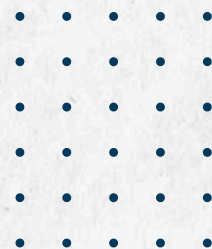
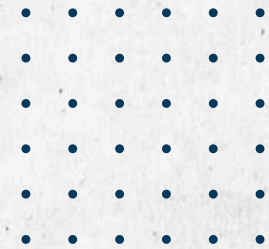


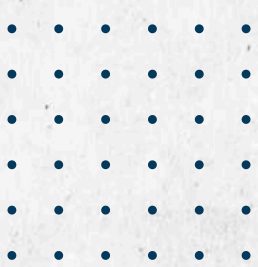
DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN APÓSITO DE ALGINATO-QUITOSANO CON ALOE VERA Y TÉ VERDE PARA EL TRATAMIENTO DE HERIDAS CORTANTES EN EL ÁMBITO LABORAL



Contenido

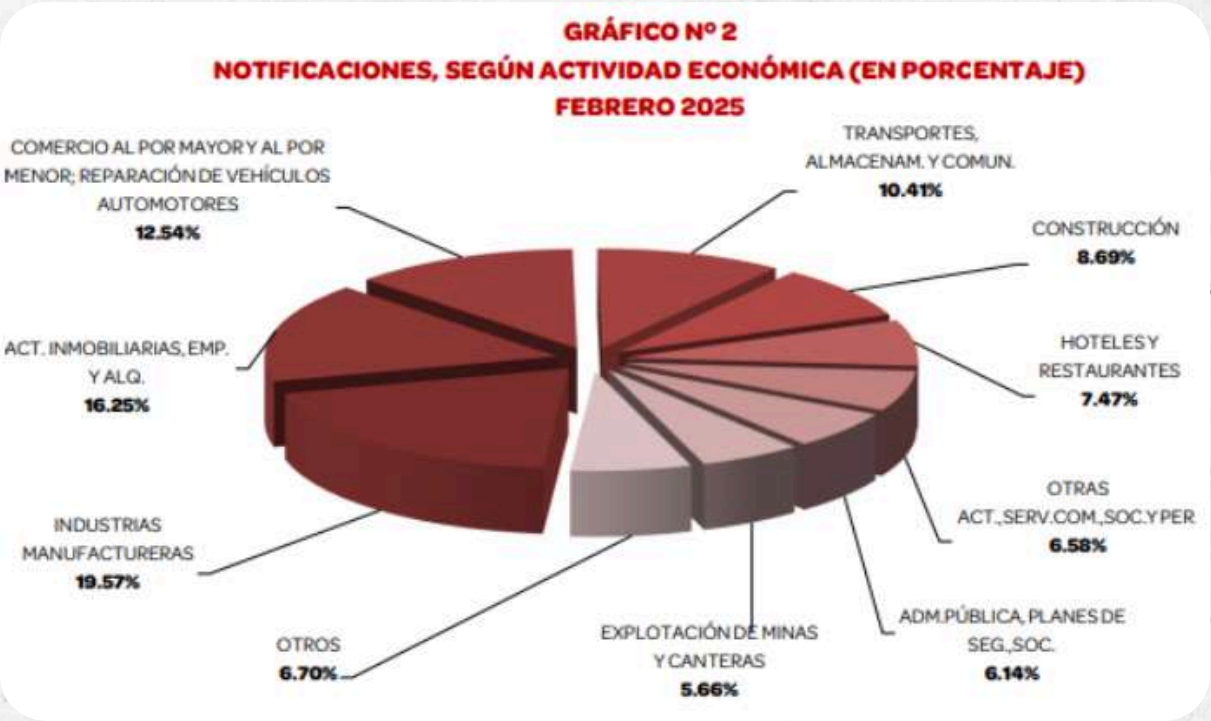


Problemática actual



En el contexto del Perú, según el Ministerio de trabajo y promoción del empleo (MTPE) reporta los espacios con mayores tasas de notificaciones de accidentes laborales en el mes de febrero del año 2025 [1]

La gráfica revela que las industrias manufactureras lideran significativamente con un 21.99%, luego las actividades inmobiliarias con un 15.73% y el comercio al por mayor y al por menor con un 11.86%. Son espacios donde existe mayor exposición al riesgo de sufrir un accidente.



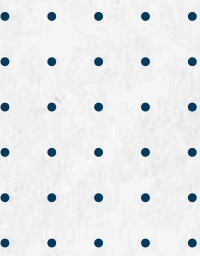
Grafica 1: Espacios con mayores tasas de notificaciones de accidentes laborales en el mes de febrero del año 2025 [1]

NOTIFICACIONES DE ACCIDENTES DE TRABAJO POR MES, SEGÚN NATURALEZA DE LA LESIÓN														
2023														
NATURALEZA DE LA LESIÓN	MES												TOTAL	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ABSOLUTO	%
AMPUTACIONES	27	8	22	15	14	21	16	14	17	19	18	15	206	0.57
ASFIXIA	5	2	1	2	2	3	3	7	2	-	3	-	30	0.08
CONTUSIONES	1021	863	885	679	761	911	945	856	924	1007	979	710	10 541	29.24
CUERPO EXTRAÑO EN OJOS	255	215	238	184	200	251	274	234	221	235	278	204	2 789	7.74
DISFUNCIONES ORGÁNICAS	2	6	5	3	-	-	-	3	-	1	2	2	24	0.07
EFFECTOS DE ELECTRICIDAD	8	5	3	3	4	3	4	4	7	3	6	8	58	0.16
EFFECTOS DE LAS RADIACIONES	6	4	1	1	-	1	1	3	1	5	-	-	23	0.06
ENUCLREACIÓN (PÉRDIDA OCULAR)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0.00
ESCORIACIONES	7	7	10	3	4	-	4	3	4	6	1	4	53	0.15
FRACTURAS	190	175	158	155	138	162	179	178	174	194	196	160	2 059	5.71
GANGRENAS	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	0.01
HERIDA DE BALA	-	2	1	1	3	2	2	3	-	3	-	-	17	0.05
HERIDA DE TEJIDOS	37	49	52	53	47	78	65	68	48	54	78	84	713	1.98
HERIDAS CONTUSAS (POR GOLPES O DE BORDES IRREGULAR)	117	114	98	78	70	99	108	109	102	78	116	71	1 160	3.22
HERIDAS CORTANTES	306	288	289	230	207	266	278	273	273	284	281	233	3 208	8.90
HERIDAS PUNZANTES	52	71	53	41	58	60	62	76	61	66	60	43	703	1.95
INTOXICACIONES	6	3	10	10	11	15	7	6	4	8	16	8	104	0.29
INTOXICACIONES POR PLAGUICIDAS	2	2	1	2	-	-	1	1	1	2	3	-	15	0.04
LUXACIONES	39	47	22	32	36	36	34	26	43	35	42	32	424	1.18
QUEMADURAS	151	116	125	126	116	133	144	141	114	137	132	104	1 539	4.27
TORCEDURAS Y ESGUINES	289	269	302	234	219	293	309	282	245	324	315	258	3 339	9.26
TRAUMATISMOS INTERNOS	305	263	250	241	273	392	338	353	334	306	331	302	3 688	10.23
OTROS	507	455	502	360	328	456	506	411	432	521	466	416	5 360	14.87
TOTAL	3 332	2 965	3 028	2 463	2 491	3 182	3 280	3 051	3 007	3 288	3 324	2 655	36 056	100.00

