

ORIGINAL

Bibliometric Analysis of Sports Running Socks Made from Bamboo, Cotton, and Acrylic

Análisis Bibliométrico de Calcetines Deportivos para Running elaborados con bambú, algodón y acrílico

Elsa Sulay Mora-Muñoz¹  , José Rafael Posso-Pasquel¹  , Elvis Ramírez Encalada¹  

¹Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Citar como: Mora-Muñoz ES, Posso-Pasquel JR, Ramírez Encalada E. Bibliometrische Analyse von Sportsocken für den Laufsport aus Bambus, Baumwolle und Acryl. Data and Metadata. 2025; 4:831. <https://doi.org/10.56294/dm2025831>

Enviado: 12-07-2025

Revisado: 09-09-2025

Aceptado: 03-12-2025

Publicado: 04-12-2025

Editor: Dr. Adrián Alejandro Vitón Castillo 

Autor para la correspondencia: Elsa Sulay Mora-Muñoz 

ABSTRACT

This bibliometric analysis examines sports socks for running made from bamboo, cotton, and acrylic, with a focus on comfort, durability, and sustainability in the sports field. This study analyzed the evolution of publications using the Scopus database, reviewing 153 documents since 1990. Using bibliometric tools such as Bibliometrix and VOSviewer, trends, patterns, and gaps in the scientific literature were identified, offering a comprehensive view of the development of knowledge in this area. The results show that the main focus of the research is on the relationship between the friction and thermoregulation properties of socks, aimed at preventing blisters and improving performance, especially in high-friction sports such as running. The driving themes identified include the impact on foot health, biomechanics, and athletic performance, while the basic themes analyze friction and the interaction between materials. Likewise, niche topics such as product design and antimicrobial properties emerge, reflecting a growing interest in the development of functional and sustainable materials. The citation trend highlights the relevance of early studies addressing the structure and properties of socks to prevent injuries and improve user comfort. The conclusions emphasize the need for more comprehensive research on the use of alternative materials and their impact on health and athletic performance, contributing to the advancement of sustainable, high-performance sports textiles.

Keywords: Bibliometrics; Sports Socks; Innovation in Sports Textiles; Sustainable Materials.

RESUMEN

Este análisis bibliométrico examina los calcetines deportivos para running (CDR) fabricados con bambú (BB), algodón (CO) y acrílico (PAC), con un enfoque en los temas de confort, durabilidad y sostenibilidad en el ámbito deportivo. Este estudio analizó la evolución de las publicaciones mediante la base de datos Scopus, revisando 153 documentos desde 1990, mediante herramientas bibliométricas como Bibliometrix y VOSviewer, se identificaron tendencias, patrones y vacíos en la literatura científica, ofreciendo una visión integral del desarrollo del conocimiento en esta área. Los resultados presentan que el origen principal de la investigación está en la relación entre las propiedades de fricción y termorregulación de los calcetines, orientada a prevenir ampollas y mejorar el rendimiento, especialmente en deportes como el running. Los temas motores identificados incluyen el impacto en la salud del pie, la biomecánica y el rendimiento deportivo, mientras que los temas básicos analizan la fricción y la interacción entre materiales. Asimismo, surgen temas de nicho como el diseño de productos y las propiedades antimicrobianas, lo que refleja un interés creciente en el desarrollo de materiales funcionales y sostenibles. La tendencia de citas resalta la relevancia de los estudios iniciales que abordan la estructura y las propiedades de los calcetines, con el fin de prevenir lesiones y mejorar el confort del usuario. Las conclusiones destacan la necesidad de realizar

investigaciones más exhaustivas sobre el uso de materiales alternativos y su impacto en la salud y el rendimiento deportivo, contribuyendo al avance de los textiles deportivos sostenibles y de alto rendimiento.

Palabras clave: Bibliometría; Calcetines Deportivos; Innovación en Textiles Deportivos; Materiales Sostenibles.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria textil ha impulsado la investigación de materiales funcionales para el deporte, promovida por la demanda de productos sostenibles, electrónicos y de alto rendimiento.⁽¹⁾ Los calcetines deportivos elaborados con fibras de bambú (BB), algodón (CO) y acrílico (PAC) han ganado popularidad por combinar resistencia, confort y sostenibilidad.^(2,3,4) Estos materiales no solo mejoran la comodidad y el ajuste, sino que responden a las tendencias que dominan el mercado textil.⁽³⁾ No obstante, su estudio científico y académico es reciente y disperso, lo cual ha creado la necesidad de realizar un análisis sobre las tendencias y patrones de investigación en esta área.

La bibliometría, como herramienta analítica,⁽⁴⁾ permite analizar la evolución de las investigaciones acerca de los calcetines deportivos para running (CDR) de BB, CO y PAC, facilitando la identificación de temas motores, áreas emergentes y redes de colaboración entre autores y disciplinas. Diversos estudios han examinado temas específicos, como la prevención de ampollas y la fricción, termorregulación del pie^(5,6) y propiedades antimicrobianas de los materiales.^(7,8) Sin embargo, hasta ahora no se ha realizado un análisis bibliométrico que analice las investigaciones y que, a su vez, permita entender las dinámicas y relaciones entre las distintas áreas del conocimiento de CDR.

A través del uso de herramientas bibliométricas y de análisis de mapas temáticos,⁽⁸⁾ esta investigación explora las principales áreas temáticas, desde múltiples perspectivas disciplinarias, como la ciencia de materiales, la ingeniería textil, la biomecánica y la medicina deportiva. El análisis de la producción científica demuestra que los estudios en esta área se concentran en temas relacionados con la comodidad y salud del usuario, el desarrollo en condiciones de durabilidad y funcionalidad de los materiales textiles, temas que se presentan en el mapa semántico. Además, el análisis de citas de documentos iniciales demuestra que las publicaciones más relevantes se han centrado en la mejora de las propiedades de fricción y termorregulación, con el objetivo de prevenir lesiones en deportistas de alto rendimiento.

Este estudio tiene como objetivo proporcionar una visión holística de la investigación en CDR de BB, CO y PAC, mediante el análisis bibliométrico. Los resultados identifican tendencias, vacíos y oportunidades que orientan futuras investigaciones, contribuyendo a comprender la evolución del campo y a impulsar la innovación hacia productos textiles más sostenibles y eficientes.

