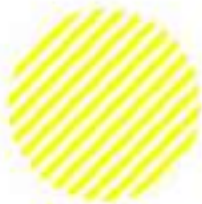


CAPÍTULO 13

Producción de hilos de sutura utilizando cabuya (Agave americana), cilantro (Coriandrum sativum) y nanopartículas de plata

Edy Paul Castillo-Hidalgo
Pablo Giovanni Rubio-Arias
Jacinto Enrique Vázquez-Vázquez



PRODUCCIÓN DE HILOS DE SUTURA UTILIZANDO CABUYA (AGAVE AMERICANA), CILANTRO (CORIANDRUM SATIVUM) Y NANOPARTÍCULAS DE PLATA

PRODUCTION OF SUTURE THREADS USING CABUYA (AGAVE AMERICANA), CORIANDER (CORIANDRUM SATIVUM) AND SILVER NANOPARTICLES.

Edy Paul Castillo-Hidalgo

ecastilloh@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5311-5002>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Pablo Giovanni Rubio-Arias

prubioa@ucacue.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9185-4823>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Jacinto Enrique Vázquez-Vázquez

jvazquez@ucacue.edu.ec

<http://orcid.org/0000-0002-7960-7491>

**Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador
Unidad Académica de Posgrado**

Cita del capítulo:

Castillo-Hidalgo, E., Rubio-Arias, P., Vázquez-Vázquez, J. (2024). Producción de hilos de sutura utilizando cabuya (Agave americana), cilantro (Coriandrum sativum) y nanopartículas de plata. En Erazo-Álvarez, J., & Narváez-Zurita, C. (Eds.). Transitar desde los estudios de posgrado en la investigación multidisciplinar científica. Fondo Editorial Perspectivas Globales.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue elaborar hilos de sutura a partir de fibras cabuya con adición de nanopartículas de plata como mecanismo bacteriostático y bactericida y el cilantro como agente reductor, mediante un proceso de química verde. Los kilogramos de fuerza de las suturas fueron determinados con un dinamómetro obteniéndose una resistencia de 1kg, en tanto que las propiedades antibacterianas se determinaron mediante cultivos para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, mostrando un halo de inhibición de 33 y 3 mm respectivamente. La aplicabilidad se evaluó en dos grupos de 10 cobayos, grupo AA (agave), grupo NN (ácido poliglicólico), tuvieron un proceso de adaptación de 30 días en boxes individuales, posteriormente cada paciente se le realizaron dos incisiones quirúrgicas de 5 cm en el dorso, mediante un patrón de incisión impreso en 3D, las cuales fueron suturadas con ambos hilos. A los 8, 15, 21, 45 y 60 días, se evaluó el proceso de reacción tisular, degradación y cicatrización del tejido, estos no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos, no obstante, la degradación de la sutura muestra una regresión de ($AA=R^2 0,87$ y $NN= R^2 0,68$). Las suturas de fibras de agave presentan características similares a las suturas sintéticas.

Palabras clave: cabuya; cilantro; cobayos; nanopartículas de plata; bactericida

ABSTRACT

The objective of the research was to elaborate suture threads from cabuya fibers with the addition of silver nanoparticles as a bacteriostatic and bactericidal mechanism and coriander as a reducing agent, by means of a green chemistry process. The kilograms of strength of the sutures were determined with a dynamometer, obtaining a resistance of 1 kg, while the antibacterial properties were determined by cultures for *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, showing an inhibition halo of 33 and 3 mm, respectively. The applicability was evaluated in two groups of 10 guinea pigs, group AA (agave), group NN (polyglycolic acid), had an adaptation process of 30 days in individual boxes, then each patient had two surgical incisions of 5 cm in the dorsum, by means of an incision pattern printed in 3D, which were sutured with both threads. At 8, 15, 21, 21, 45 and 60 days, the process of tissue reaction, degradation and healing of the tissue was evaluated, these showed no statistical differences between treatments, however, the degradation of the suture, shows a regression of ($AA=R^2 0.87$ and $NN= R^2 0.68$). The agave fiber sutures present similar characteristics to synthetic sutures.

Keywords: cabuya; coriander; guinea pigs; silver nanoparticles; bactericide.

