



# 10P

## La magia de los biopolímeros

---

**I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina**

**pBiól. Jaime Domínguez Córdova**

**Dr. José Manuel Cervantes Uc**

**Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes**

Unidad de Materiales (Laboratorio de Biomateriales)

### Descripción

Las y los estudiantes conocerán aspectos básicos de los biopolímeros y la magia que los acompaña, debido a su participación en procesos cotidianos, industriales y de la salud; todo ello a través de actividades experimentales guiadas y preguntas detonadoras de conocimiento.

### Objetivo

Conocer qué son los biopolímeros y cuáles son los beneficios que ofrecen en la cotidianidad de nuestra vida, a nivel industrial y en nuestra salud.



### Materia afín

- Ciencias Naturales/Los seres vivos y su diversidad/La investigación en las Ciencias Naturales.
- Biología/Física/Química/Tecnología.
- Tecnología de la información y comunicación (MOI).
- De la información al conocimiento.
- Argumentación.
- Optimización en sistemas naturales.

### ¿Qué vas a aprender?

- Conocerás las propiedades que caracterizan a los biopolímeros y comprenderás lo amplio de sus aplicaciones en procesos cotidianos, industriales y de la salud.
- Aprenderás a obtener biopolímeros de fuentes naturales y de fácil acceso, a través de actividades experimentales basadas en el método científico.
- Reforzarás tus habilidades actitudinales mediante el trabajo en equipo, desarrollo de habilidades experimentales, expositoras y de búsqueda de información.

#### Pregunta inicial

¿Cuál es la magia de los biopolímeros?



### PANORAMA GENERAL DEL TEMA

En la actualidad es muy común asociar el término **polímero** con la palabra plástico. Al hacerlo, casi siempre nos vienen a la mente los problemas de contaminación del medio ambiente ocasionados por estos materiales; en este sentido, conviene mencionar que no todos los polímeros son plásticos, pero sí todos los plásticos son polímeros.

El término polímero se usa para referirse a **macromoléculas** que están formadas por la repetición de un grupo de átomos (en algunas ocasiones puede haber dos o más grupos diferentes de átomos) provenientes de moléculas denominadas **monómeros**. De acuerdo con su origen, los polímeros pueden clasificarse en sintéticos y naturales.

En la vida diaria, tal vez los polímeros más conocidos por la población en general sean

los de origen sintético como el polietileno, el polipropileno, el polietileno tereftalato (PET), el policloruro de vinilo (PVC), el polimetacrilato de metilo (acrílico), entre otros; sin embargo, también existen polímeros que provienen de la naturaleza, como la celulosa, el **almidón**, la **colágena**, etc. A estos materiales se les comenzó a denominar **biopolímeros**, por haber sido obtenidos a partir de organismos vivos.

En los últimos años estos polímeros han cobrado importancia, ya que no solo provienen de fuentes renovables, sino que son **biodegradables** a diferencia de los polímeros sintéticos que generalmente se obtienen de fuentes no renovables como el petróleo y, por ende, son materiales no biodegradables.



Debido al desarrollo de la ciencia y la tecnología en el campo de los polímeros, en particular los avances científicos logrados en los procesos de síntesis, hoy en día existen polímeros que son biodegradables y que fueron sintetizados a partir de derivados del petróleo, tales como la policaprolactona (PCL) o el polialcohol vinílico (PVA), o bien, polímeros biodegradables de importancia científica y comercial que se obtienen mediante reacciones químicas que modifican la estructura química de un polímero presente en la naturaleza para dar lugar a uno nuevo (como el quitosano que se obtiene a partir de una reacción de desacetilación de la quitina, la cual está presente en los caparazones de los crustáceos).

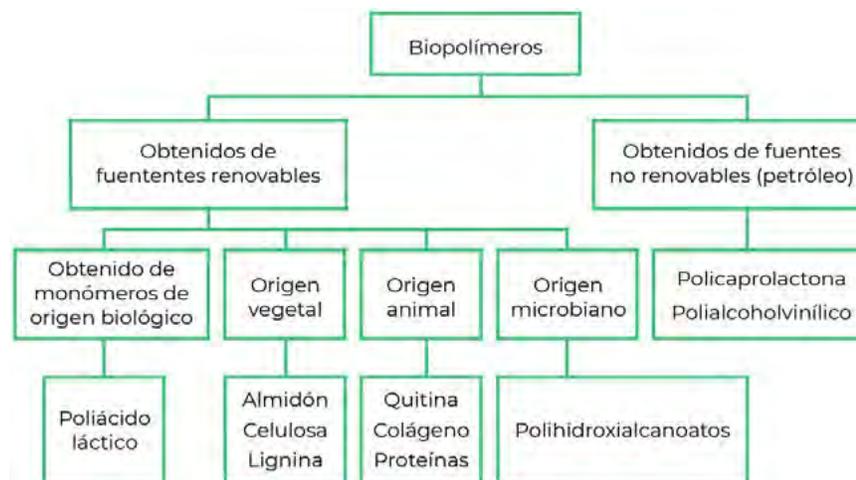
Por el contrario, hay polímeros que son sintetizados a partir de compuestos químicos obtenidos de plantas y que no son biodegradables, como el polietileno derivado de la caña de azúcar.

Debido a todo lo anterior, el término biopolímero ha evolucionado para referirse, de manera incluyente, a todos los polímeros biodegradables, ya sea que estos hayan sido obtenidos a partir de compuestos derivados del petróleo, o bien, producidos de fuentes naturales mediante la síntesis o modificación química de un material biológico o enteramente biosintetizado por organismos vivos.

A pesar de lo anterior, algunos autores y autoras se resisten a considerar como biopolímeros a aquellos materiales poliméricos que, a pesar de ser biodegradables, fueron preparados a partir de compuestos derivados del petróleo (Smith A. et al., 2016; Vert M. et al., 2012). En la **Figura 1** se puede apreciar un esquema que muestra la clasificación de los biopolímeros más comunes según su origen.

En la última década, el término biopolímero también ha sido confundido con el término **biomaterial**, usándose ambos vocablos, de manera indistinta, para referirse a los polímeros producidos de fuentes naturales. Esto, aunque es incorrecto, está profusamente difundido no solo en el internet, sino también en la literatura científica. En este sentido, el término biomaterial debe ser empleado para referirse a todo aquel material (polímero, cerámico o metal) que se utilice, ya sea solo o en combinación con otros, para interaccionar con sistemas vivos durante el curso de cualquier procedimiento terapéutico o de diagnóstico; es decir, materiales empleados en la medicina u odontología (Ghasemi-Mobarakeh L. et al., 2019; Today M., 2019).