Pregunta general de investigación

¿Cómo ha evolucionado la investigación científica en torno a los calcetines deportivos para running, y cuáles son las tendencias y principales contribuciones en términos de confort, rendimiento y sostenibilidad según el análisis bibliométrico?

Preguntas específicas

- ¿Cuántos estudios se han publicado a lo largo de los años?
- ¿Quiénes son los autores más activos en el área?
- ¿Cuáles son las revistas más relevantes en el tema?
- ¿Desde qué áreas del conocimiento se han investigado?
- ¿Cuál es el desarrollo semántico alrededor del fenómeno de estudio?
- ¿Cuáles son los temas motores entorno al fenómeno en estudio, perspectivas nichos, temas emergentes?
- ¿Cuáles son las raíces históricas del concepto o constructo central del tema de estudio?

MÉTODO

Se utilizó el análisis bibliométrico para estudiar el avance del conocimiento de los calcetines para running. Este método implica pasos sistemáticos: formulación de preguntas, identificación de bases de datos, elaboración de una ecuación de búsqueda avanzada y análisis de metadatos.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, a nivel exploratorio y descriptivo. Se eligió un diseño no experimental de tipo longitudinal. Se construyó una ecuación canónica de búsqueda con términos clave: (“running socks” OR “sports socks” OR “athletic socks” OR “performance socks” OR “running stockings”) AND (“cotton” OR “bamboo” OR “acrylic” OR “naturalfibers” OR “synthetic fibers” OR “textiles”) AND (“comfort” OR “performance” OR “usability” OR “breathability” OR “fit” OR “thermoregulation” OR “moisture management”).

Cabe señalar que esta estrategia de búsqueda no se limitó a un período temporal específico, ya que se busca comprender el desarrollo del tema desde su surgimiento en el ámbito científico hasta la fecha. Se obtuvieron los datos Scopus por su enfoque multidisciplinario, identificando 153 publicaciones científicas. Los datos de Scopus se exportaron en formato texto y se convirtieron a Excel para su procesamiento. Los datos brutos y procesados están disponibles en enlaces proporcionados. Se elaboraron visualizaciones de mapas científicos en forma de redes semánticas y de coautorías, utilizando software especializado como Bibliometrix y VOSviewer.^(9,10)

Bibliometrix es una herramienta desarrollada en R, respaldada por R Core Team y la R Foundation for Statistical Computing). Requiere la instalación de R y Rstudio.⁽¹¹⁾ VOSviewer, desarrollado por la Universidad de Leiden, es un software de código abierto para crear y visualizar redes bibliométricas. Ofrece funcionalidad de minería de texto para construir redes de coocurrencia de términos clave.⁽¹²⁾ Los datos están disponibles en Mendeley Data y pueden consultarse en el siguiente enlace: Mendeley Data, V1, doi: 10.17632/85sxdkzvx5.1

En la tabla 1 se establecen los criterios de inclusión y exclusión para garantizar la validez del análisis.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Publicaciones indexadas en Scopus (1980-2025).	Documentos fuera del rango temporal (1980 o 2025).
Estudios sobre CDR y textiles funcionales (confort, fricción, ajuste, transporte de humedad, salud, sostenibilidad).	Estudios sobre calcetines no deportivos (médicos, ortopédicos, moda).
Artículos con metodologías de caracterización técnica (espectroscopía, ensayos tribológicos, absorción, transporte de líquidos).	Trabajos descriptivos o comerciales sin evidencia científica.
Documentos en inglés y español, revisados por pares, con datos experimentales o bibliométricos.	Literatura gris o no indexada (tesis, reportes técnicos, memorias sin arbitraje) y sin acceso a datos verificables.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la revisión bibliométrica en función de las preguntas de investigación, proporcionando una visión detallada de las tendencias y patrones identificados en el campo de estudio. En relación con la información principal de la colección identificada sobre el tema proporcionada por Bibliometrix, la tabla 2 presenta el abordaje científico sobre CDR elaborado con hilos de BB, CO y PAC, se ha revisado desde el año 1990 hasta la actualidad, según lo reportado en las investigaciones de la base de datos multidisciplinaria de Scopus. Los 153 documentos fueron publicados en 101 fuentes, que incluyen revistas científicas, libros y otros, y muestran un interés multidisciplinario. Con un promedio de 7 citas por documento y un total de 5535 referencias, se deduce que los trabajos publicados han tenido un impacto significativo en la comunidad académica. El conjunto de documentos muestra una tasa de crecimiento anual del 7 %, lo que demuestra un interés creciente a lo largo del tiempo en el área. En promedio, los documentos tienen 9 años de impacto y se encuentran generando tanto citaciones como discusiones. Todo esto sugiere que las preferencias de estudio de los CDR han ganado importancia como área de estudio. La participación entre autores tiene un número de 400 investigadores y una colaboración internacional del 20 %, lo que es un buen indicador del nivel de colaboración en la comunidad científica. Un promedio de 3 coautores por documento muestra un nivel de colaboración moderado entre investigadores. La diversidad temática de las palabras clave del autor, 442 términos y en Keywords Plus 1157, lo cual propone una variedad de enfoques y subtemas dentro del área de estudio, reforzando su riqueza interdisciplinaria.

Tabla 2. Principales indicadores procesados en Bibliometrix

Descripción	Resultados
Información principal de los datos	
Período de tiempo	1990:2025
Fuentes (revistas, libros, etc.)	101
Documentos	153
Tasa de crecimiento anual %	7,09
Edad promedio del documento	8,67
Promedio de citas por documento	6974

Referencias	5535
Contenido del documento	
Palabras clave Plus (ID)	1157
Palabras clave del autor (DE)	442
Autores	
Autores	400
Autores de documentos de un solo autor	21
Colaboración entre autores	
Documentos de un solo autor	23
Coautores por Doc	3,44
Coautorías internacionales %	20,26

