

La ciencia detrás de la gelatina: del plato al laboratorio

Diego Hernández Cabrera, Miguel A. Basurto-Pensado y E. Eduardo Antúnez Diego Hernández Cabrera es Licenciado en Tecnología con especialización en Electrónica y estudiante de maestría en el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM). Su investigación se centra en aplicaciones de remediación ambiental utilizando biopolímeros. Es profesor en la Escuela de Técnicos Laboratoristas de la UAEM, donde guía a estudiantes en el uso práctico de tecnologías emergentes. El Dr. Miguel Ángel Basurto Pensado realizó su doctorado en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores y profesor investigador de tiempo completo en el CIICAP-UAEM, donde sus investigaciones se enfocan en el uso y aplicaciones de sensores de fibra óptica. El Dr. Edgar Eduardo Antúnez Cerón realizó su posdoctorado en la Universidad de Monash, Australia. Actualmente pertenece al Sistema Nacional de Investigadores y es profesor investigador de tiempo completo en el CIICAP-UAEM. Su interés científico se centra en materiales nanoestructurados y sus aplicaciones. *Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.*

¿Qué es la gelatina?

Cuando comemos un postre hecho de gelatina, generalmente disfrutamos de su sabor y textura, sin pensar que este simple alimento podría ser utilizado en procesos del ámbito científico como la encapsulación de medicamentos o la remediación ambiental, así como muchos otros. La gelatina es un biopolímero, es decir, es un alimento que contiene muchas cadenas provenientes de una proteína llamada colágeno, una proteína natural rica en aminoácidos. Este biopolímero se obtiene a través de un proceso de hidrólisis del colágeno que proviene de fuentes sostenibles como **huesos, piel, tendones y cartílagos** de diversos animales, generalmente de **vacas, cerdos y peces**. La hidrólisis es un proceso químico en el cual se descompone una sustancia mediante la adición de agua. En el caso del colágeno, la hidrólisis rompe las largas cadenas de proteínas en fragmentos más pequeños, conocidos como péptidos convirtiéndolo al colágeno, que naturalmente es insoluble en gelatina, que es soluble en agua caliente. La hidrólisis puede ser de distintos tipos: hidrólisis ácida (tipo A) que emplea, por ejemplo, el ácido clorhídrico para descomponer el colágeno, y que es adecuada para la obtención de gelatina a partir de pieles y otros tejidos conectivos; y la hidrólisis alcalina (tipo B) donde se utilizan soluciones básicas como el hidróxido de sodio para descomponer el colágeno de fuentes como huesos y cartílagos. Además, existe un tercer proceso que utiliza enzimas específicas llamadas colagenasas [2] para la descomposición del colágeno. Este proceso permite la producción de gelatinas con propiedades de gelificación distintas y controladas. Las colagenasas son enzimas que actúan sobre

las fibras del colágeno, facilitando así la obtención de gelatinas con características precisas como fuerza de gelación, textura y capacidad de retener agua [1]. Aunque el proceso industrial de producción de gelatina es complejo y requiere de múltiples fases con estrictos controles de calidad físicos, químicos y microbiológicos, en la práctica doméstica la gelatina puede ser producida de manera simple. En cualquier cocina por cocción de carne con hueso y/o piel, es posible obtener una forma básica de gelatina casera. La gelatina está compuesta por más del 85 % de proteína, menos del 13 % de agua y menos del 2 % de minerales. En su composición la gelatina, cuenta con 18 aminoácidos diferentes, incluyendo 8 de los 9 aminoácidos esenciales necesarios para la salud humana, con la excepción del triptófano —un aminoácido que el cuerpo no produce, por lo que se obtiene de la alimentación—. Estos aminoácidos son vitales para funciones como la síntesis de proteínas, la reparación de tejidos y la absorción de nutrientes en el cuerpo humano [3]. Por ello, este deleite culinario es considerado un alimento rico en proteínas en su forma natural. ¿Te has dado cuenta de que lo sirven en los hospitales? Sin embargo, es un postre que no se limita a disfrutarse con cada cucharada y va más allá. Recientemente, la gelatina ha despertado el interés de la comunidad científica por sus propiedades únicas.

