

Effect of KOH and its impact on the properties of *Sansevieria trifasciata* fibers: A chemical-physical-mechanical analysis

Abstract: *The main objective of this study was to evaluate the effect of KOH concentrations 7.5, 12.5, and 25 (g/L) on the modification of the physical, chemical, and mechanical properties of individual fibers obtained from Sansevieria trifasciata leaves. The fibers were extracted using the water immersion method and selected by stereoscopy for alkaline processing, mechanical treatment, and physical and chemical testing. Characterization included quantification of lignin, cellulose, and hemicellulose; surface analysis and cross-sectional measurement using scanning electron microscopy; and uniaxial tensile testing. The results show that increasing the KOH concentration altered the chemical composition of the fibers, decreasing the percentages of lignin and hemicellulose and increasing the percentage of cellulose. In conclusion, ANOVA analyses indicate that KOH treatment of the fibers significantly influences their mechanical characteristics and tensile strength.*

Keywords: *Lignocellulosic fibers; Sansevieria trifasciata; maximum tensile strength; decomposition temperature; effect of KOH on plant fibers.*

Efecto del KOH y su impacto en las propiedades de las fibras de *Sansevieria trifasciata*: Un análisis químico-físico-mecánico

Resumen: El objetivo esencial de este estudio es evaluar el efecto de la concentración de KOH 7,5, 12,5 y 25 (g/L) en la modificación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de fibras individuales y compuestos obtenidos de hojas de *Sansevieria trifasciata*. Las fibras se extrajeron mediante el método de inmersión en agua y se seleccionaron mediante estereoscopia para el proceso alcalino, el tratamiento mecánico y las pruebas físicas y químicas. La caracterización comprendió la cuantificación de lignina, celulosa y hemicelulosa, el análisis de la superficie y la medición transversal mediante microscopía electrónica de barrido, y ensayos de tracción uniaxial. Los resultados muestran que el aumento de la concentración de KOH alteró la formación química de las fibras, disminuyendo los porcentajes de lignina y hemicelulosa y aumentando el porcentaje de celulosa. En conclusión, los análisis ANOVA indican que el tratamiento de las fibras con KOH influye significativamente en las características mecánicas y la resistencia a la tracción de la fibra.

Palabras clave: Fibras lignocelulósicas; *Sansevieria trifasciata*; resistencia máxima a la tracción; temperatura de descomposición; efecto del KOH sobre las fibras vegetales.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación evalúa el impacto del tratamiento alcalino (KOH) en las características químicas, mecánicas y físicas de las fibras individuales de *Sansevieria trifasciata*. Aunque comúnmente se le conoce como planta ornamental, la *Sansevieria trifasciata* posee beneficios industriales poco conocidos [1]. Esta planta, también llamada "lengua de suegra", se encuentra en diversas partes del mundo [2], y el Perú cuenta con una gran variedad en muchas de sus regiones [3]. Surge entonces la pregunta: ¿es viable utilizar las fibras de *Sansevieria trifasciata* como refuerzo en matrices plásticas termoestables? El interés en los refuerzos vegetales está creciendo en la industria automotriz y otros sectores [4], donde la modificación controlada de las fibras de *Sansevieria trifasciata* mediante procesos químicos, físicos y mecánicos representa una alternativa innovadora y sostenible [5]. Por lo tanto, el uso de estas fibras se ofrece

como una alternativa viable ecoamigable en la fabricación de productos como paneles internos de vehículos, revestimientos para carrocerías y textiles [6].

Sin embargo, el creciente consumo y producción de plásticos, con un promedio alarmante de 111 kg per cápita anual, y la ingestión de micropartículas plásticas representan un riesgo significativo para la salud pública y de los ecosistemas [7]. Se estima que cada persona consume 30 kg de plástico al año e ingiere alrededor de 50,000 partículas de microplástico, lo que causa un severo daño para el medio ambiente y a la salud poblacional [3, 8 y 9]. Este problema global exige la búsqueda de alternativas sostenibles y biodegradables que satisfagan las demandas industriales sin comprometer la salud humana ni los ecosistemas [10]. Ante esta situación, la demanda mundial de productos biodegradables y sostenibles como alternativa a los materiales derivados del petróleo es cada vez mayor [11]. Esto incentiva la búsqueda de materias primas ecoamigables que cumplan con los requisitos de calidad [12]. No obstante, los productos sostenibles presentan limitaciones, como su baja resistencia mecánica y durabilidad, lo que restringe su aplicación [13]. Además, la escasa investigación sobre las fibras de esta planta y su tratamiento químico dificulta el desarrollo de nuevas tecnologías locales para su procesamiento y valorización [14].