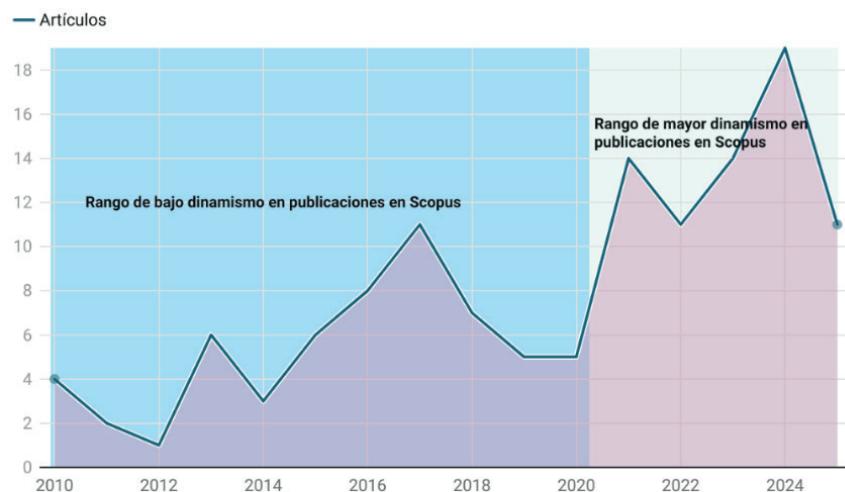
Evolución de las Publicaciones

En la figura 1 se presenta la evolución de las divulgaciones científicas de CDR desde 2011 hasta junio de 2025, revelando tendencias y particularidades importantes.

El desarrollo de la investigación científica sobre CDR es creciente y fluctuante desde 2010 a 2018, en los primeros años las publicaciones se mantienen con un nivel bajo. Sin embargo, a partir de 2013, se observa un incremento de publicaciones, aunque con variaciones; estos picos y caídas pueden reflejar períodos de exploración inicial, donde la investigación avanzó de manera experimental en este campo.

Entre 2018 y 2020, hubo una baja en el promedio de publicaciones, lo que podría estar relacionado con cambios de temas de investigación o con factores externos que afectaron el ritmo de publicación. Este declive puede indicar una fase de revisión de enfoques en la investigación antes de un nuevo impulso.

En el periodo 2021-2024 alcanzó un promedio máximo de publicaciones. Este pico sugiere una fase de auge en la investigación, posiblemente debido a un interés renovado en materiales sostenibles y la aplicación de nuevas tecnologías en textiles deportivos. Este auge puede estar impulsado por un enfoque de funcionalidad y sostenibilidad y en la industria textil, que ha alcanzado notabilidad en los últimos años.



Evolución de las publicaciones indexadas en Scopus sobre calcetines deportivos hasta junio de 2025.
Created with Datawrapper

Figura 1. Evolución anual de las publicaciones procesadas en Bibliometrix

Contribución de los autores según la ley de Lotka

Las contribuciones de los investigadores al campo de estudio evidencian la aplicación de la Ley de Lotka, una teoría que describe la distribución de la productividad académica.⁽¹³⁾ En la figura 2 se presenta el análisis de la distribución de autores, se observa que 340 autores (85 %) han contribuido con un artículo. Los investigadores en este campo no son recurrentes, esto podría reflejar que el tema es de interés específico para investigadores que posiblemente trabajan en diferentes áreas de materiales, textiles o aplicaciones deportivas. La participación de autores disminuye, solo 26 autores han publicado dos artículos (7 %), sin embargo, 20 autores han contribuido con tres artículos (5 %) y 7 autores han publicado cuatro artículos (2 %). Esta tendencia afirma que la mayoría

de las investigaciones en esta área son realizadas por autores individuales, con una limitada presencia de investigadores especializados en producción continua y profunda en el tema.

El modelo de la Ley de Lotka, presenta una baja significativa en la frecuencia de autores a medida que aumenta el número de publicaciones. Esto indica que el campo es analizado principalmente por autores con contribuciones ocasionales, en lugar de estar dominado por especialistas recurrentes. Esta evolución propone un área de oportunidad para que nuevos investigadores se positionen y se conviertan en referentes, favoreciendo de manera sostenida al desarrollo del conocimiento en calcetines deportivos de BB, CO y PAC.

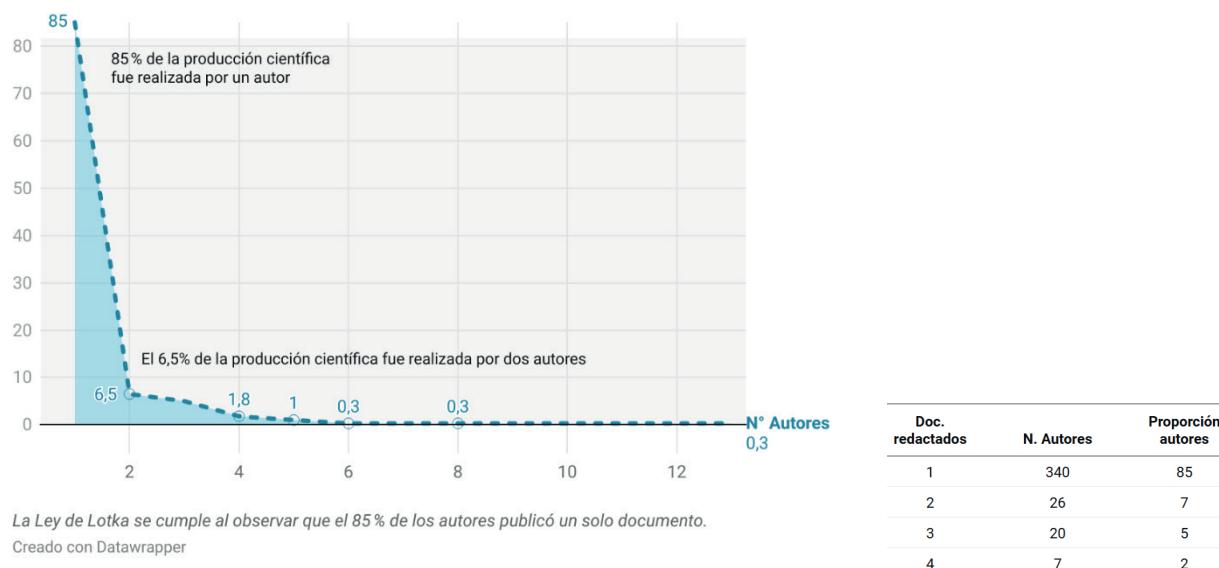


Figura 2. Ley de Lotka desarrollado a partir de metadatos obtenidos de Scopus

Análisis de la Productividad de los Autores

La tabla 3 presenta los autores más influyentes según indicadores bibliométricos: h-índice, g-índice, m-índice, número total de citas y cantidad de publicaciones, considerando además el año de inicio de su producción científica.

