



EDITORIAL
MUNDO INTERDISCIPLINARIO

Ciencia, innovación y sociedad:

investigaciones interdisciplinarias
para los desafíos contemporáneos



Autores:

Enna Alexandra Valderrama Cardona
Alexandra Forero Mendoza
Dora Lilia Garrido Hurtado
Verenice Sanchez Castillo
Libardo Ramón Polania
Carlos Alberto Gomez Cano
José Alirio Bermeo Vargas
Angela Mariana Diaz Albarán
Juan David Popov Zanabria
Paola Villegas-Guzman
Mauricio Espitia-Sibaja
Javier Silva-Agredo
Carlos Arturo Rios Prada

Compilador:

Alain Fitzgerald
Castro Alfaro

ISBN

978-628-97906-6-5

Compilador

Alain Fitzgerald Castro Alfaro



Doctorante en Socioformación y Sociedad del Conocimiento
Doctorante en Educación
Magíster en Gestión de la Alta Dirección
Sociólogo
Director General Editorial CICI
Docente investigador universitario
Investigador Asociado Minciencias Colombia
Investigador Renacyt Perú
director@centrodeinvestigacionescic.com.co
 <https://orcid.org/0000-0003-1727-7770>

Editor y Compilador: Alain Fitzgerald Castro Alfaro

Título: Ciencia, innovación y sociedad: investigaciones interdisciplinarias para los desafíos contemporáneos

Autores: Enna Alexandra Valderrama Cardona, Alexandra Forero Mendoza, Dora Lilia Garrido Hurtado, Verence Sanchez Castillo, Libardo Ramón Polania, Carlos Alberto Gomez Cano, José Alirio Bermeo Vargas, Angela Mariana Díaz Albarán, Juan David Popov Zanabria, Paola Villegas-Guzman, Mauricio Espitia-Sibaja, Javier Silva-Agredo, Carlos Arturo Rios Prada.

ISBN versión digital: 978-628-97906-6-5

Sello Editorial:

Editorial Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias SAS – CICI

Coordinadora: Nora González Pérez –Cartagena Colombia

Diagramación: Luis Fernando Solar

Portada: Linda Castro

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons – Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0 internacional / CC BY-NC-SA 4.0

<https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/>



Cartagena –Colombia, Febrero 2026

CIENCIA, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD: INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES PARA LOS DESAFÍOS CONTEMPORÁNEOS

Compilador

ALAIN FITZGERARD CASTRO ALFARO

Colombia

Latinoamérica

2026

CIENCIA, INNOVACIÓN Y SOCIEDAD: INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARES PARA LOS DESAFÍOS CONTEMPORÁNEOS

Autores

Enna Alexandra Valderrama Cardona

Alexandra Forero Mendoza

Dora Lilia Garrido Hurtado

Verenice Sanchez Castillo

Libardo Ramón Polania

Carlos Alberto Gomez Cano

José Alirio Bermeo Vargas

Angela Mariana Diaz Albarán

Juan David Popov Zanabria

Paola Villegas-Guzman

Mauricio Espitia-Sibaja

Javier Silva-Agreto

Carlos Arturo Rios Prada

Colombia

Latinoamérica

2026

Contenido

PRESENTACION.....	8
1. USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA: OPORTUNIDADES, RIESGOS Y CONDICIONES PEDAGÓGICAS	15
1.1. Introducción	17
1.2. Marco teórico	19
1.3. Metodología.....	24
1.4. Resultados	25
1.5. Discusión.....	33
1.6. Conclusión	36
2. INCIDENCIA DEL PROCESO ADMINISTRATIVO EN EL FORTALECIMIENTO DE UNA MICROEMPRESA DE SERVICIOS GRÁFICOS: EVIDENCIA EMPÍRICA EN FLORENCIA, CAQUETÁ.....	44
2.1. Introducción.....	46
2.2. Marco teórico	48
2.3. Antecedentes empíricos y brecha de conocimiento.....	53
2.4. Metodología.....	54
2.5. Resultados	55
2.6. Discusión	62
2.7. Conclusiones.....	65
3. EDUCACIÓN FÍSICA ECO SOCIAL, UN ENTRAMADO EPISTEMOLÓGICO Y REFLEXIVO DESDE LA PRAXIS PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN DOCENTE	70
3.1. Introducción	72
3.2. Horizonte epistemológico	76
3.3. Provocaciones	80
3.4. Retos y oportunidades para una educación física ecosocial	87
3.5. Contexto de la experiencia pedagógica: Formación docente, territorio y sostenibilidad ambiental	89
4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL LÁTEX PROCEDENTE DE CULTIVOS DE CAUCHO EN ZONA RURAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA: CASO CAQUETÁ	106
4.1. Introducción	108
4.2. Metodología.....	110

4.3. Resultados y discusión	113
4.4. Implicaciones y limitaciones.....	124
4.5. Conclusiones	125

PRESENTACION

La investigación científica constituye uno de los pilares fundamentales para la comprensión de los fenómenos que caracterizan a las sociedades contemporáneas, especialmente en un escenario marcado por las transformaciones tecnológicas, las exigencias de competitividad organizacional, los cambios en los procesos educativos y la necesidad de promover alternativas sostenibles frente a las problemáticas ambientales. Estas dinámicas demandan nuevas formas de producir, interpretar y aplicar el conocimiento, capaces de trascender las fronteras tradicionales de las disciplinas y establecer relaciones entre los distintos campos científicos. En este sentido, la interdisciplinariedad representa una perspectiva que favorece el diálogo entre saberes, la complementariedad metodológica y la construcción de respuestas contextualizadas ante desafíos que, por su complejidad, difícilmente pueden comprenderse desde una única área del conocimiento.

En este contexto, el libro **Ciencia, innovación y sociedad: investigaciones interdisciplinarias para los desafíos contemporáneos** reúne cuatro capítulos que abordan problemáticas vinculadas con la inteligencia artificial en la formación investigativa, el fortalecimiento administrativo de las organizaciones empresariales, la educación física desde una perspectiva ecosocial y la innovación en los procesos de conservación del látex de caucho natural. Si bien las investigaciones responden a objetos de estudio y enfoques metodológicos particulares, comparten el interés por contribuir a la generación de conocimientos relevantes para la educación, el desarrollo organizacional, la transformación de las prácticas pedagógicas y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

La importancia de esta obra radica en reconocer que la producción científica no debe limitarse a la explicación de fenómenos aislados, sino que también puede aportar elementos para comprender las relaciones entre conocimiento, tecnología, sociedad y

territorio. Desde esta perspectiva, los trabajos reunidos ofrecen aproximaciones teóricas, reflexivas y empíricas que permiten examinar diferentes realidades, identificar problemáticas y plantear posibilidades de mejoramiento. Asimismo, evidencian la diversidad de estrategias metodológicas mediante las cuales es posible desarrollar procesos investigativos, desde la revisión integrativa de literatura y el análisis cuantitativo hasta la sistematización reflexiva de experiencias pedagógicas y la experimentación en ciencias químicas.

El primer capítulo, titulado **«Uso de la inteligencia artificial para el fomento de la investigación formativa: oportunidades, riesgos y condiciones pedagógicas»**, examina las transformaciones que la inteligencia artificial generativa introduce en los procesos de formación investigativa en la educación superior. A partir de una revisión integrativa de literatura académica e institucional, se analizan las posibilidades de estas tecnologías para apoyar la formulación de preguntas de investigación, la exploración de fuentes bibliográficas, la escritura académica, el análisis de información y los procesos de retroalimentación. No obstante, el estudio también advierte sobre riesgos relacionados con la generación de información incorrecta, la dependencia tecnológica, los sesgos y las dificultades para establecer la autoría y responsabilidad intelectual de los productos académicos.