La gelatina puede obtenerse de fuentes adicionales que no se limitan sólo a mamíferos o pecados, sino que también provienen de otras especies animales como aves de corral, camellos, anfibios como la rana y la salamandra e incluso algunos insectos [1], [4] (Figura 1). Debido a su alto contenido en proteína y su capacidad para formar geles estables, el ganado porcino es la principal fuente de gelatina. Le sigue la gelatina bovina, que también proporciona excelentes propiedades de gelación y textura. Y en menor medida la gelatina es extraída de peces. Además, la gelatina con origen a partir de camellos, aves de corral, anfibios e insectos se emplea en circunstancias específicas. Ejemplo de esta demanda son los consumidores que rechazan la gelatina de mamíferos como el cerdo y la vaca debido a contextos culturales, sociales o religiosos, así como por preocupaciones relacionadas con la salud. Algunas religiones o culturas prohíben el consumo de productos derivados de las fuentes más comunes, por considerarlos una acción impura que va en contra de sus creencias. Por otro lado, otros consumidores pueden tener consideraciones éticas sobre el bienestar de los animales. Además, existe cierta incertidumbre por enfermedades transmitidas a través de carne de mamíferos contaminada. Es en este contexto donde las alternativas como la gelatina derivada de camellos, aves de corral, anfibios e insectos cobran importancia. Estas opciones ofrecen propiedades muy similares a las gelatinas de mamíferos, pero accesibles a personas de diversas culturas y creencias. La gelatina puede adoptar diferentes formas (Figura 1) además de su presentación en **polvo**, que es la más común. Se puede

presentar en **solución líquida** o en un sólido con una constitución suave llamado **gel**, que es como la conocemos normalmente en los postres. En su forma de polvo, la gelatina se presenta como un material seco con características distintivas como su naturaleza inodora e insípida, un aspecto opaco o ligeramente amarillo. Además, la gelatina es termorreversible, es decir, tiene la capacidad única de disolverse completamente en agua caliente, formando una solución viscosa y transparente y al enfriarse se convierte en un gel firme y elástico [1], conocido por su capacidad para retener agua [5]. El proceso de gelificación confiere a la gelatina sus características distintivas en términos de textura y consistencia.

el medio ambiente.

Adicionalmente, la gelatina cuenta con otro tipo características que son de interés científico como lo son sus propiedades ópticas. Este biopolímero es capaz de absorber ciertas longitudes de onda, es decir, ciertos colores de la luz blanca. Sorprendentemente, después de absorber dichos colores, la gelatina es capaz de emitir colores nuevos. ¿Cómo es posible esto? Esto se debe a fenómenos físicos llamados **absorbancia** y **luminiscencia**. Cuando la gelatina es iluminada con alguna fuente de energía como la luz ultravioleta (UV), sus moléculas absorben parte de esta energía para después emitirla en forma de luz azul que es visible a nuestros ojos. Estas propiedades han he-

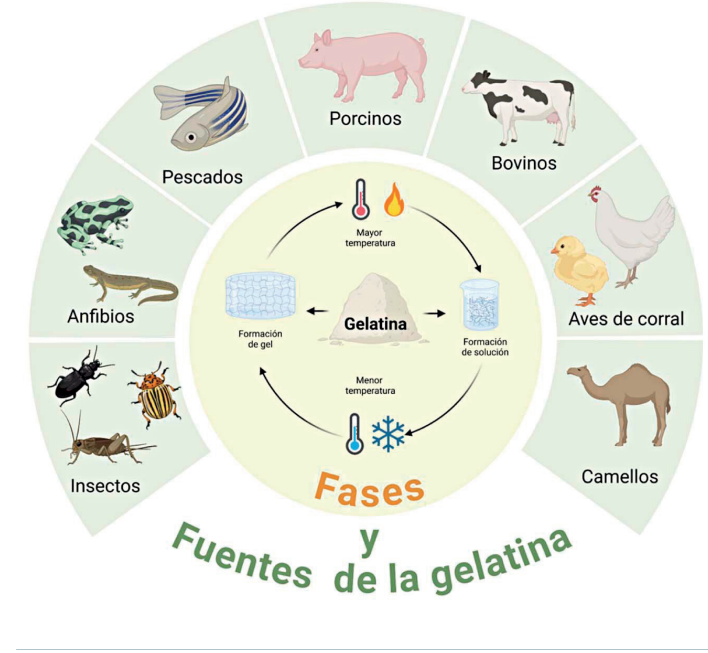


FIGURA 1. DIFERENTES fases y fuentes de extracción de la gelatina.