El autor Rossi RM se posiciona como el principal referente del campo, con un h-índice de 6 y 8 publicaciones, obteniendo 185 citas desde 2010. Su producción académica y alto impacto la consolidan como referente en estudios sobre fricción, confort térmico y diseño textil aplicado a CDR.

Le siguen Derler S y Laing RM, con h-índice de 4, quienes iniciaron su producción en 2010 y 2015 respectivamente, obteniendo entre 105 y 150 citas, lo que refleja una contribución significativa en el área.

Autores como Abbas A, Anas MS y Azam Z, con inicio en 2023, destacan por haber alcanzado un h-índice de 3 a 4 en un corto periodo, lo que, junto a un m-índice de 1, sugiere una rápida visibilidad y potencial de consolidación en el futuro. En particular, Abbas A, con 13 publicaciones y un g-index de 6, muestra un crecimiento notable en productividad reciente.

Tabla 3. Productividad de los 10 principales Autores, obtenidos de Bibliometrix

Autor	índice h	índice g	índice m	Total, publicaciones	N ° hay publicaciones	Año
ROSSI RM	6	8	0	185	8	2010
ABBAS A	4	6	1	47	13	2023
DERLER S	4	4	0	150	4	2010
LAING RM	4	4	0	105	4	2015
ANAS MS	3	5	1	37	5	2023
AZAM Z	3	3	1	26	3	2023
CARRÉ M	3	3	0	17	3	2016
ESCAMILLA-MARTÍNEZ E	3	5	0	32	5	2018
KAPLAN S	3	4	0	20	5	2017
LEWIS R	3	4	0	31	4	2016

Escamilla-Martínez E, Kaplan S y Lewis R presentan un h-índice de 3, con producciones iniciadas entre

2016 y 2018. Si bien sus valores de índice m son bajos (0), mantienen una participación constante en el tema, contribuyendo con publicaciones relevantes y especializadas.

Análisis según la Ley de Bradford, principales revistas especializadas en la Zona 1

En la figura 3 se presenta la distribución de las principales revistas que pertenecen a la Zona 1, de acuerdo con la Ley de Bradford. Este modelo bibliométrico muestra que escasas revistas concentran la mayor parte de las publicaciones relevantes.

La Revista de Investigación Textil, con 13 publicaciones, se sitúa como el principal enfoque de divulgación en el tema, especializada en: fricción, confort, diseño y sostenibilidad en textiles funcionales. Las siguientes revistas son: Textiles Industriales, Revista del Instituto Textil y Procedía Ingeniería con 6 publicaciones, con investigaciones aplicadas en fabricación, ingeniería textil y propiedades físicas.

Les siguen las revistas como: Fangzhi Xuebao, Tejido Internacional, Revista de Pruebas y Evaluación e Investigación de Materiales Avanzados, que tienen entre 2 y 4 publicaciones, contribuyendo a enfoques especializados en análisis mecánico, comportamiento térmico, innovación de materiales y acabados funcionales en prendas deportivas.

Esta distribución confirma que las revistas de la Zona 1 conforman el núcleo especializado en textiles deportivos y son clave para posicionar nuevas investigaciones, mejorar la visibilidad científica y orientar la difusión del conocimiento en textiles funcionales sostenibles.

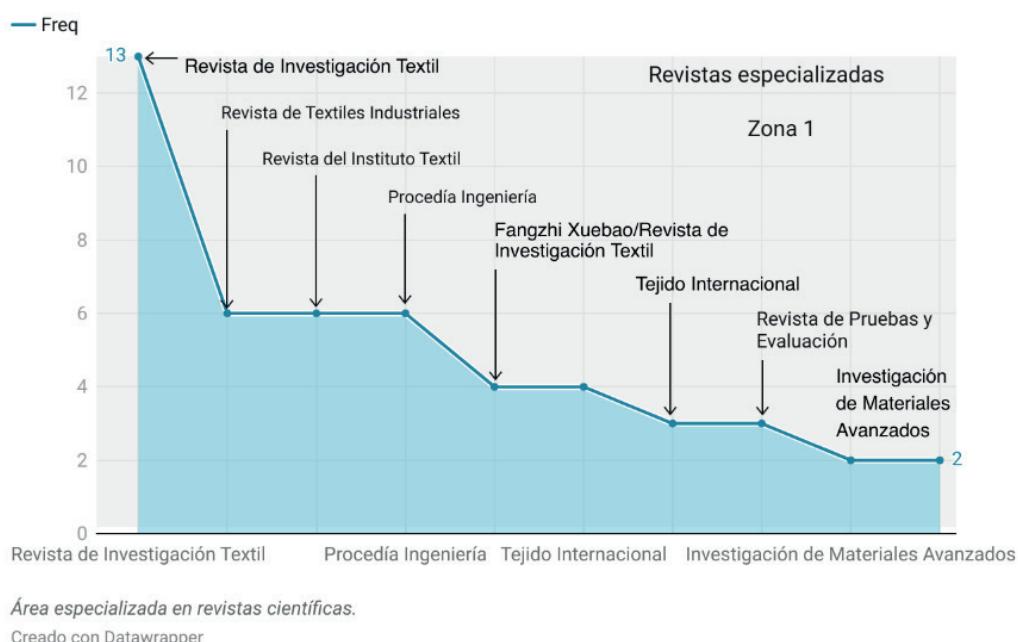


Figura 3. Principales revistas especializadas en la Zona 1 según la Ley de Bradford

Productividad de las 10 mejores revistas

En la tabla 4 se presenta la Revista de Investigación Textil, se sitúa como la principal fuente académica en el estudio de calcetines funcionales, al registrar el mayor impacto bibliométrico con un h -índice de 8, 266 citas y 13 publicaciones desde 2010. Su m -índice de 1 confirma una productividad continuada en el tiempo, especialmente en temas afines al confort, fricción y sostenibilidad textil.

La revista Procedía Ingeniería se posiciona con un h -índice de 5, 41 citas y 6 publicaciones, mostrando un enfoque aplicado a procesos de ingeniería textil. Sin embargo, su m -índice de 0 indica una baja continuidad en el tema.