Uno de los aportes centrales de este capítulo consiste en plantear que la incorporación de la inteligencia artificial en la investigación formativa debe responder a criterios pedagógicos, metodológicos y éticos claramente definidos. Desde esta perspectiva, la tecnología puede constituirse en un recurso de apoyo para fortalecer las capacidades investigativas, siempre que su utilización no sustituya el razonamiento crítico, la verificación de fuentes ni la autonomía intelectual del estudiante. En consecuencia, se destaca la importancia de la mediación docente, la alfabetización en inteligencia artificial y la trazabilidad de las decisiones académicas como condiciones necesarias para promover una integración responsable de estas herramientas en los escenarios universitarios.

El segundo capítulo, **«Incidencia del proceso administrativo en el fortalecimiento organizacional de una microempresa de servicios gráficos»**, aborda una problemática

relacionada con la gestión empresarial y la necesidad de consolidar estructuras administrativas que contribuyan al funcionamiento y permanencia de las organizaciones de menor tamaño. La investigación se desarrolla en una microempresa ubicada en Florencia, Caquetá, mediante un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte transversal, orientado a examinar las dimensiones de planeación, organización, dirección y control.

Los resultados del estudio permiten reconocer fortalezas en las funciones de dirección y organización, asociadas con la coordinación de actividades, el liderazgo y la comunicación interna. Sin embargo, también se identifican oportunidades de mejoramiento en los procesos de planeación y control, particularmente en lo relacionado con la formalización de procedimientos, la anticipación estratégica y la utilización de indicadores de gestión. Estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de avanzar hacia modelos administrativos más estructurados, capaces de complementar la experiencia y el compromiso del talento humano con mecanismos de seguimiento, evaluación y toma de decisiones. De esta manera, el capítulo aporta elementos para reflexionar sobre el fortalecimiento organizacional de las microempresas y los desafíos que enfrentan en contextos regionales.

El tercer capítulo, **«Educación física ecosocial: un entramado epistemológico y reflexivo desde la praxis pedagógica en la formación docente»**, propone una comprensión ampliada de la educación física, superando las concepciones que restringen su campo de actuación al desarrollo de capacidades motrices o al rendimiento corporal. Desde una perspectiva ecosocial, se examina la relación entre cuerpo, territorio, ambiente y formación humana, reconociendo que las prácticas pedagógicas pueden convertirse en espacios para promover la conciencia ecológica, el pensamiento crítico y la responsabilidad frente al cuidado de la vida.

El capítulo destaca la importancia de reconocer el territorio como escenario de aprendizaje y de integrar las problemáticas ambientales a la formación inicial de docentes. Asimismo, plantea que las experiencias pedagógicas, cuando son reconstruidas y analizadas de manera reflexiva, constituyen una fuente significativa de conocimiento para la

transformación de las prácticas educativas. En este sentido, la educación física adquiere una dimensión social y ambiental que permite relacionar el movimiento humano con las condiciones culturales, comunitarias y ecológicas de los contextos donde se desarrolla la enseñanza. Su contribución se orienta hacia la formación de profesionales capaces de interpretar críticamente su realidad y promover experiencias educativas comprometidas con la sostenibilidad.

El cuarto capítulo, **«Evaluación de estrategias sostenibles para la estabilización del látex procedente de cultivos de caucho en zona rural de la región amazónica: caso Caquetá»**, presenta una investigación experimental vinculada con la química aplicada y el aprovechamiento productivo de los recursos naturales. El estudio parte de las dificultades asociadas con la conservación del látex de caucho natural después de su extracción, debido a procesos de acidificación, contaminación microbiana y coagulación que pueden afectar su estabilidad y utilización posterior.

A partir de la evaluación de diferentes agentes y sistemas de estabilización, entre ellos biocidas, surfactantes y formulaciones alcalinas con aceite de palma, la investigación examina alternativas para prolongar las condiciones de conservación del látex. El análisis considera propiedades fisicoquímicas y parámetros relacionados con su estabilidad, aportando información experimental sobre el comportamiento de los tratamientos estudiados. Este capítulo adquiere especial relevancia por su vinculación con la actividad productiva de la región amazónica y por la búsqueda de estrategias que permitan mejorar los procesos de manejo y conservación de una materia prima de importancia económica, considerando al mismo tiempo los desafíos asociados con el uso de sustancias químicas convencionales.

La articulación de estos cuatro capítulos permite identificar un elemento común: la necesidad de fortalecer la capacidad de las personas, las instituciones y las organizaciones para responder a escenarios de transformación mediante la producción y aplicación responsable del conocimiento. En el ámbito educativo, ello supone incorporar tecnologías emergentes sin perder de vista la autonomía intelectual y la formación ética. En el ámbito empresarial, implica desarrollar capacidades administrativas que favorezcan la

organización, la planificación y el mejoramiento de los procesos internos. Desde la formación docente, exige reconocer las relaciones entre educación, territorio y sostenibilidad; mientras que, en el campo de las ciencias experimentales, demanda explorar alternativas tecnológicas que contribuyan al aprovechamiento y conservación de recursos productivos.

Esta diversidad temática constituye una característica esencial de la obra. La interdisciplinariedad no se plantea aquí como la aplicación de una metodología común a todas las investigaciones, sino como la posibilidad de reunir perspectivas científicas diferentes alrededor de preocupaciones compartidas sobre innovación, formación, gestión y sostenibilidad. Cada capítulo conserva su identidad disciplinar, sus procedimientos de investigación y sus propios alcances, al tiempo que contribuye a una comprensión más amplia de los desafíos contemporáneos.

De igual manera, el libro pone de relieve la importancia de desarrollar investigaciones vinculadas con realidades territoriales concretas. La presencia de estudios relacionados con Florencia, Caquetá, y la región amazónica permite reconocer el valor de producir conocimiento desde contextos regionales, donde las necesidades educativas, empresariales y ambientales presentan características particulares. Esta orientación territorial favorece la identificación de problemas relevantes y abre posibilidades para que los resultados de investigación dialoguen con las necesidades de las comunidades, las instituciones educativas y los sectores productivos.

En términos académicos, la obra también permite reconocer la complementariedad entre diferentes formas de aproximación al conocimiento. La revisión de literatura contribuye a organizar y analizar críticamente los desarrollos científicos existentes; los estudios cuantitativos permiten describir y examinar comportamientos organizacionales; la reflexión sobre experiencias pedagógicas facilita la construcción de interpretaciones sobre la práctica educativa; y la experimentación posibilita evaluar el comportamiento de materiales y tratamientos bajo condiciones determinadas. Estas aproximaciones muestran que la diversidad metodológica puede enriquecer la producción científica cuando existe

correspondencia entre los problemas de investigación, los objetivos planteados y los procedimientos utilizados.

Por consiguiente, **Ciencia, innovación y sociedad: investigaciones interdisciplinarias para los desafíos contemporáneos** se presenta como un espacio de encuentro entre disciplinas y perspectivas investigativas que contribuyen al debate académico sobre los procesos de transformación que atraviesan la sociedad. Sus contenidos están dirigidos a investigadores, docentes, estudiantes universitarios, profesionales y demás lectores interesados en comprender cómo la investigación puede aportar elementos para abordar problemáticas educativas, organizacionales, tecnológicas y ambientales.