En este contexto, las fibras de *Sansevieria trifasciata*, una planta abundante en varias regiones del Perú [15 y 16], se presentan como una prometedora fuente de materia prima sustituible en la fabricación de materiales ecoamigables [17]. El fácil acceso a esta planta y su potencial para transformarse en un material con propiedades mejoradas la convierten en una alternativa viable a los materiales sintéticos en diversas aplicaciones. Sin embargo, las fibras lignocelulósicas presentan limitaciones en cuanto a durabilidad y resistencia mecánica [13]. El tratamiento de las fibras con KOH se presenta como una técnica efectiva para modificar su estructura química y morfológica, lo que mejora significativamente sus propiedades mecánicas [5] y [4]. No obstante, la investigación sobre el efecto del KOH en las fibras vegetales es limitada, lo que representa un área científica poco explorada [14 y 18]. En consecuencia, esta investigación se centra en abordar esta brecha en la investigación de la *Sansevieria trifasciata* para promover su

aprovechamiento responsable y eficiente, contribuyendo así a la investigación y el progreso de la región.

La evolución económica de la sociedad podría verse impulsado por esta investigación, ya que sus resultados podrían desarrollar tecnologías locales, optimizando el procesamiento y la valorización de las fibras de *Sansevieria trifasciata*, promoviendo la innovación en industrias basadas en recursos renovables [19]. Además, se puede impulsar una economía más sostenible mediante la sustitución de materiales sintéticos por alternativas ecológicas biodegradables, reduciendo así la huella de carbono [20]. La investigación también puede generar empleo a través de nuevas aplicaciones de las fibras, lo que conlleva a un desarrollo económico en la región [7]. Por último, la demanda de estas fibras contribuirá a la sostenibilidad ambiental y la protección del planeta al sustituir el consumo de plásticos por materiales ecoamigables [21].

Esta investigación busca determinar el efecto del aumento de la cantidad en g/l de hidróxido de potasio (KOH) en las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las fibras vegetales extraídas de la *Sansevieria trifasciata*.

II. METODOLOGÍA

A. Material y Ensayo

- Material de Estudio

La fibra vegetal individual de la especie *Sansevieria trifasciata*.

- Población

Las fibras vegetales individuales de la especie *Sansevieria trifasciata* de la Región La Libertad, Perú.

- Muestra

1. Ensayo de tracción

Se efectuaron 33 pruebas a tracción en fibras individuales de la especie *Sansevieria trifasciata* (sometidas a diferentes concentraciones de hidróxido de potasio), el ensayo de tracción fue realizado en conformidad con la norma ASTM D 3379-89, en la figura 1 se pueden ver las dimensiones de la probeta para este procedimiento de prueba.

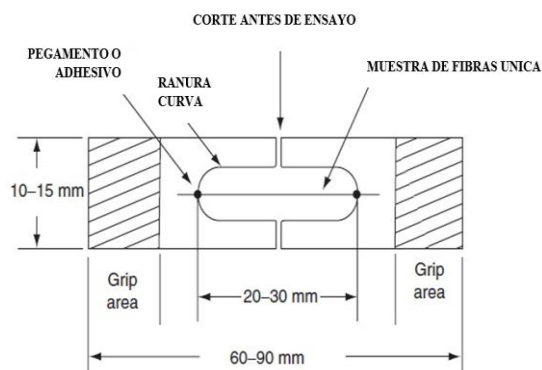


Fig.1 Especificaciones dimensionales de la probeta para realizar la prueba de tracción aplicado a fibras individuales (Norma ASTM D 3379-89)

2. Diseño Experimental

De tipo unifactorial, en donde el estudio de las variables se visualiza en la tabla 1.

