

ABRIL 2025

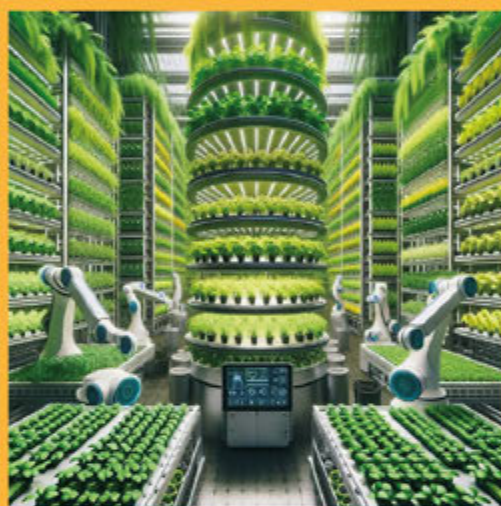
VOLUMEN 1

NÚMERO 1

Ciencias e Ingeniería

PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen I-Nº1 Abril 2025

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Peru

Dr. Oscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Herramientas de Inteligencia Artificial para garantizar la mejora del control de calidad en fibras de alpaca del sector textil

Srta. Stephany Diana Palomino Cardeña
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo Electrónico: stephany.palomino@unmsm.edu.pe

Srta. Janeth Rosario Mamani Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo Electrónico: janeth.mamani3@unmsm.edu.pe

Resumen: La industria textil peruana, liderada por la exportación de fibras de alpaca valorizadas en 89 millones de dólares en 2024, enfrenta el desafío de garantizar la calidad y autenticidad de sus productos para mantener su competitividad en el mercado global. La inteligencia artificial (IA) emerge como una solución prometedora en la optimización del control de calidad en fibras de alpaca, ofreciendo herramientas como redes neuronales convolucionales (YOLOv5 y DenseNet) y técnicas estadísticas como el análisis de componentes principales (PCA) y máquinas de soporte vectorial (SVM). Estas tecnologías permiten evaluar con precisión parámetros clave de las fibras, como el diámetro, la uniformidad y la medulación, fortaleciendo así el control de calidad y la diferenciación de productos en el mercado.

Palabras claves: Control de calidad/ Inteligencia artificial/ Fibras de alpaca/ Sector textil/ Clasificación de fibras.

Abstract: The Peruvian textile industry, led by alpaca fiber exports valued at 89 million dollars in 2024, faces the challenge of ensuring the quality and authenticity of its products to maintain its competitiveness in the global market. Artificial intelligence (AI) is emerging as a promising solution for optimizing quality control in alpaca fibers, offering tools such as convolutional neural networks (YOLOv5 and DenseNet) and statistical techniques like principal component analysis (PCA) and support vector machines (SVM). These technologies allow for the precise evaluation of key fiber parameters, such as diameter, uniformity, and medulation, thereby strengthening quality control and product differentiation in the market.

Keywords: Quality control/ Artificial intelligence/ Alpaca fibers/ Textile sector/ Fiber classification.

Résumé: L'industrie textile péruvienne, menée par les exportations de fibres d'alpaga évaluées à 89 millions de dollars en 2024, est confrontée au défi de garantir la qualité et l'authenticité de ses produits pour maintenir sa compétitivité sur le marché mondial. L'intelligence artificielle (IA) émerge comme une solution prometteuse pour optimiser le contrôle qualité des fibres d'alpaga, offrant des outils tels que les réseaux de

neurones convolutionnels (YOLOv5 et DenseNet) et des techniques statistiques comme l'analyse en composantes principales (ACP) et les machines à vecteurs de support (SVM). Ces technologies permettent d'évaluer avec précision les paramètres clés des fibres, tels que le diamètre, l'uniformité et la médulation, renforçant ainsi le contrôle qualité et la différenciation des produits sur le marché.

Mots-clés: Contrôle qualité/ Intelligence artificielle/ Fibres d'alpaga/ Secteur textile/ Classification des fibres.

1. Introducción

El sector textil, considerado como un sector importante en la economía del Perú, llegó a aportar al PIB de 4 a 5 millones de dólares en el año 2023, indicó La Sociedad Nacional de Industrias (SNI). Este sector llegó a destacar la identidad cultural y la calidad de materias primas como el algodón y la alpaca. Según el Ministerio de Desarrollo y Riego (MIDAGRI), las fibras de alpaca son consideradas como los más lujosos del mercado, ya que por su finura y dureza poseen características únicas como su capacidad para transmitir calor, suavidad y resistencia, lo que la distingue frente a otras fibras textiles. Así mismo, la Gerencia de Manufacturas de la Asociación de Exportadores (ADEX) informó que entre enero y mayo de 2024, las exportaciones peruanas de fibra de alpaca y sus derivados alcanzaron los US\$ 89 millones, consolidando a Perú como uno de los principales exportadores mundiales de este recurso.

Pero a pesar de la demanda creciente, el sector enfrenta varios desafíos en el control de calidad de las fibras de alpaca, como la dificultad para garantizar la autenticidad del producto, el riesgo de adulteraciones y la limitación en el acceso a nuevos mercados debido a estándares internacionales rigurosos. Por ende, es importante explorar nuevas estrategias que permitan optimizar el control de calidad y asegurar la autenticidad de la fibra de alpaca, utilizando herramientas innovadoras, como la Inteligencia Artificial (IA).

Este trabajo tiene como objetivo principal evaluar y seleccionar la herramienta de Inteligencia Artificial más apropiada para optimizar el control de calidad y asegurar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca en el sector textil. Específicamente, se busca investigar los parámetros físico-químicos y estructurales de las fibras de alpaca que son más relevantes para desarrollar modelos de inteligencia artificial que garanticen su calidad; identificar y analizar las herramientas de inteligencia artificial que logren optimizar y garantizar el control de calidad en las fibras de alpaca, determinar los beneficios y limitaciones de cada herramienta de inteligencia artificial en la optimización del proceso de control de calidad en el sector textil y establecer la herramienta inteligencia artificial que sea más efectiva para detectar de manera precisa adulteraciones en fibras de alpaca.

En primer lugar, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre las propiedades de la fibra de alpaca, las técnicas tradicionales de control de calidad y las

aplicaciones de la inteligencia artificial en el sector textil. Posteriormente, se presentarán y analizarán los resultados obtenidos, comparando los beneficios y limitaciones de cada una. Finalmente, se discutirán las conclusiones del estudio, destacando la herramienta de inteligencia artificial más adecuada para el control de calidad de las fibras de alpaca y se propondrán futuras líneas de investigación.

2. Metodología

Para determinar las mejores prácticas de inteligencia artificial en el control de calidad de fibras de alpaca, se realizó una revisión sistemática de la literatura (RSL) enfocada en el periodo 2019-2024. Se aplicó una estrategia estructurada siguiendo los lineamientos PRISMA, para identificar estudios relevantes. La búsqueda bibliográfica se centró en una pregunta de investigación precisa, formulada según el marco PICO (Problema, Intervención, Resultados y Contexto) para guiar la selección y análisis del estudio relevante.

Figura N°1: Modelo PICO basado en el control de calidad en fibras de alpaca del sector textil

P (población)	Fibras de alpaca del sector textil, provenientes de la alpaca Suri y Huacaya
I (intervención)	Implementación de herramientas de inteligencia artificial para la detección de adulteraciones y clasificación de la fibra según su tipo de medulación
C (comparación)	Métodos tradicionales de control de calidad
O (resultado)	Garantizar la mejora del proceso de control de calidad y asegurar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca en el sector textil

Fuente: Elaboración propia

La pregunta de investigación fue: ¿Cuál es la herramienta de Inteligencia Artificial más apropiada para optimizar el control de calidad y asegurar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca en el sector textil?.

A partir de esta premisa, se procedió a identificar los términos clave que, dieron lugar a una ecuación de búsqueda precisa, siguiendo las fuentes recurridas: SCOPUS: TITLE-ABS-KEY ("Quality control" OR "Artificial intelligence" OR "alpaca fibers" OR "textile sector" OR "fiber classification") AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")), REDALYC: { Quality control; Artificial intelligence; alpaca fibers; textile sector; fiber classification. }, language = {Español; Inglés}, year = {2024 - 2019} y SCIELO: (((((fibras de alpaca) OR (Inteligencia artificial))) OR (Control de calidad)) OR (Sector Textil)) OR (Clasificación de fibra).

Adicionalmente, la búsqueda se extendió encontrándose artículos en diversas bases de datos como: Dialnet, Revistas de Investigación San Marcos y Science Direct.