Propiedades de la gelatina

La gelatina exhibe una fascinante combinación de propiedades físicas y químicas las cuales, la hacen muy versátil y ampliamente utilizada en diversas aplicaciones. En primer lugar, la gelatina es un producto **biodegradable** [1], [5], lo que significa que se descompone naturalmente en el medio ambiente sin dejar residuos tóxicos persistentes, siendo este atributo de gran importancia para reducir el impacto que generamos en el ambiente. Otro aspecto relevante es su **biocompatibilidad** [5], [6]. Esto quiere decir que puede interactuar de manera segura y efectiva con sistemas biológicos, como células, tejidos y organismos vivos, sin causar daño alguno. La **escalabilidad** en la producción de gelatina es otro punto a su favor, ya que se puede producir a gran escala de manera eficiente y económica, satisfaciendo la demanda creciente de materiales biocompatibles y biodegradables. Debido a que la gelatina se obtiene de subproductos de la industria cármica, como huesos y piel (Figura 1), se aprovechan materiales que de otro modo podrían ser desechados, contribuyendo a la reducción en la cantidad de recursos naturales utilizados. Además, la diversidad de fuentes de extracción permite aprovechar los diferentes recursos disponibles evitando la dependencia exclusiva de una única fuente, dándole adicionalmente características de **sostenibilidad** [5], [6] y promoviendo así **prácticas amigables con**

cho que la gelatina tenga un papel más allá de lo culinario, donde a menudo la asociamos con deliciosos postres y dulces. Así la gelatina se ha convertido en material de estudio en diversos campos de la ciencia. Sus características únicas, como su biodegradabilidad, solubilidad y capacidad de formar geles y películas han hecho que destaque en una amplia gama de aplicaciones.

Aplicaciones de la gelatina

Desde la industria farmacéutica y la medicina, hasta la ciencia de materiales, la gelatina se ha hecho presente, ofreciendo una serie de soluciones innovadoras en cada uno de estos sectores. Explorar las diversas aplicaciones que tiene nos sumerge en un mundo donde sus propiedades únicas y excepcionales encuentran utilidad de forma inesperada. Así, adentrémonos a la ciencia que hay detrás de la gelatina y los múltiples formas en las que este biopolímero ha dejado su huella en diferentes aspectos de nuestra vida cotidiana. La gelatina destaca en los distintos sectores industriales y científicos, revelando un alcance de aplicaciones tan amplio como fascinante. En el ámbito industrial, la gelatina se convierte en un ingrediente fundamental en la producción de alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, así como de higiene personal. Por otro lado, también encuentra su aplicabilidad en el campo forense, en el sector agrícola y de remediación ambiental (Figura 2). En la fotografía, la

gelatina se ha utilizado en el desarrollo de películas y placas fotográficas, donde se utiliza para suspender los cristales fotosensibles que capturan la imagen. Mientras que, durante el proceso de revelado, la gelatina ayuda a mantener estos cristales en su lugar, asegurando que la imagen se forme y conserve correctamente [2]. Gracias a su excelente capacidad de crear películas, sumado a su buen valor nutricional, la gelatina aparece como una opción para la **industria alimenticia** en la producción de revestimientos comestibles [1], [4]. Esto permite que los alimentos que consumimos diariamente conserven sus propiedades durante más tiempo, manteniéndose en buen estado. Además, ayuda a retener los líquidos de los mismos alimentos, evitando así que pierdan su valor nutricional.

En los **cosméticos**, desde sales de baño hasta champús, protectores solares, lociones corporales, fijadores para el cabello y cremas faciales y corporales, la gelatina está presente como un agente reticulante [1], [2]. Esto significa que mejora ciertas propiedades del material, como su resistencia y durabilidad.