Grafica 2: Accidentes que fueron los más reportados durante el periodo del 2023 [1]

Asimismo, el MTPE reporta que accidentes en específico fueron los más reportados en estos sectores durante el periodo del 2023 [2]

La tabla indica que las heridas cortantes fueron el quinto tipo de accidente más notificado, con un total de 3208 casos de personas afectadas. Las heridas son a menudo colonizadas con organismos bacterianos o fúngicos, en parte porque estas heridas permanecen abiertas durante períodos prolongados lo cual conlleva a la disminución de la productividad y ausentismo laboral, por lo que es importante mantener libre a la herida de contaminación bacteriana [3]



Propuesta de solución

Crear un apósito seco multifuncional de alginato y quitosano enriquecido con **aloe vera** y **té verde** para heridas cortantes. Este apósito tiene como objetivo promover la **cicatrización**, ofrecer **protección antimicrobiana** y **reducir la inflamación**.



Objetivo

Desarrollar y caracterizar un apósito seco a base de alginato, quitosano, aloe vera y té verde para acelerar la cicatrización, prevenir infecciones y optimizar la curación de heridas cortantes.

Objetivos específicos

- Determinar el procedimiento de elaboración de la matriz de alginato-quitosano y características óptimas para su uso como apósito.
- Establecer procedimientos de extracción y purificación del aloe vera y té verde que garanticen la obtención de componentes activos usando el método de preparación de extractos naturales por medio de infusión-filtración.
- Evaluar y determinar los compuestos bioactivos en los extractos de aloe vera y té verde
- Evaluar la actividad antimicrobiana, biocompatibilidad, y capacidad antioxidante del apósito, asimismo, su respectivo análisis morfológico, capacidad de hinchamiento y propiedades mecánicas usando los métodos de caracterización, Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Ensayo de hinchamiento en PBS a pH 5.5 y 7.5, Ensayo mecánico de tracción uniaxial, Ensayo antioxidante ABTS y Ensayo de difusión en agar.

Propiedades de aloe vera y té verde



Aloe barbadensis

- Potente regenerador tisular
- Cicatrizante y antiinflamatorio
- Inmunomodulador
- Hidratante y calmante



Camellia sinensis

- Antioxidante y protector celular
- Antimicrobiano
- Antiinflamatorio
- Estimula la circulación

1. Preparación de solución de alginato (2%)

Pesar 2,0 g de alginato de sodio (Sigma-Aldrich, 200–400 cps)



Balanza analítica Sartorius BL 210 S (± 0.1 mg)

Disolver en 100 mL de agua ultrapura (Barnstead™ Nanopure™, resistividad 18,2 M Ω ·cm)



Agitar a 300 rpm por 1 hora, a temperatura ambiente (~ 25 °C)

Agitador-calentador Heidolph MR Hei-Tec



2. Preparación de solución de quitosano (1%)

Pesar 0,5 g de quitosano



quitosano (de bajo peso molecular)



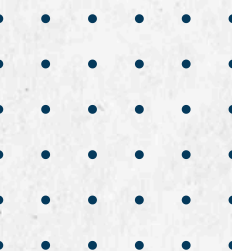
Balanza analítica Sartorius BL 210 S (± 0.1 mg)

Disolver en 50 mL de ácido acético al 1% (v/v)



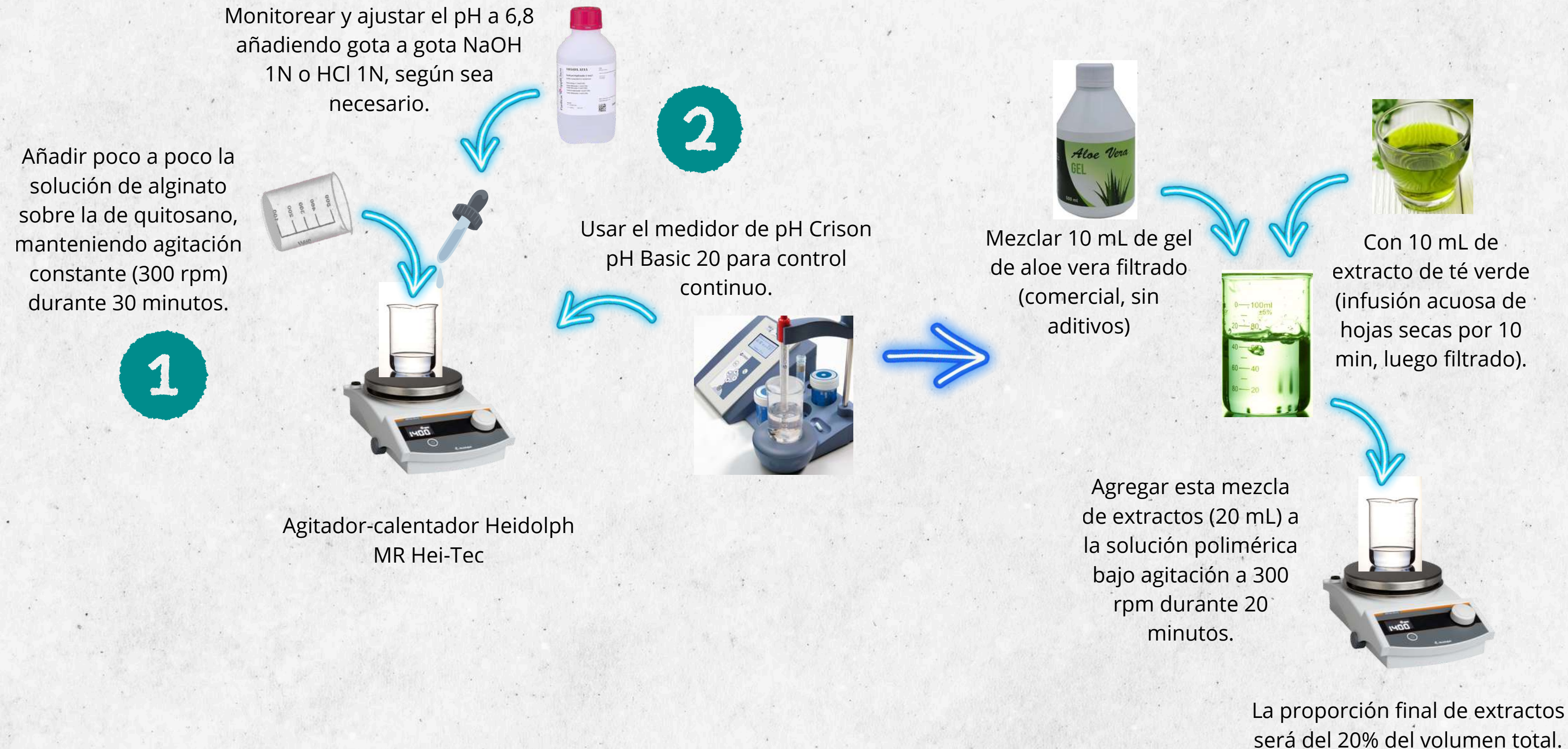
Agitar magnéticamente a 300 rpm por 1 hora, a temperatura ambiente.

