obtenido de https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/Documento_base.pdf
- CCH. (2016). Plan de estudios actualizado. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 43-46.

- CCH. (2016). *Programas de Estudio*. Obtenido de Mapa Curricular del Plan de Estudios 2016: https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/QUIMICA_III_IV.pdf
- Chang, R. (2007). *Química* (9 ed.). México: Mcgraw-Hill Interamericana.
- Cortéz O., A. (26 de Enero de 2015). *Bioplástico: pros y contras*. Recuperado el 15 de Julio de 2019, de <http://www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/bioplastico-pros-y-contras/>
- Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria. (2021). *Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria*. Recuperado el 2021 de Febrero de 07, de <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/index.html>
- Dirección General del Bachillerato. (7 de Diciembre de 2018). *Programas de Estudio para la Generación 2017 - 2020 y Subsecuentes*. Obtenido de <https://www.dgb.sep.gob.mx/informacion-academica/programas-de-estudio.php>
- España, M. (14 de Enero de 2019). *Muy interesante*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2019, de ¿QUÉ SON LOS MICROPLÁSTICOS Y CÓMO CONTAMINAN?: <https://www.muyinteresante.com.mx/preguntas-y-respuestas/que-son-los-microplasticos/>
- Estrada Molina, O. Z. (2019). Acciones para fomentar una cultura científica sustentada en la concepción de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 3(7). Recuperado el 2021 de Febrero de 7, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322019000300001&lng=pt&tlng=es.
- Fernandes, I. M. (2014). Educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente: construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), 23-32. Recuperado el 2021 de Marzo de 12, de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>
- Flores, I., Demarteau, J., Müller, A., Etxeberria, A., Irusta, L., B. F., . . . Sardon, H. (2018). Screening of different organocatalysts for the sustainable synthesis of PET. *European Polymer Journal*, 104, 170-176.
- Ford, W. T. (2017). Introducing the Journal of Chemical Education “Special Issue: Polymer concepts across the curriculum. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1595-1598.
- Garriz R., A. (2001). La educación de la química en México en el siglo XX. *Revista de la Sociedad Química de México*, 45(3), 109-114.
- Garriz R., A., & Irazoque P., G. (2004). El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de polímeros. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*(39), 40-51.

- Gavilán García, I. C., Santos Santos, E., & Cano Díaz, G. (2014). *Guía de clasificación de riesgo, peligrosidad y primeros auxilios de sustancias químicas de uso en los laboratorios de nivel medio superior*. México: Facultad de Química, UNAM.
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of 'Context' in chemical. *International Journal of Science Education*(28), 957-976.
- Góngora P., J. P. (Mayo y Junio de 2014). El reciclaje en México. *Comercio Exterior*, 64(3), 2-5.
- González García , Y., Mesa Contreras , J., González Reynoso, O., & Córdoba López , J. (2013). Síntesis y biodegradación de polihidroxicarbonatos: plásticos de origen microbiano. *Revista de Contaminación Ambiental*, 29(1), 77-115.
- Guedens, G. J., & Reynders, M. (2017). Identification and Formulation of Polymers: A Challenging. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1756–1760.
- Hernández S., M. L., & Guzmán M., B. (Agosto de 2009). Biopolímeros empleados en la fabricación. *Revista Publicaciones e Investigación*, 3(1), 103-129.
- Howard, B. C. (13 de julio de 2018). *Acciones para combatir la contaminación plástica*. Recuperado el 18 de Julio de 2019, de <https://www.nationalgeographicla.com/planeta-o-plastico/2018/07/acciones-para-combatir-la-contaminacion-plastica>
- Howard, B. C. (13 de Julio de 2018). *National Geographic*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de Acciones para combatir la contaminación plástica : <https://www.nationalgeographicla.com/planeta-o-plastico/2018/07/acciones-para-combatir-la-contaminacion-plastica>
- INEE. (2011). *La Educación Media Superior en México. Informe 2010-2011*. México: INEE.
- Knutson, C. M., Schneiderman, D. K., & Yu, M. (2017). Polymeric medical sutures: An exploration of polymers and green. *Journal of Chemical Education*, 94, 1761–1765.
- Kosbar, L. L., & Wenzel, T. J. (2017). Inclusion of Synthetic Polymers within the Curriculum of the ACS Certified Undergraduate Degree. *J. Chem. Educ.*, 94(11), 1599-1602.
- Leahy, S. (22 de Abril de 2019). *Los microplásticos también están presentes en el aire*. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de <https://www.nationalgeographicla.com/planeta-o-plastico/2019/04/los-microplasticos-tambien-estan-presentes-en-el-aire>
- Longenberger, T. B., M., R. K., Y., B. W., & Krumpfer, A.-K. (2017). The art of silicones: Bringing siloxane chemistry to the undergraduate curriculum. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1682-1690.

