

A large, red, wobbly gelatin dessert is shown in a clear glass mold. The gelatin is translucent and has a distinct wavy, undulating surface, characteristic of a 'wobbly' or 'trembling' gelatin. The mold is placed on a white, lace-like doily. A silver spoon is visible in the bottom right corner of the image.

Hidrogeles: ¿Por qué la gelatina tiembla?

Elizabeth Vazquez Rivas
Luis A. Desales Guzmán
Juan H. Pacheco Sánchez



Hidrogel: ¿Por qué la gelatina tiembla?

Los hidrogel son como la gelatina del mundo de la ciencia: blandos, versátiles y siempre dispuestos a pasar un buen rato. ¡Solo no intentes comértelos!

Cómo citar este artículo: Vazquez-Rivas E, Desales-Guzman L, Pacheco-Sánchez J. 2025. Hidrogel: ¿Por qué la gelatina tiembla?. Revista Ciencia y Naturaleza (1159).



L

a materia es una parte importante del universo que nos rodea. Incluye todo lo que ocupa espacio, desde el aire fresco que respiramos, el agua que bebemos, las plantas, los animales, los automóviles, los teléfonos celulares... y hasta nuestros cuerpos. En la formación de la materia hay pequeñas cosas llamadas átomos. Los átomos son súper pequeños bloques de construcción de todo lo que vemos y tocamos.

Cuando los átomos del mismo tipo o de tipos distintos se juntan, forman moléculas a través de interacciones conocidas como enlaces. Además, la formación de un enlace depende de la diferencia entre la carga eléctrica de los átomos. Por ejemplo, un enlace iónico se forma cuando esa diferencia de carga es alta, y cuando no hay diferencia o es pequeña, el enlace formado es covalente. Los enlaces covalentes son muy fuertes y difíciles de romper, mientras que los enlaces iónicos son más débiles. La unión de átomos puede ser tan simple como dos átomos de hidrógeno juntos o tan compleja como crear todas las cosas y los seres vivos. Así que, la próxima vez que uses tu tableta o disfrutes de una comida deliciosa, recuerda que todo está compuesto de átomos trabajando juntos. ¿No es genial?

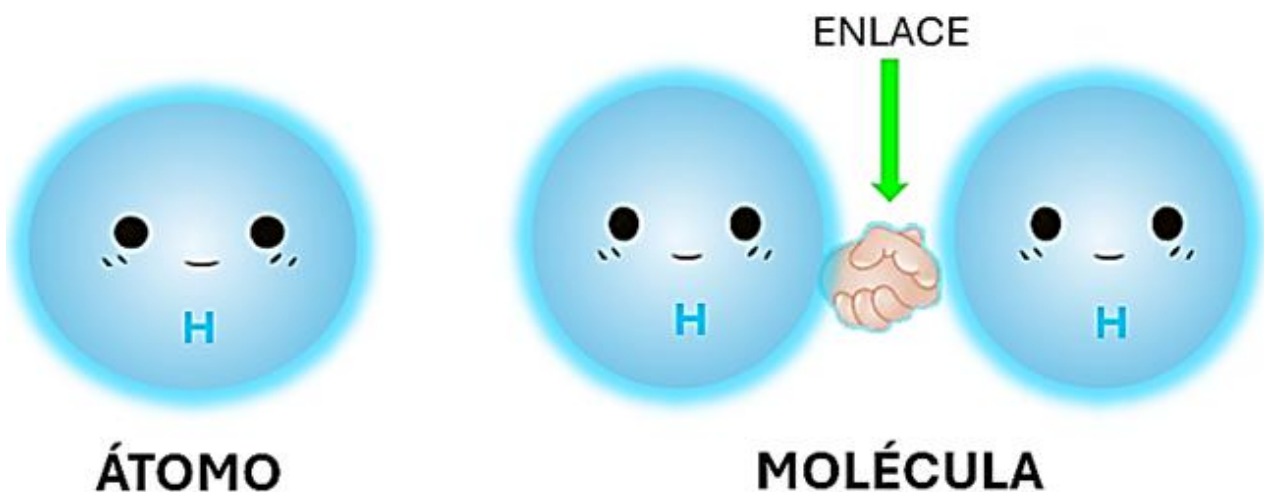
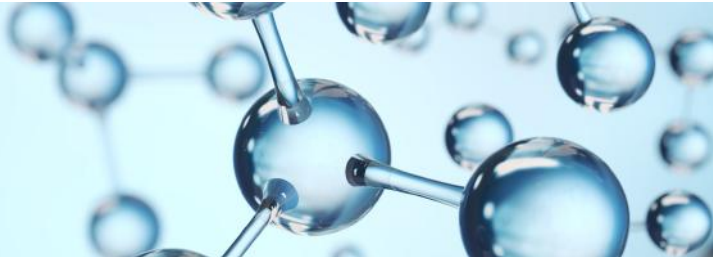


Figura 1. Formación de enlaces y moléculas de hidrógeno.