Agitador-calentador Heidolph MR Hei-Tec



3. Mezcla de soluciones poliméricas

4. Preparación e incorporación de extractos naturales

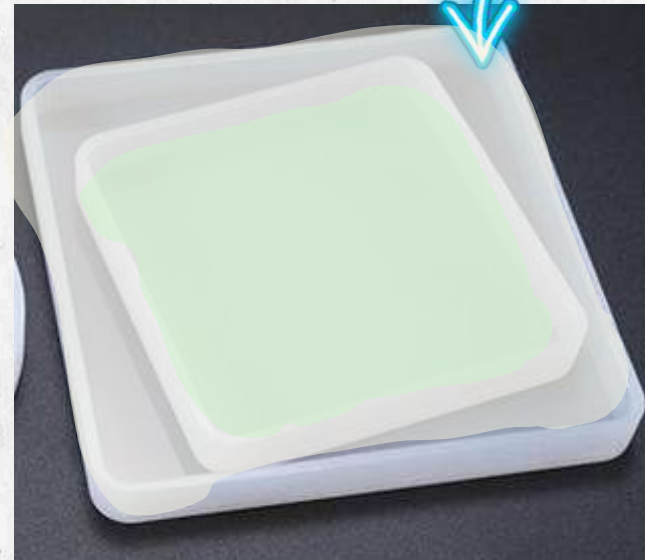


5. Formación de láminas de hidrogel

Verter la solución final en bandejas de silicona, formando capas de ~3 mm de espesor



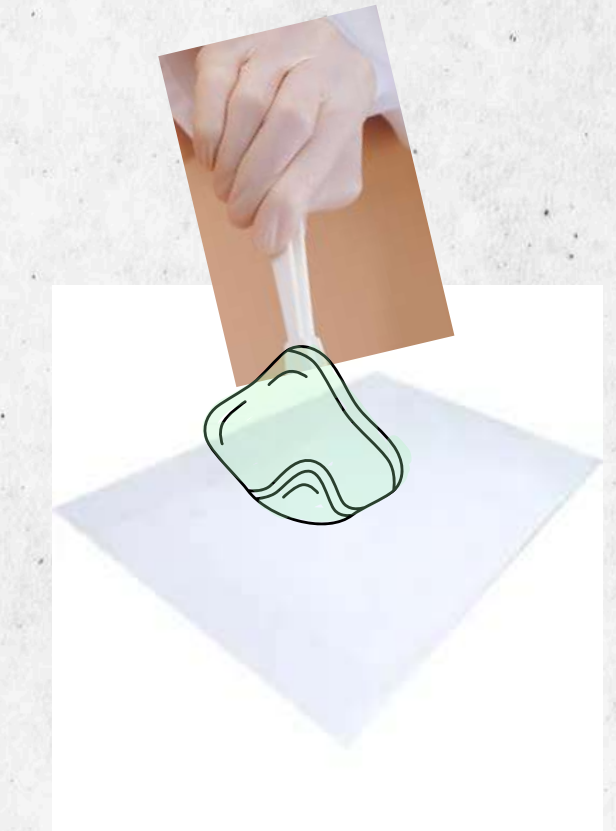
Preparar una solución de CaCl_2 al 2% (p/v): disolver 2 g de cloruro de calcio anhidro en 100 mL de agua ultrapura.



Luego, sin necesidad de desmoldar, sumergir las láminas en esta solución por 30 minutos para inducir el entrecruzamiento iónico del alginato (Ca^{2+}). Es ese contacto con el Ca^{2+} lo que "gela" la solución y la convierte en un hidrogel sólido.

6. Lavado y presecado

Las láminas entrecruzadas serán retiradas cuidadosamente con pinzas estériles y sumergidas individualmente en 50 mL de agua ultrapura durante 1 minuto



Colocar sobre papel parafina y dejar reposar a temperatura ambiente por 1 hora para evaporación parcial del agua superficial.

7. Congelación y liofilización



Las láminas presecadas serán extraídas cuidadosamente del papel parafina y colocadas en un recipiente metálico o soporte resistente para ser inmersas en nitrógeno líquido durante 5 minutos



nitrógeno líquido



las láminas congeladas serán transferidas a frascos de vidrio abiertos y colocadas dentro del liofilizador, donde serán sometidas a un ciclo de liofilización de 48 horas



Liofilizador Yamato Scientific DC401

8. Moldeado del apósito (opcional)



Usar la prensa hidráulica Specac para moldear los apósitos secos en discos de 2 cm de diámetro, aplicar presión suave durante 30 segundos.



9. Almacenamiento

Guardar los apósitos en bolsas estériles tipo Ziploc o selladas al vacío.



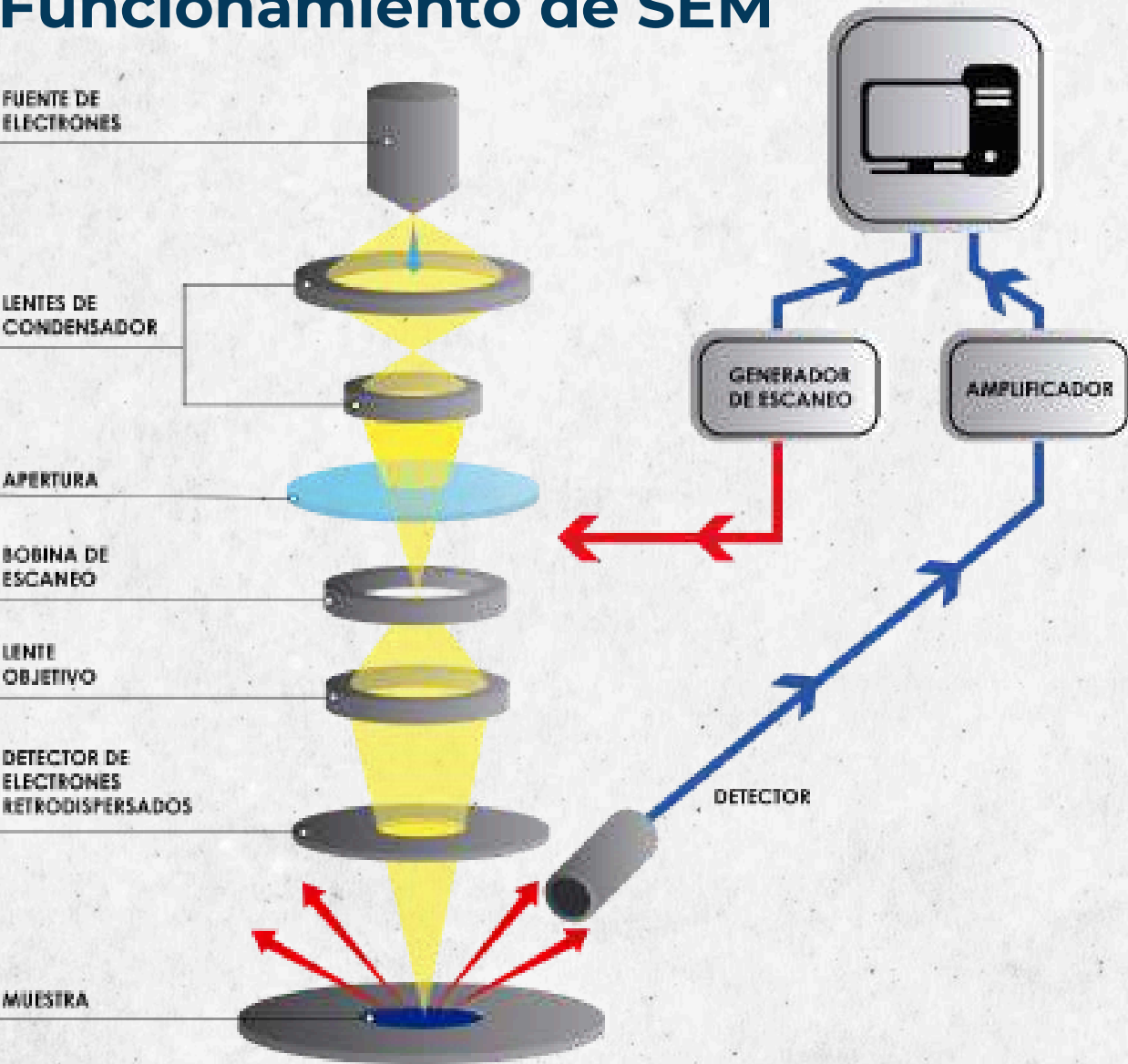
Conservar en un lugar seco, oscuro, a temperatura ambiente (20-25 °C).