- Lugo, G. (10 de Junio de 2019). Llegan al mar 13 millones de toneladas de plástico al año. *Gaceta UNAM*(5058), 10-10. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de <https://www.gaceta.unam.mx/llegan-al-mar-13-millones-de-toneladas-de-plastico-al-ano/>
- Martín, M. (2017). *El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología*. Paraguay: Consejo Nacional de Ciencia y tecnología -Paraguay. Recuperado el 2021 de Enero de 10, de https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u38/CTS-M.Gordillo-modulo-3.pdf
- Martinez-Reina, M., & Amado-González, E. (2014). Premios nobel de química y filatelia. Parte III: polímeros, coloides, química aplicada, química inorgánica y premios siglo XXI. *Revista Cubana de Química*, 26(1), 37-46. Recuperado el 2021 de Enero de 27, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212014000100006&lng=es&tIng=es.
- Marvel, C. (1962). *Introducción a la química orgánica de las macromoléculas de síntesis*. España: Reverté.
- Marzano, R. J. (2001). *Designing a new taxonomy of educational objectives. Experts in Assessment Series. (T. R. Guskey, Ed.)*. Corwin: CA.
- National Geographic en español. (12 de Agosto de 2018). *CIENTÍFICOS MEXICANOS DESARROLLAN PLÁSTICOS BIODEGRADABLES*. Recuperado el 21 de Julio de 2019, de <https://www.ngenespanol.com/ciencia/desarrollo-de-plasticos-biodegradables-bioplasticos/amp/>
- NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. (19 de Agosto de 2015). Secretaría del Trabajo. Recuperado el Febrero2021 de 16, de <http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/2010/018stps2015.pdf>
- Obaya Valdivia, A., Ruiz Solorzano, C., Giammatteo, L., Montano-Osorio, C., & Vargas-Rodriguez, Y. T. (2019). The Study of Polymers and Their Impact Currently to High School Level: Recycling and Problems with Plastics, Microplastics and Additives. *International Journal of Science and Research*, 8(12), 804-812.
- Orozco, C. (2011). *Problemas resueltos de química aplicada*. España: Paraninfo.
- Parker, L. (18 de Octubre de 2018). *Hallan microplásticos en el 90 por ciento de la sal de mesa*. Recuperado el 26 de Junio de 2019, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/10/hallan-microplasticos-en-el-90-por-ciento-de-la-sal-de-mesa>
- Perdomo M., G. A. (2002). Plásticos y medio ambiente. *Revista Iberoamericana Polímeros*, 3(2), 1-13.

- Pérez-Campillo, Y., & Chamizo-Guerrero, J. A. (2016). Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior. *Educación Química*, 27(3), 182-194.
- Poy Solano, L. (11 de enero de 2018). *La reprobación, causa principal para que alumnos dejen bachillerato: INEE*. Recuperado el 30 de Junio de 2020, de Sociedad. La Jornada: <https://www.jornada.com.mx/2018/01/11/sociedad/032n2soc>
- Rodríguez, F. (1984). *Principios de sistemas de polímeros*. México: El Manual Moderno.
- Saucedo Fernández, M., Herrera-Sánchez, S. d., & Díaz Perera, J. J. (2014). Indicadores de reprobación. Facultad de Ciencias Educativas (UNACAR). *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo: RIDE*, 5(9), 96-106.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (13 de octubre de 2018). *Microplásticos, otra forma de contaminación en los mares*. Recuperado el 19 de Julio de 2019, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/microplasticos-en-el-menu?idiom=es>
- SEMS. (2013). *SEMS -Secretaría de Educación Pública. Subsecretaría de Educación Media Superior*. Obtenido de http://www.sems.gob.mx/en_mx/sems/antecedentes_dgb.
- SEMS, S. d. (2008). *Reforma Integral de la Educación Media Superior: La creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad*. Recuperado el 2 de Marzo de 2017, de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38043188>
- SEMS, S. d. (2011). Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de Reforma Integral de la Educación Media Superior: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38043188>
- SEP. (21 de Octubre de 2008). ACUERDO número 444 por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común. *Diario Oficial*(Primera sección), págs. 1-15.
- Ting, J. M., Ricarte, R. G., Schneiderman, D. K., Saba, S. A., Jiang, Y., Hillmyer, M. A., . . . Macosko, C. W. (2017). Polymer Day: Outreach Experiments for High School Students. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1629-1638.
- UNAM FESC. (2019). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 2021 de Marzo de 13, de Licenciaturas en la FESC: <https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/>
- UNAM FQ. (2021). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 2021 de Febrero de 5, de <https://quimica.unam.mx/ensenanza/>
- Valero-Valdivieso, M. F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180.

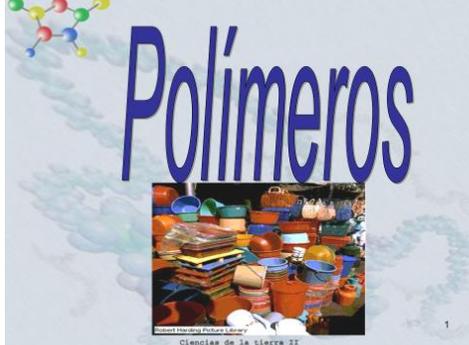
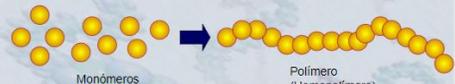
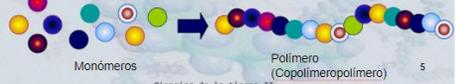
Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya, A. E., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda, R., & Vargás-Rodríguez, G. I.-3. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio. *Educación Química*, 27(1), 30-36.