Las bases de datos fueron consultadas en septiembre de 2024. Para ello se aplicaron criterios de búsqueda precisos, limitando los resultados solo en Scopus y Redalyc a los filtros de tiempo (2019-2024), tipo de documento (Article) e idioma (English y Spanish) dentro del ámbito textil. De esta búsqueda se obtuvieron 40 documentos incluyendo todas las fuentes ya mencionadas anteriormente, los cuales fueron evaluados individualmente según criterios de selección predefinidos.

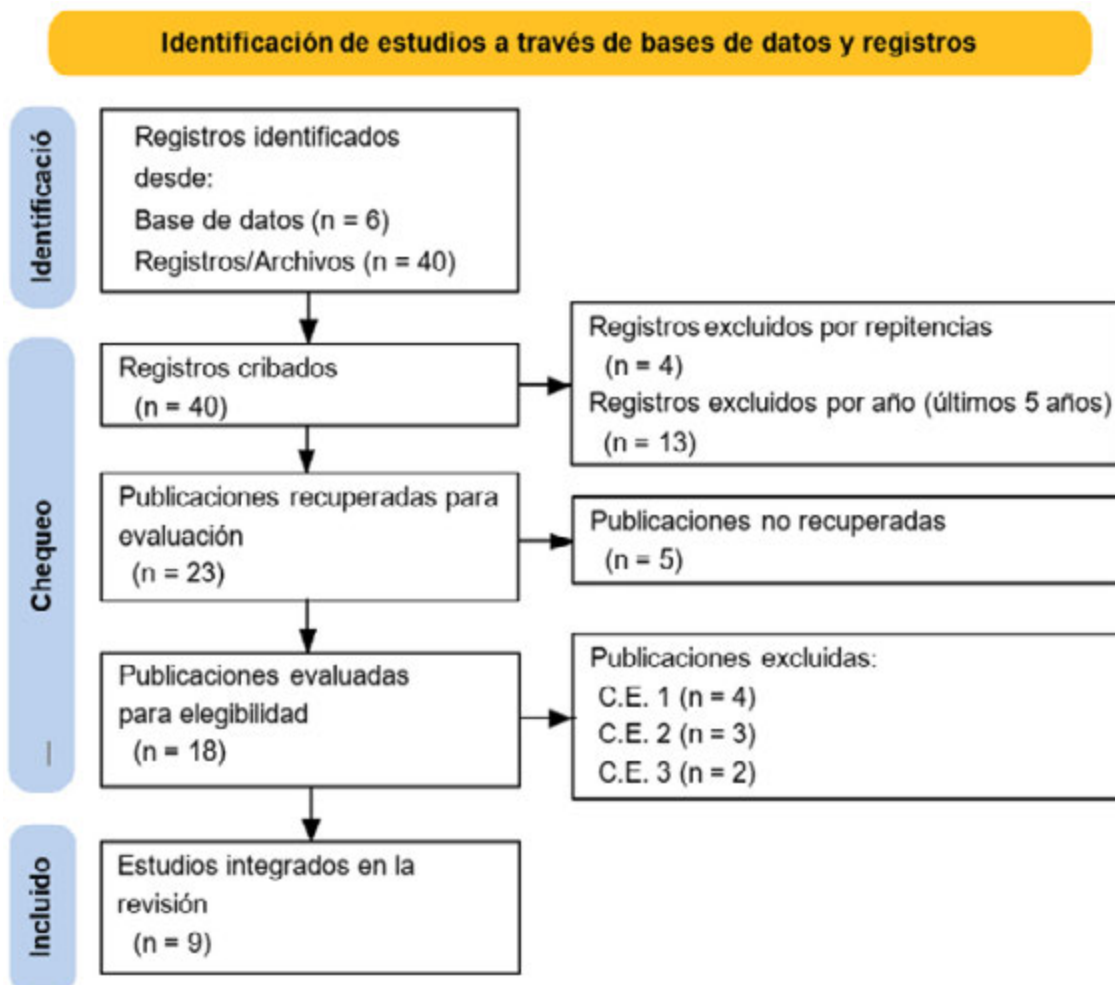
- Criterios de inclusión: (1) Artículos que tras una revisión detallada de los títulos sean identificados como únicos, evitando registros duplicados y priorizando que sean de la fuente Scopus, (2) Trabajos enfocados durante el periodo 2019 -2024. A pesar de utilizar filtros de fecha en las bases de datos consultadas, se detectaron artículos que no cumplieran con este criterio, por lo que se procedió a su limitación.
- Criterios de exclusión (C.E): (1) Estudios limitados a análisis teóricos sin una base empírica o experimental, (2) Artículos que no estuvieran directamente relacionados con la alpaca, ya sea de la variedad Suri o Huacaya y (3) Publicaciones que no abordaran la implementación de técnicas de inteligencia artificial en aplicaciones vinculadas al tipo de modulación o parámetros de las fibras de alpaca.

Una vez obtenidos los datos y métricas de los estudios seleccionados desde las distintas fuentes usadas, se procedió a una revisión más detallada de títulos y resúmenes en una hoja de cálculo de Excel.

En la primera fase de selección, de los 40 artículos iniciales, se excluyeron 17 que no cumplieran con el criterio de inclusión, reduciendo el número de estudios a 23 para su análisis a texto completo. Sin embargo, en la segunda fase, se descartaron 5 estudios adicionales debido a limitaciones impuestas por los autores/factores externos o restricciones de pago que impedían el acceso al texto completo.

Los estudios que pasaron al cribado para una revisión más detallada fueron 18, donde se aplicaron rigurosos criterios de exclusión. Tras este proceso, se descartaron 4 artículos que no cumplieran con los requisitos establecidos como aquellos que presentaban únicamente análisis teóricos o descriptivos, sin una componente empírica o experimental.

Así mismo, se excluyeron 3 artículos que no abordaban el tema de la alpaca Suri o Huacaya como fuente de recurso para la fibra textil. Finalmente, se descartaron 2 artículos que no describían adecuadamente la implementación de las técnicas de inteligencia artificial para la identificación del tipo de médula de la fibra o evaluación de sus parámetros. Véase Figura 1.

Figura N°2: Flujograma PRISMA de la filtración y selección de artículos

Fuente: Elaboración propia

Este estudio presenta ciertas limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados. Entre ellas, se encuentran el acceso restringido a ciertas publicaciones debido a suscripciones, la focalización en el sector ganadero de Sudamérica y la limitación temporal del análisis a los años 2019-2024. Además, se excluyeron estudios teóricos o propuestas, centrándose únicamente en aplicaciones empíricas o prácticas relacionadas a la implementación de la inteligencia artificial para garantizar la mejora del control de calidad en fibras de alpaca del sector textil.

Tabla N° 1: Cuadro de Aportes

N°	Artículo	Año	Aporte
[1]	Características de la fibra de alpacas en la zona agroecológica seca en el altiplano peruano	2022	Evaluar las principales características físicas y correlaciones del diámetro de fibra (DF), coeficiente de variación (CVDF), factor de confort (FC) y factor de picazón (FP) de la fibra de alpaca en la zona agroecológica seca de la región Puno, Perú.
[2]	Aplicación de inteligencia artificial y análisis de imágenes digitales para determinar automáticamente el porcentaje de medulación de fibras en muestras de vellón de alpaca	2022	Busca validar dos programas informáticos basados en IA y DIA (Análisis digital de imágenes) para determinar la incidencia de medulación en fibras de alpaca blanca.
[3]	Adaptación de inteligencia artificial por el modelo de regresión múltiple estocástica para determinar la calidad de la fibra de alpaca (Lama pacos)	2023	Presentar la aplicación de un modelo de machine learning RLM estocástica para evaluar la calidad de la fibra de la alpaca Huacaya de color blanco.
[4]	Blanqueamiento de fibra con peróxido de hidrógeno y porcentaje de medulación en alpaca Huacaya negra y marrón	2023	Se realiza un blanqueamiento a las fibras de color marrón y negro de las alpacas Huacaya, esto con peróxido de hidrógeno, que a ciertos minutos permite el blanqueamiento de esas fibras.
[5]	Desarrollo y validación de un sistema inteligente para medulación y evaluación diamétrica de fibras de alpaca, llama y mohair.	2023	Se usa la prueba T, la correlación de Pearson y concordancia, el gráfico de Bland-Altman y los análisis de regresión lineal para validar y comparar el S-Fiber Med con otros métodos.
[6]	Variación del diámetro y porcentaje de medulación en la fibra de alpacas Huacaya (Vicugna)	2023	Se utilizaron fibras no meduladas, con médula fragmentada, médula continua, médula discontinua y fuertemente meduladas con sus respectivos porcentajes. Las fibras fueron analizadas utilizando el equipo FIBER MED y la evaluación de los porcentajes fue previa transformación angular Bliss a valores enteros arcoseno.
[7]	Clasificación de muestras de fibras de camélidos y cabras de América del Sur basada en espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier y aprendizaje automático	2024	Desarrollar y validar dos modelos de aprendizaje automático, a saber, redes neuronales profundas (DNN) y máquinas de vectores de soporte (SVM) para clasificar espectros de fibras por especie.
[8]	Efecto de mordientes sobre la variación de diámetro y tono de color en hilos de fibra de alpaca teñidos con flores de colli (Buddleja coriacea)	2024	Evaluar el efecto de mordientes en la variación de diámetro medio de fibra (DMF), finura al hilado (FH) y el tono de color en hilos de fibra de alpaca teñidos con flores de colli (Buddleja coriacea).
[9]	El análisis de secuenciación del genoma completo de la alpaca sugiere que TRPV3 es un gen candidato para el fenotipo suri	2024	Se estudió el ADN de alpacas (Huacaya y Suri) para identificar el gen responsable de las características de los diferentes tipos de lana. En donde se descubre que una mutación en el gen TRPV3, relacionado con el crecimiento del pelo, está asociado con el fenotipo Suri.