INTRODUCCIÓN

En medicina veterinaria, en las diferentes intervenciones quirúrgicas se trabaja con distintos hilos, no obstante, muchos materiales de sutura podrían producir una reacción inflamatoria en los tejidos suturados, la cual se puede presentar en mayor o menor grado, consecuentemente el desarrollar un hilo de sutura a partir de fibras naturales, se constituye en una innovación en el campo quirúrgico, además el nitrato de plata le agrega propiedades antibacterianas, que se incorporan al hilo de sutura contribuyendo a mejorar sus características (Souza et al. 2020).

En este contexto, el material de sutura ideal debería presentar buenas características de manipulación, no inducir a una reacción significativa del tejido, admitir nudos seguros, una adecuada resistencia a la tracción, que no corte tejido suturado, estéril, no debe poseer propiedades electrolíticas o alergénicas y también es deseable que tenga un precio accesible en el mercado, considerando sobre todo que los materiales de sutura son fundamentales en la reconstrucción y reformación de tejidos que han sido intervenidos de manera quirúrgica, facilitando y promoviendo la cicatrización y la homeostasia de la herida. Por ende, el material de sutura ideal debe limitar la adhesión bacteriana al igual que la contaminación endógena o exógena de la herida.

En la actualidad existe una gran variedad de suturas en el mercado, las cuales tienden a ser clasificadas por su origen en sintéticas o naturales o por su degradación en los tejidos, se puedan clasificar como absorbibles o no absorbibles. Las características principales que deben poseer los hilos de sutura son: capacidad de estiramiento, seguridad en los nudos, buena reacción con los tejidos y brindar seguridad en la herida, de la igual forma la técnica quirúrgica y de sutura a utilizar por parte del cirujano, son de vital importancia para la recuperación del tejido blando que ha sido o va a ser intervenido, con el fin de evitar o disminuir en lo posible las reacciones postquirúrgicas, o contaminación bacteriana de la herida (Javed et al., 2012).

Al realizar la síntesis de una herida, sea esta quirúrgica o no, es esencial que la sutura presenta una baja resistencia al atravesar los tejidos y que sean “menos propensas a la contaminación bacteriana”, sumando a esto que las reacciones inflamatorias de las suturas, se presentan en menor grado en suturas no absorbibles en comparación con las absorbibles, sobre todo considerando que todo material de sutura tiende a comportarse como un agente extraño en el organismo animal, consecuentemente el poder caracterizar las propiedades de las fibras de agave impregnadas con nanopartículas de Ag, evaluando sus propiedades físicas y mecánicas, diámetro, grosor de fibra, densidad lineal, esfuerzo, tensión y elongación, las cuales pueden mejorar mediante la adhesión de nanopartículas de Ag, que además aportaran con propiedades bactericidas, contribuyendo de esta forma a disminuir las probabilidades de reacciones tisulares y de contaminación bacteriana autóloga o heteróloga de la herida quirúrgica, teniendo como resultado una mejor cicatrización y manejo de la herida.

Los contaminantes de las heridas pueden ser diferentes etiologías, como la naturaleza del acto que se quiere corregir, el tipo de herida provocada o incluso el material quirúrgico de cierre utilizado, en este mismo contexto (Martíñón & Leija, 2000), señalan que alrededor del 50% de las infecciones en heridas quirúrgicas ocurren durante la primera semana después de la operación, y casi el 90% de ellas se diagnostica dentro de las dos semanas posteriores a la cirugía. Por lo tanto, un porcentaje significativo de estas infecciones se manifiesta una vez que el paciente ha sido dado de alta de la clínica u hospital.

Una forma de minimizar las complicaciones posoperatorias referentes a la herida quirúrgica es el uso adecuado del material de sutura, considerando que este podría ser un coadyuvante de la contaminación de la herida, al ser vehículo comunicante del exterior hacia el interior del organismo, a pesar de que la piel en su estructura epidérmica y dérmica posee células especializadas de defensa como células de Langerhans, neutrófilos, macrófagos,

De los estudios realizados con nitrato de plata se conoce su actividad bactericida teniendo efectividad evidente, pero se necesitan estudios concluyentes que determinen su efectividad en vivo en los animales, por lo tanto, mediante la utilización de la plata iónica (Ag^+) se considera un resultado positivo frente a microorganismos gram + y gram - como: *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*.

METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en varias etapas en las instalaciones de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Católica de Cuenca. La valoración del efecto antibacteriano in vitro, se realizó mediante la técnica de Kirby Bauer o disco difusión según las recomendaciones del Clinical and Laboratory Standard Institute (The American National Standards Institute Oversees Standards And Conformity Assessment, 2022), para lo cual se utilizarán las siguientes cepas control:

Staphylococcus aureus ATCC 25923
Escherichia coli ATCC 25922

El protocolo para la síntesis de AgNps se llevará a cabo utilizando el método de reducción química. Se prepararon 200 ml de una solución de nitrato de plata con una concentración de 0,001 M, los cuales fueron calentados hasta alcanzar el punto de ebullición, manteniendo una agitación constante. Luego, se añadieron 25 ml de una solución de citrato trisódico al 1% con agitación vigorosa hasta que la solución adquirió un tono amarillo pálido. En este punto, se retiró la fuente de calor y se continuó con la agitación vigorosa hasta que la solución alcanzó la temperatura ambiente. Este proceso resultó en la obtención de nanopartículas de AgNps (Ledezma et al., 2014).

Obtención de fibras de Agave

Las plantas de agave se seleccionaron en las plantaciones existentes en la provincia del Azuay, considerando factores como el piso climático y la edad del cultivo. Para la extracción de las fibras de agave se utilizará la técnica propuesta por (Parra et, al. 2010; Figueredo et al. 2015).

Obtención del extracto natural de hojas de cilantro

Siguiendo la metodología de Zaved (2018), se utilizó hojas frescas y maduras de *Coriandrum sativum* (Al-Khayri et al. 2023; Koppula et al. 2021).

Impregnación de los iones a Ag en las suturas multifilamento

La impregnación de los iones de plata se realizó por medio de la adición como agente reductor los extractos de cilantro, preparando una solución de nitrato de 10nM, soluciones que fueron mezcladas en una relación 1:25, permitiendo la generación de AgNps.

Pruebas de biodegradabilidad

Estas pruebas permitieron evaluar el efecto antibacteriano in vitro del hilo de sutura impregnado de nanopartículas de plata mediante técnicas microbiológicas. La evaluación histológica de la biocompatibilidad de las suturas polifilamento impregnados con AgNps, permitió caracterizar la respuesta inflamatoria y de reparación tisular durante las tres fases de la cicatrización. Así como, evaluar de forma cuali-cuantitativa las propiedades bacterianas de la sutura.

Evaluación histológica de la cicatrización de la herida

Todos los animales sometidos a cirugía fueron valorados a los 08, 15, 30, 45 y 60 días posquirúrgicos mediante el análisis de los siguientes parámetros en función de escala numérica por campo predeterminada:

1. Presencia de elementos inflamatorios (neutrófilos, linfocitos)
 - Ausencia, escaso, moderado y abundante.
2. Presencia de fibroblastos.
 - Escaso, moderado, abundante.
3. Presencia de tejido conectivo fibroso.
 - Escaso, moderado, abundante.
4. Presencia de neovascularización.
 - Ausencia, escaso, moderado y abundante.
5. Presencia de tejido epitelial.
 - Leve, moderado, completo.
6. Presencia de hilo de sutura.
 - Ausente, presente.

Manejo clínico sanitario de unidades experimentales

Las unidades experimentales tuvieron un periodo de adaptación de 8 días con una dieta isoproteica, isoenergética e isocalórica, con un mismo manejo clínico.

RESULTADOS

Analizadas las siguientes variables: pruebas de; resistencia, antibacterianas, presencia de tejido conectivo fibroso, fibroblastos, inflamación, neovascularización, epitelización y presencia del hilo, en los dos tratamientos en donde (AA) corresponde al hilo a base de fibra de agave y (NN) al hilo de nylon, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1. Comparación de resistencia de los hilos.

#	Nylon	Agave americana
1	1 Kg/F	1 Kg/F
2	1 Kg/F	1 Kg/F
1	1 Kg/F	1 Kg/F
2	1 Kg/F	1 Kg/F

Nota. Se comprobó que para la variable resistencia por Lb/F, medida a través de un dinamómetro ambos tipos de hilo de sutura guardan la misma fuerza de resistencia a la tensión.

Tabla 2. Resultados microbiológicos en agar Manitol.

# de muestra	Manitol Halos de inhibición (mm)
1	25
2	32
3	33
4	31
5	25

Nota. Las fibras de agave americana, impregnadas con nanopartículas de plata, mostraron actividad antibacteriana con *Staphylococcus aureus*, sembradas en agar selectivo manitol-sal @HIMEDIA, con halos de inhibición de entre 25 y 33mm.