Recientemente el concepto de biopolímero ha cobrado auge, no solo por ser un material biodegradable y poder sustituir a sus con-



**Figura 1.** Clasificación de los biopolímeros según su origen (basado en Bledzki A. K. et al., 2012; Karthik T. et al., 2018; Rastogi V. K. et al., 2015).



trapartes sintéticas no biodegradables, sino porque los biopolímeros se encuentran en todos lados. Ejemplos de lo anterior son los almidones que encontramos en algunos alimentos; la celulosa que podemos encontrar no solo en la ropa hecha de algodón, sino también en los materiales lignocelulósicos, en cuyo caso se encuentra asociada con otro biopolímero como la lignina; en los caparazones de algunos crustáceos, en los que podemos encontrar a la quitina (y después de modificar esta, podemos obtener quitosano); el alginato, que se obtiene del sargazo y que sirve en la industria alimentaria y farmacéutica; la seda, que se utiliza para confeccionar ropa y que se obtiene de los gusanos, etc. Algunos biopolímeros como la pectina y las gomas, se utilizan como espesantes en la industria alimentaria. Los biopolímeros también se encuentran en las

personas y animales constituyendo su piel y su pelo o cabello; la colágena y la queratina son ejemplos de esto. Algunos biopolímeros como el poli(ácido láctico), el poli(ácido glicólico) y la PCL, han sido usados en medicina para elaborar dispositivos médicos y/o hilos de sutura bioabsorbibles.

De lo anterior, es claro percibir que los biopolímeros no solo se encuentran en infinidad de materiales que observamos todos los días, sino que sus usos y aplicaciones son de lo más variadas, yendo desde cosas muy simples hasta muy sofisticadas (Xiong R. et al., 2018). Por lo tanto, en este capítulo abordaremos **La magia de los biopolímeros**, en donde podremos ver cómo se obtienen algunos de ellos y platicaremos sobre qué tan importantes son en nuestra vida cotidiana, a nivel industrial y en el cuidado de nuestra salud.

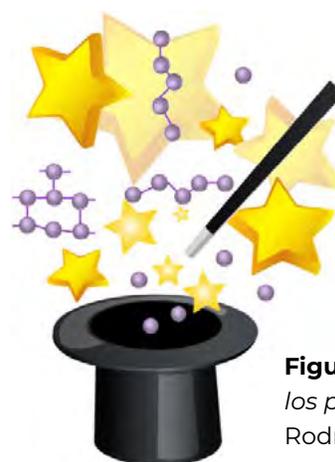


## PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo ha sido redactado por académicos y estudiantes del Laboratorio de Biomateriales de la Unidad de Materiales del CICY, y se desarrollará aplicando el **método científico**, implementando prácticas simples con utensilios e insumos de fácil acceso que te conducirán en el mundo de los materiales poliméricos, particularmente de los biopolímeros y de las múltiples aplicaciones que poseen.

Durante el desarrollo de las actividades diseñadas para ti, conocerás y comprenderás aspectos relacionados con los biopolímeros, en dónde se encuentran, por qué se utilizan, qué son; así como las características que favorecen su utilidad en la vida cotidiana, la industria y la salud; incluso su participación en procesos de **regeneración de tejidos** y órganos. ¿No sería sorprendente descubrir que, en tu vida diaria, incluso en tu propio cuerpo, en los cuadernos en los que tomas apuntes, en tu ropa, en la curación de tus

heridas, están presentes los biopolímeros? Todo ello lo podrás develar a través de actividades experimentales que te permitirán ir paso a paso para responder a estas y a muchas otras interrogantes, a la vez que refuerzas tus habilidades en la búsqueda de información, para finalmente ser testigo de lo que parecieran mágicas aplicaciones de estas **biomoléculas** (Figura 2).



**Figura 2.** La magia de los polímeros (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).



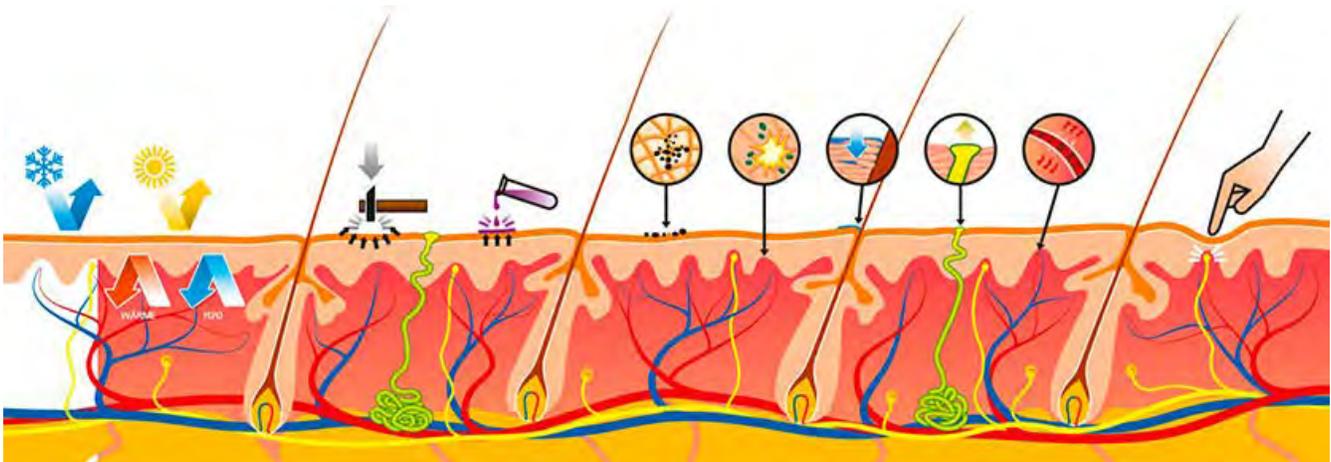
## DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



### Actividad 1. La fórmula de la juventud (extracción de colágena)

La piel es el órgano más extenso del cuerpo humano y es la encargada de diversas funciones vitales como: protección del medio ambiente, control de temperatura, humectación y respuesta a estímulos (Fore, 2006) (**Figura 3**). Estas funciones se van reduciendo con procesos naturales como el envejeci-

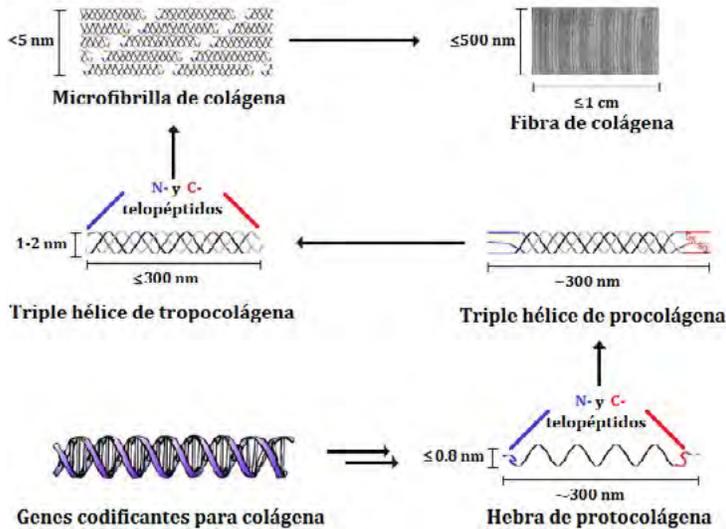
miento y algunas enfermedades relacionadas con defectos en la síntesis de la colágena (osteogénesis imperfecta, síndrome de Ehlers-Danlos, entre otras), las cuales producen adelgazamiento, pigmentación y disminución en la resistencia y elasticidad de la piel (Fore J., 2006; Lozada M. M. et al., 2019).