En general, la materia se clasifica en tres estados primarios: sólido, líquido y gas, cada uno con características y propiedades distintivas determinadas por la forma en que los átomos y moléculas están dispuestos y se comportan.



En el estado sólido, los átomos y moléculas están arreglados de manera muy compacta, lo que les da una forma y volumen estables. Los sólidos pueden ser duros como una roca hasta suaves como una esponja, y pueden existir en varios tamaños.

Los líquidos son un poco más juguetones, aquí, los átomos y moléculas están más espaciados y pueden deslizarse unos sobre otros o fluir, lo que les permite tomar la forma de cualquier contenedor en el que se encuentren, como agua en un vaso o jugo en una botella. Sin embargo, los gases son libres y están aún más dispersos. No tienen una forma o volumen fijos.



Sus moléculas están separadas y les encanta moverse, lo que les permite llenar cualquier espacio en el que se encuentren. Esto significa que se adaptan y se expanden para encajar perfectamente, ya sea en un globo, una habitación o un espacio abierto. Están en una especie de aventura, listos para explorar y hacer de su hogar donde quiera que vayan, al igual que el aire que te rodea.



Además, la materia puede pasar de un estado a otro cuando las condiciones ambientales cambian; por ejemplo, el agua puede cambiar de estado líquido a sólido a bajas temperaturas (frío) y se convierte en gas cuando ebulle aproximadamente a 100 grados centígrados.

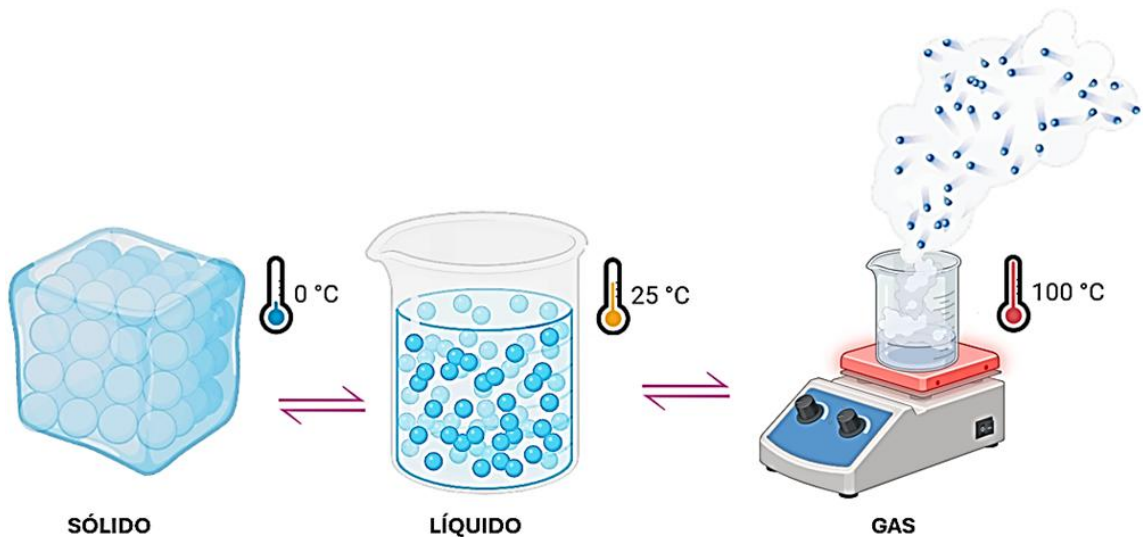


Figura 2. Representación de la organización de los átomos o moléculas en los diferentes estados de la materia.

"Los átomos son súper pequeños bloques de construcción de todo lo que vemos y tocamos. Cuando los átomos del mismo tipo o de tipos distintos se juntan, forman moléculas a través de interacciones conocidas como enlaces".

Los geles

Algunos científicos consideran que los geles son un cuarto estado de la materia debido a que tienen una interesante consistencia semisólida también se les considera como materia blanda o materia coloidal. Su consistencia depende de cuán fuertemente se unan las moléculas que los forman.