Fuente: Elaboración propia

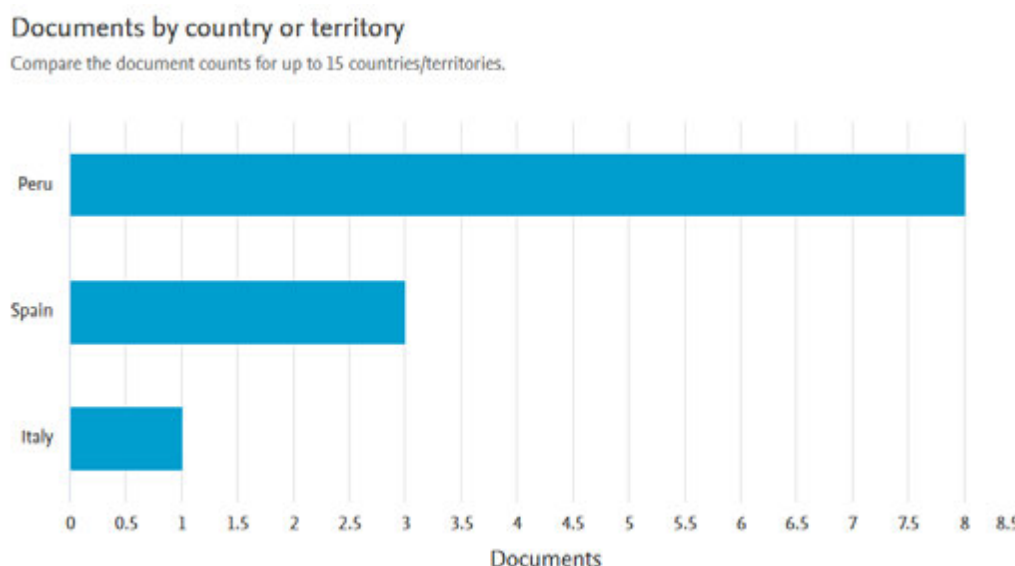
3. Resultados

Los resultados se organizaron en dos secciones complementarias: un análisis bibliométrico descriptivo de los estudios seleccionados, y un análisis cualitativo detallado que permitió profundizar en las características de interés alineadas con los objetivos de la revisión sistemática.

Análisis descriptivo de los estudios seleccionados

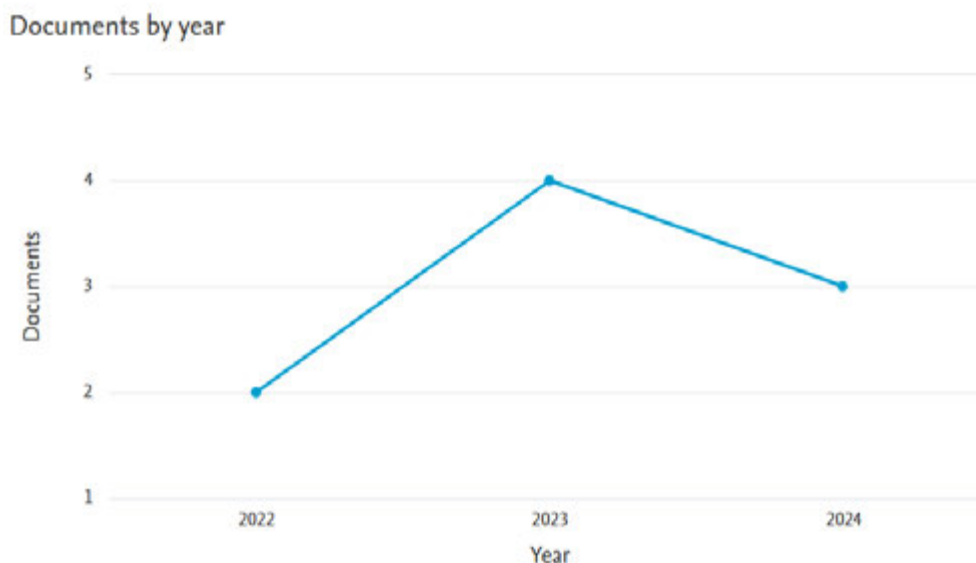
De los 9 artículos evaluados, una mayoría significativa provenía de Perú (89%) seguidos por investigaciones de España e Italia (Fig.3). Esta distribución puede estar relacionada con factores que reflejan tanto las políticas estratégicas de investigación en estas naciones como el estado actual del sector textil en las respectivas regiones.

Figura N°3: Distribución de los estudios seleccionados y los países de filiación



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, la distribución temporal de las publicaciones mostró una tendencia creciente, con un 100% (2 publicaciones) en 2023 y una disminución del 25% (1 publicación) en 2024 (Fig.4). Estos trabajos estuvieron predominantemente asociados a eventos relevantes en el sector textil y tecnológico, subrayando su importancia en la difusión de avances relacionados con metodologías de control de calidad.

Figura N°4: Distribución temporal de los estudios seleccionados

Fuente: Elaboración propia

La distribución de los estudios en el Perú podrían estar vinculados a la localización geográfica de las alpacas analizadas y laboratorios donde se realizaron las investigaciones. Esta conexión se explica porque las áreas con una mayor densidad de alpacas, como el sur del Perú, generalmente tienen un acceso más directo a recursos y especialistas en el tema, lo que facilita la ejecución de investigaciones prácticas. Por lo tanto, estos estudios seleccionados influyen en el desarrollo y la implementación de tecnologías innovadoras en el proceso de control de calidad en fibras de alpaca.

Figura N°5: Mapa coroplético de los artículos seleccionados dentro del área nacional

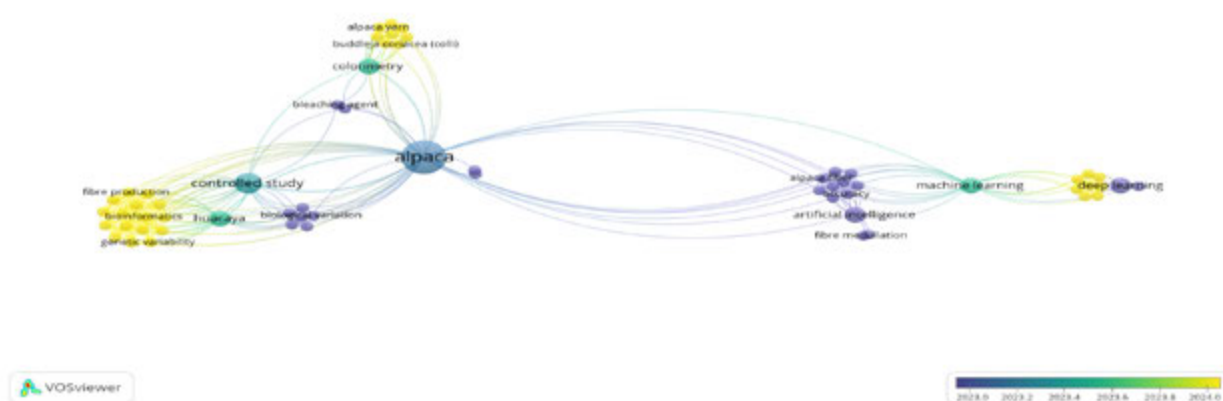
Fuente: Elaboración propia

Para identificar las tendencias temáticas en la investigación sobre la implementación de inteligencia artificial para mejorar el control de calidad en fibras de alpaca, se llevó a cabo un análisis de la frecuencia de palabras clave en los estudios seleccionados. El mapa de red creado con VOSviewer (Fig. 6) reveló la interconexión y predominancia de ciertos temas en la literatura relacionada con el sector textil. El término central "alpaca" se encuentra densamente conectado con conceptos como "machine learning" y "deep learning". Estos nodos, que actúan como puntos focales en la red, indican un fuerte interés en el uso de estas técnicas para mejorar la evaluación de la calidad de la fibra.