**Figura 3.** Funciones de la piel. En la imagen se muestran todos los agentes externos de los cuales nos protegemos (Fuente: *Conoce Tu Piel*, 2019 [<https://hidrotelial.com/conoce-tu-piel-2>]).

La colágena es la proteína más abundante en el ser humano y representa el 30% de las proteínas totales del cuerpo, y se produce en la piel por la acción de células conocidas como fibroblastos. Esta proteína es la encargada de mantener unidas diferentes estructuras del organismo a través de la formación de fibras resistentes y flexibles, las cuales unen los tejidos conectivos (como músculos y piel) y también proporcionan elasticidad (Shoulders M. D. et al., 2009c; Yang X. et al., 2021).

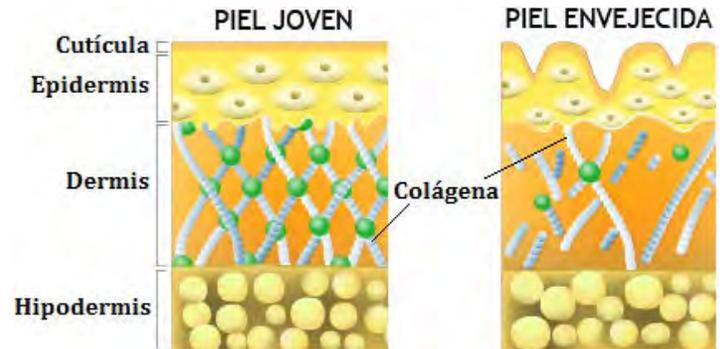
Estructuralmente, la colágena es considerada un polímero constituido por cadenas de polipéptidos, los cuales a su vez están formados por secuencias de aminoácidos; la unidad básica de la colágena se llama tropocolágena y consiste en tres cadenas polipeptídicas entrelazadas, dando lugar a una triple hélice. Las moléculas de tropocolágena se agrupan formando las fibrillas de colágena (Shoulders M. D. et al., 2009a) (**Figura 4**).



**Figura 4.** Formación de fibrillas de colágena. Se muestra la síntesis de la colágena, desde su expresión génica, su maduración y finalmente, la formación de fibras (tomado y modificado de Shoulders M. D. et al., 2009a).

En la piel, la colágena brinda protección ante factores externos y también ayuda a la hidratación; a su vez, le proporciona firmeza y es esencial para el proceso de cicatrización de heridas. Sin embargo, a medida que pasan los años, la producción de colágena se reduce hasta 1% dentro del organismo, por lo que es necesario incorporar productos que aporten esta proteína a nuestra dieta. Entre los alimentos que contienen colágena podemos encontrar la carne de diversos animales como pollo, res, puerco y algunas especies marinas; asimismo es posible extraer colágena de diversas partes del cuerpo de estos animales de consumo humano. Dichas partes en muchas ocasiones son ignoradas y consideradas como residuos o desperdicios, sin embargo, la cantidad de proteína presente en ellas puede ayudar a generar productos alimenticios y cosméticos de alto valor y con grandes beneficios para ayudar a la síntesis de colágena en el cuerpo o suplementar la falta de la misma (Valencia-Gómez L. E. et al., 2016). En los últimos años, la producción

de colágena para la industria farmacéutica y alimenticia ha ganado interés debido a sus propiedades funcionales (Chan W. W. et al., 2020; Lupu M. A. et al., 2020) (**Figura 5**).



**Figura 5.** Proporción de colágena en la piel joven versus la piel envejecida (tomado de *AsoColDerma*: <https://antienvjecimiento.asocolderma.org.co/ilustracion-piel-joven-piel-envejecida/>).

Entre los productos que podemos consumir para obtener colágena se encuentra la **gelatina, hidrolizada** que se obtiene al procesar mediante la cocción el tejido conjuntivo (de huesos, piel, cartílago y escamas). La gelatina tiene la propiedad de solidificarse y formar un gel, que a la vez, conserva sus características bioactivas beneficiosas tanto para su consumo como para su aplicación cosmética e incluso farmacéutica como parte de **andamios** para la ingeniería de tejidos (Figueres-Juher T. et al., 2015; Miano-Rojas A. et al., 2014).

## Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos de la colágena en la salud de la piel?

## Objetivo

Extraer colágena de manera casera y analizar sus beneficios para el cuidado de la salud de la piel.



### Materiales

- 1 olla con capacidad para 3 litros.
- 1 cuchara grande.
- 1 cuchillo.
- 1 colador.
- 5 vasos resistentes al calor.
- 1/2 kilo de patas de pollo.
- 3 litros de agua potable (bebible).

### Desarrollo

1. Lavar las patas de pollo para eliminar los restos de sangre y grasa.
2. Cortar las uñas y quitarles las costras con el apoyo de un cuchillo.



#### NOTA

Remojarlas unos segundos en agua caliente ayuda a una limpieza adecuada para el proceso.



3. Poner todas las patas de pollo en la olla y agregar los 3 litros de agua.



4. Hervir a fuego alto hasta que hierva. Cuando lo haga, disminuir a fuego bajo.



5. Calentar 1 hora y media a fuego bajo con la olla destapada para permitir la reducción del caldo.



#### NOTA

Para que las patas de pollo hiervan, se puede usar la tapa (punto 4). Después de hervir, se debe bajar el fuego y retirar la tapa (punto 5). Durante el tiempo de calentamiento, retirar la espuma y la grasa excesiva que se va formando, sobre todo al principio de la cocción.

6. Retirar la olla del fuego y sacar las patas de pollo con la cuchara.





**NOTA**

Las patas de pollo estarán suaves y con consistencia gelatinosa, lo que asegura la máxima extracción de la colágena.

7. Colar el caldo para eliminar la mayor cantidad posible de impurezas.



8. Vaciar el líquido en los vasos. Dejar 15 minutos a temperatura ambiente y luego refrigerar por 2 horas.



9. Sacar del refrigerador y revisar que se haya formado la gelatina.



**NOTA**

Puedes usar porciones de la gelatina que obtuviste en el consumo de alimentos como sopas, ya que al volver a calentarse se vuelve líquido nuevamente, o adicionarle azúcar o algún sabor y fruta y comerla dulce.

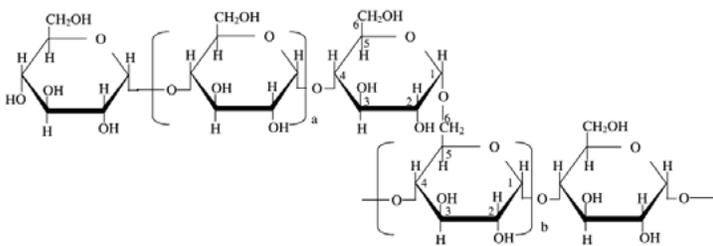
**Conclusiones**

- ¿Qué proceso químico es el que ocurre para que ocurra la transición de colágena a gelatina?
- ¿Por qué consideras que las patas de pollo son buena fuente de colágena?
- ¿Por qué es importante la colágena en la piel?
- ¿De qué manera podemos obtener colágena si nuestro cuerpo tiene dificultad para sintetizarla?
- ¿Qué consideras que ocurriría en órganos como el corazón y el hueso, si no tuvieran colágena?
- ¿Cómo está constituida estructuralmente la colágena?
- Menciona dos aplicaciones que conozcas sobre la colágena en la industria, en tu vida cotidiana y en la salud.