Otras revistas con mínimo impacto, como la Revista de Fibras y Telas de Ingeniería, la Revista de Textiles Industriales y la Revista del Instituto Textil, participan un h -índice de 3 y una producción de entre 3 y 6 artículos, con un rango de 19 a 38 citas, lo que expone un interés moderado pero constante en el área de materiales textiles para el rendimiento deportivo.

Las revistas como: Investigación de Materiales Avanzados, Pie, la Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública y Cartas de Tribología, participan en menor nivel, aunque aún relevantes, figuran todas con un h -índice de 2 y dos publicaciones cada una. Estas contribuyen con enfoques específicos desde la biomecánica, la tribología y la evaluación ambiental.

Finalmente, la revista Materiales e Interfaces Aplicados de ACS, con un h -índice de 1 y una sola publicación, evidencia un interés emergente en textiles funcionales por parte de revistas de alto impacto centradas en

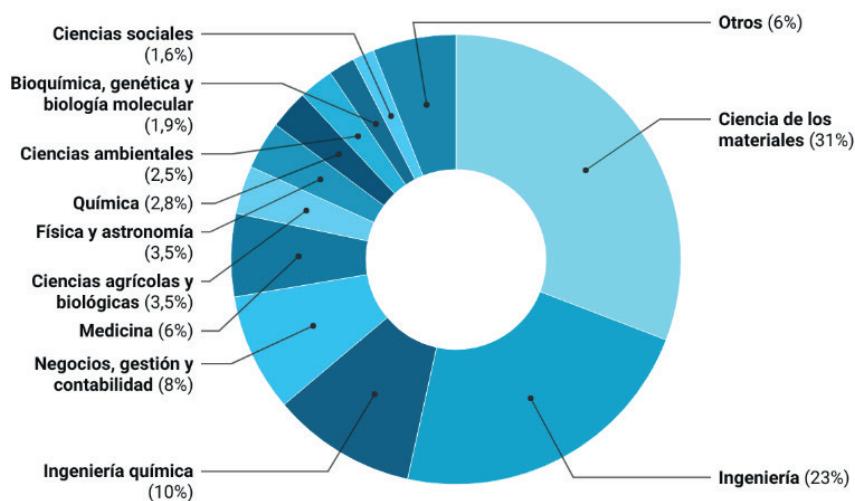
ciencia de materiales.

Tabla 4. Productividad de las 10 mejores revistas relacionadas con calcetines

Fuente	h-index	m-index	Total citaciones	No Publicaciones	Año
Revista de Investigación Textil	8	1	266	13	2001
Procedia Ingeniería	5	0	41	6	2015
Revista de Fibras y Telas de Ingeniería	3	0	26	3	2019
Revista de Textiles Industriales	3	1	19	6	2002
Revista del Instituto Textil	3	1	38	6	2021
Investigación de Materiales Avanzados	2	0	5	2	2011
Pie	2	0	24	2	1996
Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública	2	0	13	2	2019
Cartas de Tribología	2	0	17	2	2015
Materiales e Interfaces Aplicados De ACS	1	0	6	1	2002

Análisis de las Principales Áreas de Conocimiento

La figura 4 presenta el análisis de la investigación sobre CDR, que se desarrolla en un marco multidisciplinario, encabezado por la Ciencia de los Materiales (31 %), centrada en propiedades físicas y funcionales del textil. Le sigue Ingeniería (23 %), aporta conocimientos sobre el diseño, manufactura de calcetines funcionales; en tercer lugar, la Ingeniería Química (10 %), que aporta al diseño, manufactura y tratamiento de fibras técnicas. Áreas como Negocios (8 %) y Medicina (6 %) proponen perspectivas sobre sostenibilidad, mercado y salud del usuario. Otras disciplinas complementarias como: Física, Biología, Química y Ciencias Ambientales abordan aspectos específicos desde el comportamiento estructural hasta el impacto ambiental. Finalmente, las Ciencias Sociales (1,6 %) reflejan el interés por la experiencia del usuario y la aceptación sociocultural de textiles funcionales deportivos.



Áreas del conocimiento desde las cuales se desarrolla la investigación sobre calcetines deportivos para running.
Creado con Datawrapper

Figura 4. Áreas del conocimiento que abordan los calcetines deportivos de running

Análisis de Clusters y Patrones de Investigación

En la figura 5 se presenta el mapa semántico creado por VOSviewer proporciona una perspectiva de las principales áreas temáticas y las relaciones entre los términos frecuentes en la investigación sobre CDR elaborados con BB, CO y PAC. El mapa de coocurrencia identifica cinco clústeres temáticos de los CDR.

El clúster verde: muestra el tema en biomecánica y salud del usuario, abordando términos como el ajuste, la temperatura del pie y la prevención de lesiones.

El clúster azul, establece el núcleo más denso del mapa, aborda términos como fricción, tribología y

materiales, destacando la interacción tejido-piel y absorción de humedad.

El clúster rojo está relacionado con temas de la industria textil, confort térmico, calcetines deportivos y tejido de punto.

El clúster amarillo estudia temas como: el diseño, fibras y estructuras, abordando propiedades como la compresión y elasticidad.

Clúster Central (intersección multicolor), actúa como nodo conector entre todos los clústeres los términos “socks” y “comfort”.