Por otro lado, la presencia de términos como "controlled study", "fibra production" y "genetic variability" sugiere que los investigadores se están enfocando en estudios controlados para analizar las características genéticas de la fibra y su impacto en la calidad final. La aparición de términos relacionados con el procesamiento de la fibra, como "bleaching agent" y "colorimetry", indica un interés en optimizar los procesos industriales.

En resumen, el mapa revela una creciente convergencia entre la industria textil de la alpaca y las tecnologías de inteligencia artificial, con un enfoque en mejorar la calidad de la fibra a través de análisis más precisos y eficientes.

Figura N°6: Mapa de Red de Co-ocurrencia de Palabras Clave en Investigaciones de implementación de Inteligencia Artificial para mejorar el control de calidad en fibras de alpaca del sector textil



Fuente: Elaboración propia

Análisis de correlación de los estudios seleccionados

a) Parámetros o rasgos comunes usados para la evaluación de la fibra

La evaluación de la fibra en alpacas, es un aspecto clave para la mejora genética de los camélidos y la optimización del rendimiento textil. Así mismo, Olarte U., et al. (2023), mencionan que la genética, junto con factores como la edad, sexo, raza y las condiciones ambientales, son determinantes en las características de la fibra. Estos parámetros empleados buscan determinar la calidad, funcionalidad y comercialización del vellón, influyendo en su clasificación y en su valorización en el mercado textil. Características como la uniformidad del diámetro, la finura y características como el peso del vellón graso influyen en el confort y resistencia de los productos textiles, por lo que su medición precisa mediante herramientas especializadas (como el OFDA 2000 o el Fiber Med) y normas estandarizadas (como IWTO-12) es esencial en programas de selección y mejora.

Caracteres de fibra

Los caracteres de fibra son atributos específicos que describen la calidad, uniformidad y funcionalidad del vellón producido por las alpacas. Estos rasgos son fundamentales para la industria textil, ya que determinan las propiedades físicas y sensoriales de los productos finales, como suavidad, resistencia y confort. Por ende, es importante evaluar los siguientes caracteres:

- **Porcentaje de la fibra medular (PM):** El porcentaje de fibras meduladas (PM) aumenta con la edad, desde un 34.79% en alpacas jóvenes (1-2 años) hasta un 74.72% en animales mayores (9-10 años).
- **Diámetro de fibra medular (MFD):** El diámetro de las fibras meduladas es considerablemente mayor que el de las fibras no meduladas. En el artículo de Olarte u., et al (2023), se observa que las fibras con médula continua alcanzan los 24.22 μm en promedio, mientras que las fuertemente meduladas llegan a 36.27 μm . Por lo que este parámetro refleja la influencia de la medulación sobre la resistencia y textura de los hilos.
- **Diámetro de fibra (FD):** es un indicador crucial de la finura y calidad del vellón. Valores menores están asociados con mayor confort, mientras que diámetros mayores suelen aumentar el peso del vellón pero disminuyen su suavidad. Según el estudio de Malaga J., et al. (2022), en alpacas jóvenes, el FD es menor (20.10 μm en promedio) y aumenta progresivamente con la edad hasta 23.29 μm en animales adultos.
- **Desviación estándar del diámetro de la fibra (DE):** La DE del diámetro indica la uniformidad del vellón. Una menor DE está correlacionada con vellones más homogéneos y de mayor calidad. En el estudio de Aguilar H., et al. (2019), concluyen que en alpacas Huacaya, la DE es moderadamente heredable ($h^2 = 0.31$), lo que sugiere que puede ser mejorada mediante selección genética. Además, los análisis de correlación genética entre DE y diámetro de fibra muestran una relación positiva alta ($r=0.80$), implicando que al seleccionar por finura también se mejora la uniformidad.

- **Peso del vellón graso (GFW):** el peso del vellón graso está relacionado con la cantidad de fibra producida por el animal. Es influenciado por factores como el diámetro y la proporción de fibras meduladas, ya que un mayor diámetro puede aumentar el peso del vellón a expensas de la finura.

Caracteres morfológicos

Los caracteres morfológicos en alpacas están relacionados con su estructura corporal, resistencia y capacidad para adaptarse a condiciones del entorno. En los artículos revisados, mencionan que los caracteres de interés son:

- **Tamaño corporal y peso vivo:** Estos son indicadores indirectos de la producción de fibra y su calidad. Como por ejemplo, animales más grandes pueden producir un vellón más pesado, pero esto no necesariamente significa que el diámetro de fibra sea más fino.
- **Conformación del cuerpo:** Es clave en la selección de alpacas por su capacidad reproductiva y productiva. Animales con conformación robusta suelen estar mejor adaptados a climas adversos y tienen mejor rendimiento en esquilas prolongadas.

Caracteres reproductivos

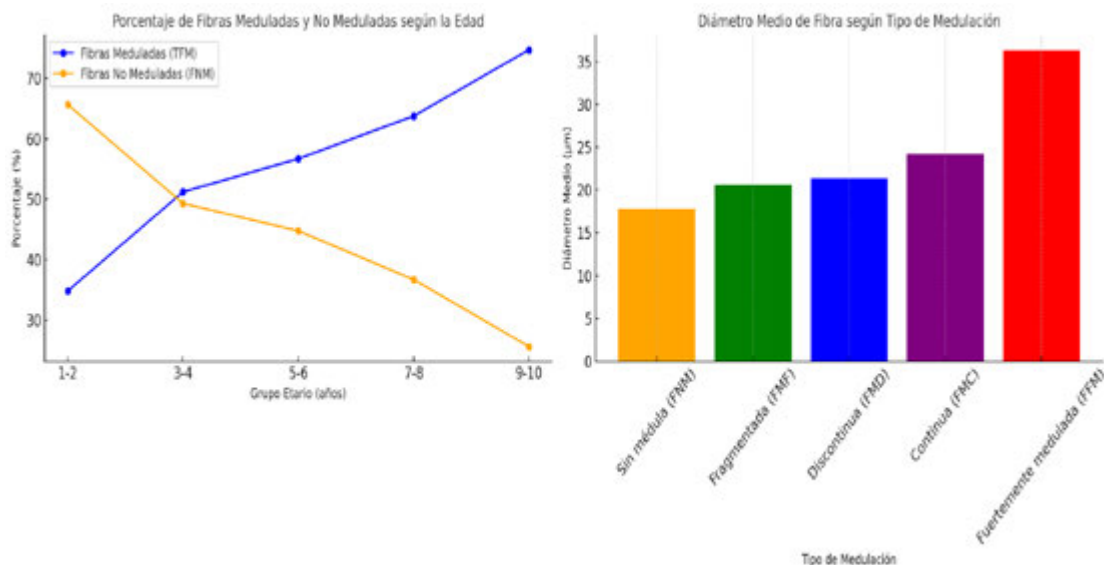
Capacidad del animal para reproducirse eficazmente, como:

- **La tasa de fertilidad:** Directamente influenciada por la calidad nutricional y genética del rebaño. Así mismo, Málaga J., et al. (2022), señala que los animales con mejor nutrición tienen mejores resultados reproductivos y productivos.
- **Intervalo entre partos:** Determina el potencial de producción de fibra a lo largo de la vida reproductiva del animal.

Por otro lado, se debe evaluar los rasgos físicos que están relacionados indirectamente con la reproducción, como el desarrollo de glándulas mamarias en hembras o el tamaño testicular en machos.