Caracterización del hidrogel propuesto

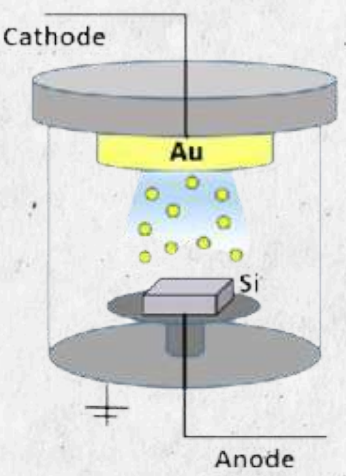
Análisis morfológico mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

Funcionamiento de SEM



liofilización y recubrimiento con oro mediante Sputtering

2) Gold Sputtering



Resultados esperados

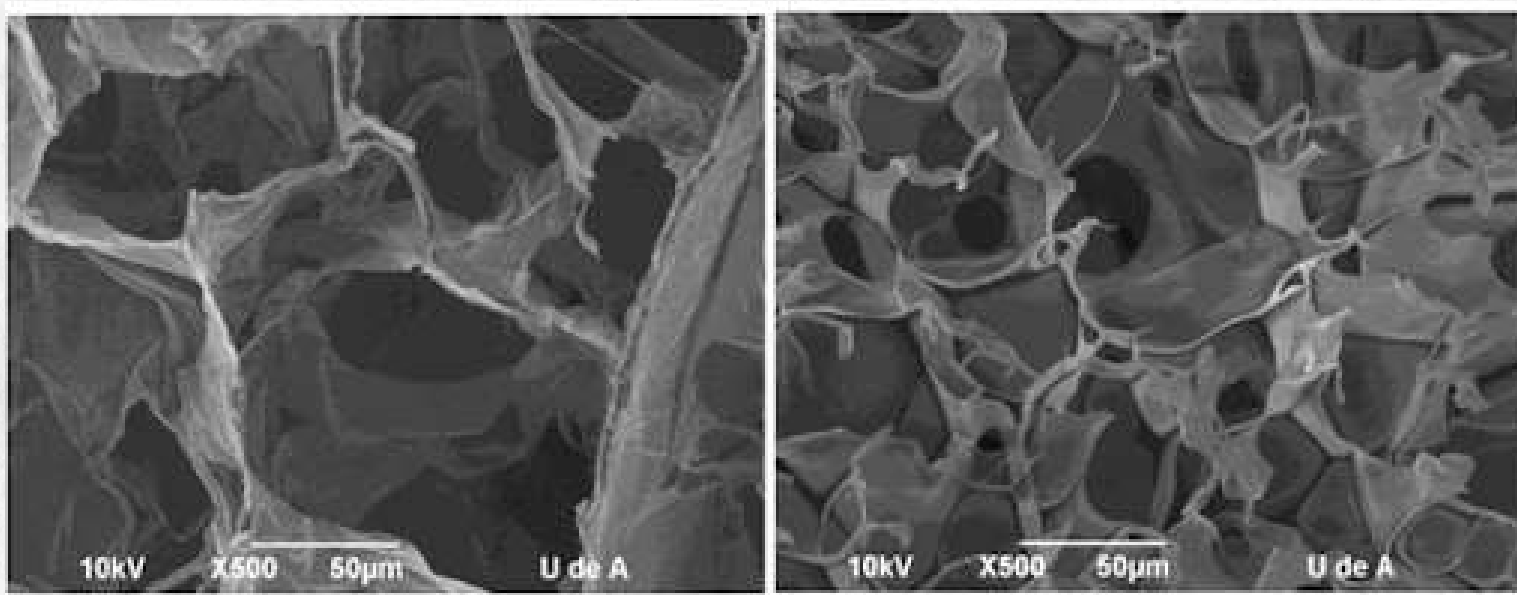
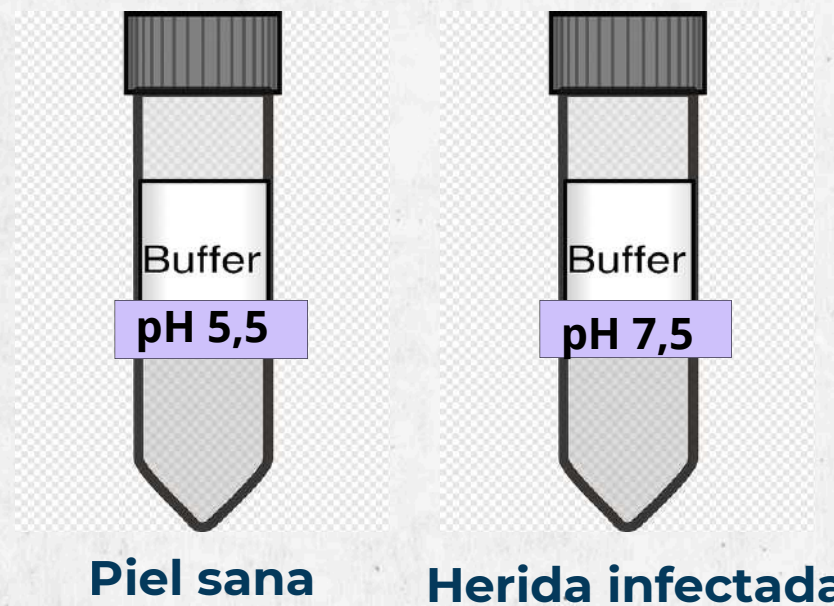


Imagen de matrices biopoliméricas de PVA-Alginato-Quitano funcionalizadas con Aloe vera.
Adaptado de: Mora-Castillo et al., 2018 [11]. Evaluación de la actividad antimicrobiana de apósitos con extractos naturales frente a Staphylococcus aureus y Escherichia coli.