Wackerly, J. W., & Dunne, J. F. (2017). Synthesis of Polystyrene and Molecular Weight Determination by ¹H NMR End-Group Analysis. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1790-1793.

Wnek, G. E. (2017). Structure–Property Relationships of Small Organic Molecules as a Prelude to the Teaching of Polymer Science. *Journal of Chemical Education*, 94(11), 1647-1654.

ANEXOS

ANEXO A: PRESENTACIÓN EN POWERPOINT: POLÍMEROS

 <h2>Polímeros</h2> <p>1</p>	 <ul style="list-style-type: none"> - Concepto - Estructura - Clasificación: <ul style="list-style-type: none"> - Por sus unidades constituyentes - Por su origen - Propiedades físicas - Por su formación <p>2</p>
 <h2>Concepto</h2> <p>Un polímero es una macromolécula constituida por la repetición de unidades llamadas monómeros. Se trata de cadenas o redes muy largas</p>  <p>Los polímeros son la base de todos los procesos de la vida, y nuestra sociedad tecnológica es dependiente en gran medida de los polímeros.</p> <p>3</p>	 <h2>Estructura</h2> <p>$(\text{---})_n$ $n =$</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 MONOMERO 2 DIMERO 3 TRIMERO 4-20 OLIGOMEROS > 20 POLIMERO  <p>4</p>
 <h2>Unidades constituyentes</h2> <p>Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros que forman enormes cadenas de las formas más diversas.</p> <p>Por su arreglo de sus unidades constituyentes (monómeros) se puede clasificar en:</p>  <p>Monómeros Polímero (Homopolímero)</p>  <p>Monómeros Polímero (Copolímeropolímero)</p> <p>5</p>	<p>Entonces, los Homopolímeros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son macromoléculas que están formadas por un solo tipo de monómero. • Su estructura general es: $(-M-M-M-M-)_n$ <p>Ej. Polietileno, el PVC y los homopolímeros naturales como la celulosa y el caucho.</p>  <p>POLIETILENO</p>  <p>Polisulfuro de vinilo PVC</p> <p>6</p>
 <p>Y los Copolímeros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se forman por la unión de dos o más unidades monoméricas diferentes. • Estructura general: $(-M-C-C-M-C-C-)_n$ • Ej. El estireno-butadieno acrilonitrilo-butadieno-estireno  <p>estireno-butadieno</p>  <p>acrilonitrilo-butadieno-estireno</p> <p>7</p>	 <h2>Clasificación</h2> <p>8</p>

Origen

Naturales o Sintéticos

Los polímeros pueden ser de origen natural, es decir, sintetizados (fabricados) por la naturaleza, o bien, pueden ser hechos por el hombre, y en ese caso, se les denomina polímeros sintéticos.

Una tercera posibilidad es que el hombre modifique un polímero natural, con el fin de obtener un producto con determinadas propiedades. Tal es el caso, por ejemplo, del acetato de celulosa, una fibra semi-sintética ampliamente empleada en la industria textil.

9

Ciencias de la tierra II

Naturales

10

Ciencias de la tierra II

Proteínas

Val-Gly-Ala-Leu

Monómeros (aminoácidos)

Polímero (Proteína)

11

Ciencias de la tierra II

ADN

Modelo De WATSON-CRICK

12

Ciencias de la tierra II

Almidón

Monómero (glucosa)

Polímero (almidón)

Carbohidrato formado por Glucosa (azúcar) y que se utiliza como fuente de energía. Esta presente en organismos vegetales

13

Ciencias de la tierra II

Celulosa

Figura 2. Diacetato de celulosa.

14

Ciencias de la tierra II

Polímeros Naturales: Biopolímeros

Las macromoléculas más importantes para la vida son: hidratos de carbono, ácidos nucleicos, lípidos y proteínas

POLÍMERO	MONÓMERO
Proteínas	Aminoácido
Ácidos nucleicos	Nucleótido
Hidratos de carbono	monosacárido

15

Ciencias de la tierra II

Polímeros sintéticos

16

Ciencias de la tierra II



- Son aquellos polímeros que se generan producto de procedimientos químicos (polimerización) controlados por el ser humano.
- En general, los conocemos como plásticos.
- Los polímeros sintéticos son variados y tienen múltiples usos.
- Cabe preguntarse: **¿Cómo sería nuestra vida sin ellos?**

17

Ciencias de la Tierra II



Propiedades físicas

18

Ciencias de la Tierra II




Nylon

- Las **fibras** son aquellos polímeros de los cuales se pueden obtener hilos finos, como por ejemplo, el nylon.



Neopreno

Los **elastómeros** son aquellos polímeros que tienen una gran elasticidad, es decir, pueden estirarse varias veces su longitud y luego recuperar su forma, como el neopreno (goma natural, del neopreno)

19

Ciencias de la Tierra II



- Los **plásticos** son aquellos polímeros que pueden ser moldeados mediante el calor.