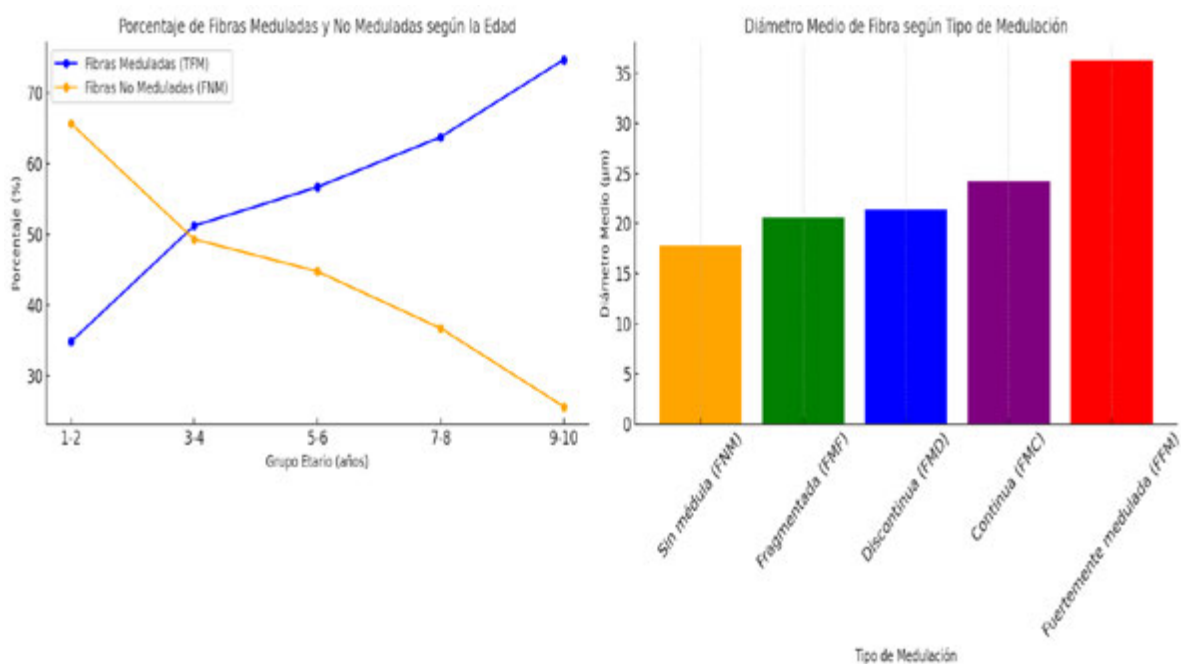
- **Raza y edad:** Factores como raza Huacaya o Suri, y etapas de desarrollo del animal, afectan tanto la calidad del vellón como el desempeño reproductivo.

Los caracteres de fibra, morfológicos y reproductivos están interconectados, formando un sistema que equilibra producción y funcionalidad en alpacas.

Figura N°7: Gráfico de porcentaje de fibras meduladas y no meduladas según la edad.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el porcentaje de fibras meduladas (TFM) aumenta significativamente con la edad, mientras que el porcentaje de fibras no meduladas (FNM) disminuye. Esto sugiere un efecto de la edad en la composición del vellón, afectando la calidad de la fibra.

Figura N°8: Gráfico del diámetro medio de fibra según tipo de medulación.

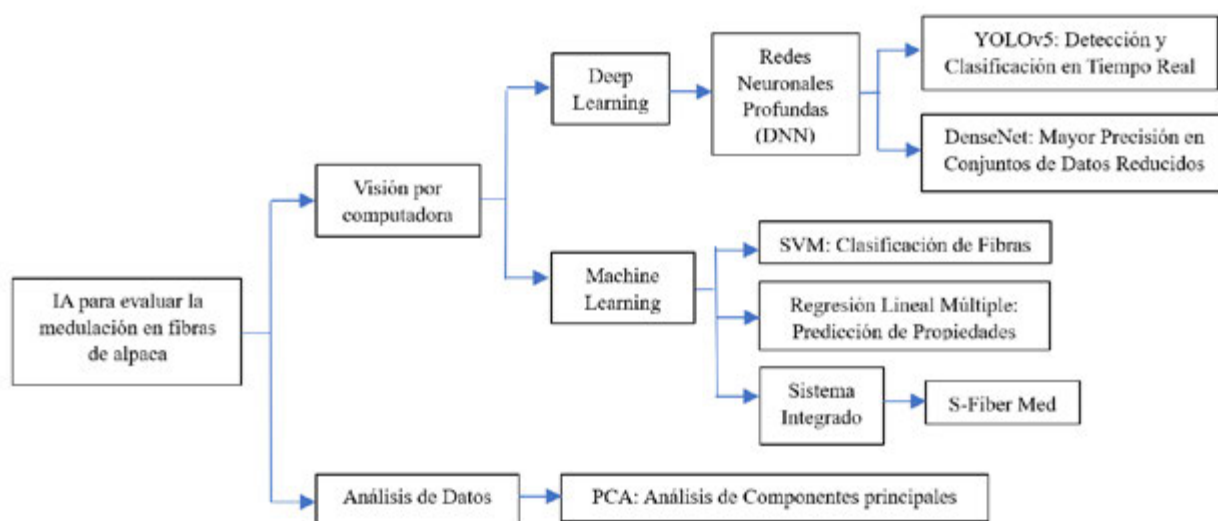
Fuente: Elaboración propia

Destaca que las fibras fuertemente meduladas (FFM) tienen el mayor diámetro medio, mientras que las fibras sin médula (FNM) son las más finas. Este comportamiento puede influir en la selección de fibras según su uso textil, priorizando fibras más finas para mayor suavidad.

b) Inteligencia Artificial para evaluar la modulación en fibras de alpaca

La aplicación de la inteligencia artificial en la evaluación de la modulación de fibras de alpaca ha transformado la industria textil. Al automatizar la evaluación y mejorar la precisión en la clasificación de las fibras, se obtienen múltiples beneficios. Por un lado, se optimizan los procesos productivos, reduciendo el desperdicio de material y mejorando la eficiencia. Por otro lado, abre nuevas posibilidades para la investigación y el desarrollo de nuevos materiales con propiedades mejoradas. En la literatura científica, se ha evidenciado un creciente interés en la aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la evaluación precisa y objetiva de la modulación en fibras de alpaca. La visión por computadora, en particular, ha desempeñado un papel fundamental, permitiendo la extracción de características relevantes a partir de imágenes de las fibras. Modelos de aprendizaje profundo como las redes neuronales profundas (DNN), específicamente Redes Neuronales Convolucionales (CNN), que presenta modelos como YOLOv5 y DenseNet, que han demostrado una excepcional capacidad para detectar, clasificar y segmentar diferentes tipos de modulación. Además, técnicas tradicionales como las máquinas de soporte vectorial (SVM) y la regresión lineal múltiple han sido empleadas para complementar el análisis y realizar predicciones sobre las propiedades de las fibras. Un ejemplo destacado de la integración de estas técnicas es el sistema S-Fiber Med, diseñado para evaluar de forma integral la calidad de la fibra de alpaca. Asimismo, el análisis de componentes principales (PCA) ha sido utilizado para reducir la dimensionalidad de los datos y mejorar la eficiencia de los modelos.

Figura N°9: Mapa Conceptual sobre las diferentes herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas en el control de calidad de las fibras de alpaca



Fuente: Elaboración propia

Visión por Computadora

La visión por computadora, en el ámbito de la evaluación de fibras de alpaca, es una rama de la inteligencia artificial que se enfoca en dotar a las máquinas "ver" y analizar imágenes de fibras para extraer información cuantitativa y cualitativa relevante.

Deep Learning

Deep Learning es un subcampo del Machine Learning que utiliza redes neuronales artificiales con múltiples capas para aprender representaciones jerárquicas de datos. Esta tecnología ofrece una alternativa más rápida, precisa, objetiva y superior a los métodos tradicionales, permitiendo una mejor caracterización de las fibras y una optimización de los procesos de producción. El software desarrollado, basado en esta herramienta contribuye a una evaluación eficiente de la calidad de la fibra [2][5].

Redes Neuronales Profundas (DNN)

YOLOv5: Es una arquitectura de redes neuronales convolucionales diseñada específicamente para la detección de objetos en tiempo real. En el contexto de la evaluación de fibras de alpaca, se ha utilizado para clasificar las fibras por el tipo de medulación. Esta herramienta permite una evaluación más detallada de la calidad de la lana de alpaca. El modelo YOLOv5, al ser entrenado con un conjunto de datos de imágenes etiquetadas manualmente, ha adquirido la capacidad de identificar automáticamente los diferentes tipos de medulación presentes en las fibras. La principal ventaja radica en su velocidad de procesamiento, lo que permite evaluar un gran número de muestras en poco tiempo. Además, su capacidad para detectar y clasificar múltiples objetos en una sola imagen (en este caso, diferentes tipos de fibras) lo convierte en una herramienta invaluable para la industria textil, facilitando el control de calidad y la optimización de los procesos de producción [2][5][6].