Finalmente, se espera que esta publicación contribuya a estimular nuevas preguntas de investigación, fortalecer el intercambio académico y promover reflexiones sobre la importancia de vincular la producción científica con los desafíos de los territorios. Más allá de ofrecer respuestas definitivas, los capítulos invitan a continuar explorando las posibilidades del conocimiento interdisciplinario para comprender realidades complejas, fundamentar decisiones y construir alternativas orientadas al mejoramiento de las prácticas educativas, los procesos organizacionales y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

En consecuencia, la obra reafirma el valor de la investigación científica como una actividad intelectual y social que encuentra su sentido no solamente en la generación de nuevos conocimientos, sino también en su capacidad para ampliar la comprensión de los problemas contemporáneos y aportar fundamentos para su transformación.

Editorial CICI

Capítulo I

USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL FOMENTO DE LA
INVESTIGACIÓN FORMATIVA: OPORTUNIDADES, RIESGOS Y
CONDICIONES PEDAGÓGICAS

1. USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN FORMATIVA: OPORTUNIDADES, RIESGOS Y CONDICIONES PEDAGÓGICAS

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO FOSTER FORMATIVE RESEARCH: OPPORTUNITIES, RISK AND PEDAGOGICAL CONDITIONS

Verenice Sánchez Castillo

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

ve.sanchez@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-3669-3123>

Libardo Ramón Polanía

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

l.ramon@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-9455-4324>

Carlos Alberto Gómez Cano

Corporación Unificada Nacional de Educación Superior – CUN. Bogotá. Colombia

carlos_gomezca@cun.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-0425-7201>

RESUMEN

La expansión de la inteligencia artificial generativa en la educación superior ha modificado las prácticas de búsqueda, escritura, análisis y retroalimentación que intervienen en la formación investigativa. Este artículo analiza de qué manera la IA puede contribuir al fomento de la investigación formativa sin sustituir los procesos cognitivos, metodológicos y éticos que le dan sentido. Se realizó una revisión integrativa de 51 referentes académicos e institucionales sobre investigación formativa, alfabetización en IA, educación superior, integridad académica y usos de modelos generativos. La síntesis identifica cuatro núcleos: la IA como andamiaje para formular preguntas y explorar literatura; su contribución a la

escritura, análisis y retroalimentación; los riesgos de alucinación, dependencia, sesgo y pérdida de autoría; y las condiciones pedagógicas e institucionales necesarias para un uso responsable. Los hallazgos muestran que el valor educativo de la IA no reside en acelerar la producción de textos, sino en ampliar ciclos de indagación, contraste, decisión y revisión cuando existe mediación docente, verificación de fuentes y trazabilidad del proceso. Se propone entender la IA como un andamiaje sometido a trazabilidad, integrado a diseños de investigación formativa que hagan visible el razonamiento del estudiante y permitan evaluar tanto el producto como el proceso de construcción de conocimiento.

Palabras clave: inteligencia artificial generativa, investigación formativa, educación superior, alfabetización en IA, integridad académica

ABSTRACT

The expansion of generative artificial intelligence in higher education has transformed search, writing, analysis, and feedback practices involved in research training. This article examines how AI can foster formative research without replacing the cognitive, methodological, and ethical processes that give it meaning. An integrative review of 51 academic and institutional references on formative research, AI literacy, higher education, academic integrity, and generative models was conducted. Four themes emerged: AI as scaffolding for question formulation and literature exploration; its contribution to writing, analysis, and feedback; risks related to hallucination, dependence, bias, and loss of authorship; and the pedagogical and institutional conditions required for responsible use. The evidence suggests that AI's educational value does not lie in accelerating text production, but in expanding cycles of inquiry, contrast, decision, and revision when teacher mediation, source verification, and process traceability are present. The article proposes understanding AI as traceable scaffolding embedded in formative research designs that make students' reasoning visible and allow assessment of both the final product and the knowledge-construction process.

Keywords: generative artificial intelligence, formative research, higher education, AI literacy, academic integrity

1.1. Introducción

La investigación formativa ocupa un lugar particular en la educación superior porque no persigue exclusivamente la producción de conocimiento nuevo, sino el aprendizaje de las prácticas mediante las cuales ese conocimiento se formula, contrasta, comunica y somete a crítica. En la tradición latinoamericana, Restrepo Gómez (2003), Parra Moreno (2004) y Miyahira Arakaki (2009) han insistido en que investigar durante la formación implica aprender a problematizar, argumentar con evidencia, reconocer límites y participar de manera gradual en comunidades académicas. Esta perspectiva coincide con los enfoques de aprendizaje basado en indagación, donde el estudiante deja de ser receptor de información y asume decisiones sobre preguntas, fuentes, procedimientos e interpretaciones (Brew, 2003; Levy & Petrulis, 2012; Willison & O'Regan, 2007).

La aparición de herramientas de inteligencia artificial generativa (IAG), especialmente modelos de lenguaje de gran escala, introduce una tensión directa sobre ese propósito. Por una parte, estas tecnologías pueden proponer preguntas, explicar conceptos, sintetizar documentos, sugerir categorías, comparar argumentos, ofrecer retroalimentación lingüística y apoyar tareas de programación o análisis. Por otra, pueden producir información falsa con apariencia verosímil, inventar referencias, ocultar el origen de una formulación y facilitar que el estudiante entregue productos que no representan su propio razonamiento (Kasneci et al., 2023; Miao & Holmes, 2023; Tlili et al., 2023). La misma capacidad que reduce barreras de acceso al conocimiento puede, por tanto, debilitar el aprendizaje si se convierte en sustituto de la indagación.

La literatura reciente muestra que no existe un efecto educativo único atribuible a la IA generativa. Las revisiones de Yusuf et al. (2024), Qian (2025), Daniel et al. (2025) y Chen y Cheung (2025) identifican oportunidades en desempeño académico, escritura, apoyo cognitivo y retroalimentación, pero también una elevada heterogeneidad según la tarea,

el diseño pedagógico, las reglas de uso y el nivel de experiencia del estudiante. Este punto es central para la investigación formativa: una misma herramienta puede funcionar como tutor que obliga a justificar decisiones o como atajo que reduce el esfuerzo epistémico. En consecuencia, la pregunta pertinente no es si la IA es, en términos generales, buena o mala para investigar, sino bajo qué condiciones contribuye a aprender a investigar.

La discusión también se relaciona con la alfabetización informacional. Los modelos generativos pueden entregar respuestas sin mostrar con claridad las fuentes ni los criterios mediante los cuales priorizaron una interpretación. Esto desplaza parte del trabajo académico desde la localización de información hacia la validación de afirmaciones, la comparación con fuentes primarias y el reconocimiento de incertidumbre. El marco de alfabetización informacional de la ACRL (2016) resulta especialmente relevante porque entiende la autoridad como contextual, la investigación como indagación y la búsqueda como exploración estratégica. En el entorno de IAG, estas competencias dejan de ser complementarias y se convierten en salvaguardas mínimas frente a resultados plausibles pero no verificables.