En la **industria farmacéutica**, la gelatina se emplea en diferentes formatos, como geles o nanopartículas. Además, se utiliza para encapsular distintos medicamentos creando una capa delgada de gelatina líquida caliente que, al enfriarse, se endurece y permite encapsular diversos medicamentos [6]. Lo que permitió resolver problemáticas cuando los medicamentos solo existían en formatos líquidos o en polvo, que solían tener un sabor desagradable, además de dosificar eficientemente la cantidad del mismo [3]. Estos formatos ofrecen ciertas ventajas para la administración de fármacos, dando una alternativa a procedimientos que anteriormente sólo se podían administrar mediante métodos invasivos como las inyecciones [1]. La gelatina en pocas palabras funciona como un vehículo para que diferentes medicamentos puedan ser administrados, facilitando su liberación en nuestro organismo, mejorando la eficacia de éstos brindando alternativas más cómodas para los pacientes. La gelatina no solo es apreciada por su uso en la cocina, sino también, en el ámbito científico, como una herramienta donde su capacidad para formar geles, un proceso termorreversible en el cual un gel puede degradarse nuevamente. Esta propiedad ha sido utilizada en la **industria médica**, específicamente en la ingeniería de tejidos, para el desarrollo de avances significativos en la regeneración de órganos y la investigación biomédica. La gelatina se ha usado como un andamio para células, esto quiere decir que proporciona un entorno propicio para que las células puedan crecer y desarrollarse fácilmente [1], [6]. Pero ¿dónde observamos esto? Imagina que

te caes y te haces una herida. A medida que comienzas a sanar, las células en tu cuerpo que están alrededor de la herida se organizan para formar tejido nuevo y cicatrizar la herida. Esto es una capacidad de regeneración natural de nuestro cuerpo. Sin embargo, la gelatina también puede funcionar como un lugar propicio para el crecimiento y desarrollo de células que ayudan en la regeneración de tejido. Esto es importante cuando las condiciones para que nuestro cuerpo regenere ese tejido no son favorables; como cuando la herida es muy grande o la complejidad de ésta compromete otras funciones biológicas, como cuando se encuentra en zonas de difícil curación debido a un constante movimiento o falta de flujo sanguíneo. En estos casos, la gelatina puede facilitar el crecimiento y desarrollo de las células necesarias para la regeneración del tejido. Esto se hace colocando “parches” creados a base de gelatina en el área afectada, permitiendo que las células se adhieran, multipliquen y formen nuevo tejido en dicha área. Posteriormente, a medida que el tejido se regenera la gelatina se degrada de manera segura y sin dejar daños [1].

Y no sólo en el área biomédica está presente, también la gelatina sorprendentemente está presente en las **escenas de crimen**, ahí la gelatina es la encargada de recopilar información, y esto lo hace obteniendo las huellas dactilares presentes en la escena. En forma de películas flexibles y fáciles de manipular logrando penetrar en lugares difíciles o pequeños, la gelatina es la responsable de recopilar las huellas dactilares para dar con los culpables. Al adherirse a las superficies donde se cree que están las huellas y una vez endurecida la gelatina se retira con cuidado, preservando en la película las huellas para hacer posteriormente el análisis e identificación del sujeto [1]. Además, se usa en la conservación de restos biológicos encontrados en la escena de un crimen. Al sumergirlos en gelatina líquida y dejar que esta endurezca se crea una estructura sólida la cual encapsula dichos elementos, protegiéndolos de la contaminación para que puedan ser estudiados posteriormente en laboratorio.

La gelatina ha surgido como una opción más en investigación medioambiental. En el **sector agrícola** se ha usado como un agente para mejorar la retención de agua en el suelo y promover el crecimiento de plantas [1], [6]. Además, es una herramienta potencial para ayudar en temas de monitoreo y **remediación ambiental**, facilitando la detección de diversos contaminantes en el agua, principalmente contaminantes metálicos. Los metales pueden tener efectos nocivos para la salud que van desde simples dolores de cabeza hasta enfermedades crónicas como el Parkinson e incluso el cáncer [7]. La gelatina, por sus características amigables con el medio ambiente, se posiciona como una excelente herramienta para estas aplicaciones.