DenseNet: Es un modelo de red neuronal profunda que ha mostrado resultados sobresalientes en tareas de clasificación de imágenes, gracias a su arquitectura innovadora que permite una conexión densa entre las capas. En un estudio reciente, se evaluó la implementación de DenseNet en la clasificación de imágenes de fibras de alpacas Huacaya, donde se observó un aumento significativo en la precisión del modelo, alcanzando un 94.5% de exactitud en comparación con otros modelos tradicionales que presentaron eficiencias inferiores. Este aumento en la eficiencia se atribuye a la capacidad de DenseNet para reutilizar características a través de conexiones densas, lo cual mejora el flujo de información y facilita el aprendizaje en redes más profundas. La utilización de DenseNet no solo optimiza el rendimiento en términos de precisión, sino que también reduce el riesgo de sobreajuste, convirtiéndolo en una herramienta valiosa para mejorar la calidad del análisis[6].

Machine Learning

Máquina de Vectores de Soporte (SVM): Es un modelo de aprendizaje automático utilizado en la clasificación de datos, que ha demostrado ser efectivo en la identificación de fibras de camélidos sudamericanos y cabras a partir de espectros obtenidos mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). En el estudio, se logró una precisión del 95.12% al aplicar el modelo SVM para clasificar muestras de fibras, lo que indica su robustez en el análisis de datos complejos. Las conclusiones del artículo resaltan que, aunque SVM es menos preciso que otros modelos como las redes neuronales profundas (DNN), su implementación sigue siendo valiosa para la clasificación eficiente de fibras, especialmente cuando se combina con técnicas espectroscópicas, contribuyendo así a la mejora en la identificación y control de calidad en la industria textil. Además, se observó una precisión del 100% en la identificación de fibras de vicuña utilizando ambos modelos, lo que subraya la efectividad de SVM en contextos específicos.[7]

Regresión Lineal Múltiple (RLM): Fue implementado en un estudio para determinar la calidad de la fibra de alpaca Huacaya, utilizando un enfoque de inteligencia artificial con un algoritmo de descenso de gradiente estocástico. Se analizaron 1200 fibras y se consideraron variables como el diámetro de la fibra, el diámetro de médula, el porcentaje de medulación por volumen y el factor de confort, siendo el "factor Soft" la variable dependiente. Los resultados mostraron que el modelo RLM logró una alta precisión en sus predicciones, con errores mínimos, lo que permitió obtener un valor del factor Soft muy cercano al observado. Las conclusiones del artículo indican que esta técnica es adecuada para predecir la calidad de las fibras en la industria textil, destacando su eficacia incluso con un tamaño muestral pequeño, aunque no se especificaron porcentajes exactos de eficiencia en el rendimiento del modelo[3].

Sistema Integrado S-Fiber Med: Es un sistema automatizado que evalúa la medulación y el diámetro de las fibras de alpacas, permitiendo clasificar las fibras en diferentes tipos de medulación y medir su diámetro con precisión. Gracias a este sistema, se observó que el porcentaje de fibras meduladas aumentó de 34.79% en animales de 1-2 años a 74.72% en aquellos de 9-10 años, mientras que las fibras no meduladas disminuyeron de 65.69% a 25.60%. Además, se encontró una fuerte correlación ($r = 0.883$) entre el porcentaje de fibras meduladas y el diámetro medio, sugiriendo que a mayor medulación, mayor es el diámetro promedio de las fibras.[6]. Así mismo, se encontró que no hay diferencias significativas entre los porcentajes de medulación obtenidos con este sistema y métodos tradicionales, con una correlación de Pearson superior a 0.96 ($p < 0.001$), lo que indica una alta precisión[5].

Análisis de Datos: Análisis de Componentes principales PCA

Es una técnica estadística que se utiliza para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, manteniendo la mayor parte de la variabilidad presente en ellos. Esta técnica es especialmente útil en el contexto del control de calidad de fibras de alpaca en el sector textil, donde múltiples características físicas pueden influir en la calidad del

producto final. Según Jolliffe (2002), "el PCA es una técnica que busca encontrar las direcciones (componentes) en las que los datos varían más y proyectar los datos en estas direcciones" 1. Al aplicar PCA, los investigadores pueden identificar las variables más relevantes que afectan la calidad de la fibra, lo que permite una mejor comprensión y optimización de los procesos de producción.

c) Importancia del factor de modulación en la valoración de las fibras

La medulación caracterizada por la presencia de un canal interno en las fibras, afecta la suavidad, la sensación de picor y la apariencia de los tejidos, lo que influye directamente en su aceptación en el mercado. Diversos estudios han señalado que el porcentaje de fibras meduladas y su tipo (fragmentada, continua o discontinua) tienen una relación significativa con la calidad y el uso final de los productos textiles.

Los análisis realizados en nuestra fuente de búsqueda, incluidos los métodos basados en inteligencia artificial y herramientas de precisión como el OFDA 100, han permitido modelar factores predictivos como el denominado "Factor Soft" (FS), según Portocarrero A., et al. (2023), señala que el Factor Soft es una métrica integrada que combina variables clave como el diámetro medio de fibra (DMF), diámetro de médula (DMM), porcentaje de medulación por volumen (MV), factor de confort (FC) y porcentaje de fibras objetables (FO). Estos enfoques no solo optimizan la evaluación de calidad, sino que también ayudan a establecer correlaciones críticas entre las características físicas y sensoriales de la fibra.

Calidad de la fibra

La calidad de la fibra está directamente influenciada por la medulación y el diámetro de las fibras. Las fibras no meduladas, que carecen de un canal interno, suelen ser preferidas para textiles finos debido a su suavidad y uniformidad, lo que incrementa el confort y reduce el picor en contacto con la piel. Por el contrario, las fibras meduladas, en particular las de médula continua y gruesa, pueden presentar una textura más rugosa y menos uniforme. Este efecto se intensifica en fibras con diámetros superiores a los 30 μm , que no cumplen con el estándar de confort óptimo para prendas de lujo.

Además, la incidencia de medulación varía con la edad del animal. Según Olarte et al. (2023), en alpacas más jóvenes se observa un mayor porcentaje de fibras no meduladas, mientras que las más adultas tienden a presentar un mayor porcentaje de fibras meduladas, lo que puede comprometer la calidad general del vellón. Esto destaca la importancia de implementar estrategias de selección genética y manejo para optimizar la finura y reducir la heterogeneidad en los lotes de fibra.

Procesamiento textil

La presencia de fibras meduladas, especialmente aquellas con médulas continuas o gruesas, presenta desafíos en el procesamiento textil. Estas fibras tienden a ser menos homogéneas, afectando la resistencia del hilo y dificultando los procesos de teñido,

lo que limita su uso en aplicaciones de alta gama. Sin embargo, las fibras meduladas también pueden ser ventajosas en prendas que requieren propiedades térmicas superiores, como ropa de invierno, debido a la capacidad aislante natural proporcionada por las fibras meduladas.

Valor comercial

El valor comercial de la fibra de alpaca ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años gracias a su calidad y la demanda internacional. Entre enero y mayo de 2024, las exportaciones peruanas de fibra de alpaca y sus derivados alcanzaron los 89 millones de dólares, con un crecimiento del 33% respecto al mismo período de 2023. Estas cifras destacan la importancia económica de la fibra en la industria textil global.

Así mismo, según Infoalpaca (2013), las fibras más finas alcanzan precios más altos, mientras que las fibras con alto contenido de medulación suelen ser menos valoradas para prendas de lujo. Sin embargo, avances recientes en la caracterización de fibras mediante inteligencia artificial han permitido a las empresas optimizar la clasificación de fibras y maximizar su rendimiento económico, incluso para aquellas con características consideradas menos deseables.

La importancia del factor de medulación radica en su influencia integral en la calidad, procesabilidad y valor comercial de las fibras de alpaca. Los modelos predictivos avanzados, como el FS, representan una herramienta poderosa para integrar variables clave y guiar tanto la selección genética como las decisiones de procesamiento industrial.

4. Discusión

¿Cuál es la herramienta de Inteligencia Artificial más apropiada para optimizar el control de calidad y asegurar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca en el sector textil?