- Entre los plásticos vemos los **termoplásticos**, es decir, aquellos que se reblandecen al ser calentados y recuperan su forma al enfriarse y así sucesivamente. Por ejemplo: el polietileno.
- Los **termoestables o termorrígidos** son aquellos que, una vez calentados, moldeados y luego enfriados, no se pueden volver a moldear. Por ejemplo: la baquelita.



Termoestable

20

Ciencias de la Tierra II

Ejemplos y Usos

Polietileno
Usado en bolsas de plástico y juguetes

CC1=CC=CC=C1

Nylon
Usado en cuerdas, medias, textiles

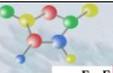
NC(=O)CCCC(=O)N

Poliestireno
Usado en la elaboración de "hielo seco" y aislantes

C1=CC=CC=C1

21

Ciencias de la Tierra II



... F F F F F F F F F F F F F F F F ...

... C - C - C - C - C - C - C - C - C - C - C - C ...

... F F F F F F F F F F F F F F F F ...

TEFLON polymer (segment)




© Thomas Schmitt

22

Ciencias de la Tierra II

Resumiendo

Clasificación de los polímeros

POLÍMEROS

- NATURALES:** pueden encontrarse en la naturaleza (caucho)
- SINTÉTICOS:** se obtienen por síntesis en el laboratorio (caucho sintético)
- HOMOPOLÍMEROS:** obtenidos a partir de un único tipo de monómero
- COPOLÍMEROS:** obtenidos a partir de dos o más tipos de monómeros
- FIBRAS:** polímeros que se pueden tejer en hilos (seda)
- PLÁSTICOS:** se pueden moldear en caliente
- ELASTÓMEROS:** comparten la elasticidad del caucho natural (neopreno)
- TERMOPLÁSTICOS:** se pueden moldear en caliente en repetidas ocasiones
- TERMOESTABLES:** se pueden moldear en caliente solo durante la polimerización

23

Ciencias de la Tierra II



Polimerización



Formación

24

Ciencias de la Tierra II

• La polimerización es un proceso que permite la formación de polímeros tanto naturales como sintéticos, a partir de monómeros.

25

1. De acuerdo con la siguiente tabla observa y analiza los datos, para formar tu propio concepto de polímeros de adición y polímeros de condensación. Para ayudarte contesta las siguientes preguntas

POLIMERO	REACCIÓN DE FORMACIÓN	PROPIEDADES		Su síntesis es por medio de radicales libres	EN SU SÍNTESIS DESPREDE UNA MOLECULA
		TERMOESTABLE	TERMOPLÁSTICO		
POLETILENO	Adición	No	Si	Si	No
POLIAMIDAS	Condensación	Si	No	No	Si
POLESTERES	Condensación	Si	No	No	Si
ACETATO DE POLIVINILO	Adición	No	Si	Si	No
POLIPROPILENO	Adición	No	Si	Si	No
CELULOSA	Condensación	Si	No	No	Si
PVC	Adición	No	Si	Si	No
TENOR FORMALDEHIDO	Condensación	Si	No	No	Si
POLISTIRENO	Adición	No	Si	Si	No
ALMIDÓN	Condensación	Si	No	No	Si

26

Polimerización

La unión de monómeros hace una macromolécula (polímero), donde la unidad monomérica se repite y se representa entre corchete.

Monómero: Tetracloroetileno

Polímero

Polimerización: Es la reacción para formar un polímero (como la que se observa arriba).

27

Polimerización por Adición

• La polimerización comienza por un radical, un catión o anión.

28

29

Por adición: la unión sucesiva de las moléculas del monómero da un único producto

• Formación de polietileno a partir de etileno:

En un polímero de adición, el monómero y la unidad recurrente tienen la misma fórmula empírica

30

	Polímeros de adición (II)		
	Monómero	Polímero	Usos típicos
PE	CH ₂ =CH ₂ Etileno	[-CH ₂ -CH ₂ -] _n Polietileno	Contenedores, tuberías, bolsas, juguetes, cables aislantes.
PP	CH ₂ =CH-CH ₃ Propeno	[-CH ₂ -CH-] _n CH ₃ Polipropileno	Fibras para alfombras, redes de pesca, cuerdas, césped artificial.
PVC	CH ₂ =CHCl Cloroetileno	[-CH ₂ -CH-] _n Cl Policloruro de vinilo (PVC)	Cañerías, mangueras, discos, cuero artificial, envoltorios para alimentos, baldosas.
PAN	CH ₂ =CHCN Acilonitrilo	[-CH ₂ -CH-] _n CN Poliacilonitrilo	Fibras para ropa, alfombras, tapices.
PS	CH ₂ =CH- Estireno	[-CH ₂ -CH-] _n Poliestireno	Espuma de poliestireno, vasos para bebidas calientes, empaques, aislamientos.
	CF ₂ =CF ₂ Tetrafluoretileno	[-CF ₂ -CF ₂ -] _n Teflón	Recubrimientos antiadherentes para utensilios de cocina.