TABLA I
VARIABLES Y NIVELES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Variables Independientes del estudio	Niveles de estudio
Factor A	a ₁
	a ₂
	a ₃
Variables Dependientes del estudio:	
Propiedades mecánicas, físicas, químicas	

Nota: El factor A: Concentración de KOH en el proceso de mercerización a distintas concentraciones (a₁: 7,5 g/L; a₂:12,5 g/L; a₃:25 g/L).

Ensayo de Tracción:

$$\begin{aligned} \text{N.º de pruebas con KOH} &= (\text{Número de niveles}) \times (\text{Número de réplicas}) \\ &= (3) \times (11) = 33 \end{aligned}$$

$$\text{N.º de pruebas sin KOH} = 1 \times 11 = 11$$

$$\text{N.º Total de pruebas} = 44$$

La caracterización fisicoquímica incluyó:

- Propiedades Químicas: Una vez tratadas las fibras con la solución acuosa alcalina (KOH), se determinará el porcentaje de hemicelulosa, celulosa y lignina; seguidamente se realizará una comparación con las fibras sin tratamiento. Con el objetivo de realizar una comparación precisa de las fibras, se recurrirá a técnicas analíticas como: análisis por difracción de rayos X y análisis espectroscópico infrarrojo mediante transformada de Fourier (FTIR), en donde se busca analizar la modificación a nivel molecular de la estructura química de la fibra.
- Propiedades Físicas: Se evaluará la rugosidad superficial, el diámetro de la fibra (el promedio), su tamaño (variabilidad), la estructura transversal, la morfología superficial de las fibras mediante SEM (microscopía electrónica de barrido).
- Propiedades Mecánicas: Una vez tratadas las fibras con las distintas concentraciones de la solución alcalina, se determinará la resistencia a la tracción en una sola dirección de las fibras individuales, tomando como referencia la norma ASTM D 3379-89 y realizando un mínimo de 11 repeticiones por cada tratamiento para obtener una confiabilidad estadística. También se realizarán pruebas comparativas entre las fibras tratadas con KOH y las fibras sin tratar para calcular el alargamiento hasta la rotura de las fibras y la resistencia a la tracción máxima e impacto.

- **Relación Estructura-Propiedad:** Se instaurará una correlación entre las modificaciones físicas, y las propiedades mecánicas entre las fibras tratadas con las diferentes concentraciones de la solución alcalina y las fibras sin tratar. Por tanto, se buscará identificar la óptima concentración de KOH que beneficia la adherencia de las fibras con los compuestos de resina poliéster, sin dejar de lado la sostenibilidad del proceso y la elaboración de un producto de calidad que contenga mayor valor añadido, eco amigable y con diversas aplicaciones industriales.

B. Procedimiento Experimental

Resumen del procedimiento experimental realizado en la presente investigación.

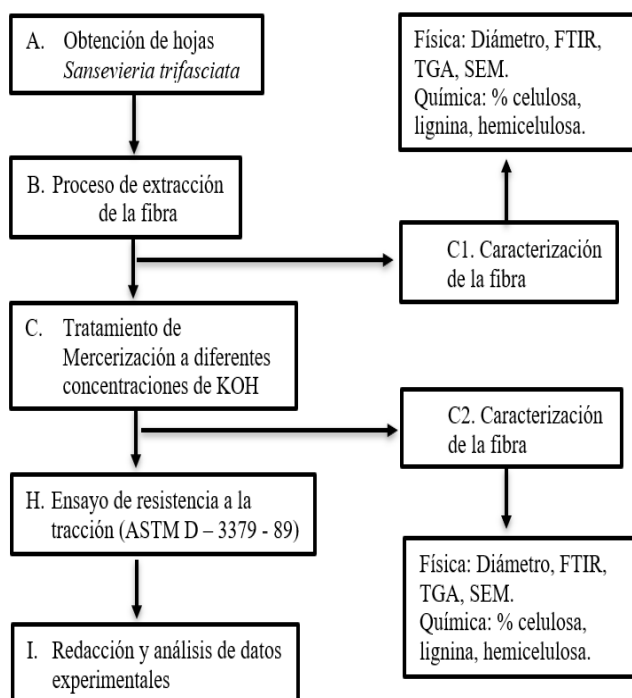


Fig.2 Diagrama del procedimiento experimental.