Luego de analizar diversos artículos y evaluar las herramientas de Inteligencia Artificial aplicadas para mejorar el control de calidad y asegurar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca, se identificó que las redes neuronales convolucionales (CNN), como YOLOv5 y DenseNet, son las más apropiadas. Estas tecnologías destacan por su alta precisión en la detección, clasificación y segmentación de fibras, permitiendo automatizar procesos esenciales como la evaluación de la medulación y las características físicas de las fibras. Esto optimiza la detección de adulteraciones y garantiza la calidad del producto. Además, el uso complementario de técnicas como el análisis de componentes principales (PCA) mejora la gestión de datos complejos, aumentando tanto la productividad como la confianza en el cumplimiento de los estándares internacionales del sector textil.

¿Qué parámetros físico-químicos y estructurales de las fibras de alpaca son más relevantes para desarrollar modelos de inteligencia artificial que garanticen su calidad?

Las propiedades textiles de la alpaca más importantes para desarrollar un modelo de Inteligencia Artificial que garanticen la calidad de la fibra incluyen el diámetro de la fibra (FD), que determina su finura y confort; la uniformidad del diámetro (DE), que refleja la homogeneidad del vellón; y el porcentaje de fibras meduladas (PM), crucial para evaluar suavidad y resistencia. Además, el diámetro de la fibra medular (MFD) influye en la textura y la resistencia de los hilos, mientras que el peso del vellón graso (GFW) está relacionado con la cantidad total de fibra producida, lo que impacta en su valoración comercial. Estas características son esenciales para optimizar la clasificación de fibras y asegurar su adecuación a los estándares internacionales.

¿Cuáles son las herramientas de inteligencia artificial que logren optimizar y garantizar el control de calidad en las fibras de alpaca?

Las herramientas de Inteligencia Artificial más efectivas para optimizar y garantizar el control de calidad en las fibras de alpaca incluyen redes neuronales convolucionales (CNN), como YOLOv5 y DenseNet, que destacan por su capacidad de detectar, clasificar y segmentar fibras con alta precisión. Estas se complementan con técnicas de visión por computadora para analizar imágenes de fibras y con métodos como máquinas de soporte vectorial (SVM) y regresión lineal múltiple, útiles para predecir propiedades clave. Además, el análisis de componentes principales (PCA) mejora la gestión de datos complejos, mientras que sistemas integrados como S-Fiber Med permiten una evaluación integral de calidad, optimizando procesos productivos y reduciendo desperdicios.

¿Cuáles son los beneficios y limitaciones de cada herramienta de IA para optimizar el proceso de control de calidad en el sector textil?

Las redes neuronales convolucionales (CNN), como YOLOv5 y DenseNet, ofrecen alta precisión en la detección y clasificación de fibras, automatizando procesos clave y reduciendo errores humanos; sin embargo, requieren grandes volúmenes de datos etiquetados y altos recursos computacionales para su entrenamiento. Las máquinas de soporte vectorial (SVM) son útiles para analizar datos más simples y realizar clasificaciones precisas, pero son menos eficaces con conjuntos de datos grandes y complejos. Herramientas como el análisis de componentes principales (PCA) mejoran la eficiencia al reducir la dimensionalidad de los datos, aunque su utilidad depende de la correcta selección de variables. Por otro lado, sistemas integrados como S-Fiber Med combinan múltiples técnicas para evaluar integralmente la calidad, aunque su implementación puede ser costosa y compleja. Estas herramientas ofrecen avances significativos, pero su adopción debe considerar las capacidades técnicas y económicas del sector.

¿Qué herramienta de inteligencia artificial es más efectiva para detectar de manera precisa adulteraciones en fibras de alpaca?

La herramienta de Inteligencia Artificial más efectiva para detectar adulteraciones en fibras de alpaca son las redes neuronales convolucionales (CNN), como YOLOv5 y DenseNet. Estas destacan por su capacidad para analizar imágenes de fibras con alta precisión, permitiendo identificar patrones, irregularidades y adulteraciones de forma rápida y confiable. Además, al integrarse con técnicas de visión por computadora y análisis de componentes principales (PCA), optimizan la detección al manejar eficientemente datos complejos, asegurando un control exhaustivo y reduciendo los errores en la clasificación.

5. Aportes

A partir de la tabla comparativa presentada, se evidencia que la inteligencia artificial abre nuevas posibilidades para la mejora de la calidad y el desarrollo de productos textiles innovadores. Así mismo, ha demostrado ser una herramienta poderosa para la caracterización objetiva y automatizada de la fibra de alpaca. Modelos como YOLOv5 y DenseNet, basados en redes neuronales convolucionales, han demostrado ser altamente efectivos para la detección y clasificación de características de la fibra, como la medulación y el diámetro. Por otro lado, técnicas como SVM y la regresión lineal múltiple ofrecen herramientas versátiles para la clasificación y predicción de propiedades de la fibra. El análisis de componentes principales (PCA) juega un papel crucial en el preprocesamiento de datos, mejorando la eficiencia de los modelos y facilitando la visualización de resultados. En conjunto, estas técnicas han permitido desarrollar sistemas inteligentes como S-Fiber Med, capaces de evaluar de manera rápida y precisa la calidad de la fibra, lo que se traduce en una mayor eficiencia y precisión en los procesos de producción textil.

Tabla N° 2: Tabla comparativa sobre las distintas herramientas de Inteligencia Artificial usadas en los artículos seleccionados

IA	Descripción	Aplicaciones Principales	Ventajas	Desventajas
Yolov5	Red neuronal convolucional diseñada para detectar objetos en tiempo real.	Detección y clasificación de tipos de modulación en fibras de alpaca. Permite identificar múltiples tipos de modulación en una sola imagen.	Alta velocidad de procesamiento, precisión en la detección de objetos pequeños, capacidad de manejar múltiples objetos en una imagen.	Requiere de un conjunto de datos de entrenamiento de alta calidad y bien etiquetado.
DenseNet	Red neuronal convolucional con conexiones densas entre todas las capas.	Medición precisa del diámetro de la fibra. Permite extraer características de bajo nivel de manera más eficiente.	Alta precisión en la clasificación, menor número de parámetros en comparación con otras CNN, capacidad de manejar conjuntos de datos pequeños	Puede ser computacionalmente más costosa que otras arquitecturas.
SVM	Algoritmo de aprendizaje supervisado que busca el mejor hiperplano para separar los datos en diferentes clases.	Clasificación de fibras en base a características como el diámetro, la modulación y otras propiedades. Puede utilizarse para identificar fibras de diferentes especies o calidades.	Robustez ante datos no lineales, capacidad de generalización.	Requiere una cuidadosa selección del kernel y de los parámetros de regularización.
Regresión Lineal Múltiple	Modelo estadístico que establece una relación lineal entre una variable dependiente (ej: diámetro de la fibra) y varias variables independientes (ej: tipo de modulación, longitud de la fibra).	Predicción del diámetro de la fibra en función de otras características, puede utilizarse para establecer modelos predictivos de la calidad de la fibra.	Fácil de interpretar, implementación sencilla.	Asume una relación lineal entre las variables, puede ser sensible a datos atípicos.
PCA	Técnica estadística que reduce la dimensionalidad de los datos, identificando las componentes principales que explican la mayor varianza.	Reducción de la dimensionalidad de los datos de las imágenes de fibra, extracción de las características más importantes para su posterior análisis con otros modelos.	Mejora la eficiencia de los modelos de aprendizaje automático, facilita la visualización de los datos en un espacio de menor dimensión.	Puede perder información importante si se reduce la dimensionalidad en exceso.

Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

C.G. Luego del análisis completo realizado, se concluye que las redes neuronales convolucionales (CNN), específicamente YOLOv5 y DenseNet, son las más apropiadas para optimizar el control de calidad y garantizar la autenticidad en la producción de fibras de alpaca. Su integración con técnicas como el análisis de componentes principales (PCA) mejora la eficiencia en la gestión de datos complejos. Sin embargo, su implementación requiere de recursos computacionales avanzados y grandes volúmenes de datos etiquetados, lo que implica un desafío técnico y económico para su adopción en el sector textil.

C.E.1. Así mismo, se identificaron 5 parámetros textiles importantes para el desarrollo de un modelo de inteligencia artificial enfocado en garantizar la calidad de la fibra de alpaca, estas características permiten evaluar parámetros críticos como la finura, la homogeneidad y la resistencia de las fibras, factores esenciales para determinar su calidad y valor comercial. Por lo que la incorporación de estas propiedades en modelos de IA logra optimizar los procesos de clasificación, asegura la adecuación de las fibras a estándares internacionales y fortalece la competitividad del sector textil en mercados globales.