Un segundo frente corresponde a la integridad académica. El debate inicial se concentró en detectar si un texto había sido generado por IA; sin embargo, la evidencia reciente sugiere que una política exclusivamente prohibitiva o centrada en detección es insuficiente. La cuestión sustantiva es determinar qué uso resulta compatible con los resultados de aprendizaje y cómo documentarlo. Cotton et al. (2024), Perkins (2023), Bittle y El-Gayar (2025) y Kangwa (2025) muestran que las instituciones están obligadas a redefinir expectativas de autoría, atribución, transparencia y evaluación. En investigación formativa, esto requiere valorar borradores, decisiones metodológicas, diarios de búsqueda, matrices de evidencia y defensas orales, no únicamente el texto final.

A partir de este escenario, el artículo plantea la siguiente pregunta: ¿de qué manera la inteligencia artificial puede fomentar la investigación formativa en educación superior sin sustituir los procesos de razonamiento, verificación y autoría que esta pretende desarrollar? El objetivo es analizar las oportunidades, riesgos y condiciones pedagógicas

para integrar IAG en procesos de investigación formativa. El aporte se concentra en articular dos campos que con frecuencia se estudian por separado: la literatura sobre formación para la investigación y la discusión reciente sobre IA generativa, integridad académica y alfabetización en IA.

1.2. Marco teórico

1.2.1. Investigación formativa como aprendizaje de la práctica investigativa

La investigación formativa no debe confundirse con una versión simplificada de la investigación científica. Su rasgo distintivo es la intencionalidad pedagógica: los procedimientos de investigación se convierten en medios para formar capacidades de problematización, búsqueda, argumentación, interpretación y comunicación. Restrepo Gómez (2003) distingue esta función de la investigación productiva y destaca que el aula puede reproducir, con objetivos de aprendizaje, operaciones intelectuales propias del trabajo científico. Parra Moreno (2004) agrega que el carácter formativo reside en la articulación entre currículo, docencia y cultura investigativa, mientras Miyahira Arakaki (2009) subraya la necesidad de experiencias progresivas desde el pregrado.

Los enfoques internacionales de enseñanza basada en indagación refuerzan esta concepción. Brew (2003) plantea que la relación entre investigación y docencia se fortalece cuando el estudiante participa en procesos auténticos de pregunta y evidencia. Willison y O'Regan (2007) proponen niveles de autonomía investigativa que van desde tareas altamente guiadas hasta problemas abiertos, y Levy y Petrulis (2012) muestran que la experiencia de indagación cambia según el grado de control que conserva el estudiante sobre la pregunta y el procedimiento. La formación investigativa, por tanto, no se mide solo por el número de productos escritos, sino por la progresión en autonomía, juicio y responsabilidad sobre las decisiones.

Esta precisión es importante frente a la IA. Si el objetivo fuera únicamente producir un resumen, una matriz o un ensayo, la automatización podría considerarse un aumento de productividad. Si el objetivo es aprender a distinguir fuentes, construir categorías, justificar un método y sostener una interpretación, la productividad debe subordinarse al

aprendizaje. Una herramienta es formativa cuando obliga o ayuda al estudiante a hacer explícitas esas operaciones, y deja de serlo cuando las vuelve invisibles.

1.2.2. IA generativa como andamiaje cognitivo y metodológico

La IAG puede entenderse como un dispositivo de andamiaje cuando ofrece apoyos temporales que permiten realizar una tarea que todavía no se domina plenamente. En educación superior, las revisiones recientes documentan usos para ideación, explicación de conceptos, generación de ejemplos, retroalimentación, práctica lingüística y apoyo a la escritura (Kasneci et al., 2023; Lo, 2023; Qian, 2025). Daniel et al. (2025) señalan que estas aplicaciones pueden contribuir al desarrollo de habilidades académicas, mientras Chen y Cheung (2025) encuentran efectos positivos agregados en varios resultados de aprendizaje, aunque no en todas las dimensiones y con moderadores contextuales importantes.

En investigación formativa, el andamiaje puede ubicarse en diferentes momentos del ciclo. Antes de la búsqueda, la IA puede ayudar a descomponer un tema, identificar vocabulario técnico y proponer términos equivalentes. Durante la búsqueda, puede facilitar la formulación de ecuaciones preliminares, pero no reemplaza la consulta en bases académicas ni la verificación bibliográfica. En la lectura, puede formular preguntas de contraste o explicar conceptos difíciles, pero una síntesis generada debe compararse con el documento fuente. En la escritura, puede ofrecer alternativas de organización o señalar ambigüedades, sin apropiarse de la argumentación. En todos los casos, el valor depende de que el estudiante conserve la decisión final y pueda explicar por qué aceptó, modificó o rechazó la sugerencia.

El concepto de alfabetización en IA amplía esta lógica. Long y Magerko (2020) la describen como un conjunto de competencias para comprender, evaluar, comunicar y utilizar sistemas de IA. En el contexto generativo, esto incluye reconocer que un modelo produce secuencias lingüísticamente plausibles, no verificaciones de verdad; identificar sesgos y limitaciones; formular instrucciones apropiadas; contrastar salidas; y comprender implicaciones éticas. Estas competencias son inseparables de la formación investigativa

porque transforman el uso de la herramienta en objeto de juicio, en lugar de tratarla como una fuente de autoridad.

1.2.3. Riesgo epistémico, autoría e integridad académica

Los modelos generativos presentan un problema epistémico específico: pueden formular afirmaciones falsas o referencias inexistentes con el mismo tono de seguridad que emplean para información correcta. Bender et al. (2021) advirtieron tempranamente que los grandes modelos de lenguaje reproducen patrones estadísticos del lenguaje sin comprensión equivalente a la humana. Estudios sobre producción científica y escritura asistida han documentado tanto su utilidad como la necesidad de una revisión humana rigurosa (Gao et al., 2023; Salvagno et al., 2023; Stokel-Walker & Van Noorden, 2023). En investigación formativa, aceptar una salida sin verificación no solo introduce errores; elimina precisamente el ejercicio de evaluación de evidencia que se pretende enseñar.

La autoría constituye otra dimensión. El problema no se resuelve preguntando si una herramienta puede figurar como autora, sino identificando quién asume responsabilidad por la selección de fuentes, el argumento, las decisiones analíticas y las afirmaciones finales. La UNESCO (2023) recomienda transparencia sobre el uso de IAG y cautela con datos personales, propiedad intelectual y evaluación. Chan (2023) propone marcos institucionales que articulen gobernanza, pedagogía y operación, mientras Chan y Hu (2023) muestran que los estudiantes valoran los beneficios de la IAG pero expresan preocupaciones sobre precisión, dependencia y equidad. La integridad académica requiere, en consecuencia, pasar de la lógica binaria «usó/no usó IA» a una lógica de uso declarado, permitido, verificable y proporcional a la tarea.

Una evaluación coherente con la investigación formativa debe hacer visible el proceso. Versiones sucesivas de una pregunta, criterios de inclusión de literatura, notas de lectura, matrices de extracción, decisiones de codificación y justificaciones metodológicas ofrecen evidencia de aprendizaje que un detector de texto generado no puede proporcionar. Esta trazabilidad reduce el incentivo para delegar todo el trabajo y, al mismo tiempo, reconoce

usos legítimos de apoyo. La evaluación oral o la defensa de decisiones completa este enfoque al exigir que el estudiante pueda explicar y sostener el producto presentado.