Análisis de capacidad de hinchamiento en PBS

Buffers a utilizar



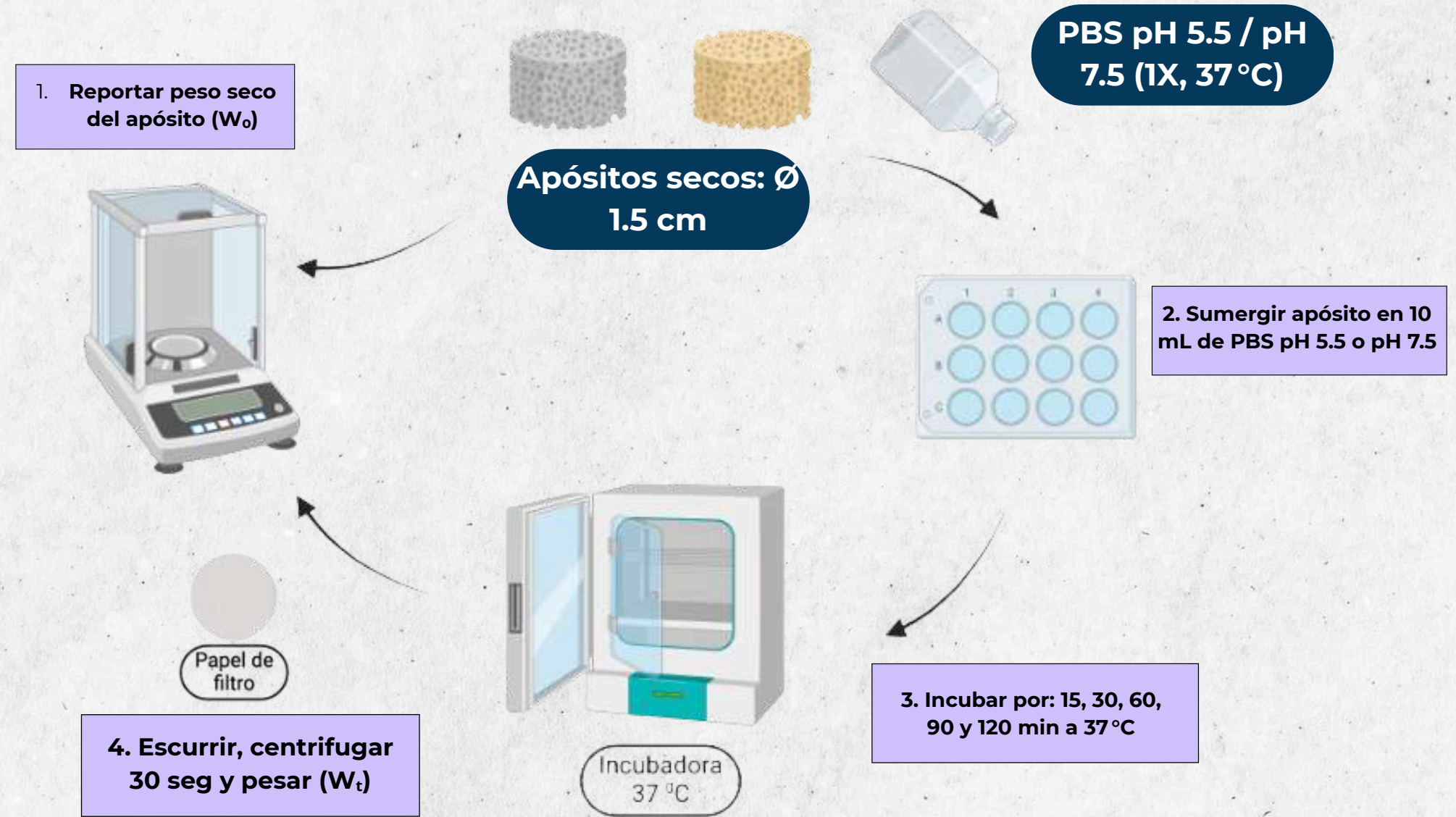
Porcentaje de hinchamiento

$$Q = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100$$

sistemas de liberación controlada

Se espera hinchamiento entre 200% y 400%, con mayor absorción en pH 7.5, indicando una respuesta adaptativa del apósito y liberación activa de compuestos bioactivos [12]

Procedimiento de ensayo de hinchamiento apósitos de alginato–quitosano

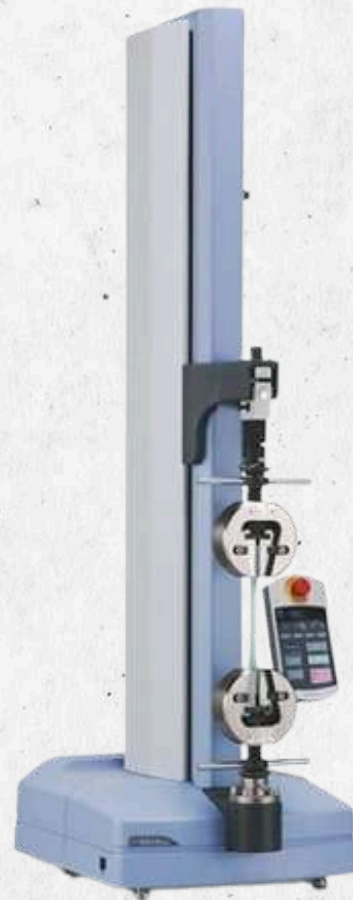


Duración total del ensayo: 2 horas por condición de pH.



Análisis de las propiedades mecánicas en seco

Shimadzu EZ-LX: máquina universal de ensayos mecánicos

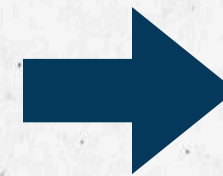


Normas referenciales

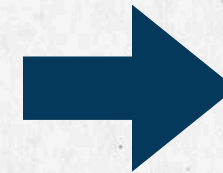
ASTM D882-18

ISO 527-3

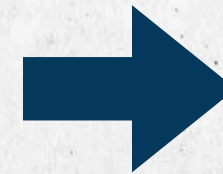
Ensayo de tracción uniaxial



Módulo de elasticidad (rigidez del material)



Resistencia máxima a la tracción



Elongación al rompimiento

Verifica:



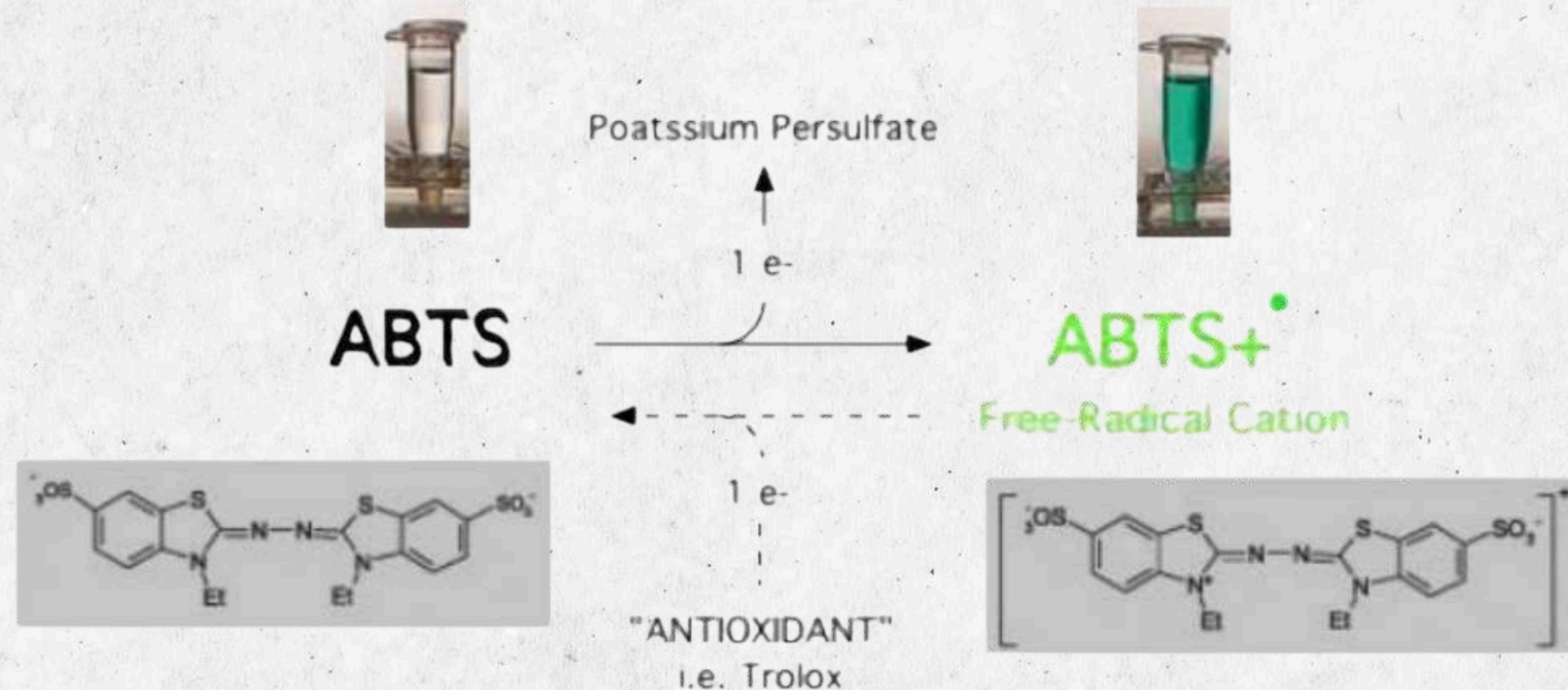
Que sea fácil de manipular durante su uso

Que no se rompa ni se deslice al contacto de la herida

Que mantenga su integridad estructural durante su uso

Técnica para medir la actividad antioxidante a través de un ensayo ABTS en extractos liberados

Principio del ensayo ABTS

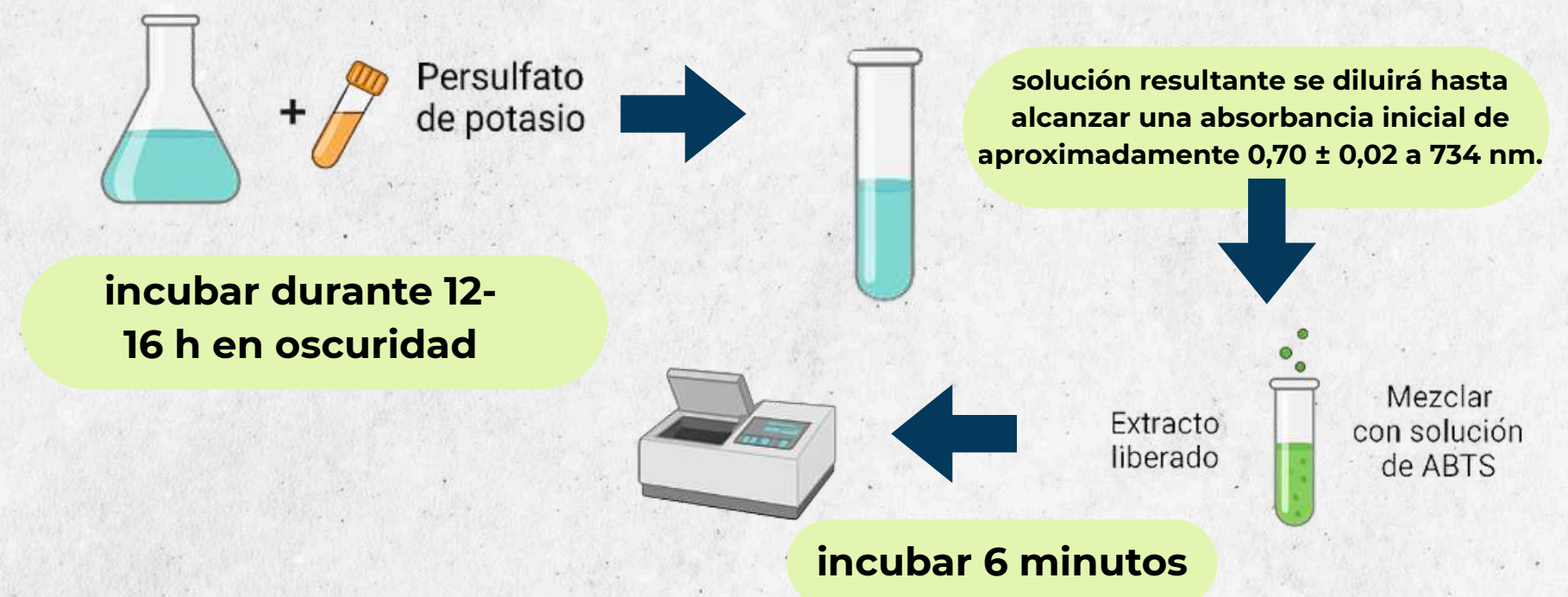


Porcentaje de inhibición como capacidad antioxidante

$$\text{Inhibición \%} = \left(\frac{A_0 - A_s}{A_0} \right) \times 100$$

Previamente: El apósito será sumergido en PBS durante un tiempo controlado de 60 min. , tras lo cual el medio será recolectado para someterse al ensayo ABTS