- Análisis Estadístico

Los resultados experimentales fueron analizados mediante análisis de varianza de un factor (ANOVA), considerando un nivel de confianza del 95 % y un criterio de significancia de $p \leq 0,05$. El procesamiento estadístico se realizó con el software OriginPro 9.6. La hipótesis nula estableció la igualdad entre las medias de los tratamientos, mientras que la hipótesis alternativa consideró la existencia de diferencias significativas entre ellas.

III. RESULTADOS:

A. Extracción – Cuantificación de Sección Transversal:

En este estudio se tuvo en cuenta que las hojas de la planta *Sansevieria trifasciata* presentaran en promedio el mismo ancho y altura; la remoción de fibras se efectuó de la parte media de las hojas; a fin de facilitar la remoción y disminuir imperfecciones superficiales de las fibras, estas estuvieron sumergidas en agua potable (2 L/Kg) por un tiempo promedio de 14 días; las fibras resultantes fueron sometidas a evaluación mediante microscopia óptica (estereoscopio – 20X) cuyo propósito fue optar por las fibras sin algún daño visible, además esta evaluación permitió tomar datos de los diámetros de las fibras, tanto para las fibras mercerizadas como aquellas que no han sido sometidas a este proceso (Figura 3). La técnica de microscopia SEM sirvió para corroborar las mediciones de las secciones transversales.

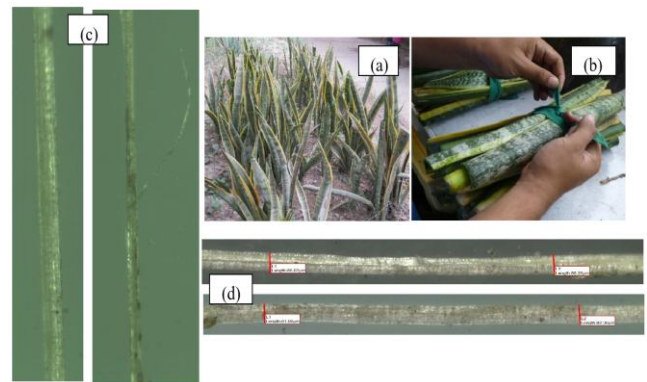


Fig.3 (a) Hojas de *Sansevieria trifasciata*. (b) Agrupación de hojas en la zona central. (c) Evaluación visual de la superficie de las fibras. (d) Medición de las secciones transversales de las fibras.

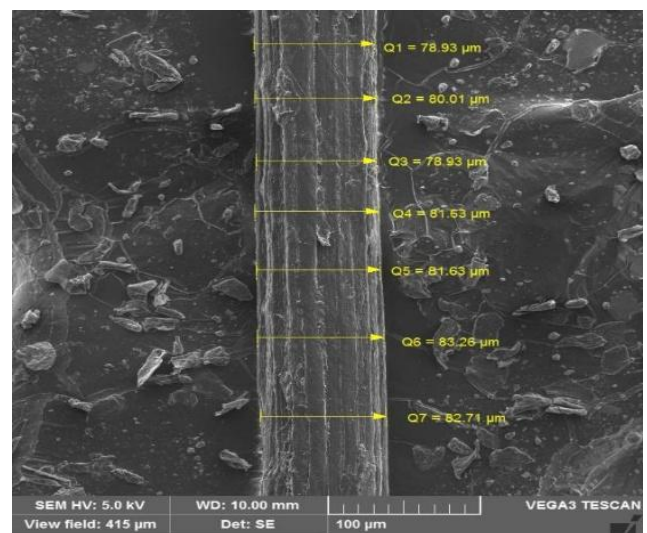


Fig.4 Secciones transversales de fibras *Sansevieria trifasciata*. (a) No mercerizadas. (b) 7,5 g/L KOH. (c) 12,5 g/L KOH. (d) 25 g/L KOH.

Nota: La figura 4 evidencia el diámetro promedio de las fibras, medido en sus secciones transversales.

TABLA II
TANTO POR CIENTO DE FIBRAS RESULTANTES A PARTIR
DE LAS HOJAS DE LA ESPECIE SANSEVIERIA TRIFASCIATA.