1.2.4. Condiciones pedagógicas e institucionales

La integración responsable no depende únicamente de competencias individuales. Las instituciones necesitan reglas que distingan usos permitidos, condicionados y no permitidos según el resultado de aprendizaje. Una misma práctica —por ejemplo, pedir a un modelo que reescriba un párrafo— puede ser aceptable en una actividad enfocada en análisis conceptual y problemática en otra destinada a evaluar escritura académica. Por eso, las políticas generales deben traducirse en acuerdos de curso y consignas específicas que indiquen qué se puede delegar, qué debe hacerse sin IA y qué evidencias de proceso deben conservarse (Miao & Holmes, 2023; Chan, 2023).

También existe una dimensión de equidad. El acceso a versiones de pago, conectividad, alfabetización digital, lengua y experiencia disciplinar condiciona el beneficio obtenido. Si la IAG se incorpora como requisito sin alternativas equivalentes, puede ampliar desigualdades existentes. De igual forma, cargar bases de datos, entrevistas o documentos sensibles en servicios comerciales puede vulnerar confidencialidad o derechos de terceros. El diseño pedagógico debe incluir criterios de minimización de datos, uso de entornos autorizados y alternativas sin IA cuando existan restricciones de acceso o privacidad.

1.2.5. Externalización cognitiva y progresión de autonomía investigativa

La incorporación de IAG obliga a diferenciar apoyo cognitivo de externalización cognitiva. En el primer caso, la herramienta amplía temporalmente la capacidad del estudiante para explorar una pregunta, reconocer alternativas o recibir retroalimentación; en el segundo, desplaza fuera del sujeto operaciones que constituyen precisamente el resultado de aprendizaje. La frontera no depende de la herramienta en sí misma, sino de qué operación se delega, en qué momento y con qué obligación de reconstruirla. Pedir ejemplos de variables puede funcionar como andamiaje; aceptar sin examen la delimitación del problema, la selección del método o la interpretación de los hallazgos constituye una

delegación de juicio que empobrece la experiencia investigativa (Willison & O'Regan, 2007; Kasneci et al., 2023).

Esta distinción permite conectar la IAG con la progresión de autonomía investigativa. Los estudiantes novatos requieren apoyos para traducir intereses amplios en preguntas examinables, identificar vocabulario disciplinar y entender convenciones de escritura; a medida que avanzan, el apoyo debería retirarse y la exigencia de justificar decisiones debe aumentar. Un diseño formativo consistente no ofrece la misma libertad de delegación en todos los niveles. En etapas iniciales puede permitir interacción guiada con el modelo y exigir contraste; en etapas avanzadas debe reservar al estudiante la formulación teórica, la selección metodológica, la construcción de categorías y la interpretación final. El criterio es que la asistencia disminuya conforme aumenta la autonomía esperada.

La noción de esfuerzo epistémico aporta un criterio adicional. Algunas dificultades son improductivas y pueden reducirse sin pérdida de aprendizaje: corregir formato, detectar inconsistencias gramaticales o generar variantes de una búsqueda preliminar no requiere el mismo tipo de razonamiento que decidir qué evidencia es suficiente o por qué una explicación resulta preferible. La IAG puede liberar tiempo de tareas rutinarias, pero ese tiempo solo se convierte en ganancia formativa si se reinvierte en lectura, contraste, discusión y revisión. De lo contrario, la eficiencia operacional puede producir una paradoja: más productos terminados con menos experiencia efectiva de investigación.

Por ello, el diseño pedagógico necesita explicitar una "zona no delegable" para cada actividad. Esa zona incluye las operaciones directamente asociadas al resultado de aprendizaje: identificar la tensión conceptual, justificar la relevancia de una fuente, explicar el criterio de inclusión, interpretar un dato, reconocer una limitación o defender una conclusión. La herramienta puede intervenir alrededor de esas operaciones, pero no debe hacerlas invisibles. La calidad de la investigación formativa se desplaza así desde la pregunta "¿se usó IA?" hacia una pregunta más exigente: "¿qué decisiones intelectuales siguieron siendo observables, atribuibles y defendibles por el estudiante?".

1.3. Metodología

El estudio se desarrolló como una revisión integrativa de literatura, adecuada para articular evidencia empírica, revisiones, marcos conceptuales y orientaciones institucionales alrededor de un problema emergente y multidisciplinar. El propósito no fue estimar un efecto único ni realizar un metaanálisis, sino construir una síntesis argumentada sobre las funciones que puede desempeñar la IA en investigación formativa, los riesgos asociados y las condiciones necesarias para su uso pedagógico.

El corpus analítico se conformó con 51 referentes publicados principalmente entre 2019 y 2026 para el componente de IAG, complementados con trabajos clásicos y latinoamericanos sobre investigación formativa, indagación y alfabetización informacional. Se priorizaron revisiones sistemáticas y metaanálisis recientes, artículos ampliamente citados sobre grandes modelos de lenguaje, documentos de UNESCO y otros organismos, y literatura que abordara explícitamente enseñanza universitaria, habilidades académicas, integridad, autoría o procesos de investigación. Los textos sobre investigación formativa se conservaron aunque fueran anteriores al periodo reciente porque aportan la base conceptual del constructo.

La lectura se organizó mediante una matriz de extracción con cinco campos: propósito del estudio; contexto educativo; uso o función atribuida a la IA; oportunidad formativa identificada; y riesgo, condición o salvaguarda propuesta. Posteriormente se realizó una codificación temática comparativa. Las categorías iniciales —búsqueda, escritura, análisis, integridad y evaluación— se reagruparon en cuatro núcleos de síntesis: andamiaje para la indagación; apoyo a escritura y análisis; riesgo epistémico y de integridad; y condiciones pedagógicas e institucionales. Se buscaron convergencias y tensiones entre fuentes, evitando convertir recomendaciones normativas en resultados empíricos.

La revisión tiene tres límites. Primero, el campo evoluciona con rapidez y las capacidades de los sistemas pueden cambiar más rápido que la publicación académica. Segundo, una proporción importante de los estudios se concentra en percepciones, intención de uso o experiencias de corta duración. Tercero, la noción de investigación formativa tiene un

desarrollo conceptual particularmente fuerte en América Latina, mientras gran parte de la evidencia reciente sobre IAG proviene de otros sistemas de educación superior. Estas diferencias se conservaron en la interpretación en lugar de asumirse como contextos equivalentes.

La búsqueda y selección se organizó mediante una jerarquía de evidencia. Las revisiones sistemáticas, metaanálisis y estudios empíricos se emplearon para sostener afirmaciones sobre efectos educativos; los marcos conceptuales se utilizaron para interpretar investigación formativa, alfabetización y autonomía; y los documentos institucionales se reservaron para discutir gobernanza, integridad y protección de datos. Esta diferenciación evitó tratar recomendaciones normativas como si fueran hallazgos empíricos o convertir estudios de una disciplina particular en evidencia universal para toda la educación superior.

Como contraste del estado del campo se consideraron antecedentes bibliométricos y cienciométricos sobre IAG en educación superior. Gómez Cano y Pérez Gamboa (2025) documentan la rápida expansión de la producción científica y la creciente atención a personalización, ética, gobernanza y regulación. En este artículo esa evidencia se utiliza para contextualizar la consolidación temática del campo, no para sustituir la lectura sustantiva de los trabajos incluidos. La síntesis se construyó mediante codificación por función pedagógica, riesgo y condición de uso, privilegiando convergencias entre estudios y registrando de manera explícita las contradicciones o alcances disciplinares restringidos.