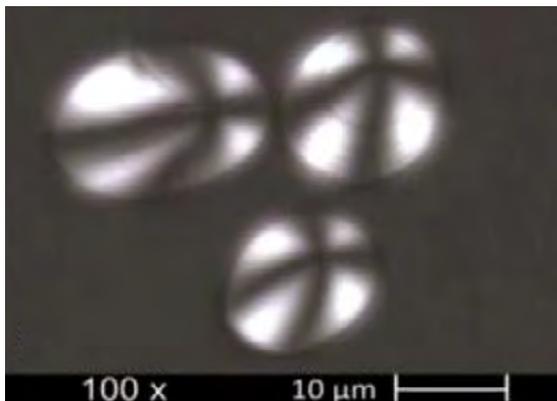
## Actividad 2. Almidantástico (extracción de almidón)

El almidón es un polímero semicristalino que está constituido por amilosa y amilopectina (**Figura 6**), las cuales representan entre el 98 y 99% del peso seco en la mayoría de los almidones (Kirk R. et al., 2013; Tester R. F. et al., 2004).



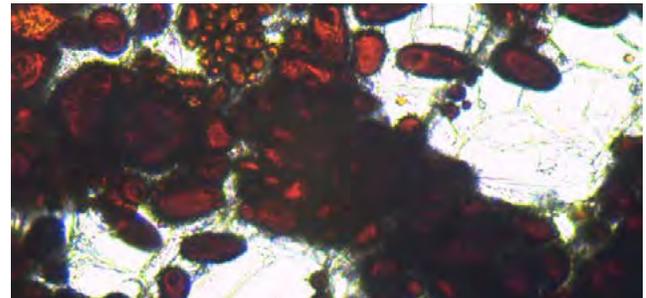
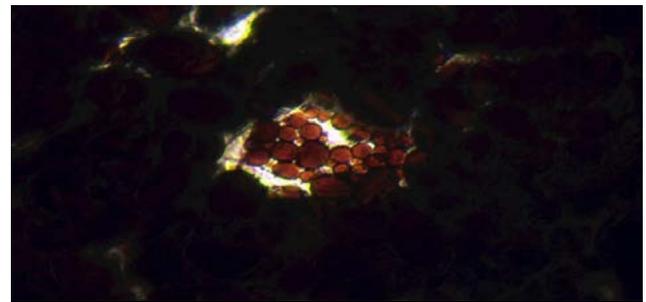
**Figura 6.** Estructura química del almidón (tomado y modificado de Tester et al., 2004).

En las plantas y vegetales, el almidón es la principal reserva de alimento y constituye dos terceras partes de la ingesta calórica de carbohidratos en los humanos. De manera comercial, este polímero se obtiene de semillas (maíz, trigo y arroz) y de raíces y tubérculos como la papa (Pardo C. et al., 2013), en los que se encuentra en forma de gránulos (**Figura 7**).



**Figura 7.** Micrografía electrónica de barrido de los gránulos de almidón de papa (tomado de Vargas, Martínez, & Velezmore, 2016).

Las células presentes en las semillas son ricas en organelos denominados plastos, los cuales están involucrados en la síntesis de almidón (Crang R. et al., 2018). Los plastos que almacenan este biopolímero se denominan leucoplastos o amiloplastos (**Figura 8**).



**Figura 8.** Amiloplastos de papa. En la imagen superior, se observa un cúmulo de amiloplastos en el centro. En la imagen inferior, una amplificación de amiloplastos libres. Los amiloplastos fueron teñidos con lugol, un colorante que se une al almidón y da una coloración distintiva (Foto: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).

El almidón es ampliamente utilizado en la industria alimenticia, donde se utiliza como espesante para preparar diversos platillos como, por ejemplo, los aderezos, rellenos de tarta y dulces, entre otros. También se utiliza como aditivo en la fabricación de papel, la industria de los textiles, la industria minera y para elaborar adhesivos (Kirk R. et al., 2013). Este biopolímero también tiene diversas aplicaciones en la salud; por ejem-



plo, se ha demostrado que derivados resistentes de almidón vegetal exhiben efectos positivos sobre la disminución de la respuesta glicémica (elevación patológica de azúcar en sangre), lo cual podría tener efectos benéficos en el tratamiento de enfermedades como la diabetes. También ha demostrado inducir saciedad en pacientes que lo ingieren vía oral sin incremento de peso, y se ha relacionado con la regulación de la presión, así como la normalización de lípidos en sangre; incluso, investigaciones recientes lo colocan como una opción en el manejo de enfermedad renal crónica (Liu H. C. et al., 2020; Lockyer S. et al., 2017; Qin S. M. et al., 2019).

Como puedes ver, este polímero tiene su magia y exhibe aplicaciones en la industria y en la salud. Sin embargo, seguramente tienes algún elemento en casa constituido de almidón, como la fécula de maíz que usas en la cocina e incluso, la solución facilitadora del planchado que empleas para tu ropa; así es, este producto también tiene almidón y ayuda a mantener por más tiempo planchadas las prendas que usas, incluso les da cierta protección contra productos que puedan mancharlas.

En esta actividad obtendrás una solución que te ayudará a rejuvenecer tu ropa a partir de almidón, el cual se puede extraer de diversas fuentes vegetales como la papa.

### **Pregunta de investigación**

¿Puede el almidón vegetal rejuvenecer mi ropa y facilitar el planchado?

### **Objetivo**

Obtener una solución de planchado a base de almidón vegetal.



### **Materiales**

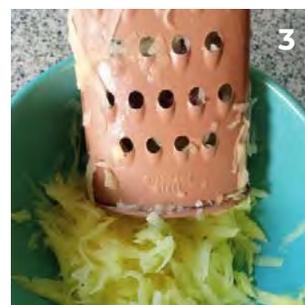
- 1 rallador de vegetales.
- 1 pelador de vegetales.
- 1 papa mediana (7 g).
- 350 ml de agua bebible.
- 1 colador casero.
- 2 recipientes con capacidad de 500 ml (pueden ser de plástico o vidrio).
- 1 mortero con pistilo, o una cuchara y un plato hondo.
- 1 rociador.



### **Desarrollo**

#### ● **Extracción de almidón**

1. Lavar la papa para retirar los restos de tierra.
2. Con mucho cuidado, pelarla con ayuda de un pelador de vegetales o con un cuchillo.
3. Rallar la papa con el rallador de vegetales.
4. Colocar la ralladura obtenida en un recipiente y añadir 250 ml de agua tibia.





- Dejar reposar 1 h para que el agua adquiriera una coloración anaranjada.
- Colocar el colador sobre el otro recipiente y verter la ralladura con el agua.



**NOTA**

Es necesario exprimir muy bien el colador para que atraviese la mayor cantidad de líquido posible.