31

Polimerización por Condensación

32

Por condensación: los monómeros se unen produciendo dos tipos de compuestos (polímero + agua)

• **Formación de almidón a partir de glucosa:**

$$n \text{ Glucosa (C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) \rightarrow \text{Almidón (polímero)} + n \text{ H}_2\text{O}$$

En un polímero de condensación, la fórmula empírica del monómero no coincide con la unidad recurrente.

Ciencias de la tierra II 33

NAILON

$$\text{HO}-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH} + \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2 \rightarrow \text{HO}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$$

El grupo -COOH del ácido adípico reacciona con el grupo -NH₂ de la hexametilendiamina, desprendiéndose una molécula de agua:

Por adición sucesiva de ambos monómeros, se forma finalmente, el polímero:

Ciencias de la tierra II 34

ACTIVIDAD DIDÁCTICA PARA TRABAJAR EN CLASE

I. De acuerdo con la siguiente tabla observa y analiza los datos, para formar tu propio concepto de polímeros de adición y polímeros de condensación. Para ayudarte contesta las siguientes preguntas

POLÍMERO	REACCIÓN DE FORMACIÓN	PROPIEDADES			
		TERMOESTABLE	TERMOPLÁSTICO	Sus monómeros están unidos por grupos funcionales	EN SU SÍNTESIS DESPRENDE UNA MOLÉCULA
POLIBLENDO	Adición	No	Si	No	No
POLIAMIDAS	Condensación	Si	No	Si	Si
POLISTIRENO	Condensación	Si	No	Si	Si
ACETATO DE POLIVINILO	Adición	No	Si	No	No
POLIPROPILENO	Adición	No	Si	No	No
CELULOSA	Condensación	Si	No	Si	Si
PVC	Adición	No	Si	No	No
FENOL-FORMALDEHÍDO	Condensación	Si	No	Si	Si
POLESTIRENO	Adición	No	Si	No	No
ALMIDÓN	Condensación	Si	No	Si	Si

Ciencias de la tierra II 35

Bibliografía

- Bloomfield M. (1997). *Química de los Organismos Vivos*. 1era ed. México: Editorial LIMUSA
- Garritz A. y Chamzo J.A. (1994). *Química*. 1era ed. Estados Unidos: Editorial Addison-Wesley
- Saemmons, G. (1996). *Fundamentos de Química Orgánica* 2da ed. México: Editorial LIMUSA
- Fred W. Billmeyer J. R. (2004). *Ciencia de los polímeros*. España: Reverté.
- Raimond S. Seymour. (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. España: Reverté.
- Sara Aildabe. (2004). *Química2. Química en acción*. Argentina: Colihue.
- John William Hill. (1999). *Química para el nuevo milenio*. México: Prentice Hall.
- Carl S. Marvel. (1962). *Introducción a la química orgánica de las moléculas se síntesis*. España: Reverté.
- Rudolph Macy. (2005). *Química orgánica simplificada*. México: Reverté.
- Luis Blurbina y Francisco Liesa. (1990). *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. España: Marcombo.
- José Cegarra Sánchez. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. España: Diaz Santos.
- Santiago V. Luis Lafuente. (1997). *Introducción a la química orgánica*. Costa Rica: La universidad Jaume.
- Victor Mateas Rodriguez Rivera. (2012). *Psicotecnia. Evaluación psicopedagógica*. México: Trillas.

Ciencias de la tierra II 37

ANEXO B: PRE Y POST-TEST DE EVALUACIÓN

POLÍMEROS: REACCIONES DE ADICIÓN Y CONDENSACIÓN

Nombre: _____ Edad: _____

I. Completa las siguientes frases con la respuesta correcta

1. _____ son macromoléculas de alto peso molecular, construidos de unidades repetitivas llamadas monómeros
2. _____ son las unidades repetitivas que forman a los polímeros
3. Según el tipo de reacción de formación los polímeros se clasifican en: _____
4. Este tipo de reacción de polimerización que se lleva a cabo por radicales libres: _____
5. En la polimerización por _____ la molécula entera de monómero pasa a formar parte del polímero
6. En la polimerización por condensación las unidades del monómero tienen _____ que pueden reaccionar entre sí
7. En la _____ se desprende una molécula generalmente agua o dióxido de carbono

II. Con tus propias palabras define:

8. Polimerización por adición

9. Polimerización por condensación

10. ¿Cuál fue tu sentir durante la clase (te gusto, cumplió tus expectativas)?

ANEXO C: EXPERIMENTOS DE LABORATORIO

EXPERIMENTO 1. SÍNTESIS DE RESINA GLYPTAL

INTRODUCCIÓN

Un polímero es una gran molécula de alto peso molecular construida por la repetición de unidades químicas simples. La unidad repetitiva del polímero es equivalente a un monómero o material de partida del que se forma. Los polímeros en general se clasifican por su naturaleza dos grupos: en naturales y sintéticos.