Típicamente, los geles rígidos y duros o no elásticos no pueden estirarse o comprimirse sin sufrir daño o deformación permanentemente. Por el contrario, los geles elásticos son interesantes porque puedes estirarlos o comprimirlos, y volverán a su forma y tamaño originales. Para ilustrar la consistencia de los geles, piensa en los desinfectantes de manos; son blandos y flexibles, lo que les permite mantener su forma irregular mientras siguen siendo fáciles de extender y usar.



Por otro lado, los geles más firmes, como los dulces de goma o “gomitas” pueden romperse permanentemente si los doblamos demasiado o los estiramos demasiado. La variación en la textura es fundamental, ya que influye en la interacción de los geles con otros materiales y determina sus aplicaciones. Lo que hace que los geles sean tan geniales es su estructura interna única y detallada.

Tienen una red sólida tridimensional de moléculas que puede retener una sustancia líquida en su interior, y siempre que este líquido consista en agua, los llamamos hidrogeles.



Algunos ejemplos de geles son: gelatina, slime, dulce de gomita, queso, lentes de contacto, sílice, champú, pasta dental, desinfectante de manos, y gel para el cabello, entre muchos otros.

Los hidrogeles

Los hidrogeles son súper hidrofílicos, lo que significa que realmente aman el agua. Debido a esto, pueden llenarse o absorber mucha agua manteniendo su forma, como aquellas bolitas de hidrogel que se usan para ponerle a las plantas.

Los hidrogeles son materiales únicos que pueden cambiar de tamaño dependiendo de la cantidad de agua que contienen. Cuando pierden agua, se encogen y se vuelven más pequeños, pero cuando la absorben se hinchan y aumentan de tamaño. Además, ciertos geles mantienen una forma sólida o semisólida cuando están en reposo, y cuando se agitan o revuelven, pueden transformarse en soluciones líquidas.



Los hidrogeles están compuestos por cadenas de polímeros interconectadas de tal modo que forman una red tridimensional que puede retener agua. Este proceso de enlace de cadenas se conoce como entrecruzamiento. Este fascinante proceso puede ocurrir a través de dos métodos dinámicos: entrecruzamiento químico y físico.



El entrecruzamiento químico genera enlaces covalentes fuertes, y los hidrogeles formados de esta manera no pueden regresar al estado que presentaban antes de su entrecruzamiento; es decir no pueden volver del estado gel al líquido. Por otro lado, el entrecruzamiento físico se trata de interacciones de atracción y repulsión, lo que resulta en redes más flexibles que permiten a los geles regresar a su estado inicial líquido.



La gelificación es un término común que se refiere a un proceso también conocido como sol-gel en el que un líquido cambia a un estado semisólido o gel. El momento exacto en que ocurre esta transición se llama punto de gelificación. El punto de gelificación es diferente para cada material y depende principalmente de la temperatura y del pH (acidez o alcalinidad) circundante; por lo tanto, cuando la temperatura o el pH cambian, el líquido se convierte en sólido o viceversa.



Algunos hidrogeles alcanzan su punto de gelificación cuando están calientes, mientras que otros lo hacen cuando están fríos. Los hidrogeles pueden hacerse con polímeros naturales o sintéticos. Los polímeros naturales provienen de organismos vivos como plantas y animales.



Pueden ser proteínas como la gelatina obtenida de animales, carbohidratos como la celulosa, la pectina, la quitina, el alginato, la queratina, y polímeros en forma de goma como el chicle natural. Los polímeros sintéticos son una clase de materiales que se crea mediante diversas reacciones químicas.

Ejemplos comunes de polímeros sintéticos incluyen: nylon, rayón, acrílico, poliéster, varios tipos de goma y polietileno entre muchos otros. Son materiales que encontramos todos los días, como en contenedores y en botellas de plástico, en juguetes, e incluso en la ropa que usamos. También se utilizan en empaques, en partes automotrices, en materiales y equipos biomédicos, en utensilios de cocina, en electrónica, en la industria aeroespacial, en maquinaria, en materiales de construcción y en cosméticos, entre otros.