● **Precipitación del almidón**

- Dejar reposar en refrigeración el recipiente con el líquido filtrado durante 18 horas o toda la noche.

**NOTA**

El almidón disuelto en el líquido precipitará en el fondo del recipiente, por lo que la solución se tornará traslúcida.



- Descartar cuidadosamente el líquido por decantación, asegurando que el almidón se quede en el fondo de vaso.

**NOTA**

Como una opción a la decantación, puedes retirar el líquido sobrante con una cuchara sin tocar el fondo del vaso.



- Dejar reposar, por 18 horas o toda la noche, el precipitado que se formará en el fondo del vaso para que el almidón se deshidrate.

**NOTA**

Se observará un polvo blanquecino: es el almidón. Este paso lo puedes hacer a temperatura ambiente o en el refrigerador (sin congelar).



- Recuperar el almidón deshidratado y triturarlo hasta obtener un polvo fino, con ayuda de un mortero.

**NOTA**

Como una opción, si no cuentas con mortero, puedes usar un plato hondo y una cuchara que funjan como mortero y pistilo.





● **Preparación de la solución de almidón vegetal**

11. Verter en una olla 300 ml de agua y adicionar el almidón deshidratado y triturado (3 g).
12. Colocar la preparación anterior en la estufa y hervir durante 10 minutos.
13. Retirar del fuego y permitir enfriar a temperatura ambiente.
14. Colocar la solución fría en un rociador.
15. Rocía tu ropa con esta solución que has preparado y pláncala o cuélgala. ¡Verás cómo rejuvenecerá! ¡Ni rastros de arrugas!



**Conclusiones**

- Si almidonas la bata blanca que usas en el laboratorio con la solución que acabas de obtener y le cae una gota de lugol, ¿qué color tomaría? Explica tu respuesta.
- Corta un pedazo de tela en dos partes iguales, rocía una con la solución de almidón y la otra déjala sin tratamiento. Permite que sequen por completo y registra tus observaciones comparando la presencia de arrugas, elasticidad y coloración que tienen ambos pedazos de tela. Incluso puedes dejar caer sobre ambas una gota de chocolate y observar la resistencia a mancharse. ¿Qué consideras que ocurriría si rocías un pedazo de tela, dos, tres o cuatro veces con la solución de almidón? ¿Cómo cambiaría la elasticidad y resistencia de la tela? ¿El exceso de almidón podría dañar tu ropa?
- Menciona dos beneficios del almidón en la salud, la industria y en la vida cotidiana.



**Actividad 3. Embalajes ecológicos (mezcla de biopolímeros)**

El desperdicio de alimentos como las frutas y verduras es algo común, tanto en la casa como en las empresas dedicadas al transporte y distribución de alimentos. Este desperdicio se ha relacionado con cuestiones como la maduración temprana o la infección por un agente microbiano. De acuerdo con el Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF, por sus siglas en inglés [World Wildlife Fund]), el 40% de los alimentos cultivados en México no se consumen por su deterioro (Wildlife F. W., 2021). Bajo este panorama, la mayoría de las estrategias empleadas por

diversas empresas y exportadoras se enfocan en el empleo de **embalajes** y la adición de químicos, como el etileno, para evitar la maduración de vegetales y frutas.

Por definición, un embalaje o empaque es un recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal, principalmente para agrupar unidades de un producto pensando en su manipulación, transporte y almacenaje, evitando su maduración temprana y eventual desperdicio (León-Cárdenas J. F., 2013).



En este sentido, las películas fabricadas a base de biopolímeros representan una excelente opción para preservar los alimentos y retardar su maduración (Aguilar-Méndez M. A. et al., 2012). La fabricación de este tipo de embalajes biopoliméricos frecuentemente se realiza mediante la polimerización de diversos elementos (Canché-Escamilla G. et al., 2005; Enríquez C. et al., 2012).

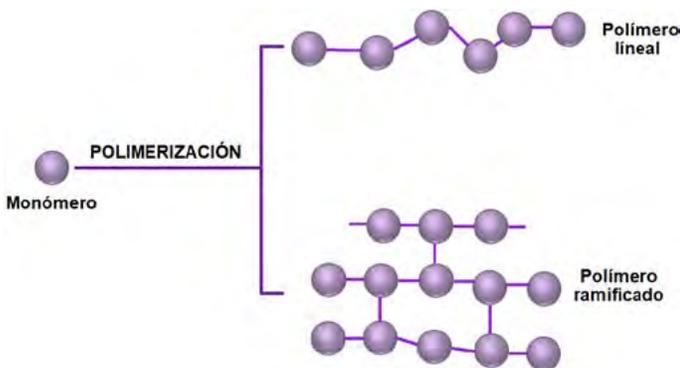
La polimerización es un conjunto de reacciones químicas mediante las cuales los monómeros, iguales o diferentes entre sí, interactúan por medio de reacciones químicas para formar moléculas de gran tamaño (polímeros) (Figura 9). La polimerización es un proceso muy utilizado en la industria petroquímica para la formación de diferen-

tes plásticos (polímeros) y gomas sintéticas (elastómeros) (Fried J. R., 2003; Química I., 2020).

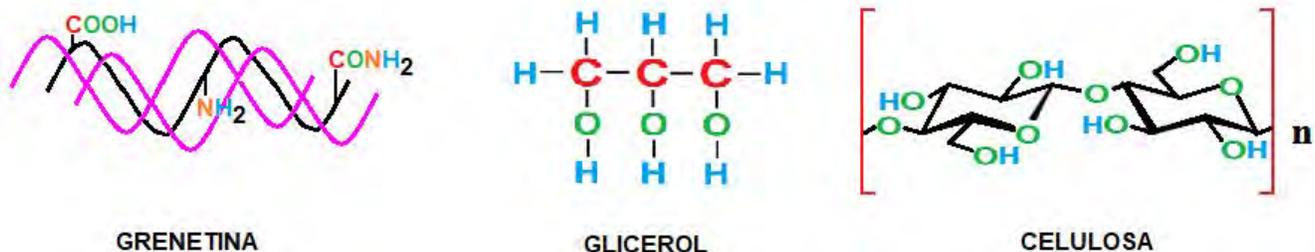
En esta actividad se realizará una película a partir de la mezcla química de biopolímeros como la grenetina (componente proteico derivado de la hidrólisis de la colágena), el alcohol (glicerol), que le dará cierta flexibilidad, y la celulosa de fruta, lo que proporcionará características hidrofóbicas y aromáticas a la película (Figura 10), la cual puede emplearse para la fabricación de embalajes de frutas y verduras.

La grenetina es un subproducto obtenido de la colágena, una proteína estructural presente en los animales cuya principal función es dar estructura y soporte a los tejidos animales, por lo que constituye cerca del 50% de los organismos. Tiene alrededor de un 85 a 92% de colágena, mientras que el resto son sales minerales resultantes de su proceso de obtención. Este biopolímero se comporta químicamente como un **hidrocoloide**, por lo que al contacto con agua permite formar una estructura coloidal comúnmente conocida como gelatina, que seguramente has comido (Haug I. J. et al., 2011; Quijano-Mendoza J. L. et al., 2021; Reinhard S. et al., 2007).