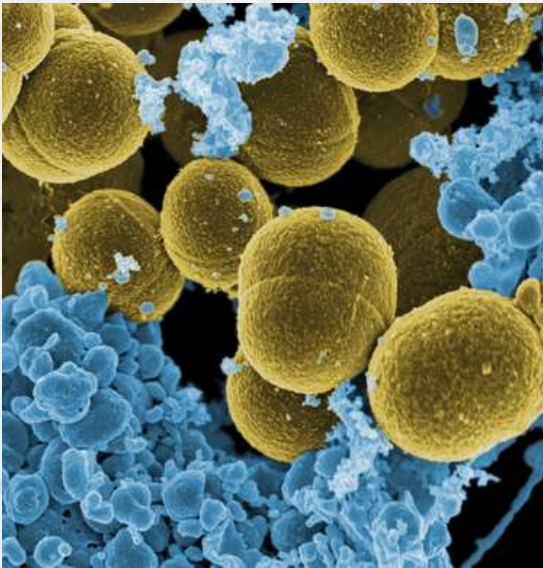
Procedimiento ABTS



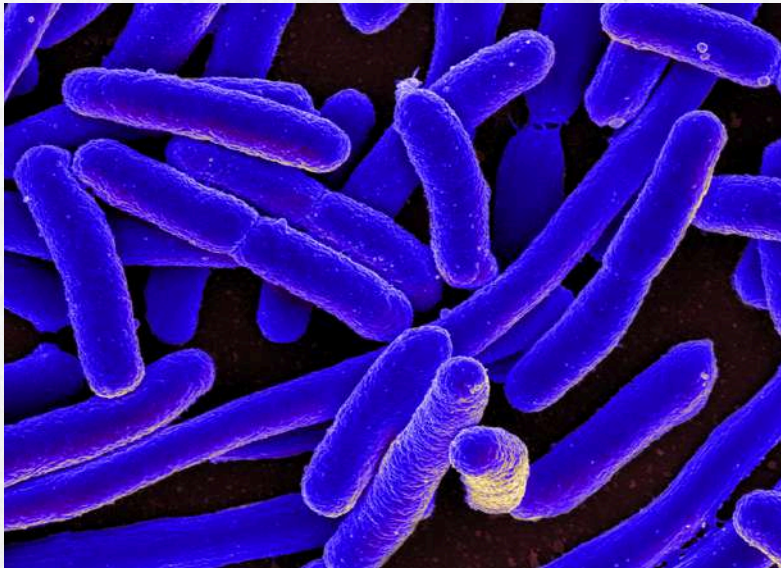


Análisis de actividad antimicrobiana a través del método de difusión en agar

Cepas bacterianas representativas de infecciones en heridas



Staphylococcus aureus
(bacteria Gram positiva)



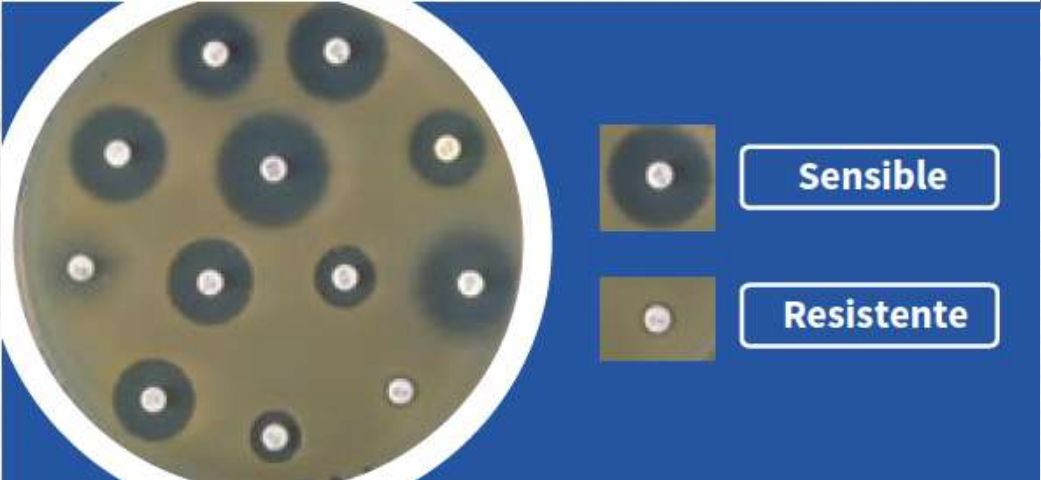
Escherichia coli
(bacteria Gram negativa)

Procedimiento del método



sembrar las bacterias seleccionadas en placas de agar Mueller-Hinton

placas se incubarán a 37 °C durante 24 horas, tras lo cual se observará la formación de halos de inhibición alrededor de los fragmentos. El diámetro de estos halos será indicativo de la capacidad del apósito para liberar compuestos antimicrobianos activos





¿Por qué es el mejor frente a los demás?

Ofrece una curación superior al ser simultáneamente cicatrizante, antimicrobiano y antiinflamatorio, reforzando los niveles de defensa y acción frente a heridas cortantes.

Aplicación

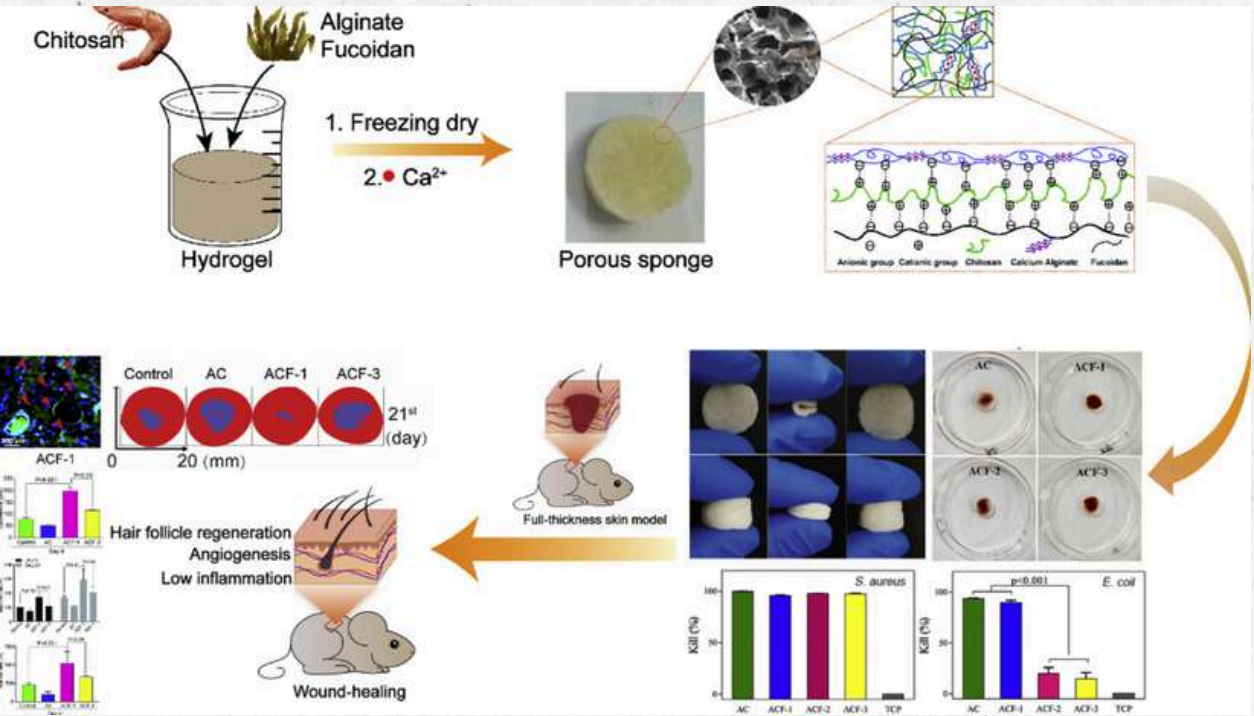


Imagen 3: Diagrama esquemático de la preparación de esponjas compuestas de Alginato/quitosano/fucoidano (ACF) y su aplicación en la cicatrización de heridas [4]