En 1929 W. H. Carothers sugirió una clasificación de los polímeros en dos grupos con base en su mecanismo de formación o polimerización: polímeros de condensación y de adición. Los primeros de condensación son aquellos en los que la fórmula molecular de la unidad repetitiva de la cadena de polímero carece de algunos átomos presentes en el monómero del que se está formando. Por ejemplo: un poliéster se forma por las reacciones típicas de condensación entre monómeros bifuncionales con la eliminación de agua.

Las resinas "Glyptal" o alquídicas constituyen uno de los numerosos campos de aplicación de los poliésteres; originalmente los glyptales son resinas compuestas de glicerina y anhídrido ftálico, actuando ambos como tri y di funcionales, respectivamente; con el empleo de estas dos sustancias y llevando la reacción hasta el final, se obtiene un material de alto encadenamiento reticular. La siguiente imagen se muestra la reacción que tiene lugar para la formación del polímero Glyptal (Figura 1):

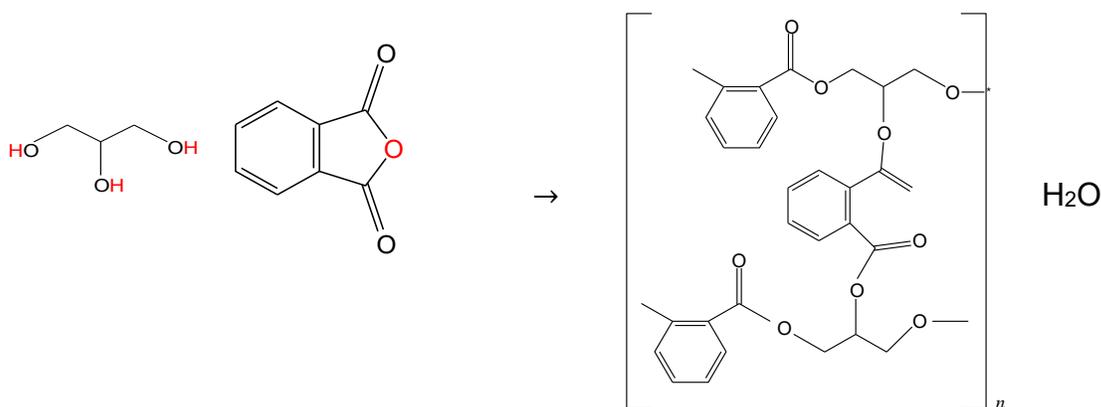


Figura 1. Esquema de reacción de formación del polímero Glyptal

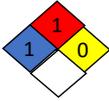
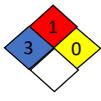
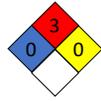
Con una porción adecuada de los grupos reactivos pueden obtenerse materiales flexibles de un grado correcto de dureza y solubilidad, que se utilizan como excelentes blanqueantes y entre ellos se encuentran los esmaltes también como pinturas base solvente o comúnmente conocidas como "pinturas de aceite". Por introducción de cadenas de glicoles de cadena larga, ácidos dicarboxílicos alifáticos o ácidos carboxílicos de cadena larga pueden obtenerse modificaciones ulteriores de la flexibilidad; quizás es bueno apuntar que el acabado con resinas alquídicas producen buenas superficies y tienen una estructura que se asemeja al material formado en la oxidación (secado) de los aceites secantes,

constituidos por triglicéridos de ácidos no saturados de cadena larga. En la operación de secado, las cadenas alquídicas conviene que reticulen para dar cadenas poliméricas, y la reestructuración resultante es más o menos una estructura similar a la de las resinas alquídicas.

MATERIAL, REACTIVOS Y EQUIPO

Material	Equipo	Reactivos
1 frasco con tapa	Balanza analítica	Glicerina
1 vidrio de reloj		Anhídrido ftálico
1 varilla de vidrio		
1 parrilla de calentamiento		

Tabla 2: Propiedades físicas, químicas y riesgos a la salud, al ambiente y de accidentes químicos de productos, disolventes y reactivos utilizados en la síntesis por condensación de glyptal.

Nomenclatura	Glicerina	Anhídrido ftálico	Glyptal	Agua
Rombos de seguridad				
Pictogramas especiales				

PROCEDIMIENTO

1. Verter 4g de glicerina en el frasco y añadir 6g de anhídrido ftálico poco a poco en el frasco e ir mezclando para su incorporación.
2. Calentar la mezcla hasta 150°C en la parrilla de calentamiento
3. Después taponarlo con un vidrio de reloj, y calentar hasta ebullición (290°C).
4. Mantener la mezcla hirviendo de 10 minutos, hasta que la viscosidad aumente
5. Anote sus características y entréguelo con su reporte.

Notas:

1. Encima del vidrio colocar un poco de agua fría para observar la condensación de vapor de agua. Liberar los gases desprendidos cada 3 minutos, con el fin de evitar accidentes.
2. La densidad de la glicerina es de 1.26g/ml, 4g ocupan 3.2 ml. Si se calienta ligeramente es más fácil de manipular.
3. El frasco lo llevarán los alumnos el día de la práctica y los reactivos serán proporcionados por el profesor

OBSERVACIONES:

RESULTADOS

Con base en tus observaciones, llena la siguiente tabla colocando si obtuviste o no las características del polímero:

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base al análisis de resultados genera tus propias conclusiones.