El glicerol o 1,2,3-trihidroxiopropano o 1,2,3-propanotriol, es un polialcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH) y que es



**Figura 9.** Polimerización. La unión de varios monómeros puede dar origen a macromoléculas llamadas polímeros, las cuales pueden tener estructuras lineales o ramificadas (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).



**Figura 10.** Estructura de la grenetina, el glicerol y la celulosa. Se resaltan en colores los grupos que pueden reaccionar entre sí para formar enlaces (Imagen: Rodríguez-Fuentes, N., 2022).



conocido comercialmente como glicerina. Esta molécula, por su estructura, permite crear enlaces de puentes de hidrógeno intra e intermoleculares, por lo que es un excelente reactivo para formar películas y está presente en varios procesos para generar jabones, bioplásticos, entre otros (Torres-Rivero L. A. et al., 2019).

La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces 1,4-β glucosídicos y tres grupos OH en cada una de las unidades estructurales, lo que le permite reaccionar como un alcohol, un éster o un éter, ampliando sus aplicaciones en la industria farmacéutica, la de alimentos o la textil (Gañán P. et al., 2017).

La celulosa puede obtenerse a partir de frutos carnosos como los plátanos, mangos, entre otros, ya que en estos se aprecia a simple vista el **epicarpio**, que es la capa más externa del fruto y es rica en celulosa, y, que, además, es considerada como desecho urbano (**Figura 11**) (Aguilar-Méndez M. A. et al., 2012).



**Figura 11.** Ubicación del epicarpio del mango (Imagen: Domínguez-Córdova, J., 2022).

### **Pregunta de investigación**

¿Los biopolímeros participan en la fabricación de embalajes ecológicos?

### **Objetivo**

Generar un embalaje ecológico mediante la mezcla química de biopolímeros como la grenetina, glicerol y la celulosa de fruta.

### **Materiales**

- 60 cm de papel encerado.
- 1 cacerola de peltre.
- 1 cuchara de madera.
- 250 ml de agua (potable de garrafón).
- 1 charola.
- 5 cucharadas de grenetina.
- 2 cucharaditas de vinagre blanco.
- 2 cucharaditas de glicerina.
- 1 licuadora.
- 1 colador casero de plástico.
- 2 cáscaras de naranjas, mandarinas o toronjas), o 3 de mangos, plátanos o duraznos.

### **Desarrollo**

- **Preparación del epicarpio** (cáscara de fruta)

1. Lavar las cáscaras del fruto seleccionado y retirar los restos de pulpa.
2. Cortarlas en pedazos pequeños, pasar los cortes a la licuadora y agregar una taza de agua potable bebibible para licuar.





**NOTA**

Emplear agua de garrafón garantiza un proceso bajo en sales.



3. Colar las cáscaras y quedarse con el epicarpio.



**NOTA**

Tratar de retirar la mayor cantidad posible de agua al colar la mezcla. El agua se descarta.



● **Preparación de la película**

4. En una estufa o parrilla, poner una cacerola con 250 ml de agua bebible. Esperar a que hierva y reducir el fuego al mínimo.

**NOTA**

Usar el nivel más bajo si es una parrilla eléctrica.



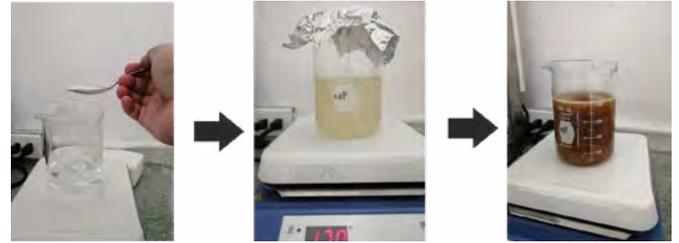
5. Agregar la grenetina lentamente y mezclar con la cuchara de madera hasta disolverla por completo.

**NOTA**

Evitar usar una cuchara de metal, debido a que este material reacciona con el vinagre liberando sustancias nocivas y dañando la película.



6. Apagar el fuego o la parrilla, agregar la glicerina a la mezcla y seguir agitando hasta que se mezcle completamente.



7. Añadir el vinagre a la mezcla hasta que todo quede homogéneo en la cacerola.
8. Agregar las cáscaras (previamente tratadas) a la cacerola y mezclar hasta observar que estén bien distribuidas.

**NOTA**

La presencia de trozos grandes de cáscara no afecta el proceso, puedes dejarlos o eliminarlos a tu elección.



● **Distribución y secado**

9. En una charola, poner el papel encerado de 60 cm, agregar la mezcla y esparcirla de manera que quede completamente cubierta.
10. Permitir que la mezcla se seque al aire libre en sombra por 24 h.
11. Desmoldar la película, primero, retirando el papel encerado de la charola y, por último, desprendiendo el polímero del papel encerado cuidadosamente.





### Conclusiones

- ¿Qué tipo de fruto ocupaste?
- ¿La adición del epicarpio agregó una de sus propiedades a la película (como color, sabor o aroma)?
- Describe las propiedades de la película (textura, color, flexibilidad, etc.).
- ¡Pon a prueba la biopelícula! Deja en tu frutero (al exterior) dos frutas pequeñas, como, por ejemplo, una uva o una fresa, o un vegetal pequeño, como

un chícharo. Envuelve una pieza con la película que hiciste y la otra déjala sin envolver. Registra los cambios que sufren en 3 días consecutivos.

- ¿La película retardó la maduración de la fruta o vegetal que elegiste? Una fruta madura se diferencia por tener una textura suave, colores verdosos y manchas negras.
- Formen equipos y comparen notas.
- Llena la siguiente tabla:

Fruta usada para la película	Color de la película	Aroma de la película	Preservó la fruta (sí/no)

### CONCLUSIÓN GENERAL

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo de las actividades experimentales de este proyecto, has ampliado tus conocimientos respecto a los biopolímeros y lo que parecieran mágicas aplicaciones.

Ahora conoces qué son los biopolímeros y cuáles son algunos de los beneficios que ofrecen en la cotidianidad de nuestra vida, a nivel industrial y en nuestra salud. Del mismo modo, has adquirido habilidades experimentales y de búsqueda y análisis de información, todo ello aplicando el método científico.

### SOBRE LOS AUTORES

**I. B. Vanessa Carolina Pat Cetina**, es estudiante de la maestría en Materiales Poliméricos del CICY. Durante la licenciatura enfocó su tesis a los procesos de extracción de colágena de cnidarios. Actualmente desarrolla estudios con colágena marina y polímeros sintéticos para la generación de

materiales compuestos con potencial aplicación en la regeneración dérmica. «Yo a tu edad me impresionaba mucho con las películas de ciencia y, sobre todo, aquellas en las que reparaban partes del cuerpo. Siempre he pensado en la ciencia como una forma de magia».



**pBiól. Jaime Domínguez Córdova**, es estudiante en la carrera de biología en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Actualmente desarrolla su tesis de grado en el Laboratorio de Biomateriales, de la Unidad de Materiales del CICY, desarrollando un estudio sobre el efecto de fitoestrógenos en líneas celulares de cáncer. «De pequeño siempre tuve mucho contacto con plantas y animales, cuestionándome cómo es que funcionan y qué los hace diferentes».