C.E.2. La implementación de herramientas de inteligencia artificial, como el aprendizaje automático y la visión por computadora, se ha demostrado crucial para optimizar el control de calidad en las fibras de alpaca, ya que permiten evaluar rápidamente características esenciales como el diámetro y la medulación, lo que mejora la eficiencia en la identificación de adulteraciones y asegura la autenticidad del producto en un mercado cada vez más competitivo.

C.E.3. Cada herramienta de IA presenta beneficios y limitaciones; por ejemplo, la visión por computadora ofrece evaluaciones rápidas pero puede ser costosa y requerir calibración constante, mientras que el aprendizaje automático mejora la precisión en la detección de patrones complejos, aunque depende de la calidad y cantidad de datos disponibles, lo que resalta la necesidad de una evaluación cuidadosa al seleccionar tecnologías para el control de calidad en el sector textil.

C.E.4. El aprendizaje automático se identifica como la herramienta más efectiva para detectar adulteraciones en fibras de alpaca debido a su capacidad para identificar patrones complejos que otros métodos no pueden discernir, lo que subraya su importancia en el desarrollo de estrategias robustas para garantizar la calidad y autenticidad de las fibras en un contexto global.

7. Recomendaciones

R.G. Implementar programas de formación para el personal en el uso de herramientas avanzadas como redes neuronales convolucionales (CNN) y técnicas complementarias de análisis de datos. Además, invertir en infraestructura computacional adecuada que permita manejar grandes volúmenes de datos y entrenar modelos de IA de alta complejidad.

R.E.1. Diseñar protocolos estándar para la recopilación de información sobre las propiedades textiles de la alpaca, asegurando datos consistentes y de alta calidad. Así mismo, promover programas de mejora genética en alpacas para garantizar fibras con características consistentes que se alineen con las propiedades identificadas como clave.

R.E.2. Desarrollar un repositorio centralizado con información técnica, con el fin de que este ayude en los estudios, casos prácticos y características específicas de las herramientas de IA más relevantes para el sector textil. Siendo accesible para investigadores, empresas textiles y desarrolladores tecnológicos, facilitando la comparación de herramientas y su efectividad.

R.E.3. Para determinar los beneficios y limitaciones de cada herramienta de IA en la optimización del proceso de control de calidad en el sector textil, se recomienda llevar a cabo un análisis exhaustivo que incluya estudios de caso y métricas de rendimiento específicas, como precisión, costo y tiempo de implementación. Este enfoque permitirá identificar las herramientas más adecuadas para cada aspecto del control de calidad, facilitando una toma de decisiones informada que maximice la eficiencia y efectividad en la industria textil.

R.E.4. Para establecer cuál herramienta de IA es más efectiva para detectar de manera precisa adulteraciones en fibras de alpaca, se sugiere realizar pruebas controladas en entornos reales que midan la precisión y la tasa de falsos positivos de las diferentes tecnologías. Además, es recomendable combinar los resultados obtenidos con un análisis cualitativo que considere la experiencia del usuario y la facilidad de integración en los procesos existentes, lo que contribuirá a seleccionar la solución más robusta y confiable para el sector.

8. Agradecimientos

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) por su invaluable orientación y apoyo, las cuales fueron fundamentales para llevar a cabo este estudio sobre el uso de Herramientas de Inteligencia Artificial para garantizar la mejora del control de calidad en fibras de alpaca del sector textil.

9. Literatura citada

- [1] MÁLAGA APAZA, J., CANAZA CAYO, A. W., YANA VIVEROS, W., PÉREZ GUERRA, U. H., & RODRÍGUEZ HUANCA, F. H. (2022). CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE ALPACAS EN LA ZONA AGROECOLÓGICA SECA EN EL ALTIPLANO PERUANO. REVISTA DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS DEL PERÚ, 33(6), e22401.
- [2] BONILLA, M.Q., SERRANO-ARRIEZU, L., TRIGO, J.D., BONILLA, C.Q., GUTIÉRREZ, A.P., PEÑA, E.Q. APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL IMAGES ANALYSIS TO AUTOMATICALLY DETERMINE THE PERCENTAGE OF FIBER MEDULLATION IN ALPACA FLEECE SAMPLES (2022) SMALL RUMINANT RESEARCH, 213, ART. NO. 106724, . CITED 12 TIMES.
- [3] BANDA, A.A.P., CAYLLAHUA, E.V., QUISPE, B.S.O., RAMOS, L.M.M., PACHECO, H.G.J. ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADAPTATION BY THE STOCHASTIC MULTIPLE REGRESSION MODEL TO DETERMINE THE FIBRE QUALITY OF ALPACA (LAMA PACOS) (2023) REVISTA DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS DEL PERU, 34 (2), ART. NO. E23130.
- [4] LOZANO, F., PINARES, R., CCOPA, R. FIBRE BLEACHING WITH HYDROGEN PEROXIDE AND PERCENTAGE OF MEDULLATION IN BLACK AND BROWN HUACAYA ALPACA (2023) REVISTA DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS DEL PERU, 34 (3), ART. NO. E25486, . CITED 2 TIMES.
- [5] QUISPE, M.D., QUISPE, C.C., SERRANO-ARRIEZU, L., TRIGO, J.D., BENGOCHEA, J.J., QUISPE, E.C. DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A SMART SYSTEM FOR MEDULLATION AND DIAMETER ASSESSMENT OF ALPACA, LLAMA AND MOHAIR FIBRES (2023) ANIMAL, 17 (5), ART. NO. 100800, . CITED 5 TIMES.
- [6] OLARTE D, C.U., BILO CALSIN, C., OSCAR OROS, B., EDWIN ORMACHEA, V. VARIATION OF HE DIAMETER AND PERCENTAGE OF MEDULATION IN THE FIBRE OF HUACAYA ALPACAS (VICUGNA PACOS) (2023) REVISTA DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS DEL PERU, 34 (6), ART. NO. E26957, . CITED 1 TIME.
- [7] QUISPE, M., TRIGO, J.D., SERRANO-ARRIEZU, L., HUERE, J., QUISPE, E., BERUETE, M. CLASSIFICATION OF SOUTH AMERICAN CAMELID AND GOAT FIBER SAMPLES BASED ON FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY AND MACHINE LEARNING (2024) JOURNAL OF THE TEXTILE INSTITUTE.
- [8] LOZANO, F., QUISPE-QUISPE, A., VILCANQUI-PÉREZ, F. EFFECT OF MORDANTS ON THE VARIATION OF DIAMETER AND COLOUR TONE IN ALPACA FIBRE THREADS DYED WITH COLLI (BUDDLEJA CORIACEA) FLOWERS [ARTICLE@EFFECTO DE MORDIENTES SOBRE LA VARIACIÓN DE DIÁMETRO Y TONO DE COLOR EN HILOS DE FIBRA DE ALPACA TEÑIDOS CON FLORES DE COLLI (BUDDLEJA CORIACEA)] (2024) REVISTA DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS DEL PERU, 35 (1), ART. NO. E27379.
- [9] PALLOTTI, S., PICCIOLINI, M., DEIANA, G., PEDICONI, D., ANTONINI, M., NAPOLIONI, V., RENIERI, C. WHOLE GENOME SEQUENCING ANALYSIS OF ALPACA SUGGESTS TRPV3 AS A CANDIDATE GENE FOR THE SURI PHENOTYPE (2024) BMC GENOMICS, 25 (1), ART. NO. 185.

ÍNDICE DE IMÁGENES



De izquierda a derecha

1. <https://www.kevinbriggsphotography.net/https://lavoizdeperu.com/peru-en-top-ten-mundial-de-productores-de-cafe-arabica/>
2. <https://www.instagram.com/p/C8yykpGoSVo/?epik=djoyJnUgZmM-2MHExQ1NVb3RjMFhWbUg3U1RCZlBDeFUyVTRCSTImcDowJm49eX-ZaTUd3YllmaoVGymUzcGM3RGg1QSZoPUFBQUFBR2dQbElJ>
3. <https://agraria.pe/noticias/la-naranja-es-el-cultivo-sensacion-en-tac-na-32207>
4. <https://larepublica.pe/tag/anchoveta>
5. <https://residuosexpo.com/2025/conferencias/>
6. <https://andina.pe/agencia/noticia-en-region-junin-existe-una-poblacion-mas-88000-alpacas-517221.aspx>

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen I- N° 1 Abril 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>