Masa foliar en (gramos)	Masa de fibras secas en (gramos)	Porcentaje de fibras extraídas con éxito
1466,300	98,450	6,710
1512,690	110,450	7,300
1596,780	99,450	6,230
Promedio		6,750

B. Ensayo de Tracción de Fibras

La Tabla II muestra los valores de la masa en kilogramos para la quebradura de fibras y su longitud máxima lograda en milímetros hasta el rompimiento de estas. La Tabla III presenta los datos promedios logrados de resistencia en tracción en donde se observa la masa, el alargamiento, el diámetro, la fuerza, el área, la tensión y el porcentaje de extensión en (mm) a la ruptura de fibras únicas, tanto para fibras tratadas y no tratadas con KOH.

TABLA III
VALORES DE LA MASA PARA ROMPER LAS FIBRAS Y SU
ALARGAMIENTO EN MM HASTA SU PUNTO DE QUIEBRE, EN
FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE KOH

	FST - NT		FST - 7.5g/L KOH		FST - 12.5g/L KOH		FST - 25g/L KOH	
	kg	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm
T1	0.34	0.28	0.41	0.51	0.34	0.87	0.27	0.78
T2	0.34	0.31	0.48	0.55	0.39	0.85	0.28	0.84
T3	0.28	0.37	0.44	0.57	0.36	0.83	0.26	0.89
T4	0.32	0.35	0.42	0.56	0.38	0.83	0.21	0.87
T5	0.34	0.29	0.43	0.53	0.38	0.91	0.24	0.84
T6	0.31	0.34	0.49	0.52	0.33	0.87	0.22	0.84
T7	0.29	0.36	0.47	0.54	0.38	0.85	0.19	0.85
T8	0.27	0.35	0.44	0.56	0.35	0.86	0.26	0.64
T9	0.25	0.43	0.46	0.51	0.31	0.88	0.24	0.89
T10	0.31	0.31	0.47	0.52	0.38	0.82	0.26	0.84
T11	0.32	0.37	0.48	0.48	0.32	0.91	0.17	0.82
PROM.	0.306	0.342	0.458	0.534	0.358	0.861	0.236	0.827
DES. EST.	0.030	0.043	0.024	0.028	0.029	0.032	0.035	0.069

Nota: DES. EST. (Desviación estándar); FST (Fuerza de separación a tracción); NT (No tratado); Prom. (Promedio); ST (Si tratadas)

C. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

El espectro FTIR de las fibras tratadas y no tratadas evidenció variaciones en bandas asociadas con los principales constituyentes lignocelulósicos. La banda ancha ubicada entre 3750 y 3000 cm^{-1} se asoció a vibraciones de grupos hidroxilo (OH), mientras que las señales alrededor de 2920 y 2860 cm^{-1} correspondieron al estiramiento de enlaces C-H. La región cercana a 1730-1710 cm^{-1} se relacionó con grupos carbonilo característicos de hemicelulosa, y la señal

alrededor de 1640-1620 cm^{-1} indicó la presencia de agua adsorbida. Por su parte, las bandas ubicadas entre 1595 y 1505 cm^{-1} se asociaron a estructuras aromáticas de lignina, mientras que las señales próximas a 1430 y 1320 cm^{-1} reflejaron modificaciones vinculadas con celulosa y fracciones más cristalinas.

En conjunto, las variaciones observadas en las bandas FTIR mostraron una disminución relativa de señales asociadas con lignina, hemicelulosa y polisacáridos amorfos en las fibras tratadas con KOH, en concordancia con los cambios composicionales reportados en la Tabla 3.3. Estos resultados confirmaron que el tratamiento alcalino generó una modificación química progresiva de la fibra, consistente con la reducción de constituyentes amorfos y la mayor exposición de la fracción celulósica.

TABLA IV
DATOS PROMEDIO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FIBRAS
NO TRATADAS Y SOMETIDAS A TRATAMIENTO ALCALINO

	Base Seca				Celulosa		
	% Humedad	% Extractivos	% Ligninas	% Holocelulosa	Alfa Celulosa	Beta Celulosa	Gamma Celulosa
FST-ST	10,20	1,92	21,52	76,46	55,20	6,25	15,01
7.5% KOH	7,03	1,75	18,10	78,62	56,87	8,53	13,22
12.5% KOH	5,92	1,49	17,87	79,37	57,44	9,01	12,92
25% KOH	5,54	1,18	16,62	80,53	59,32	9,83	11,38