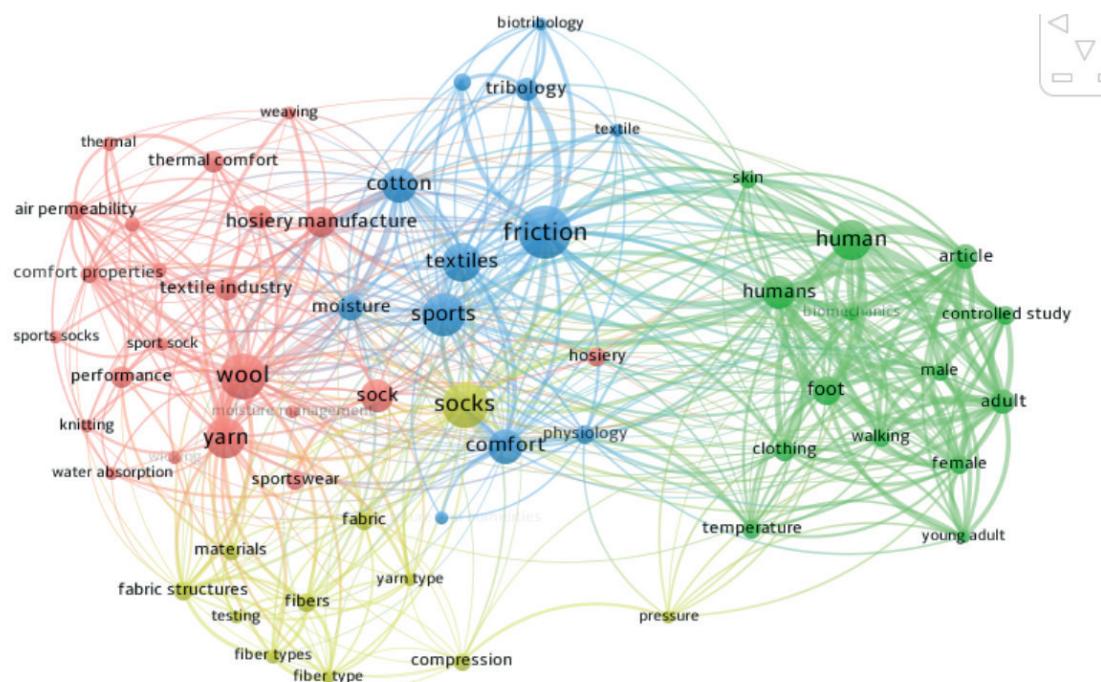


Figura 5. Mapa semántico generado por VOSviewer

Mapa Temático

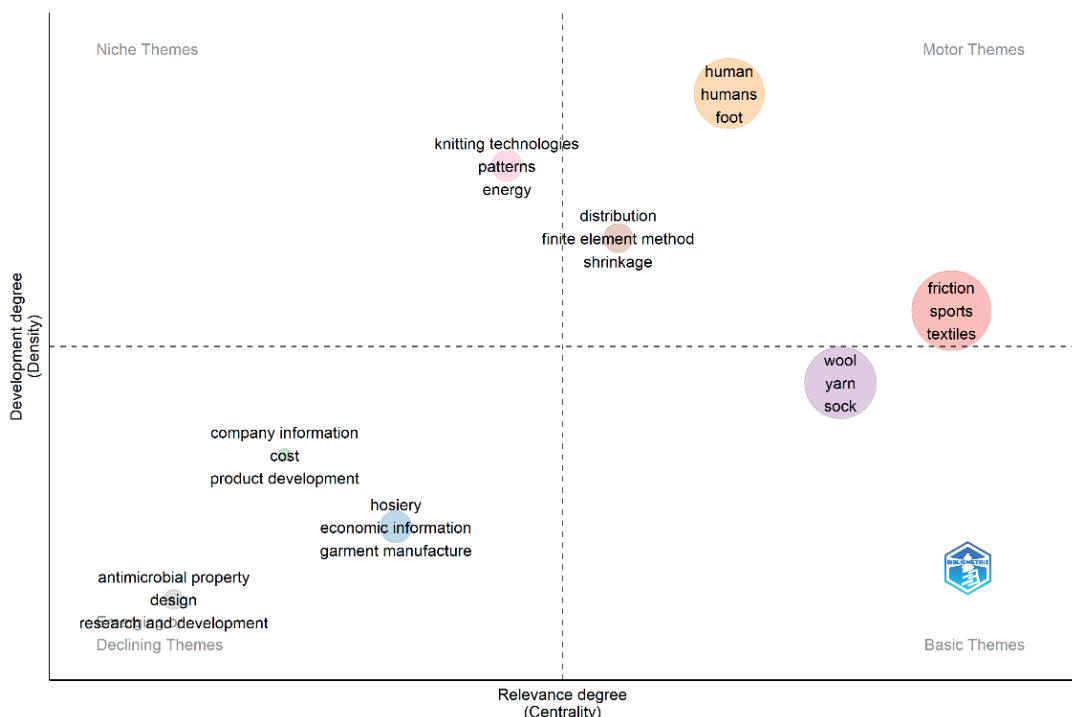


Figura 6. Mapa temático estructural (Mapa directo de Bibliometrix)

En la figura 6 se muestra el mapa temático obtenido del análisis bibliométrico, este clasifica los términos de

la investigación en CDR según su densidad y centralidad. Esta representación permite identificar el estado y la función de los diferentes temas de investigación.

Los temas motores (alta centralidad y densidad), como human, foot y humans, indican un enfoque elevado en biomecánica y salud del usuario.

Los temas básicos, como fricción, deportes y textiles, son esenciales, pero aún en desarrollo, relacionados con el comportamiento funcional de los materiales.

Los temas emergentes, como antimicrobial property, design y product development, presentan áreas poco desarrolladas que podrían estar perdiendo relevancia o bien presentar nuevas líneas con potencial innovador. Finalmente, los temas de nicho, como knitting technologies y finite element method, evidencian enfoques técnicos avanzados con desarrollo interno, aunque menos conectados con el núcleo temático general.

Espectroscopia del año de la referencia citada

La espectroscopia muestra la tendencia de citas en documentos sobre la investigación de CDR, con un enfoque en temas como fricción, prevención de ampollas, propiedades térmicas y de confort en calzado deportivo. A continuación, se analizan las contribuciones de cada uno de los documentos presentados en la figura 7.

Según, ⁽¹⁴⁾ evaluó las estructuras de los tejidos en la prevención de ampollas en calcetines para correr. Se evaluaron seis modelos de calcetines de algodón con diferentes texturas. Los tejidos de punto de rizo y punto liso con doble hilado mostraron mejor rendimiento y mayor protección del pie. ⁽¹⁵⁾

De acuerdo con ⁽¹⁶⁾ Tribología de la piel humana y equivalentes mecánicos de la piel en contacto con textiles. Esta investigación estudió la fricción entre la piel y un textil de referencia, hallando que los coeficientes varían según la hidratación de la piel y se deben a la combinación de adherencia e histéresis. El tejido de poliamida recubierto de poliuretano reveló el mejor comportamiento similar a la piel en seco. Concluyen que el uso de modelos de piel y métodos de prueba puede optimizar el diseño de textiles apropiados para aplicaciones deportivas y médicas.