1.4. Resultados

1.4.1. La IA amplía el andamiaje para problematizar y explorar literatura

El primer patrón de la revisión es la utilidad de la IAG como interlocutor inicial. En etapas tempranas puede ayudar a transformar intereses generales en preguntas más delimitadas, identificar conceptos relacionados y generar vocabulario de búsqueda. Este apoyo resulta especialmente pertinente para estudiantes con poca experiencia, que suelen tener dificultades para convertir un tema en una estrategia de indagación. Sin embargo, la salida generada no equivale a una revisión de antecedentes. Las revisiones de Yusuf et al. (2024) y Qian (2025) muestran que los beneficios aparecen cuando la herramienta se integra a

actividades diseñadas, no cuando se utiliza como reemplazo indiferenciado de fuentes académicas.

La práctica más consistente con la investigación formativa consiste en utilizar la IAG para producir alternativas que deben ser evaluadas. Por ejemplo, el estudiante puede solicitar cinco formulaciones posibles de una pregunta y luego justificar cuál descarta y cuál conserva con base en viabilidad, pertinencia y evidencia disponible. Del mismo modo, puede pedir sinónimos o términos relacionados para construir una ecuación de búsqueda, pero debe ejecutar la búsqueda en bases verificables y documentar los ajustes realizados. De esta forma, la IA expande el espacio de posibilidades sin cerrar prematuramente la decisión.

1.4.2. Escritura, análisis y retroalimentación: beneficios condicionados por el diseño

El segundo núcleo reúne los usos vinculados con escritura académica, explicación y retroalimentación. La evidencia revisada muestra que la IAG puede reducir barreras lingüísticas, proponer estructuras, ofrecer comentarios sobre claridad y generar ejemplos para discutir. Chen y Cheung (2025) reportan efectos positivos agregados en varios resultados de aprendizaje, mientras Daniel et al. (2025) identifican oportunidades para habilidades académicas y eficiencia investigativa. Estos resultados, sin embargo, no autorizan a asumir que cualquier uso de generación automática mejora la capacidad de escribir o pensar.

En investigación formativa, la diferencia depende de quién ejecuta la operación intelectual central. Solicitar al modelo que «escriba la discusión» delega la tarea de interpretar relaciones y contrastar evidencia. Solicitar que identifique contradicciones entre dos párrafos escritos por el estudiante, y luego decidir si la observación es válida, mantiene la responsabilidad analítica. El mismo principio aplica a códigos, tablas o categorías: la IA puede proponer procedimientos o alternativas, pero el estudiante debe comprender su lógica, comprobar resultados y documentar las decisiones. La utilidad aumenta cuando el producto generado se convierte en objeto de revisión y no en respuesta final.

La retroalimentación inmediata aparece como una de las posibilidades más valiosas. Un estudiante puede ensayar explicaciones, recibir preguntas críticas y revisar varias veces antes de la interacción con el docente. Esto permite reservar el acompañamiento humano para decisiones más complejas. No obstante, la retroalimentación automática puede ser errónea, complaciente o inconsistente; por tanto, su papel debe ser complementario. La investigación formativa requiere retroalimentación experta sobre la calidad de la pregunta, pertinencia de la evidencia, coherencia metodológica y límites de las inferencias, dimensiones que no deberían quedar exclusivamente bajo criterio de un modelo generativo.

1.4.3. Integridad, alucinación y dependencia son riesgos formativos, no solo técnicos

El tercer resultado es que los principales riesgos afectan directamente el propósito formativo. La fabricación de referencias o datos puede contaminar un trabajo; la dependencia puede impedir que el estudiante desarrolle estrategias propias; y la opacidad sobre el uso de la herramienta puede hacer imposible evaluar qué aprendió. Bittle y El-Gayar (2025), Cotton et al. (2024) y Perkins (2023) coinciden en que la IAG obliga a revisar las concepciones tradicionales de integridad académica. La respuesta no puede limitarse a sancionar el uso, porque parte de ese uso ya forma parte de prácticas profesionales y académicas legítimas.

El riesgo de dependencia resulta especialmente relevante. La facilidad para obtener una respuesta bien redactada puede crear una ilusión de dominio: el estudiante reconoce el texto como plausible sin ser capaz de reconstruir el argumento o verificarlo. Esto es contrario a la progresión de autonomía descrita por Willison y O'Regan (2007). El diseño formativo debe introducir momentos deliberados sin IA —lectura directa, formulación individual, defensa oral, resolución manual de decisiones críticas— y momentos con IA orientados a contraste, crítica o expansión. La alternancia permite aprovechar la herramienta sin convertirla en prótesis permanente del razonamiento.

1.4.4. La trazabilidad emerge como condición transversal

El cuarto resultado integra los anteriores: el uso educativo gana legitimidad cuando puede reconstruirse. Trazabilidad significa registrar qué herramienta se utilizó, con qué propósito, qué tipo de insumo se proporcionó, qué salida fue relevante y cómo fue verificada o modificada. No implica conservar cada interacción, sino aquellas que afectaron decisiones sustantivas. La trazabilidad permite al docente evaluar aprendizaje, al estudiante reconocer su propio proceso y a terceros comprender el alcance real de la asistencia.

Esta condición modifica el diseño de las tareas. En lugar de solicitar solo un informe final, puede pedirse una bitácora breve de decisiones, una matriz de fuentes verificadas y una declaración de uso de IA. En proyectos de mayor complejidad, conviene conservar versiones sucesivas de problema, objetivos, criterios de selección y categorías de análisis. La evidencia de proceso también disminuye la utilidad de productos completamente delegados, porque el estudiante debe sostener la cadena de decisiones que conecta la pregunta con la conclusión.

Tabla 1. Usos de IA en investigación formativa y salvaguardas asociadas

Momento	Uso potencial	Riesgo principal	Salvaguarda formativa
Problematización	Generar preguntas, contraejemplos y variables posibles	Aceptar formulaciones genéricas o descontextualizadas	Comparar alternativas y justificar la selección con literatura y viabilidad
Búsqueda	Proponer descriptores, sinónimos y	Confundir la salida del modelo con una búsqueda bibliográfica	Ejecutar búsquedas en bases verificables

Momento	Uso potencial	Riesgo principal	Salvaguarda formativa
	ecuaciones preliminares		y conservar trazabilidad
Lectura	Explicar conceptos y formular preguntas sobre un texto	Atribuir al documento ideas que no contiene	Contrastar toda síntesis con el texto fuente y citar la fuente original
Escritura	Revisar claridad, coherencia y organización	Pérdida de voz, autoría o razonamiento propio	Trabajar sobre borradores propios y declarar usos sustantivos
Análisis	Sugerir categorías, código o procedimientos	Errores técnicos, sesgos o interpretación no comprendida	Replicar, verificar y justificar cada decisión analítica
Evaluación	Simular preguntas críticas y ofrecer retroalimentación	Retroalimentación complaciente o incorrecta	Combinar con evaluación docente, defensa oral y evidencias de proceso

Fuente. Elaboración propia a partir de la revisión.

1.4.5. Alfabetización en IA: de saber preguntar a saber auditar

Los estudios revisados permiten cuestionar una comprensión reducida de la alfabetización en IA basada en la habilidad para redactar instrucciones eficaces. Saber formular un prompt mejora la interacción, pero no garantiza que el estudiante distinga evidencia de plausibilidad, identifique omisiones o reconozca una inferencia no sustentada. Long y

Magerko (2020) sitúan la alfabetización en IA en un conjunto más amplio de competencias de comprensión, evaluación y uso; UNESCO (2023) añade la dimensión de derechos, privacidad, agencia y diversidad. Para la investigación formativa, esto implica que la competencia decisiva no es obtener una respuesta “buena”, sino auditar cómo podría estar equivocada.