IV. DISCUSIÓN

La morfología y composición química de las fibras se pueden observar mediante las micrografías SEM (Figura 3), ya que revelan que las fibras de *Sansevieria trifasciata* presentan diámetros transversales que oscilan entre 78,93 y 83,26 μm . Estos valores son cruciales para validar la representatividad de las fibras analizadas y evaluar la influencia de la metodología de extracción. La variabilidad en los diámetros puede deberse a factores como el entorno de crecimiento y la edad cronológica de la planta [22]. La disminución progresiva del diámetro de la fibra con el incremento de la concentración de KOH sugiere una remoción gradual de componentes amorfos y sustancias superficiales, efecto que ha sido reportado en otras fibras lignocelulósicas sometidas a tratamientos alcalinos similares [23]. Esta reducción dimensional estuvo acompañada por una mayor rugosidad superficial, evidenciada por SEM, lo cual es consistente con una superficie más limpia y estructuralmente expuesta. El tanto por ciento promedios de fibras extraídas de las hojas de *Sansevieria trifasciata* es del 6,75% (Tabla II), lo que indica una reproducibilidad

eficiente en el proceso de extracción. Es notable la relación inversa observada entre el aumento en la concentración de KOH y el diámetro de las fibras [24]. Este rendimiento es comparable con el de otras fibras lignocelulósicas extraídas mediante métodos similares, ya que la relación inversa entre la concentración de KOH y el diámetro de las fibras sugiere que el tratamiento alcalino induce una modificación estructural que reduce el tamaño de las fibras [25]. Desde el punto de vista químico, la reducción en los contenidos de lignina y hemicelulosa y el incremento de la fracción celulósica indicaron que el tratamiento con KOH promovió una reorganización composicional favorable para el desempeño mecánico. La remoción parcial de constituyentes no celulósicos puede aumentar la exposición y alineación relativa de las microfibrillas de celulosa, mejorando la capacidad de la fibra para soportar carga axial [26].

Respecto a las propiedades mecánicas, los datos de la Tabla III indican que, al aumentar la concentración de KOH de 0 a 25 g/L, la masa necesaria para la ruptura disminuye, mientras que el alargamiento hasta la ruptura aumenta. Esto sugiere que el tratamiento con KOH incrementa la flexibilidad de las fibras, aunque reduce su resistencia (posible degradación de la estructura fibrosa). La solución alcalina influye en el aumento de la longitud hasta la ruptura, posiblemente debido a una menor rigidez o mayor plasticidad de las fibras tratadas. Por otro lado, los resultados de la Tabla IV, dan a conocer que el tratamiento alcalino es una eficaz estrategia para modificar la composición química de las fibras, ya que a medida que se incrementa la concentración de KOH, se logra una mayor deslignificación y eliminación de extractivos presentes en la fibra, esto conlleva a un enriquecimiento relativo de la holocelulosa y, más específicamente, de la alfa-celulosa. Asimismo, los cambios en las proporciones de beta y gamma celulosa, así como la reducción de hemicelulosas, reflejan la especificidad del tratamiento alcalino en la solubilización de componentes no celulósicos y fracciones de celulosa menos estables.

Estos resultados concuerdan con estudios que demuestran que los tratamientos alcalinos pueden mejorar la flexibilidad de las fibras al eliminar componentes como la lignina, pero también pueden afectar su resistencia si el tratamiento es en exceso [18]. La mayor ductilidad observada podría estar relacionada con la plastificación de la celulosa debido a la acción del KOH [27]. Este comportamiento fue particularmente evidente en el tratamiento con 7,5 g/L de KOH, que presentó la mayor resistencia a la tracción del estudio. En contraste, aunque las fibras tratadas con 12,5 g/L también mantuvieron alta resistencia y mostraron mayor deformabilidad, el tratamiento con 25,0 g/L produjo una caída de la tensión máxima respecto a las condiciones intermedias, lo que sugiere el inicio de un sobretratamiento alcalino y una posible degradación parcial de la estructura resistente de la fibra.