**Dr. José Manuel Cervantes Uc**, es Profesor Investigador Titular C en la Unidad de Materiales del CICY. Es químico industrial por la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y doctor en Ciencias (Química) por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I). Actualmente desarrolla proyectos relacionados con la utilización de biopolí-

meros en el desarrollo de biomateriales para aplicaciones relacionadas con la regeneración tisular y la liberación de fármacos, entre otras. «De niño me gustaba hacer piñatas, sin tener idea que, durante su elaboración, empleaba varios biopolímeros».

**Dra. Nayeli Rodríguez Fuentes**, es investigadora adscrita a la Unidad de Materiales del CICY, bajo el programa Investigadoras e Investigadores por México-Conacyt. Actualmente desarrolla proyectos relacionados a la bioprospección de recursos marinos con potencial aplicación en la medicina regenerativa. Es química farmacéutica bióloga por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X). «De niña me intrigaba que no hubiera medicinas para algunas enfermedades, mientras que otras tenían varias opciones. Yo quería trabajar haciendo esas medicinas faltantes».



## GLOSARIO

**Almidón:** macromolécula constituida por amilosa y amilopectina. Es la reserva energética de la mayoría de los vegetales.

**Andamio:** en Biomedicina, hace referencia al soporte físico que contribuirá al proceso de reparación y regeneración de tejidos, permitiendo la población celular. Su diseño es biomimético y depende del tejido receptor.

**Bioactivos:** componentes de los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas, obteniendo tras su ingesta un efecto beneficioso para la salud.

**Biodegradable:** material que es susceptible a degradación por actividad biológica (no solo por agua), disminuyendo la masa molecular de la macromolécula original.

**Biomaterial:** material de origen polimérico, metálico, cerámico o compuesto, diseñado para interactuar con sistemas vivos durante el curso de cualquier procedimiento terapéutico o de diagnóstico.

**Biomolécula:** moléculas constituyentes de los seres vivos que se encuentran en forma de carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y ácidos nucleicos.



**Biopolímero:** polímeros biodegradables obtenidos a partir de compuestos derivados del petróleo, producidos de fuentes naturales mediante la síntesis o modificación química de un material biológico, o enteramente biosintetizados por organismos vivos.

**Colágena:** sustancia proteínica que se encuentra en el tejido conjuntivo, óseo y cartilaginoso, y que por la acción del calor se convierte en gelatina.

**Dispositivo médico:** instrumento, herramienta, máquina, implemento de prueba o implante que se usa para prevenir, diagnosticar o tratar la enfermedad u otras afecciones. Los dispositivos médicos van desde las torundas de algodón hasta los marcapasos del corazón y el equipo de imagenología.

**Embalaje:** cubierta o recipiente que contiene productos de manera temporal para su transporte y almacenaje; en el caso de las frutas, evita su maduración temprana y eventual desperdicio.

**Epicarpio:** del griego *epi* (sobre) y *karpós* (fruto), es la capa externa de las tres que forman la epidermis de los frutos y los protege del exterior. Contiene glándulas con esencias y pigmentos, y comúnmente se llama piel.

**Gelatina:** es una sustancia que procede de la transformación (degradación) térmica de la colágena. Sustancia sólida, incolora y transparente cuando está pura, inodora e insípida.

**Hidrocoloide:** grupo de polisacáridos y proteínas que se disuelven en agua en forma de coloides y son altamente propensos a formar geles.

**Hidrolizado:** sustancia que ha sido descompuesta por la acción del agua, de un ácido o de una base.

**Macromolécula:** moléculas con pesos moleculares grandes que están formadas por la repetición de un grupo de átomos, iguales o diferentes, denominados monómeros.

**Método científico:** es un proceso riguroso cuyo fin es generar conocimiento a través de la comprobación empírica de fenómenos y hechos. Consta de pasos como la observación, el reconocimiento del problema, hipótesis, predicciones, experimentación, análisis de los resultados y comunicación de los hallazgos.

**Monómero:** del griego *mono* (uno) y *meros* (partes). Hace referencia moléculas de pequeña masa molecular que, unidas a otros monómeros por medio de enlaces químicos, forman macromoléculas llamadas polímeros.

**Polímero:** macromolécula formada por la repetición de un grupo de átomos.

**Puente de hidrógeno:** interacciones débiles que se forman entre un hidrógeno con una carga parcial positiva y un átomo más electronegativo, como el oxígeno, nitrógeno y flúor.

**Regeneración de tejidos:** campo interdisciplinario que aplica los principios de la ingeniería y de las ciencias biológicas hacia el desarrollo de sustitutos biológicos que restauren, mantengan o mejoren la función tisular.



## REFERENCIAS

- Aguilar-Méndez M. A., San Martín-Martínez E., Espinoza-Herrera N. L., Sánchez-Flores M., Cruz-Orea A., E., R.-O. M., & Ramírez-Ortiz M. E. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Superficies y vacío*, 25(1), 1-7. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3yogXuY>.
- Bledzki, A. K., Jaszkievicz, A., Urbaniak, M., & Stankowska-Walczak, D. (2012). Biocomposites in the Past and in the Future. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(6b), 15-22. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3CGeui3>.
- Canché-Escamilla, G., De los Santos-Hernández, J. M., Andrade-Canto, S., & Gómez-Cruz, R. (2005). Production of Cellulose from Banana Plant Agricultural Waste. *Información tecnológica*, 16(1), 83-88. DOI: [10.4067/S0718-07642005000100012](https://doi.org/10.4067/S0718-07642005000100012).
- Crang, R., Lyons-Sobaski, S., & Wise, R. (2018). A concept-based approach to the structure of seed plants. In Springer (Ed.), *Plant Anatomy* (1st ed., pp. 88-664). DOI: [10.1007/978-3-319-77315-5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77315-5).
- Chan, W. W., Yeo, D. C. L., Tan, V., Singh, S., Choudhury, D., & Naing, M. W. (2020). Additive Biomanufacturing with Collagen Inks. *Bioengineering (Basel)*, 7(3). DOI: [10.3390/bioengineering7030066](https://doi.org/10.3390/bioengineering7030066).
- Enríquez C, M., Velasco M, R., & Ortíz G, V. (2012). Películas Biopelículas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10, 182-192.
- Figueres Juher, T., & Bases Perez, E. (2015). An overview of the beneficial effects of hydrolyzed collagen intake on joint and bone health and on skin ageing]. *Nutr Hosp*, 32 Suppl 1, 62-66. DOI: [10.3305/nh.2015.32.supl1.9482](https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.supl1.9482)
- Fore, J. (2006). A review of skin and the effects of aging on skin structure and function. *Ostomy Wound Management*, 52(9), 24-35.
- Fried, J. R. (2003). *Ciencia y Tecnología de Polímeros* (2nd ed., Vol. 1, pp. 23): Prentice-Hall.
- Gañán, P., Zuluaga, R., Castro, C., Restrepo-Osorio, A., Velásquez Cock, J., Osorio, M., Montoya, Úrsula, Vélez, L., Álvarez, C., Correa, C., & Molina, C. (2017). Celulosa: un polímero de siempre con mucho futuro. *Revista Colombiana De Materiales*, (11), 1-4. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3yo8tEn>.
- Ghasemi-Mobarakeh, L., Kolahreez, D., Ramakrishna, S., & Williams, D. (2019). Key terminology in biomaterials and biocompatibility. *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 10, 45-50. DOI: [10.1016/j.cobme.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.cobme.2019.02.004).
- Haug, I. J., & Draget, K. I. (2011). Gelatin. *Handbook of Food Proteins*, 92-115.
- Karthik, T., & Rathinamoorthy, R. (2018). Sustainable Biopolymers in Textiles: An Overview. In K. O. Martínez L., Kharisov B. (Ed.), *Handbook of Ecomaterials*.: Springer, Cham.
- Kirk, R., & Othmer, D. (2013). Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. In Wiley. (Ed.).
- León Cárdenas, J. F. (2013). Envases, Empaques y Embalajes *Envases, Empaques y Embalajes* (pp. 5). Recuperado a partir de <https://bit.ly/3ykLERO>.