La auditoría de una salida puede convertirse en una actividad formativa de alto valor. El estudiante puede separar afirmaciones verificables de interpretaciones, localizar las fuentes primarias, comprobar si una referencia existe, contrastar definiciones entre autores y registrar qué partes de la respuesta fueron aceptadas, reformuladas o descartadas. Esta secuencia convierte la falibilidad del modelo en un objeto de aprendizaje: obliga a practicar lectura crítica, búsqueda documental y evaluación de autoridad. La herramienta deja de operar como oráculo y pasa a funcionar como hipótesis provisional sometida a examen.

Esta lógica también modifica la alfabetización bibliográfica. Cuando un modelo propone autores o artículos, la salida no debe incorporarse directamente a la bibliografía. El paso correcto consiste en transformar la sugerencia en una estrategia de búsqueda: verificar metadatos, acceder al documento, leer al menos las secciones pertinentes y decidir su función argumental. La diferencia es sustantiva porque la formación investigativa exige trazabilidad entre afirmación, fuente y lectura. Una bibliografía extensa generada automáticamente puede simular solvencia documental sin demostrar que las fuentes fueron comprendidas.

La alfabetización en IA, por tanto, se integra con la alfabetización informacional y metodológica. El estudiante necesita saber cuándo la herramienta ofrece una explicación útil, cuándo debe acudir a una base de datos, cuándo una tarea requiere software especializado y cuándo una decisión solo puede resolverse mediante juicio disciplinar. Esta capacidad de elegir y limitar la herramienta es más importante que dominar una plataforma específica, porque los modelos cambian con rapidez mientras permanecen las exigencias de evidencia, transparencia y responsabilidad.

1.4.6. Rediseño de la evaluación y evidencias de proceso

La revisión muestra que la evaluación tradicional centrada en un producto escrito terminado pierde capacidad diagnóstica cuando una parte significativa del texto puede generarse o reescribirse externamente. La respuesta no consiste en abandonar la escritura, sino en distribuir la evaluación a lo largo del proceso investigativo. Pregunta inicial, mapa de conceptos, ecuación de búsqueda, criterios de selección, fichas de lectura, matriz de categorías, decisiones analíticas, borradores y defensa oral constituyen evidencias complementarias de que el estudiante comprende y controla el trabajo presentado (Cotton et al., 2024; Perkins, 2023).

Un diseño por hitos permite, además, usar la IA de forma transparente. En cada fase puede declararse qué apoyo estuvo permitido y qué evidencia debe conservarse. Si se autoriza la IA para generar descriptores, el estudiante entrega la versión inicial y la ecuación finalmente ejecutada; si se permite retroalimentación de estilo, conserva el borrador previo y explica los cambios aceptados; si se utiliza para sugerir categorías, demuestra cómo se contrastaron con los datos y con el marco teórico. La trazabilidad convierte el uso de IA en una decisión metodológica visible y evaluable.

La defensa oral recupera un papel especialmente relevante. No se trata de utilizarla como mecanismo policial, sino como oportunidad para observar comprensión: por qué se eligió una fuente, qué alternativa metodológica se descartó, qué hallazgo contradijo la expectativa inicial o cuál es la principal limitación del estudio. Una respuesta que solo puede repetirse con la redacción del documento revela una relación superficial con el producto; una explicación capaz de reconstruir decisiones evidencia apropiación. La evaluación pasa así de detectar autoría textual a examinar autoría intelectual.

Finalmente, el rediseño exige criterios públicos. Las rúbricas deberían valorar calidad de la pregunta, pertinencia de la evidencia, justificación de decisiones, transparencia del uso de herramientas, capacidad de verificación y reflexión sobre límites. Esto reduce ambigüedad para estudiantes y docentes y evita que la integridad académica dependa de prohibiciones

generales difíciles de aplicar. La regla central es coherente con la investigación formativa: aquello que se pretende aprender debe permanecer observable en el proceso.

Tabla 2. Modelo de integración formativa de IA en el ciclo de investigación

Dimensión	Pregunta de control	Evidencia observable	Criterio de cierre
Propósito	¿La IA apoya una capacidad que se pretende desarrollar o sustituye el resultado de aprendizaje?	Consigna y delimitación explícita de usos	La operación central permanece a cargo del estudiante
Trazabilidad	¿Puede reconstruirse cómo se llegó al producto?	Historial de búsqueda, matrices, versiones y decisiones	Cada afirmación sustantiva puede vincularse con una fuente o decisión verificable
Verificación	¿La salida fue contrastada con evidencia independiente?	Fuentes primarias, replicación de cálculos y notas de contraste	No se acepta información solo por plausibilidad lingüística
Autonomía	¿El nivel de asistencia es proporcional a la experiencia del estudiante?	Justificaciones, defensa oral y reducción progresiva de apoyos	La ayuda disminuye cuando aumenta la autonomía esperada

Dimensión	Pregunta de control	Evidencia observable	Criterio de cierre
Integridad	¿El uso es declarado, permitido y compatible con la evaluación?	Declaración de herramientas y alcance de la asistencia	La responsabilidad intelectual permanece claramente atribuida

Fuente. Elaboración propia a partir de la revisión.

1.5. Discusión

La revisión permite sostener que la relación entre IA e investigación formativa no debe evaluarse por el volumen de producción ni por la rapidez con que un estudiante completa una tarea. El criterio decisivo es si la herramienta aumenta o reduce la participación del estudiante en las operaciones que constituyen aprender a investigar. Este resultado conecta la tradición de investigación formativa de Restrepo Gómez (2003), Parra Moreno (2004) y Miyahira Arakaki (2009) con la literatura actual sobre IAG: la tecnología puede ser útil cuando funciona como apoyo para preguntar, contrastar y revisar, pero deja de ser formativa cuando reemplaza sistemáticamente esas operaciones.

Los hallazgos coinciden con las revisiones que describen beneficios educativos de la IAG, aunque introducen una precisión. Qian (2025), Yusuf et al. (2024) y Chen y Cheung (2025) muestran oportunidades en aprendizaje, participación y rendimiento; sin embargo, la investigación formativa exige distinguir mejora del producto de desarrollo de capacidad. Un texto más fluido no demuestra por sí mismo mejor comprensión; una bibliografía más extensa no evidencia búsqueda competente; un análisis estadístico ejecutado más rápido no implica que el estudiante comprenda los supuestos del procedimiento. El aporte de la IAG debe, por tanto, examinarse mediante evidencias del proceso cognitivo y metodológico que acompaña al resultado.

Esta distinción también reubica el debate sobre integridad. En lugar de perseguir una frontera técnicamente inestable entre texto humano y texto generado, resulta más productivo definir responsabilidades y evidencias. Cotton et al. (2024), Perkins (2023),

Bittle y El-Gayar (2025) y Chan (2023) muestran la necesidad de adaptar políticas y evaluación. Para investigación formativa, la respuesta más coherente es diseñar actividades en las que la autoría pueda observarse mediante decisiones, versiones, matrices, justificaciones y defensa. El uso de IA deja de ser una variable oculta y pasa a ser parte documentada del método de trabajo.