Tabla 3. Resultados microbiológicos en agar EMB.

# de muestra	EMB Halos de inhibición (mm)
1	1,3
2	1
3	1,1
4	3
5	1

Nota. El hilo elaborado a partir de fibras de agave americana e impregnando con nanopartículas de plata, demostró una inhibición baja contra *Escherichia coli* sembradas en agar EMB@CONDA.

Tabla 4. Resultados obtenidos mediante el análisis de microscopia directa.

P. Conectivo Fibroso			
Días	AA X(Mediana)	NN X(Mediana)	P
8	3(3,00)	2(2,00)	0,333
15	2(2,00)	1(1,00)	0,333
21	2(2,00)	2,50(2,50)	0,999
45	1(1,00)	2(2,00)	0,333
60	1(1,00)	1,50(1,50)	0,999
P. Fibroblastos			
Días	AA X(Mediana)	NN X(Mediana)	P
8	3(3,00)	2(2,00)	0,333
15	2(2,00)	1(1,00)	0,333
21	2(2,00)	2(2,00)	0,999
45	1(1,00)	2(2,00)	0,333
60	1(1,00)	1,50(1,50)	0,999
P. inflamación			
Días	AA X(Mediana)	NN X(Mediana)	P
8	3(3,00)	2(2,00)	0,333
15	2,50(2,50)	1,50(1,50)	0,667
21	2(2,00)	2(2,00)	0,999
45	1(1,00)	2(2,00)	0,333
60	0,50(0,50)	1,50(1,50)	0,667
P. neovascularización			
Días	AA X(Mediana)	NN X(Mediana)	P
8	3(3,00)	2(2,00)	0,333
15	1,50(1,50)	1(1,00)	0,999
21	2(2,00)	2(2,00)	0,999
45	1(1,00)	1(1,00)	0,999
60	0,50(0,50)	1(1,00)	0,999
P. Epitelización			
Días	AA X(Mediana)	NN X(Mediana)	P
8	1,50(1,50)	1(1,00)	0,999
15	2(2,00)	2(2,00)	0,999
21	2(2,00)	1,50(1,50)	0,999
45	2(2,00)	2(2,00)	0,999
60	3(3,00)	2(2,00)	0,333

Nota. Analizadas las variables microscópicas, presencia de tejido conectivo fibroso, fibroblastos, inflamación, neovascularización, epitelización y presencia del hilo, una vez obtenidos los parámetros de valoración, y mediante un análisis de varianza no paramétrica Kruskal Wallis a través de valores cuantitativos, no se observó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos como se demuestra en la tabla 4.

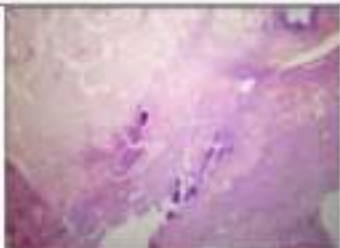
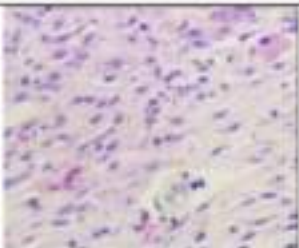
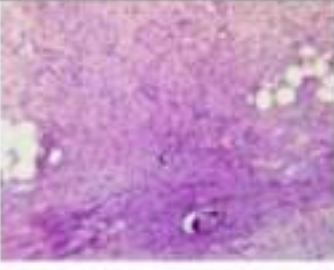
		
N4 AA, fibrosis, inflamación y fragmento de hilo de sutura	N4 AA, inflamación supurativa y vasos sanguíneos de vascularización	N4 NN, fibrosis e inflamación
		
N9 AA, fibrosis, inflamación y fragmento de hilo de sutura	N9 NN, fibrosis moderada con fragmentos de hilo de sutura	N3 AA, inflamación, fibrosis moderada y fragmento de sutura
		
N3 NN, inflamación y fibrosis leve	N8 AA, inflamación, fibrosis y fragmento de sutura	N8 NN, inflamación, fibrosis y fragmento de sutura

Figura 1. Reporte histopatológico.