V. CONCLUSIONES

- El tratamiento alcalino con KOH modificó de manera progresiva la composición química de las fibras de *Sansevieria trifasciata*, reduciendo los contenidos de lignina y hemicelulosa e incrementando la fracción celulósica.
- El tratamiento también produjo cambios físicos evidentes, caracterizados por la disminución del diámetro medio de la fibra, la reducción del contenido de humedad y el aumento de la rugosidad superficial.
- La mejor respuesta mecánica se obtuvo con 7,5 % de KOH, condición en la que la resistencia máxima a la tracción aumentó de 344,89 MPa en las fibras sin tratamiento a 598,15 MPa. Aunque los tratamientos con 12,5 y 25,0 % también incrementaron la deformabilidad de la fibra, concentraciones más altas redujeron la resistencia respecto al valor máximo alcanzado.
- En términos integrales, la concentración de 7,5 % de KOH representó la condición más favorable para optimizar el equilibrio entre modificación química y respuesta mecánica de las fibras evaluadas.
- Los resultados tienen implicaciones significativas para el desarrollo de materiales compuestos ecoamigables, demostrando que las fibras de *Sansevieria trifasciata* tratadas con KOH son una alternativa viable y ventajosa para la fabricación de productos sostenibles. Su uso, gracias a la mejora en propiedades mecánicas y la facilitación de la interacción con matrices poliméricas, contribuye a reducir la dependencia de materiales sintéticos y la contaminación por plásticos.

REFERENCIAS

- [1] Rêgo, M. D. C. A., Lopes, A. C. D. A., Barros, R. F. M. D., Lamas, A. M., Costa, M. F., & Ferreira-Gomes, R. L. (2020). Morphological characterization and genetic diversity in ornamental specimens of the genus *Sansevieria*. *Revista Caatinga*, 33, 985-992. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n413rc>.
- [2] Nikam, G., Bagade, S., Yadav, S., Singh, H., Lobo, C., & Shinde, S. (2025). Snake Plant: A Multifunctional Indoor Plant. *Research Perspective on Biological Science* Vol. 2, 113-125. <https://doi.org/10.9734/bpi/rpbs/v2/5058>.
- [3] Glavič, P. (2021). Evolution and current challenges of sustainable consumption and production. *Sustainability*, 13(16), 9379. <https://doi.org/10.3390/su13169379>.
- [4] Zavaleta Guzmán, M. A. (2025). *Influencia del porcentaje en peso de las fibras de agave, sobre la resistencia a la tracción e impacto de un compuesto de matriz vinil ester* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/24012>.
- [5] Vega Acosta, L. A., & Villanueva Sánchez, J. A. (2020). *Influencia de la concentración de hidróxido de sodio sobre la resistencia a la tracción de fibras individuales de Stipa Ichu* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/98b99167-86af-450f-816e-555a62b07a05/content>.