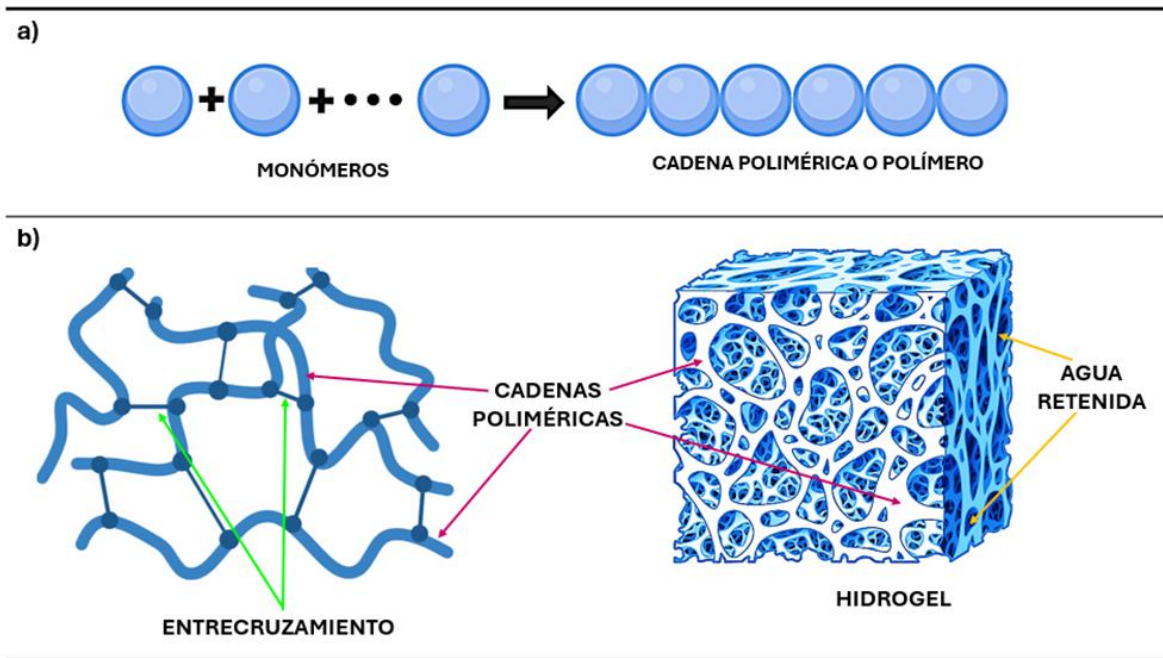


Figura 3. a) Formación de cadenas de polímeros, b) entrecruzamiento y formación de un hidrogel.

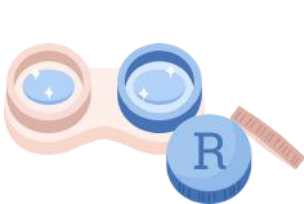


Preparar hidrogeles es típicamente un proceso sencillo. Comienza disolviendo un polímero en agua, a veces añadiendo una sustancia que facilite el entrecruzamiento, y exponiéndolo a un cambio de temperatura o pH, lo que permite que las cadenas poliméricas se entrecrucen creando una red tridimensional.



Experimentando con factores como el pH, la temperatura y la cantidad de polímero se puede obtener un hidrogel rígido o flexible. También, se fabrican hidrogeles híbridos mezclando diferentes tipos de polímeros y materiales. Esta combinación les otorga propiedades únicas, como afinidad al agua, porosidad y resistencia mecánica.

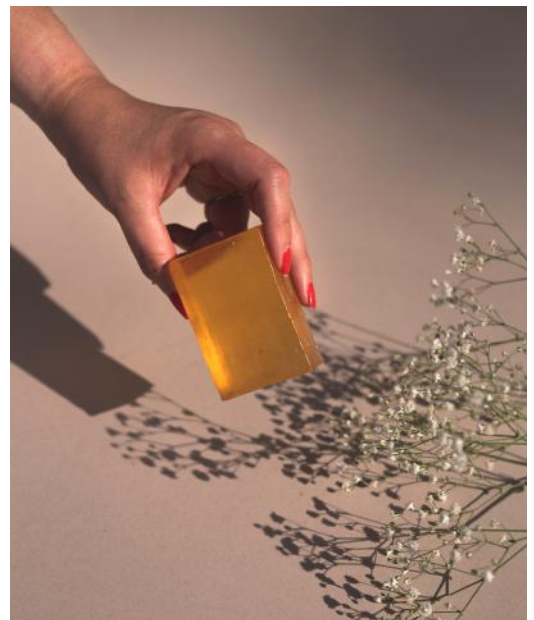
Además, algunos hidrogeles pueden diseñarse para que aumenten o disminuyan su volumen ante cambios en su entorno; estos se conocen como hidrogeles inteligentes o sensibles a estímulos. Los estímulos físicos incluyen temperatura, campo eléctrico o magnético, presión, sonido y luz, mientras que los estímulos químicos incluyen pH, disolvente y fuerza iónica. Los hidrogeles sensibles al pH responden a los cambios de alcalinidad o acidez del entorno en el que están expuestos.