Nota. La figura 1, muestra hallazgos compatibles con un proceso inflamatorio crónico, secundario a intervención quirúrgica. La fibrosis presente es consecuencia del proceso de reparación tisular. La neovascularización es un proceso fisiológico que se observa en la reparación de tejidos dañados y la presencia de material de sutura es un hallazgo esperable después de una intervención quirúrgica.

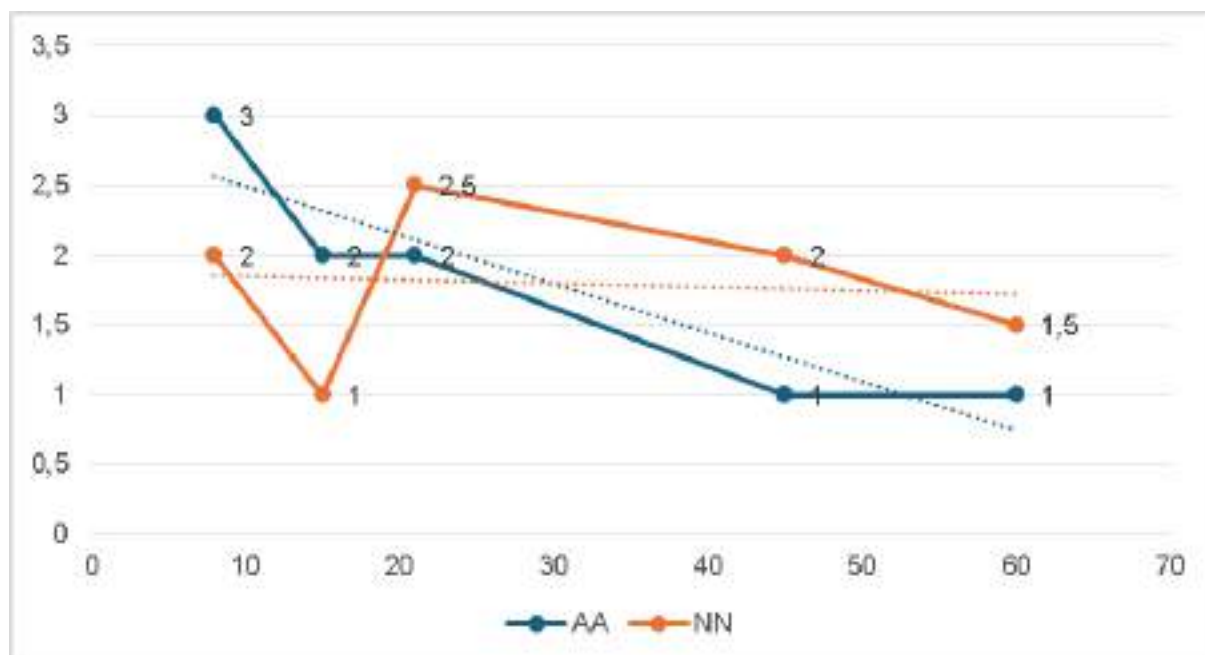


Figura 2. *Presencia tejido conectivo fibroso.*

Nota. La Figura 2, grafica los cambios de presencia de tejido conectivo fibroso, donde se observa que la tendencia es descendente con una relación inversa al tiempo, es decir a mayor tiempo, menor presencia de tejido conectivo.