- [6] Ahmed, Z., Haque, M. T., & Azad, M. A. K. A. (2024). Research of various natural fibers from eco-friendly plant sources. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 11(5), 1075-1083. <https://doi.org/10.51244/IJRSI.2024.1105072>.
- [7] Ansar, A., Du, J., Javed, Q., Adnan, M., & Javaid, I. (2025). Biodegradable waste in compost production: A review of its economic potential. *Nitrogen*, 6(2), 24. <https://doi.org/10.3390/nitrogen6020024>.
- [8] Sun, Q., Ren, S. Y., & Ni, H. G. (2020). Incidence of microplastics in personal care products: an appreciable part of plastic pollution. *Science of the Total Environment*, 742, 140218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140218>.
- [9] Moshood, T. D., Nawair, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & AbdulGhani, A. (2022). Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution? *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100273>.
- [10] Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. B. H. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2127-2139. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0289>.
- [11] Mori, R. (2023). Replacing all petroleum-based chemical products with natural biomass-based chemical products: a tutorial review. *RSC Sustainability*, 1(2), 179-212. <https://doi.org/10.1039/D2SU00014H>.
- [12] Rajendran, S., Al-Samyda, A., Palani, G., Trilaksana, H., Sathish, T., Giri, J., ... & Nasri, F. (2025). Replacement of Petroleum Based Products With Plant-Based Materials, Green and Sustainable Energy—A Review. *Engineering Reports*, 7(4), e70108. <https://doi.org/10.1002/eng2.70108>.
- [13] Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., & Dávila-Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la producción de Bioplásticos. Una Revisión. *Revista Politécnica*, 48(2), 7-20. <https://doi.org/10.33333/tp.vol48n2.01>.
- [14] Wantahe, E., Fednand Kindole, C., & Bigambo, P. (2024). Effect of Chemical Treatment on the Physicochemical and Mechanical Properties of Sansevieria ehrenbergii (SE) Leaf Fibers and Their Utilization in Textiles. *Journal of Natural Fibers*, 21(1), 2407896. <https://doi.org/10.1080/15440478.2024.2407896>.
- [15] Thu, Z. M., Myo, K. K., Aung, H. T., Armijos, C., & Vidari, G. (2020). Flavonoids and stilbenoids of the genera Dracaena and Sansevieria: Structures and bioactivities. *Molecules*, 25(11), 2608. <https://doi.org/10.3390/molecules25112608>.
- [16] Furlan, V., & Pirondo, A. (2020). Vínculos y relaciones intracomunitarias a través del uso de plantas protectoras: Formas de construir diversidad desde los sistemas agroforestales familiares. *Ethnobotany Research and Applications*, 19, 1-17. <https://doi.org/10.32859/era.19.24.1-17>.
- [17] de Azevedo, A. R., Cruz, A. S., Marvila, M. T., de Oliveira, L. B., Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., ... & Daironas, M. (2021). Natural fibers as an alternative to synthetic fibers in reinforcement of geopolymer matrices: A comparative review. *Polymers*, 13(15), 2493. <https://doi.org/10.3390/polym13152493>.
- [18] Sahu, P., & Gupta, M. K. (2020). A review on the properties of natural fibres and its bio-composites: Effect of alkali treatment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 234(1), 198-217. <https://doi.org/10.1177/1464420719875163>.
- [19] Yabdee, S., Piromgarn, T., Kijmongkolvanich, S., & Egwutvongsa, S. (2024). Studying Factors in the Utilization of Sansevieria stuckyi God.-Leb. Fibers to Create Products with Environmentally Friendly Processes. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 19(9), 1105-1115. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190908>.
- [20] Shafqat, A., Tahir, A., Mahmood, A., Tabinda, A. B., Yasar, A., & Pugazhendhi, A. (2020). A review on environmental significance carbon foot prints of starch based bio-plastic: A substitute of conventional plastics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101540. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101540>.
- [21] Suyuti, M. A., Darmadi, D. B., Winarto, W., & Setyarini, P. H. (2024). Liquid smoke treatment and microwave heating technology for cellulosic Sansevieria Trifasciata laurentii fibers. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 14211-14228. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-06335-1>.
- [22] Adeniyi, A. G., Adeoye, A. S., Ighalo, J. O., & Onifade, D. V. (2021). FEA of effective elastic properties of banana fiber-reinforced polystyrene composite. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 28(18), 1869-1877. <https://doi.org/10.1080/15376494.2020.1712628>.
- [23] Verma, D., & Goh, K. L. (2021). Effect of mercerization/alkali surface treatment of natural fibres and their utilization in polymer composites: Mechanical and morphological studies. *Journal of Composites Science*, 5(7), 175. <https://doi.org/10.3390/jcs5070175>.
- [24] Dhaou, I., Gargouri, A., & Mnif, R. (2026). Development and characterization of PLA biocomposites reinforced with date palm fibers: influence of enzymatic treatment, fiber content, and diameter on mechanical performance. *Polymer Bulletin*, 83(7), 338. <https://doi.org/10.3390/molecules28041868>.
- [25] Liku, E. T., Desissa, T. D., & Huluka, A. W. (2024). Extraction and characterization of lignocellulosic fiber from Prosopis Juliflora bark: Effects of retting method, fiber particle size and alkali treatment cycle on cellulosic properties. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 8, 100626. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100626>.
- [26] Shadhin, M., Tisha, N. J., Dulal, M., Jayaraman, R., & Rahman, M. (2026). Adhesion chemistry of plant-based cellulosic fibers and polymeric matrices in composites: a review. *RSC advances*, 16(7), 6132-6163. <https://doi.org/10.1039/D5RA09241H>.
- [27] Tian, J., Cao, Z., Qian, S., Xia, Y., Zhang, J., Kong, Y., ... & Takahashi, J. (2022). Improving tensile strength and impact toughness of plasticized poly (lactic acid) biocomposites by incorporating nanofibrillated cellulose. *Nanotechnology Reviews*, 11(1), 2469-2482. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2022-0142>.