Los hidrogeles sensibles a la temperatura exhiben cambios en respuesta a la temperatura circundante, expandiéndose o contrayéndose, dependiendo de cuán caliente o frío esté. De manera similar, los hidrogeles electro-sensibles reaccionan a la aplicación de electricidad alterando su tamaño, mientras que los hidrogeles sensibles a la luz se ajustan a las variaciones de intensidad o al tipo de luz.

El comportamiento de los hidrogeles es típicamente viscoelástico, lo que significa que los hidrogeles se deforman bajo estrés y regresan a su forma original cuando el estrés desaparece, además de permitirles ser altamente flexibles. Las propiedades viscoelásticas de los hidrogeles se pueden ajustar cambiando la cantidad de sus componentes y la forma en que se entrecruzan. Esto significa que es posible crear hidrogeles que sean justo lo que se necesita para cada uso.



"Los hidrogeles son súper hidrofílicos, lo que significa que realmente aman el agua. Debido a esto, pueden llenarse o absorber mucha agua manteniendo su forma."

¿Entonces, por qué la gelatina tiembla?

La gelatina es el hidrogel más popular, se obtiene de proteínas extraídas del colágeno animal, proveniente de la piel, los huesos y los tejidos conectivos de animales como vacas y cerdos; y es conocida como grenetina cuando se encuentra deshidratada o seca.



Mientras que otro hidrogel conocido como gelatina vegetariana o agar-agar se obtiene de algas marinas. Cuando cualquiera de estos ingredientes se disuelve en agua caliente, las moléculas de proteína se estiran y forman cadenas largas y flexibles (cadenas poliméricas) que se mueven libremente a través del líquido.



A medida que la solución se enfría, estas cadenas se entrelazan y se entrecruzan, creando una red polimérica compleja, que puede retener muchas moléculas de agua dentro de su estructura. A medida que la temperatura baja, la solución alcanza su punto de gelificación, adquiriendo una consistencia más firme, similar a un sólido, y toma la forma del recipiente que la contiene. Asimismo, añadir más grenetina permite que la gelatina resultante sea más densa y dura.

La gelatina es un hidrogel capaz de absorber y retener cinco veces su peso en agua, es decir, un gramo de grenetina puede guardar cinco gramos de agua, por lo cual la gelatina tiene un comportamiento similar al del agua. Entonces, cuando uno de sus lados se perturba o se empuja, el agua contenida se mueve y vibra transmitiendo energía a toda la compleja red de polímeros extendida por toda la estructura. Esto a su vez



provoca que las cadenas poliméricas se estiren y contraigan de manera coordinada, de manera similar a una serie de resortes que responden a una fuerza externa flexionándose y reacomodándose simultáneamente como lo muestra la Figura 4.



Esta interacción única entre las propiedades viscoelásticas de las cadenas y la naturaleza fluida del agua le da al hidrogel su notable capacidad para absorber estrés y volver a su forma original, haciendo que la gelatina tiemble. También, cuando la estructura de la gelatina se vuelve más débil, se asemeja más al agua y por lo tanto tiembla más con el movimiento.

Por ejemplo, al ser expuesta a diferentes temperaturas, la gelatina sufre cambios estructurales. Cuando se calienta por encima de los 30 °C, las cadenas poliméricas de su estructura comienzan a separarse de modo que ocurre una transición de un estado gelatinoso a una forma líquida.



Aunque la gelatina se mantiene más firme debajo de los 25 °C, si se expone a temperaturas por debajo de los 5°C el agua que contiene formará cristales de hielo que dañaran su estructura polimérica, volviendo su consistencia más aguada. Del mismo modo, cuando la gelatina se agita esta fuerza debilita o destruye su estructura polimérica volviéndola más líquida y temblorosa.