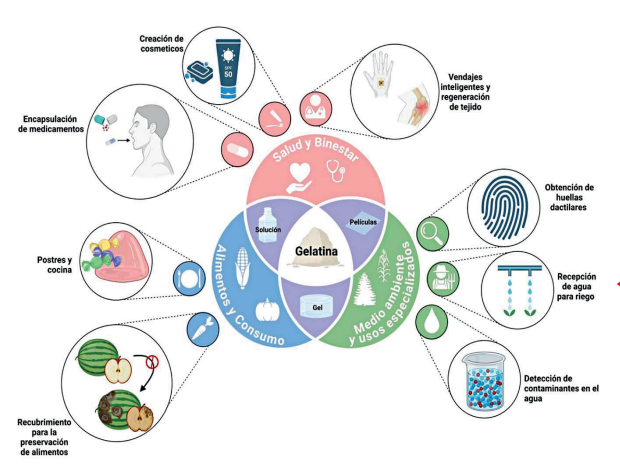


FIGURA 2. USOS y aplicabilidad de la gelatina en diferentes sectores.

Detección de contaminantes metálicos con gelatina

Ejemplo de ello es lo que se está reactualizando en el **Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP)** de la UAEM, donde se ha dado una novedosa aplicación a la gelatina. Pensando en la problemática actual de la contaminación del agua y tomando en cuenta que la presencia de contaminantes metálicos en el agua representa una amenaza significativa tanto para la salud humana como para el medio ambiente debido a su toxicidad (a altas concentraciones), no biodegradabilidad y características cancerígenas. La gelatina surge como una herramienta para detectar estos contaminantes. ¿Cómo lo hace? Esto se debe a un proceso fascinante basado en la capacidad de la gelatina de atraer y retener los contaminantes metálicos, llamado adsorción, el cual, se convierte en la estrategia de detección. Piensa en la gelatina como si fuera un imán para estos contaminantes, en donde la gelatina los atrae y retiene en su estructura. Esto se debe a los grupos funcionales presentes en la gelatina, como lo son los grupos carboxilo (R-COOH) y amino (R-NH₂). Estos grupos funcionales son átomos con propiedades especiales que permiten una interacción selectiva con los contaminantes, actuando como puntos de unión específicos que pueden reconocer y adherirse a ciertos metales, detectando así su presencia. Utilizando la gelatina en su forma líquida, se le adicionaron diferentes contaminantes metálicos para saber si era posible detectarlos. Esto resultó ser un descubrimiento fascinante, ya que la gelatina podía detectar la presencia de diferentes contaminantes metálicos entre ellos Fe³⁺, Sn²⁺, Pb²⁺ y Cu²⁺. Curiosamente, la adición de estos contaminantes a la solución de gelatina ocasionó que la intensidad de la luz emitida por la solución de gelatina disminuyera notablemente, en especial para uno de ellos, el Fe³⁺. La disminución en la emisión de luz fue proporcional a la concentración de los contaminantes metálicos presentes. Con esto en mente, se llevó a cabo un estudio de sus propiedades ópticas (absorbancia y luminiscencia) para detectar concentraciones muy pequeñas de este ion metálico (Figura 3). Así, la gelatina demostró ser capaz de detectar concentraciones del conta-

minante que están muy por debajo de las normas establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo de agua potable (0.3 mg/L) [7]. Este descubrimiento es de gran importancia, ya que ofrece

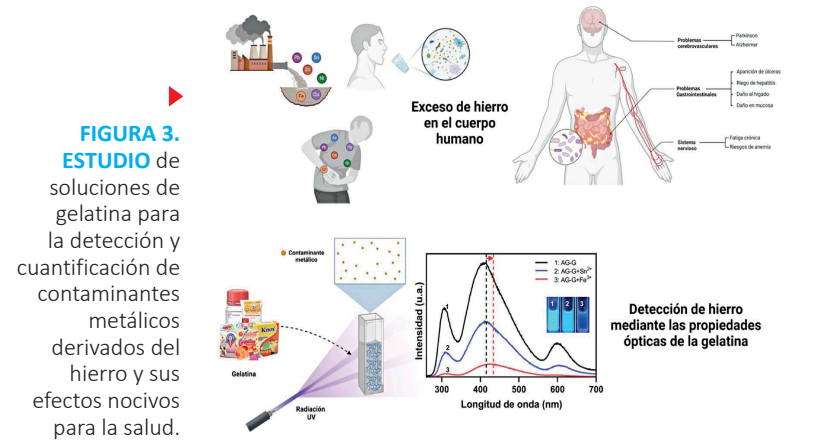


FIGURA 3. ESTUDIO de soluciones de gelatina para la detección y cuantificación de contaminantes metálicos derivados del hierro y sus efectos nocivos para la salud.