CONCLUSIONES:

EXPERIMENTO 2. UÑAS DE ACRÍLICO

Una de la síntesis de polímeros más importante es la síntesis por adición de poli(metilmetacrilato) (PMMC, por sus siglas en inglés: **polymethyl methacrylate**), a partir del monómero metacrilato de metilo.

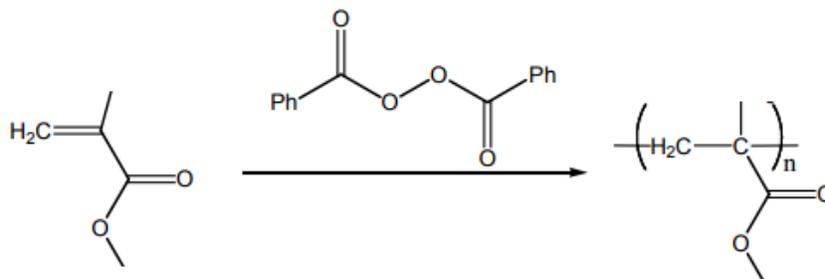


Figura B.1. Esquema de reacción de la síntesis por adición

Por otro lado, nuestra cultura ha adoptado nuevas formas de satisfacer a la vanidad, la utilización de uñas postizas a base de acrilatos es un fenómeno creciente debido a su uso excesivo. La técnica de aplicación incluye limar la superficie ungueal para facilitar la adhesividad de la nueva uña. Luego se aplican varias capas del líquido que contiene el monómero acrílico, mezclado con el polvo que contiene el polímero. Se finaliza con el pulido y esmaltado de la uña esculpida (CFUAPB, 2004).

La fórmula de las uñas esculpidas está formada por un líquido a base de monómeros ácido metacrílico, un estabilizador antioxidante (hidroquinona), un activador o autopolimerizador (N,N dimetil-*p*-toluidina), polvos formados por un polímero (metil-polimetacrilato, un iniciador (peróxido de benzoilo) y otros componentes opcionales (pigmentos, filtros ultravioleta, plastificantes y solventes) (Lawrence, 2003). En la Tabla B1, se muestran las estructuras químicas de los principales componentes del polímero usado en las uñas de acrílico. Cabe mencionar que tanto el polímero, como el monómero son comercializados listo para utilizarse.

Tabla 1. Propiedades físicas, químicas y riesgos a la salud, al ambiente y de accidentes químicos de productos, disolventes y reactivos utilizados en el experimento de las uñas de acrílico.

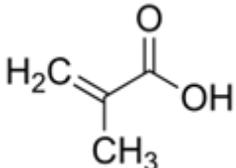
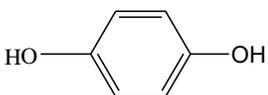
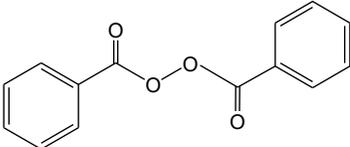
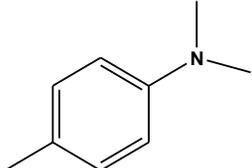
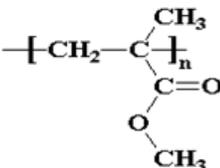
Nomenclatura	Glicerina	Función	Rombo de seguridad	Pictogramas especiales
Ácido metacrílico		Monómero		
Hidroquinona		Inhibidor		
Peróxido de benzoilo		Iniciador		
N,N-Dimetil- <i>p</i> -toluidina		Activador		
Fragmento de la cadena polimérica de poli metacrilato de metilo (sólido)		Polímero		

Tabla B.1. Material y reactivos utilizados

Material	Reactivos
1 espátula 1 gotero 1 vidrio de reloj	Muestra comercial de monómero Muestra comercial de polimetilmetacrilato

PROCEDIMIENTO:

Tomar con un gotero, una gota de líquido que contiene el monómero de ácido metacrílico y el activador (líquido) y colocarlo en un vidrio de reloj

Agregar con la punta de la espátula un poco de polvo que contiene al polimetilmetacrilato y el catalizador

Formar una pasta y extenderla sobre la uña de alguno de sus compañeros.
Anotar sus observaciones.

OBSERVACIONES:

RESULTADOS

Con base en tus observaciones, llena la siguiente tabla colocando si obtuviste o no las características del polímero:

	RESINA GLYPTAL	POLIMETIL METACRILATO
Formación de polímero		
Cambio de color		
Desprendimiento de vapor		

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base al análisis de resultados genera tus propias conclusiones.