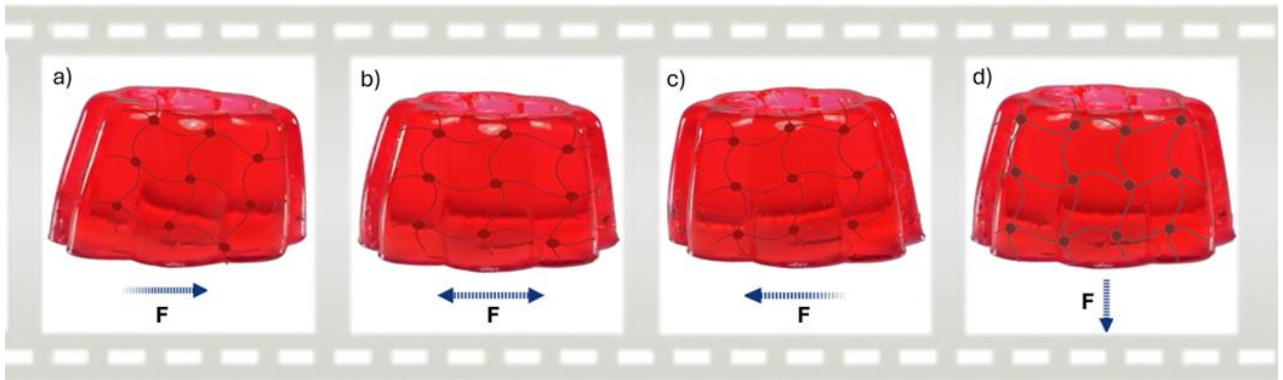


Figura 4. a) Movimiento de la gelatina en dirección a la fuerza aplicada, b) y c) la viscoelasticidad ejerce una fuerza en sentido contrario para recuperar el equilibrio, d) finalmente regresa a su forma inicial.

Usos múltiples de los hidrogeles

Los hidrogeles son materiales muy apreciados por su versatilidad y por presentar características como tener biocompatibilidad (ser amigables con el cuerpo), tener un alto contenido de agua, que pueden ser diseñados para usos específicos e incluso que pueden ser formulados para degradarse, disolverse o mantener estabilidad química. Por lo tanto, pueden ser utilizados en muchas áreas.

Hidrogeles en la industria alimenticia

Muchos alimentos están hechos de hidrogeles como las gelatinas, los flanes, los pudines, las jaleas, los jarabes, el ate y los quesos; también pueden ser adicionados para dar consistencia y espesar otros ingredientes como la mayonesa, las salsas, el yogur, el jugo, los batidos, la crema agria, los aderezos, los embutidos, los fideos instantáneos, los helados, y perlas de alginato similares a la gelatina que se utilizan para



encapsular diferentes ingredientes y sabores, como las perlas de boba de sabor fruta en el té asiático de burbujas. Y sorprendentemente, los hidrogeles también se pueden usar para hacer películas plásticas para envolver o empaquetar alimentos.



Hidrogeles en productos higiénicos

Los hidrogeles también pueden encontrarse en diversos productos higiénicos, como jabón líquido, champú, acondicionadores y cremas para el cabello, pasta dental, enjuague bucal, gel para el cabello, cremas para manos y cuerpo, perfume en gel, desodorante, gel desinfectante (cloro) y gel antibacterial. Hidrogeles superabsorbentes a base de acrilato se utilizan en pañales desechables y compresas, manteniendo grandes cantidades de líquido, y también se usan hidrogeles superabsorbentes degradables de fuentes naturales como derivados de celulosa y almidón.

Cosméticos con hidrogeles

Los hidrogeles son biocompatibles y aptos ser aplicados en la piel y el cabello. Estos pueden espesar productos cosméticos para que funcionen mejor y pueden retener vitaminas y nutrientes esenciales. Al mezclarse con ingredientes como la glicerina y aceites naturales presentes en nuestra piel, como el ácido palmítico, el ácido oleico y las ceramidas, estos hidrogeles ayudan a mantener la piel hidratada y saludable. Por lo cual son usados en productos como maquillaje, humectantes, y tratamientos especiales para la piel y el cabello.



Figura 5. Aplicación de hidrogeles en diversos productos

Hidrogeles aplicados en el campo médico

Adicionalmente, los hidrogeles son materiales muy versátiles, distinguidos por su textura y su estructura porosa, que junto con sus propiedades mecánicas y su capacidad para retener agua los hace muy semejantes a los tejidos naturales del cuerpo humano. En consecuencia, desempeñan un papel importante para la medicina.

En el cuidado de heridas, los hidrogeles se utilizan con frecuencia en apósitos que promueven la sanación al mantener un ambiente húmedo. Estos apósitos también absorben el exceso de fluidos en la herida y la protegen de la suciedad y los gérmenes, al mismo tiempo que fomentan el crecimiento de nuevas células.