una alternativa a las técnicas de detección de contaminantes metálicos, como los métodos electroquímicos, que utilizan una corriente eléctrica para inducir una reacción química en la superficie del sensor y generar un cambio físico o químico, como la precipitación de los metales, o los métodos basados en fotocálisis, que emplean luz para activar materiales semiconductores y desencadenar reacciones químicas que favorecen la degradación o la precipitación de los iones metálicos. Además, existen los métodos basados en adsorción, como las membranas, que se distinguen por su capacidad de capturar de manera selectiva iones metálicos en superficies sólidas. Entre estos, los métodos basados en adsorción representan un proceso de bajo costo y de fácil implementación para eliminar contaminantes metálicos de medios acuosos. Sin embargo, además de la detección de iones metálicos y las capacidades de adsorción, se deben considerar características adicionales amigables con el medio ambiente, como biocompatibilidad, biodegradabilidad, disponibilidad sostenible y escalabilidad, para cumplir con los requisitos ambientales deseables para el tratamiento de agua. La gelatina posee éstas, lo que la convierte en un material ideal para la creación de membranas que no solo detecten estos contaminantes metálicos, sino que también tengan la capacidad de eliminarlos, permitiendo así aplicaciones prácticas de remediación ambiental para este

biopolímero. La capacidad de la gelatina para identificar iones metálicos como Fe³⁺ mediante métodos ópticos como absorbancia (0.04 mg/L) y luminiscencia (0.14 mg/L), además de su fácil implementación, bajo costo, características amigables con el medio ambiente y su escalabilidad la diferencia de otras técnicas. Monitorear las concentraciones de dichos iones metálicos es fundamental para garantizar la seguridad y salud pública. Concentraciones superiores a las establecidas por la OMS pueden afectar el sabor, el color y la apariencia del agua, además de tener efectos perjudiciales para la salud a largo plazo. Específicamente para contaminantes derivados del hierro, estos efectos podrían ser problemas gastrointestinales y la aparición de úlceras, además de estar relacionados con enfermedades como la anemia [7].

Conclusiones

Del plato al laboratorio, la gelatina demuestra ser una protagonista logrando adaptarse y siendo útil en diferentes contextos, ya sea en la cocina, con la creación de deliciosos postres y dulces o en la industria y la ciencia, permitiendo la liberación de fármacos o estableciendo posibles estrategias de remediación ambiental. Este biopolímero contribuye al avance científico y tecnológico, mostrando que su rol va más allá de ser un simple ingrediente en nuestras cocinas. La gelatina, con la fascinante ciencia que hay detrás de ella, surge como un ejemplo de cómo un simple postre puede tener un impacto sorprendente en campos tan diversos. Esto nos recuerda que la simplicidad puede ser engañosa y nos invita a apreciar cómo lo más simple puede tener un impacto extraordinario en el mundo que nos rodea.

Esta columna se prepara y edita semanalmente, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos?
 CONTACTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com

Referencias

- [1] J. Alipal et al., A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation, in Materials Today: Proceedings, 42: 240–250, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.922.
- [2] Schrieber, R. y H. Gareis, Gelatine handbook : theory and industrial practice. Wiley-VCH, 2007.

- [3] Rousselot. La importancia de la gelatina en aplicaciones médicas y farmacéuticas. Recuperado el 29 de julio de 2024, de <https://www.rousselot.com/es/rousselot-biomedical/medios/blogs/testimonios/la-importancia-de-la-gelatina-en-aplicaciones-medicas-y-farmacaceuticas>
- [4] Mariod, A. A. y H. F. Adam, Review: Gelatin, Source, Extraction and Industrial, Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 12: 135–147, 2013.
- [5] C. V. T. Riguetto et al., Production and environmental applications of gelatin-based

- composite adsorbents for contaminants removal: a review, Env. Chem. Lett. 19: 2465–2486 Jun. 01, 2021, doi: 10.1007/s10311-021-01184-0.
- [6] F. Mushtaq et al., Preparation, properties, and applications of gelatin-based hydrogels (GHs) in the environmental, technological, and biomedical sectors, Int J Biol Macromol 218:601-633 Oct. 01, 2022, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.07.168.
- [7] World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization, 1993.