CONCLUSIONES:

ANEXO E: CONSTANCIAS DE PARTICIPACIÓN EN FOROS

(2015)



(2016)

**Universidad Nacional
Autónoma de México**
Coordinación de Estudios de Posgrado
Maestría en Docencia para la Educación Media Superior
(MADEMS)

**UNAM
POSGRADO** 

Emiten la siguiente:

CONSTANCIA

A: **Anabel Hernández Escamilla**

Por su ponencia presentada en el X Coloquio de Maestros MADEMS, celebrado en las instalaciones de la Unidad de Posgrados, C.U. del 30 de noviembre al 2 de diciembre del presente con duración de 20 horas.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd.Mx. 2 de diciembre de 2016


Dra. María Esther Urrutia Aguilar
Coordinadora


MADEMS
Maestría en Docencia
para la Educación Media Superior

(2017)



#educatic2017

Universidad Nacional Autónoma de México
La Coordinación de Desarrollo Educativo e Innovación Curricular,
la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia y la
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

extienden la presente constancia

a

Anabel Hernández Escamilla

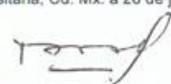
por la presentación de la ponencia *Estrategia didáctica para la enseñanza - aprendizaje de tipos de polimerización: condensación y adición, en la Educación Media Superior*, en el

3er. Encuentro universitario de mejores prácticas de uso de TIC en la educación

realizado por la Coordinación de Tecnologías para la Educación – h@bitat puma de la DGTIC del 26 al 28 de julio de 2017 en la Escuela Nacional de Trabajo Social.

DGTIC

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, Cd. Mx. a 28 de julio de 2017

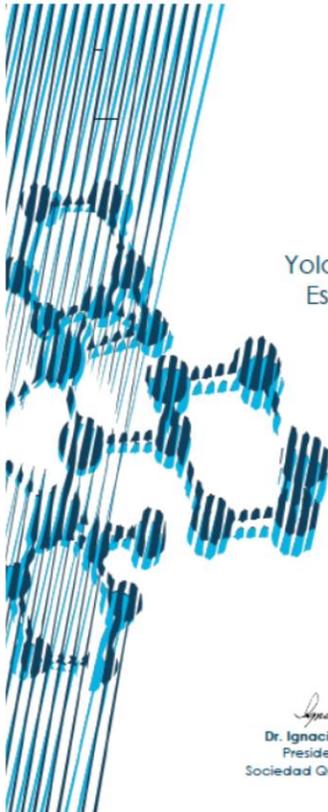


Dra. Marina Kriscutzky Laxague
Presidenta del Comité Organizador



educatic2017 PE155

(2019)



Sociedad Química de México, A. C.
"La química nos une"
otorga la presente

Constancia

a

Yolanda Marina Vargas-Rodríguez, Anabel Hernández-Escamilla, Adolfo Obaya, Guadalupe Iveth Vargas-Rodríguez, Suemi Lima-Vargas, René Miranda.

por su participación presentando el
Trabajo Profesional en Modalidad Cartel titulado
"Secuencia didáctica para la enseñanza y aprendizaje de la síntesis de polímeros en la Educación Media Superior. Impacto ambiental de los polímeros".

54º Congreso Mexicano de Química
38º Congreso Nacional de Educación Química
Del 30 de septiembre al 3 de octubre
Complejo Cultural Universitario, BUAP
Pue., Puebla, México.


Dr. Ignacio González Martínez
Presidente de congresos
Sociedad Química de México, A.C.


Dr. Jorge Raúl Cerna Cortez
Director, Facultad de Ciencias Químicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

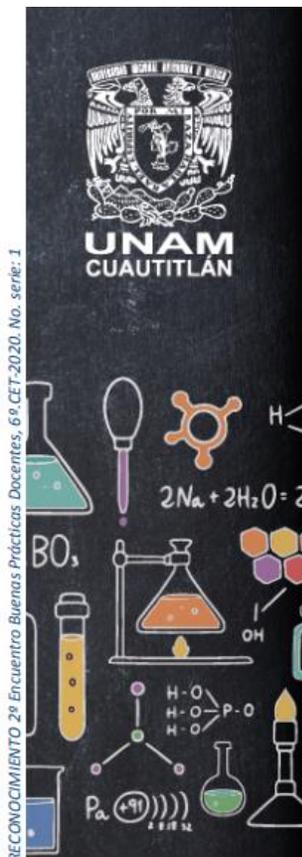


BUAP



SOCIEDAD QUÍMICA DE MÉXICO, A.C.
"La química nos une"

(2020)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

Otorgan el presente

RECONOCIMIENTO a:

Anabel Hernández Escamilla, Guadalupe Iveth Vargas Rodríguez, Adolfo Obaya Valdivia y Yolanda Marina Vargas Rodríguez

POR LA PRESENTACIÓN DE SU TRABAJO:

“SECUENCIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA SÍNTESIS DE POLÍMEROS EN LA EMS ENMARCADA EN CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD-AMBIENTE (CTSA)”

GANADOR DEL 2º LUGAR DE CARTEL CIENTÍFICO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN EN EL
6º CONGRESO DE CIENCIA, EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA Y EL
2º ENCUENTRO DE BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

Que se llevó a cabo del 9 al 11 de DICIEMBRE de 2020 en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Estado de México a 11 de DICIEMBRE 2020

Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez
Jefa de la División de Ciencias Químico Biológicas