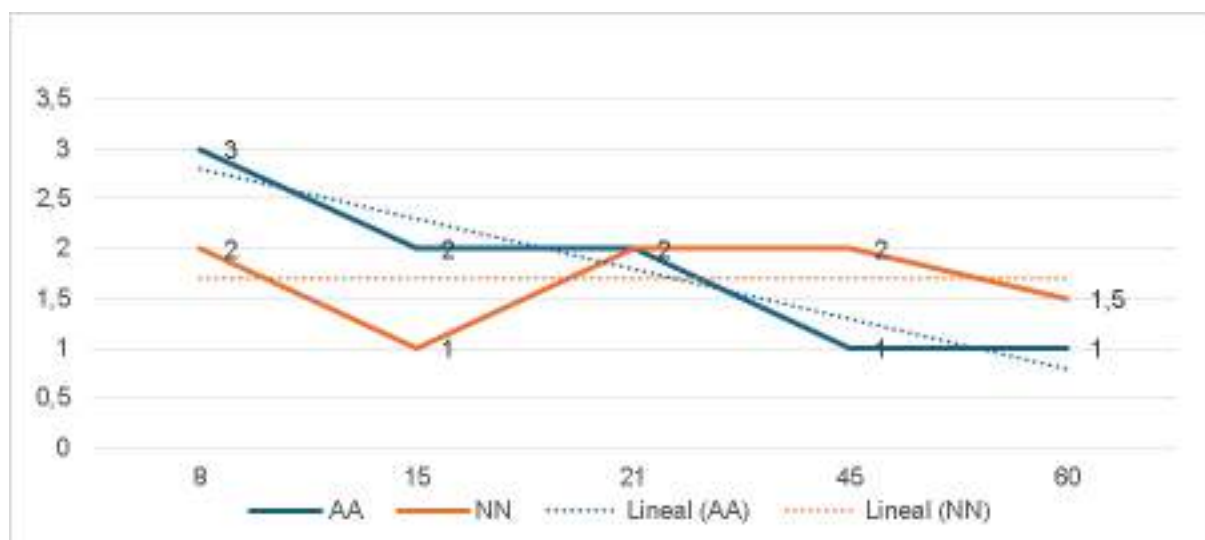


Figura 3. *Presencia de fibroblasto.*

Nota. La Figura 3, muestra los cambios de presencia de fibroblastos, donde se observa que una tendencia descendente en AA, en tanto que en NN la tendencia se mantiene de forma exponencial.

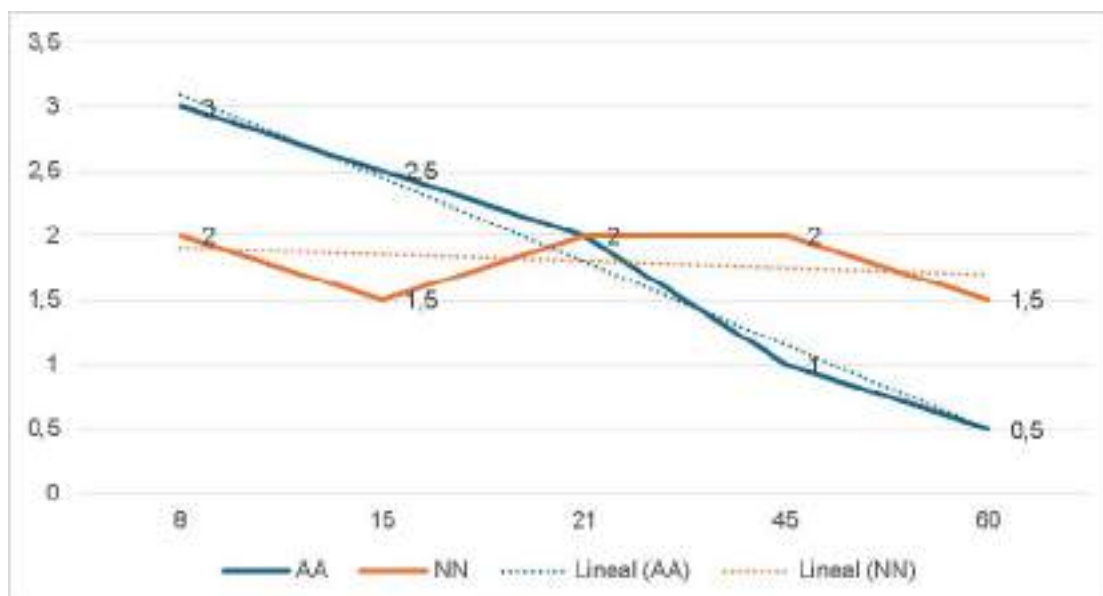


Figura 4. Presencia de tejido inflamatorio.

Nota. En la Figura 4, se visualizan los cambios de presencia de tejido inflamatorio, en donde se observa que la tendencia es notablemente descendente en AA, mientras que para NN los niveles se mantienen.