Para, ⁽⁶⁾ Efectos del tipo de calcetín sobre la temperatura de la piel del pie y la demanda térmica durante el ejercicio. Esta investigación comparó calcetines estándar y ergonómicos durante el ejercicio, sin hallar diferencias fisiológicas significativas. Sin embargo, el calcetín ergonómico fue percibido como más fresco y con mayor amortiguación, lo que indica que la percepción subjetiva puede influir en los datos fisiológicos de la elección de calcetines para uso prolongado.

Según, ⁽¹⁷⁾ Transporte de líquidos en estructuras textiles. Este estudio evalúa el transporte de líquidos en tejidos de algodón y poliéster, mostrando que la absorción y retención de humedad dependen de la acción capilar, la humectación y la estructura porosa del material, influenciadas por las propiedades superficiales de las fibras y la geometría de los poros, evidencia el comportamiento de la humedad en calcetines.

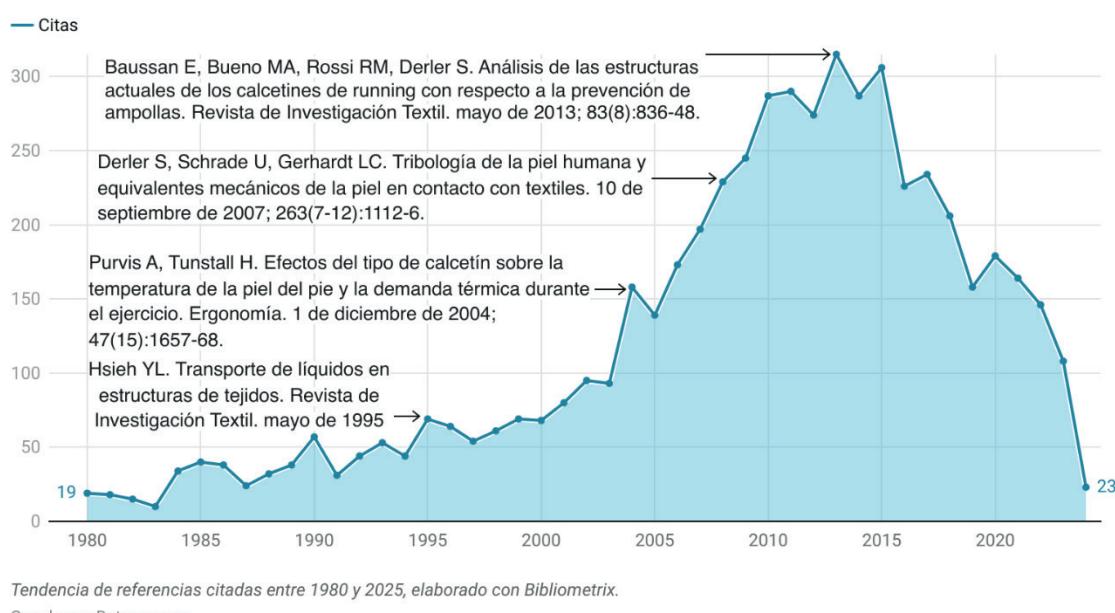


Figura 7. Espectroscopia del año de la referencia citada

DISCUSIÓN

El análisis bibliométrico permitió establecer de forma detallada el estado y evolución de la producción científica de los CDR elaborados con hilos de BB, CO y PAC. La información general mostró un crecimiento anual sostenido del 7 %, evidenciando el interés de la comunidad científica en esta línea de investigación. Asimismo,

la Ley de Lotka demostró que la mayoría de los autores solo han contribuido con una publicación, lo que sugiere un área aún en período de expansión y con escasa consolidación de autores especializados.

Las publicaciones entre 1990 y 2024 muestran una evolución ascendente con fluctuaciones. Entre 2011 y 2019 se observaron incrementos progresivos; el periodo 2021-2023 registró un crecimiento significativo, probablemente impulsado por la demanda de textiles funcionales y sostenibles. Esta tendencia concuerda con la investigación globalizada en fibras ecológicas y el desarrollo de prendas técnicas con alto rendimiento.

Con respecto a los autores, el estudio identificó a ⁽¹⁴⁾ como el investigador más citado, con una trayectoria continuada desde 2010. Autores como, ⁽¹⁵⁾ presentan un impacto importante, mientras que nuevos actores como ⁽¹⁸⁾ muestran un desarrollo reciente y prometedor.

Respecto a las principales revistas, la revista Textile Research Journal se fortaleció como la fuente principal de divulgación con 13 artículos y el mayor h-índice, seguida por revistas como Procedia Engineering y Journal of Industrial Textiles. Esta concentración de publicaciones en revistas especializadas confirma la centralidad del tema en el ámbito de los textiles funcionales y de alto rendimiento, también se observa una diversificación hacia revistas multidisciplinarias que investigan aspectos de salud, diseño e ingeniería.

Las áreas del conocimiento muestran una disposición multidisciplinaria. La Ciencia de Materiales se sitúa con el 31 % de la producción, seguida por Ingeniería (23 %) e Ingeniería Química (10 %), lo que muestra que el estudio de los calcetines va más allá del diseño textil, incluyendo procesos de modificación de fibras, propiedades físico-mecánicas y tecnologías de manufactura avanzada. Áreas como Medicina, Ciencias Ambientales y Ciencias Sociales, con menor presencia, aportan una visión integral que abarca la salud del usuario, el impacto ambiental y la percepción del confort.

El desarrollo semántico a través del análisis de clústeres mostró cinco núcleos temáticos. La fricción, humedad, compresión, biomecánica y diseño funcional de los tejidos son los ejes que estructuran la red semántica. El término comfort, aparece como nodo central, lo cual evidencia que, independientemente del enfoque técnico o fisiológico, el objetivo común de esta línea de investigación es optimizar la experiencia del usuario en condiciones de uso deportivo.

En el mapa temático, se determinaron temas motores como: human, foot y humans, que evidencian un elevado nivel de desarrollo y alta centralidad con respecto a la biomecánica del pie y la salud del usuario. Los temas básicos, como: friction y textiles, sustentan el área, pero aún requieren mayor profundización. Temas como: design y antimicrobial, property, fueron clasificados como emergentes, lo que sugiere líneas de investigación emergentes. Por otro lado, áreas como: knitting technologies o finite element method, figuran como temas de nicho, desarrollados, pero aún periféricos al eje principal del conocimiento.