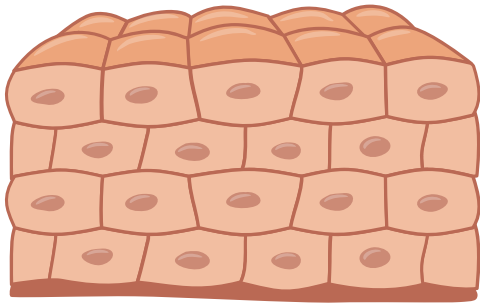


Además, los hidrogeles se usan para hacer vendajes suficientemente flexibles que pueden ajustarse cómodamente a cualquier parte del cuerpo. Cremas y ungüentos de hidrogel ayudan a aportar humedad e ingredientes curativos para la piel, siendo útiles para condiciones como cortaduras, quemaduras, erupciones o irritaciones cutáneas. Por otro lado, los hidrogeles pueden utilizarse en procedimientos de cirugía plástica para restaurar volumen donde falta tejido y para dar soporte a diferentes áreas del cuerpo.

En salud ocular, los hidrogeles se utilizan para hacer parches oculares suaves que brindan protección e hidratación a áreas sensibles de la piel alrededor de los ojos y son el ingrediente activo en gotas para aliviar la sequedad de los ojos. Además, los lentes de contacto de hidrogel ofrecen mayor comodidad y claridad para los usuarios. Por otro lado, los hidrogeles desempeñan un papel vital en la reparación de nervios ya que son usados para crear estructuras de guía (andamios) para la regeneración de fibras nerviosas lesionadas.



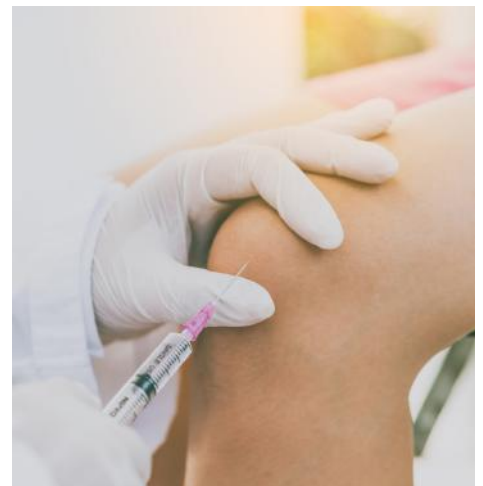
En ingeniería de tejidos, los hidrogeles sirven como andamios que ayudan a las células a crecer y a los tejidos a sanar. Estos materiales están diseñados para imitar la matriz extracelular natural, actúa como una red de seguridad que ofrece soporte mecánico para las células y genera señales esenciales que le indica cómo comportarse.



Un andamio de hidrogel funciona como una matriz extracelular ayudando a las células a adherirse a él y promoviendo el crecimiento y el movimiento celular. Además, emite señales amigables que guían a las células, alentándolas a especializarse y a formar nuevos tejidos.

Los hidrogeles también pueden ser inyectados en el cuerpo cuando están en forma líquida y alcanzar su punto de gelificación en un área específica del cuerpo, evitando así una cirugía mayor; aunque alternativamente, pueden ser preformados para implantes. Por ejemplo, hidrogeles cargados con células, antibióticos, analgésicos y agentes de crecimiento celular pueden ser inyectados en huesos o cartílagos lesionados o fracturados para promover su regeneración o incluso para ayudar a restaurar la función de los discos espinales. Además, órganos específicos, como vejigas, pueden ser cultivados o impresos y utilizados para trasplantes.

Los sistemas de liberación controlada de medicamentos están diseñados para asegurar que la cantidad adecuada de medicina llegue a un lugar indicado en el cuerpo durante un período específico.





En este sentido, los sistemas a base de hidrogeles ayudan a mantener la liberación de los medicamentos entre los límites mínimos y máximos de la dosis efectiva y pueden configurarse para liberarlos de manera constante.

Por ejemplo, las cápsulas de gelatina son flexibles, biocompatibles, no tóxicas y protegen los medicamentos en su interior de factores como la humedad, la luz y el aire. Además, pueden disolverse a diferentes velocidades, de modo que liberen su contenido exactamente en el lugar requerido.

Restauración del medio ambiente con hidrogeles


Los hidrogeles son muy efectivos para limpiar contaminantes del medio ambiente. Pueden ayudar a eliminar una amplia gama de contaminantes nocivos, incluyendo medicamentos, productos de cuidado personal, pesticidas, productos químicos industriales, metales pesados, gérmenes e incluso plásticos microscópicos del suelo, el agua y el aire.



Los hidrogeles pueden atraer contaminantes dentro de su estructura (absorber) o adherir contaminantes a su superficie (adsorber) para removerlos. También pueden retener los contaminantes de forma temporal o permanente dependiendo de si forman interacciones débiles o enlaces químicos covalentes entre el contaminante y su estructura.