- Liu, H. C., Zhang, M., Ma, Q. Y., Tian, B. M., Nie, C. X., Chen, Z. F., & Li, J. X. (2020). Health beneficial effects of resistant starch on diabetes and obesity via regulation of gut microbiota: a review. *Food & Function*, 11(7), 5749-5767. DOI: [10.1039/d0fo00855a](https://doi.org/10.1039/d0fo00855a)
- Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *Nutrition Bulletin*, 42(1), 10-41. doi: [10.1111/nbu.12244](https://doi.org/10.1111/nbu.12244).
- Lozada S. M., & R., R. (2019). Envejecimiento cutáneo. *Rev. Asoc. Colomb. Dermatol. Cir. Dermatol.* 18(1), 10-17. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3yodlco>.
- Lupu, M. A., Gradisteanu Pircalabioru, G., Chifiriuc, M. C., Albulescu, R., & Tanase, C. (2020). Beneficial effects of food supplements based on hydrolyzed collagen for skin care (Review). *Exp Ther Med*, 20(1), 12-17. DOI: [10.3892/etm.2019.8342](https://doi.org/10.3892/etm.2019.8342).
- Miano, A., Rojas, C., & Barraza, G. (2014). Influencia de la temperatura y tiempo de extracción en la fuerza de gel y rendimiento de gelatina obtenida a partir de piel de tollo (*Mustelus mento*). *Scientia Agropecuaria*, 5(3), 140-147. DOI: [10.17268/sci.agropecu.2014.03.04](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.03.04)
- Pardo C, Oscar Hernando, Castañeda, J. C., & Ortiz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*, 62(4), 289-295. Recuperado a partir de <https://bit.ly/2SCcrGg>.
- Qin, S. M., Zhang, K. Y., Ding, X. M., Bai, S. P., Wang, J. P., & Zeng, Q. F. (2019). Effect of dietary graded resistant potato starch levels on growth performance, plasma cytokines concentration, and intestinal health in meat ducks. *Poultry Science*, 98(9), 3523-3532. DOI: [10.3382/ps/pez186](https://doi.org/10.3382/ps/pez186).
- Quijano-Mendoza, J. L., Hernández-Sánchez, F., Cervantes-Uc, J. M., & Rodríguez-Fuentes, N. (2021). Andamios electrohilados de gelatina con potencial aplicación en ingeniería tisular dérmica. 25(3), 37-53. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3ClmeAo>.
- Química, I. (2020). ¿Qué es la polimerización? Recuperado a partir de <https://bit.ly/3C9FrsU>.
- Rastogi, V. K., & Samyn, P. (2015). Bio-Based Coatings for Paper Applications. *Coatings*, 5(4), 887-930. DOI: [10.3390/coatings5040887](https://doi.org/10.3390/coatings5040887).
- Reinhard, S., & Herbert, G. (2007). *Gelatin Handbook*. Alemania. Recuperado a partir de <https://bit.ly/3V8ni7J>.
- Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009a). Collagen structure and stability. *Annu Rev Biochem*, 78, 929-958. DOI: [10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833](https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833).
- Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009c). Collagen Structure and Stability. *Annual Review of Biochemistry*, 78, 929-958. DOI: [10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833](https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833).
- Smith, A., Moxon, S., & Morris, G. (2016). Wound Healing Biomaterials. In W. Publishing (Ed.), *Biopolymers as wound healing materials: Functional materials* (Vol. 2, pp. 261-287). Elseviere: M. agren.
- Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). Starch - composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151-165. DOI: [10.1016/j.jcs.2003.12.001](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001)
- Today, M. (2019). II - Biomaterials and biomedical materials. In X. Z. David Williams (Ed.), *Definitions of Biomaterials for the Twenty-First Century* (Vol. 1, pp. 15-23,): Elseviere.



- Torres-Rivero, L. A., Ben-Youssef, B. C., & Pérez-Gasca, M. F. (2019). Características de la glicerina obtenida del proceso de la reacción del metóxido de sodio en la producción del Biodiesel. *Revista de Energía Química y Física*, 6(18), 18-28. DOI: [10.35429/JCPE.2019.18.6.18.28](https://doi.org/10.35429/JCPE.2019.18.6.18.28)
- Valencia-Gómez, L. E., Martel-Estrada, S. A., Vargas-Requena, C. L., Rodríguez-González, C. A., & Olivas-Armendariz, I. (2016). Apósitos de polímeros naturales para regeneración de piel. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 37(3), 235-249. DOI: [10.17488/rmib.37.3.4](https://doi.org/10.17488/rmib.37.3.4).
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7, 223-230. DOI: [10.17268/sci.agropecu.2016.03.09](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09).
- Vert, M., Doi, Y., Hellwich, K. H., Hess, M., Hodge, P., Kubisa, P., ... Schue, F. (2012). Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012). *Pure and Applied Chemistry*, 84(2), 377-408. DOI: [10.1351/Pac-Rec-10-12-04](https://doi.org/10.1351/Pac-Rec-10-12-04).
- Wildlife, F. W. (2021). El mundo desperdicia cerca del 40% de los alimentos cultivados. de WWF. Recuperado a partir de <https://www.wwf.to/3fMhxwe>.
- Xiong, R., Grant, A. M., Ma, R. L., Zhang, S. D., & Tsukruk, V. V. (2018). Naturally-derived biopolymer nanocomposites: Interfacial design, properties and emerging applications. *Materials Science & Engineering R-Reports*, 125, 1-41. DOI: [10.1016/j.mser.2018.01.002](https://doi.org/10.1016/j.mser.2018.01.002).
- Yang, X., Yu, X. J., Yagoub, A. G., Chen, L., Wahia, H., Osaie, R., & Zhou, C. S. (2021). Structure and stability of low molecular weight collagen peptide (prepared from white carp skin) -calcium complex. *Lwt-Food Science and Technology*, 136. DOI: [ARTN 11033510.1016/j.lwt.2020.110335](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110335).