La espectroscopía del año de la referencia citada permitió analizar las evoluciones históricas del campo, enfatizando avances como los estudios de Herring⁽⁵⁾ sobre fricción y formación de ampollas, y los trabajos de ⁽¹⁴⁾ que establecieron un cambio hacia enfoques más técnicos y fisiológicos. El periodo 2010-2017 representa la fase de mayor impacto, seguida de un descenso, posiblemente por la diversificación temática hacia nuevas áreas como sostenibilidad o smart textiles.

CONCLUSIONES

El estudio bibliométrico evidencia un desarrollo sostenido en la investigación sobre calcetines deportivos (CDR) elaborados con BB, CO y PAC. La temática ha evolucionado de un enfoque técnico centrado en fricción y ajuste, hacia un enfoque más amplio que incorpora confort térmico, salud del usuario y sostenibilidad de materiales, consolidando la orientación hacia textiles funcionales aplicados al rendimiento deportivo.

Se observa una diversificación de autores y enfoques, con investigadores consolidados y emergentes que impulsan nuevas líneas en diseño funcional y materiales innovadores. Las publicaciones se concentran en revistas de materiales y textiles, pero avanzan hacia campos transdisciplinarios como ingeniería aplicada, medicina deportiva y ergonomía, manifestando la expansión del área.

Los análisis semánticos y temáticos destacan fricción, confort, humedad, biomecánica y ajuste como ejes consolidados, junto con líneas emergentes en diseño de producto y propiedades antimicrobianas, con alto potencial de desarrollo. Asimismo, los estudios iniciales basados en espectroscopía sentaron las bases actuales al relacionar piel y textil en fricción, prevención de ampollas y regulación térmica.

Los calcetines deportivos del futuro deberán integrar estructuras textiles optimizadas, materiales sostenibles y tecnologías emergentes que reduzcan la fricción, prevengan lesiones y potencien el rendimiento. Su desarrollo se orienta a un doble propósito: proteger la salud del deportista y responder a los desafíos de sostenibilidad ambiental en la industria textil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Younes B. Textronics: a review of their technological aspects and applications. *J Text Inst.* 2024;115(9):1509-25. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85165573525&doi=10.1080%2F00405000.2023.2236320&partnerID=40&md5=3e764b670066499a055668fb1c7696d6>
- Umair M, Nadeem M, Jamshaid H. A Prospective Comparison of Materials and Structures for Sports

Graduated Compression Socks. J Test Eval. 2024;52(2):1-18. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85182877267&doi=10.1520%2FJTE20230196&partnerID=40&md5=6b7518a4cd618d43f8d7945e66438b1c>

3. Profile of X-bionic: A high-end sportswear brand. Text Outlook Int. 2016;2016(180):138-49. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84974806602&partnerID=40&md5=60d62d591b307d2af69246aa7a5d99be>

4. Torres-Salinas D, Orduña-Malea E, -Vázquez D, Arroyo-Machado W. Fundamentos de Bibliometría Narrativa 2 3 4 13 14. Univ Granada. 2024;1-24. <https://sfdora.org/>

5. Herring KM RDJ. Friction blisters and sock fiber composition. A double-blind study. A double-blind study J Am Pod Med Assoc. 1990;

6. Purvis AJ, Tunstall H. Effects of sock type on foot skin temperature and thermal demand during exercise. Ergonomics. 2004;47(15):1657-68. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-9444255248&doi=10.1080%2F00140130412331290880&partnerID=40&md5=be67c3796a106ab6342193f36d4f9e9a>

7. Arafa Badr A. Anti-microbial and durability characteristics of socks made of cotton and regenerated cellulosic fibers. Alexandria Eng J. 2018;57(4):3367-73. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.015>

8. Campina, Alejandro. Lorca, Antonio. de llas Heras A. Indagación, modelización y pensamiento computacional: Un análisis bibliométrico con el uso de Bibliometrix a través de Biblioshiny. 2024. <https://www.redalyc.org/journal/920/92075647006/html/>

9. Temuco BU. Guías temáticas: Bibliometrix: Instalación de R Studio.; <https://uct.libguides.com/c.php?g=1429726&p=10609992>

10. VOSviewer. VOSviewer :: Download. 2023. <https://www.vosviewer.com/download>

11. Bibliometrix-Home. 2024. 2024. Bibliometrix. <https://www.bibliometrix.org/home/index.php>

12. VOSviewer. VOSviewer - Visualizing scientific landscape. 2023. <https://www.vosviewer.com/>

13. URBIZAGASTEGUI R. La ley de Lotka y la literatura de bibliometría. Investig Bibl Arch Bibl e Inf. 1999 Jul 1;13(27). <http://rev-ib.unam.mx/ib/index.php/ib/article/view/3913>

14. Baussan E, Bueno M, Rossi R, Derler S. Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention. Text Res J. 2013;83(8):836-48. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84876565428&doi=10.1177%2F0040517512461698&partnerID=40&md5=7a3a6f475fe08b56ec15c43c077f7075>

15. Baussan E, Bueno MA, Rossi RM, Derler S. Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention. Text Res J. 2012 Oct 26;83(8):836-48. <https://doi.org/10.1177/0040517512461698>

16. Derler S, Schrade U, Gerhardt LC. Tribology of human skin and mechanical skin equivalents in contact with textiles. Wear. 2007;263(7-12 SPEC. ISS.):1112-6.

17. Hsieh Y lo. in Fabric Structures. 2015;299-307.

18. Anas MS, Abbas A, Awais H, Sarwar ME, Hassan TU, Abbas H. A study on the effect of material type, structure tightness and finishing process on the physical and thermo-physiological properties of sandwich terry socks for winter wear. J Eng Fiber Fabr. 2023;18. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85147731811&doi=10.1177%2F15589250231153398&partnerID=40&md5=2e4ef1581aa39a34c6d065a00cba60ff>

FINANCIACIÓN

Universidad Técnica del Norte.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Curación de datos: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Análisis formal: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Investigación: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Metodología: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Administración del proyecto: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Recursos: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Software: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Supervisión: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Validación: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Visualización: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Redacción - borrador original: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.

Redacción - revisión y edición: Elsa Mora Muñoz, José Posso Pasquel, Lervis Ramírez Encalada.