Aplicación de hidrogeles en agricultura

Finalmente, los hidrogeles también son aplicados en agricultura y horticultura para mantener las plantas hidratadas y principalmente para encapsular agentes agroquímicos activos como pesticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes con propósito de liberación controlada en el campo de siembra. Los hidrogeles representan un avance importante en la tecnología ya que sus muchas formas innovadoras de utilizarlos tienen el potencial de contribuir al progreso y hacer del mundo un lugar mejor. 

Agradecimientos

Los autores agradecen las becas posdoctorales otorgadas con los números de CVU 636841 y 630999, a la Universidad de Guadalajara CUCEI, y al Instituto Tecnológico de Toluca (TecNM).

Para Consulta

- Ahmadi S, Pourebrahimi S, Malloum A, *et al.* 2024. Hydrogel-based materials as antibacterial agents and super adsorbents for the remediation of emerging pollutants: A comprehensive review. *Emerging Contaminants*, 10(3): 100336. [\[Link\]](#)
- Burciaga-Montemayor NG, Claudio-Rizo JA, Cano-Salazar LF, *et al.* 2020. Compósitos en estado hidrogel con aplicación en la adsorción de metales pesados presentes en aguas residuales. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23. [\[Link\]](#)
- Djabourov M. 2020. 1 Gels. 1-44. In De Deene Y (Ed). *NMR and MRI of Gels*. The Royal Society of Chemistry. [\[Link\]](#)
- Jose J, Athira VP, Michel H, *et al.* 2023. 3 Hydrogels: An overview of the history, classification, principles, applications, and kinetics. 1-22. In: Thomas S, Sharma B, Jain P, Shekhar S (Eds). *Sustainable Hydrogels*. Elsevier. [\[Link\]](#)
- Majcher MJ, Hoare T. 2019. Applications of Hydrogels. 453-490. In Jafar-Mazumder MA, Sheardown H, Al-Ahmed A (Eds). *Functional Biopolymers*. Springer International Publishing. [\[Link\]](#)



Crédito de imágenes en orden de aparición: Tamara Velazquez (capturenow), bhofack2 (Getty Images, GI), Tatiana Maksimova, anusorn nakdee (GI), FG (ideadesign), Polina Tankilevitch (Pexels), JillWellington (pixabay), irinaevva, Golib, Изображения пользователя Ales Munt, efetova, Dhea Pramesti (Visula Co), med.asf (goodprintsshop), goodstudio, Aflo Images (アフロ Aflo), bhofack2 (Getty Images Pro), Sol Vazquez Cantero, Kriengsak Tarasri (GI), Mizina (GI), Kasto, Sabelskaya, sertaki (Tatiana), Изображения пользователя YUCALORA, Ulfa Karina (GI), Los Muertos Crew (Pexels), Ba Tung Huynh (GI), Qwart, JoseManuelLuna (GI), homydesign (GI), NLAURIA (GI), TheCrimsonMonkey (Getty Images Signature, GIS), The Paul Ricafrente Collection, My An de 20s, Rabbit Jes, Noval Pratama (Dikas Design), paula (Paula 的影像), PattPaulStudio, bokan76 (GIS), amethyststudio, Wanicon, vichie81 (GI), vesvocre (Vesvostd), Odin Mcraig (Pexels), photobyphotoboy, gilaxia (GIS), Sensvector, iconsy, SharafMaksumov (GI), joannawuk (GI), Hus, Leslie studios, Vectorfair J. Crédito de figuras: Proporcionada por los autores. Los autores declaran que ningún párrafo ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con herramientas AI.

Mc. David A. López Villarreal
Editor Asociado Revista CyN

Diseño: Irlanda Edith Garcia Corona



Elizabeth Vazquez Rivas

Universidad de Guadalajara, CUCEI. Posdoctorante para CUCEI en U de G, su área de interés es la síntesis de materiales sustentables para reducción de residuos, tratamiento de agua y almacenamiento de energías alternativas.

lzbthvzqz@gmail.com

contacto:



Luis Alberto Desales Guzmán

Instituto Tecnológico de Toluca, TECNM. Posdoctorante para el Instituto Tecnológico de Toluca. Su área de investigación es en diseño de materiales para el almacenamiento de hidrógeno a través de cálculos de Teoría de Funcionales de Densidad (DTF). Miembro de SNI nivel I.

contacto: ldesalesg@toluca.tecnm.mx



Juan Horacio Pacheco Sánchez

División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Toluca, TECNM. Profesor Investigador para el Instituto Tecnológico de Toluca. Su área de investigación es en Diseño de Materiales para Energías Renovables por simulación molecular. Miembro de SNI nivel II.

contacto: jpachecos@toluca.tecnm.mx