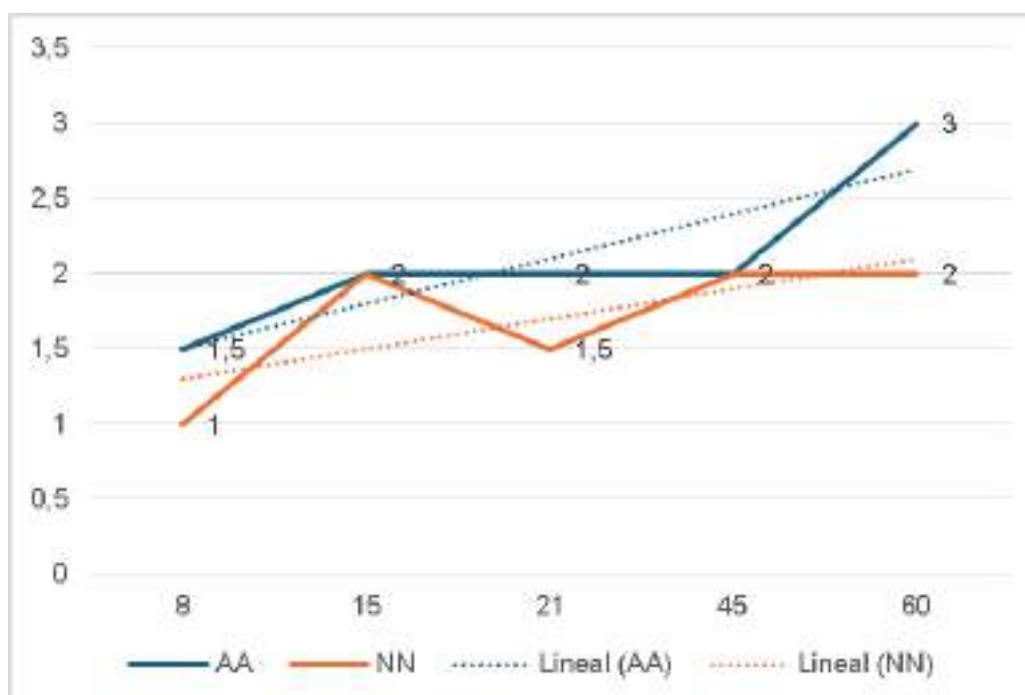


Figura 5. Epitelización.

Nota. En la figura 5, se muestran los cambios en la regeneración del epitelio lesionado, con una tendencia favorable en AA a diferencia de NN.

DISCUSIÓN

Con respecto a las pruebas microbianas, los resultados obtenidos por Guadarrama (2018), en su trabajo de investigación denominado “Obtención de un bionanocomposito con nanopartículas biogénicas de plata, para ser utilizado como hilo de sutura” demostraron tener un efecto antibacteriano contra *S. aureus* y *E. coli*, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, el cual las fibras de agave impregnadas con nanopartículas de plata demostraron tener efectividad antibacteriana, frente a las mismas cepas bacterianas.

Según Ávalos et al. (2013), la incorporación de nanopartículas de plata (AgNPs) en fibras sintéticas o naturales conduce a una potenciación iónica. Esto se debe a la mayor liberación de iones de plata, lo que genera efectos antimicrobianos rápidos. Esta investigación también demuestra dicha capacidad al inhibir el crecimiento bacteriano *in vitro* de *S. aureus* y *E. coli*.

En un estudio denominado “Efecto antibacteriano de las nanopartículas de plata versus clorhexidina sobre *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus casei*” realizado por Guadarrama (2018), se demostró que las AgNPs que se sintetizan mediante bioreductores presentan un mayor efecto antibacteriano que las que se sintetizan por medios químicos, factores que también influenciaron en el desarrollo del presente estudio al realizar la síntesis de las AgNPs, mediante el uso de cilantro (*Coriandrum sativum*), como agente bioreductor.

Para este estudio se analizaron los criterios de gradificación de tejido de granulación obtenidos a los 8, 15, 21, 45 y 60 días, en los cuales se encontró la persistencia de tejidos de inflamación (fibroblastos, neovascularización y tejido de granulación), los mismos que pueden estar relacionados con la naturaleza del infiltrado celular a decir de Guarín-Corredor et al. (2013), lo cual coincide con Loya (2018), el cual manifiesta que cada vez que los animales se manipularon para la toma de muestras, se generan nuevas lesiones en las áreas con cicatrización avanzada, punto en el cual existe una coincidencia en estos tres estudios.

CONCLUSIONES

Adicionar nanopartículas de plata a las fibras de cabuya (*Agave americana*), utilizando el cilantro (*Coriandrum sativum*) como un agente bioreductor, ha demostrado tener una mayor actividad antibacteriana, mostrando un halo de inhibición *in vitro* de 33 y 3 mm, para *S. aureus*, y *E. coli* respectivamente.

En el parámetro absorción/tiempo, el tratamiento NN (ácido poliglicólico) y AA (agave americano) muestran valores de R^2 , de 0,68 y 0,87 respectivamente, demostrando mayor efectividad el tratamiento AA.