Recomendaciones

Basado en las prometedoras propiedades sinérgicas de alginato, quitosano, aloe vera y té verde para la cicatrización, se recomienda investigar la optimización de la adhesión celular y la liberación controlada de los bioactivos mediante la **modificación superficial con plasma**, elevando así el potencial terapéutico

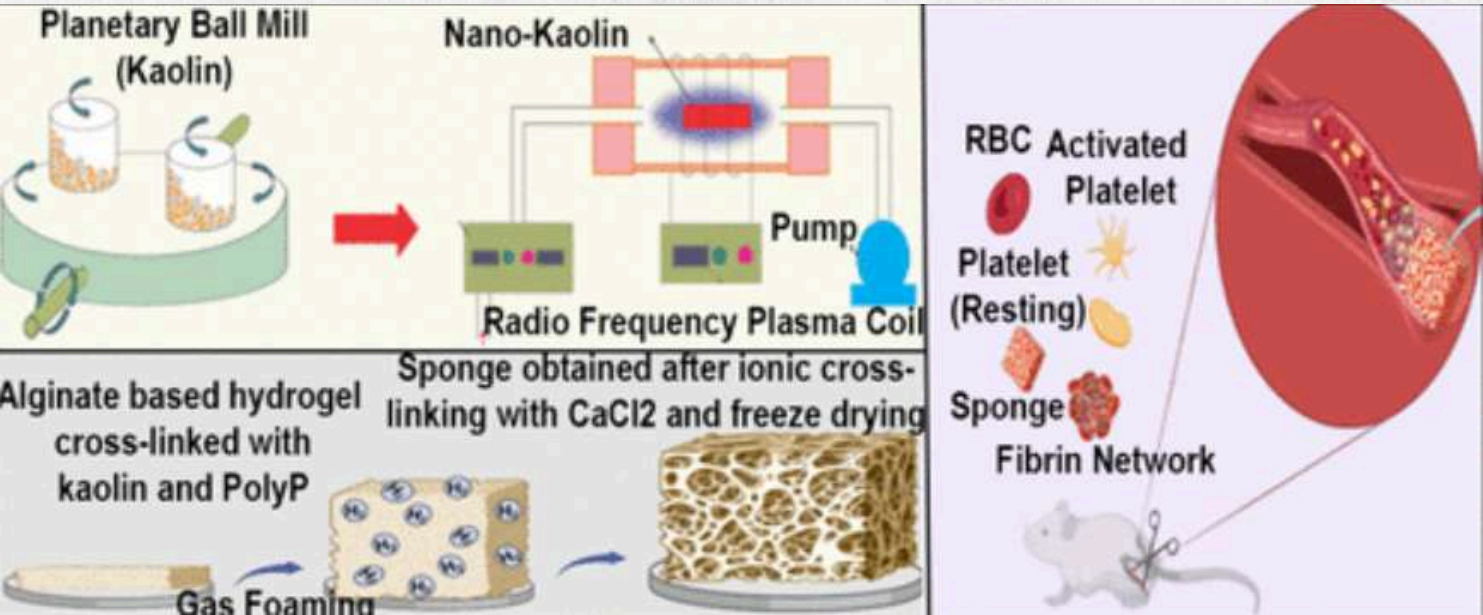


Imagen 4: Proceso de fabricación de una esponja hemostática a base de alginato y caolín [5]

El artículo busca desarrollar una esponja hemostática ultra-rápida a base de alginato y caolín (arcilla). El plasma se utiliza en su procedimiento para modificar la superficie del nanocaolín, buscando mejorar su capacidad para activar la coagulación sanguínea (adhesión de plaquetas y glóbulos rojos), lo que resulta en una absorción ultrarrápida de sangre y una hemostasia significativamente más eficaz

Bibliografía

- [1] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Boletín Estadístico Mensual de Notificaciones de Accidentes de Trabajo, Incidentes Peligrosos y Enfermedades Ocupacionales 1 - Febrero 2025. Perú, 2025.
- [2] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, Anuario Estadístico Sectorial 2023. Perú, 2023.
- [3] J. A. González-Zamora, "Manejo de heridas," *Cirujano General*, vol. 37, no. 1, pp. 41-47, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-cirujano-general-218-articulo-manejo-heridas-X1405009914551873>
- [4] Hao Y, Zhao W, Zhang L, Zeng X, Sun Z, Zhang D, et al. Bio-multifunctional alginate/chitosan/fucoidan sponges with enhanced angiogenesis and hair follicle regeneration for promoting full-thickness wound healing. *Mater Des* [Internet]. 2020;193(108863):108863. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108863>
- [5] Salmanipour S, Rezaie A, Alipour N, Ghahremani-Nasab M, Zakerhamidi MS, Akbari-Gharalari N, et al. Development of polyphosphate/nanokaolin-modified alginate sponge by gas-foaming and plasma glow discharge methods for ultrarapid hemostasis in noncompressible bleeding. *ACS Appl Mater Interfaces* [Internet]. 2024;16(27):34684–704. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1021/acsami.4c05695>
- [6] Saberian M, Seyedjafari E, Zargar SJ, Mahdavi FS, Sanaei-rad P. Fabrication and characterization of alginate/chitosan hydrogel combined with honey and aloe vera for wound dressing applications. *J Appl Polym Sci* [Internet]. 2021;138(47):e51398. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/app.51398>
- [7] Chelu M, Musuc AM, Popa M, Moreno JC. Aloe vera-based hydrogels for wound healing: Properties and therapeutic effects. *Gels* [Internet]. 2023;9(7):539. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/gels9070539>
- [8] Nakamura-García CK, Lezama-Gutiérrez R, García-López PM, Cárdenas-Contreras R, De Jesús González-Rodríguez M, De La Fuente-Betancourt MG. Healing of wounds treated with chitosan hydrogels with extracts from Aloe vera and Calendula officinalis. *Rev Mex Ing Bioméd* [Internet]. 2022;43(1):1–12. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322022000100101
- [9] Elbaz N, El-Shazly M, Ghobashy M, Abdel-Moneem AM, Ibrahim O. Alginate-chitosan based hydrogels developed for wound healing. *Heliyon* [Internet]. 2024;10(11):e28071. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28071>
- [10] Liu M, Zhu H, Li L, Li Y, Zheng H, Wang L, et al. Asymmetric natural wound dressing based on porous chitosan-alginate composite film. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2024;268:131515. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131515>
- [11] A. J. Mora-Castillo, G. E. Ramírez-Torres, C. A. Parra-Giraldo y M. E. Mejía-Durán, "Evaluación de la actividad antimicrobiana de apósitos biopoliméricos funcionalizados con extractos naturales frente a Staphylococcus aureus y Escherichia coli," *Revista Cubana de Biotecnología*, vol. 16, no. 1, pp. 25–33, 2018. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-97622018000100025
- [12] Reynaldo Alonso Donayre Serpa and Pontificia Universidad Católica del Perú, "ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESPONJAS DE ALGINATO CON UNCARIA TOMENTOSA COMO ADITIVO PARA SU APLICACIÓN COMO APÓSITO DE HERIDAS," [Online]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/93493ab4-19df-41a0-a3e0-657072d2fdf0/content>



THANK YOU.