Las suturas quirúrgicas en base a fibras de agave impregnadas con AgNPs, bio-reducidas con cilantro, muestran mayor efectividad antibacteriana e igual resistencia que el ácido poliglicólico, siendo una alternativa como material quirúrgico de cierre de heridas.

REFERENCIAS

- Al-Khayri, J. M., Banadka, A., Nandhini, M., Nagella, P., Al-Mssallem, M. Q., & Alessa, F. M. (2023). Essential Oil from *Coriandrum sativum*: A review on Its Phytochemistry and Biological Activity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 28(2), 696. <https://doi.org/10.3390/molecules28020696>
- Ávalos, A., Haza Duaso, A. I., & Morales, P. (2013). Nanopartículas de plata: aplicaciones y riesgos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente. *Revista complutense de ciencias veterinarias*, 7(2), 1-23. https://doi.org/10.5209/REV_RCCV.2013.V7.N2.43408
- Figueredo, C. J., Casas, A., González-Rodríguez, A., Nassar, J. M., Colunga-GarcíaMarín, P., & Rocha-Ramírez, V. (2015). Genetic structure of coexisting wild and managed agave populations: implications for the evolution of plants under domestication. *AoB PLANTS*, 7, plv114. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv114>
- Guadarrama, S. (2018). Obtención de un bionanocomposito con nanopartículas biogénicas de plata, para ser utilizado como hilo de sutura. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/94835>
- Guarín-Corredor, C., Quiroga-Santamaría, P., & Landínez-Parra, N. (2013). Proceso de Cicatrización de heridas de piel, campos endógenos y su relación con las heridas crónicas. *Fac. Med.*, 6(4), 441–448.
- Javed, F., Al-Askar, M., Almas, K., Romanos, G., & Al-Hezaimi, K. (2012). Tissue Reactions to Various Suture Materials Used in Oral Surgical Interventions. *ISRN Dent*, 1, 1–6. <https://doi.org/10.5402/2012/762095>
- Koppula, S., Alluri, R., & Kopalli, S. R. (2021). *Coriandrum sativum* attenuates microglia mediated neuroinflammation and MPTP-induced behavioral and oxidative changes in Parkinson's disease mouse model. *EXCLI journal*, 20, 835–850. <https://doi.org/10.17179/excli2021-3668>
- Ledezma, A., J, R., M, H., I, M., E, A., G, P., Orozco, V., Martínez, A., Martínez, C., & Torres, S. (2014). Síntesis biomimética de nanopartículas de plata utilizando extracto acuoso de nopal (*Opuntia* sp.) y su electrohilado polimérico. *Superficies y Vacío*, 27(4), 133–140.
- Loya, Y. (2018). Comparación histopatológica del efecto cicatrizante de 2 tratamientos alternativos versus 1 tratamiento convencional en heridas experimentales dérmicas en cobayos en campo. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17186>
- Martiñón, R., & Leija, C. (2000). Manejo de la herida quirúrgica. *Revista Mexicana de Enfermería Cardiológica*, 8(1–4), 53–55.
- Parra, F., Casas, A., Peñaloza-Ramírez, J. M., Cortés-Palomec, A. C., Rocha-Ramírez, V., & González-Rodríguez, A. (2010). Evolution under domestication: ongoing artificial selection and divergence of wild and managed *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae) populations in the Tehuacan Valley, Mexico. *Annals of botany*, 106(3), 483–496. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq143>

- Souza, G. V., Hespanha, A. C. V., Paz, B. F., Sá, M. A. R., Carneiro, R. K., Guaita, S. A. M., Magalhães, T. V., Minto, B. W., & Dias, L. G. G. G. (2020). Impact of the internet on veterinary surgery. *Veterinary and animal science*, *11*, 100161. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100161>
- The American National Standards Institute Oversees Standards And Conformity Assessm. (2022). CLSI: Clinical And Laboratory Standards Institute. Clinical And Laboratory Standards Institute. https://webstore.ansi.org/sdo/clsi?gclid=EAlalQobChMlylinkJfD9QIVl5SGCh2HhwrPEAAAYAiAAEgJIE_D_BwE
- Zaved, K. (2018). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Coriandrum sativum* leaf extract. *Journal of Engineering Science and Technology*, *13*(1), 158–166.