La propuesta de «andamiaje sometido a trazabilidad» sintetiza esta discusión. El andamiaje reconoce que la IAG puede reducir barreras y ampliar las posibilidades de interacción. La trazabilidad impide que ese apoyo se transforme en sustitución invisible. Ambas condiciones son necesarias: una política que solo exige declarar la herramienta puede quedarse en formalidad; un diseño que solo ofrece asistencia sin pedir evidencia de proceso puede aumentar dependencia. La combinación permite evaluar no solo qué produjo el estudiante, sino cómo decidió y qué verificó.

El análisis sugiere además que la mediación docente no disminuye con la IA; cambia de nivel. Parte de la explicación rutinaria puede ser apoyada por herramientas generativas, pero aumenta la importancia del docente para diseñar problemas auténticos, establecer criterios de evidencia, identificar usos legítimos y discutir errores. También se vuelve central enseñar cuándo no conviene usar IA. La competencia madura no consiste en utilizarla en todas las tareas, sino en reconocer cuándo el costo epistémico, ético o pedagógico supera el beneficio esperado.

Existen, sin embargo, límites en la evidencia disponible. Muchos estudios recientes se apoyan en autoinformes, percepciones y experiencias de corta duración, mientras los efectos sobre autonomía investigativa a largo plazo están menos desarrollados. Tampoco puede suponerse que los resultados obtenidos en sistemas universitarios con alta disponibilidad tecnológica se transfieran sin ajustes a contextos latinoamericanos. Futuros estudios deberían comparar diseños de investigación formativa con y sin IAG, medir la calidad de decisiones y la capacidad de verificación, y observar si el apoyo inicial se retira progresivamente o genera dependencia.

Finalmente, la discusión obliga a revisar el diseño curricular. Si la IAG puede producir en segundos respuestas a tareas convencionales, algunas actividades dejan de ser buenas evidencias de aprendizaje. El desafío no es hacer las consignas artificialmente difíciles, sino volverlas más auténticas: problemas locales, fuentes trazables, decisiones justificadas, datos propios, comparación entre alternativas y exposición oral. En ese escenario, la IA puede integrarse sin vaciar la actividad investigativa, porque el núcleo evaluado sigue siendo el juicio del estudiante.

La principal implicación teórica es que la IA no debe analizarse como una variable externa que simplemente mejora o empeora el aprendizaje. Su efecto depende de la arquitectura de la actividad. Cuando interviene antes de que el estudiante formule una hipótesis, lea las fuentes o ensaye una interpretación, puede anticipar respuestas y reducir la exploración; cuando interviene después de un esfuerzo inicial, puede ampliar alternativas y provocar revisión. La secuencia temporal del apoyo importa tanto como la herramienta utilizada.

También emerge una diferencia entre productividad académica y formación investigativa. Una universidad puede observar textos mejor presentados, respuestas más rápidas o mayor volumen de productos sin que ello implique mejor capacidad para investigar. La evidencia revisada obliga a evaluar procesos de comprensión y juicio, no solamente indicadores de eficiencia. En este punto, la tradición latinoamericana de investigación formativa ofrece un criterio robusto: el producto es medio de formación y no su sustituto (Restrepo Gómez, 2003; Parra Moreno, 2004).

El antecedente bibliométrico de Gómez Cano y Pérez Gamboa (2025) resulta consistente con esta lectura: la rápida expansión de la IAG en educación superior ha desplazado la agenda desde la novedad tecnológica hacia problemas de ética, gobernanza y regulación. Para la investigación formativa, ese desplazamiento debe traducirse en diseños que enseñen a gobernar el uso de la herramienta a escala del aula. No basta con disponer de políticas institucionales; cada actividad necesita reglas de delegación, criterios de evidencia y mecanismos de trazabilidad.

En consecuencia, una integración madura de IAG no reduce la exigencia metodológica; la eleva. Cuanto más fácil sea producir lenguaje plausible, mayor importancia adquieren la pregunta bien delimitada, la fuente verificable, la interpretación explicable y la responsabilidad sobre las decisiones. La promesa educativa de la IA se materializa cuando multiplica oportunidades para pensar y revisar, no cuando vuelve innecesario demostrar que se pensó.

1.6. Conclusión

La inteligencia artificial generativa puede contribuir al fomento de la investigación formativa cuando se integra como apoyo a ciclos de indagación, contraste, decisión y revisión, y no como mecanismo de sustitución del trabajo intelectual. Sus usos más pertinentes se relacionan con ampliar alternativas de preguntas, facilitar vocabulario para búsquedas, ofrecer explicaciones y retroalimentación preliminar, y apoyar la revisión de textos o procedimientos que el estudiante debe comprender y validar.

El principal criterio de integración es la trazabilidad. Una experiencia formativa debe permitir reconstruir qué decisiones pertenecen al estudiante, qué apoyo recibió de la herramienta y cómo verificó las salidas utilizadas. Esta exigencia conduce a evaluar procesos además de productos: matrices de evidencia, versiones, bitácoras, justificaciones metodológicas y defensas orales adquieren mayor valor que la simple entrega de un documento final. La transparencia, en este sentido, no es un requisito accesorio de integridad, sino parte del aprendizaje investigador.

La conclusión central es que el debate no se resuelve eligiendo entre prohibición o adopción irrestricta. La investigación formativa requiere una integración proporcional a los objetivos de aprendizaje, con momentos de trabajo autónomo, mediación docente, verificación de fuentes, protección de datos y reglas explícitas de atribución. Bajo estas condiciones, la IA puede operar como andamiaje sometido a trazabilidad: una herramienta que amplía el aprendizaje sin desplazar la responsabilidad epistémica y ética que define la formación de investigadores.

Referencias bibliográficas

- Abbas, M., Jam, F. A., & Khan, T. I. (2024). Is it harmful or helpful? Examining the causes and consequences of generative AI usage among university students. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 10. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00444-7>
- Abdaljaleel, M., Barakat, M., Alsanafi, M., Salim, N. A., Abazid, H., Malaeb, D., Mohammed, A. H., Hassan, B. A. R., Wayyes, A. M., Farhan, S. S., Khatib, S. E., Rahal, M., Sahban, A., Abdelaziz, D. H., Mansour, N. O., AlZayer, R., Khalil, R., Fekih-Romdhane, F., Hallit, R., & Hallit, S. (2024). A multinational study on the factors influencing university students' attitudes and usage of ChatGPT. *Scientific Reports*, 14, 1983. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52549-8>
- Academic College & Research Libraries. (2016). Framework for information literacy for higher education. Association of College and Research Libraries.
- Ahmad, S. F., Han, H., Alam, M. M., Rehmat, M. K., Irshad, M., Arraño-Muñoz, M., & Ariza-Montes, A. (2023). Impact of artificial intelligence on human loss in decision making, laziness and safety in education. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10, 311.
- Baidoo-Anu, D., & Owusu Ansah, L. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, 7(1), 52–62.
- Bahroun, Z., Anane, C., Ahmed, V., & Zacca, A. (2023). Transforming education: A comprehensive review of generative artificial intelligence in educational settings through bibliometric and content analysis. *Sustainability*, 15(17), 12983. <https://doi.org/10.3390/su151712983>
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 610–623). <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>

- Bittle, K., & El-Gayar, O. (2025). Generative AI and academic integrity in higher education: A systematic review and research agenda. *Information*, 16(4), 296. <https://doi.org/10.3390/info16040296>
- Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z>
- Brew, A. (2003). Teaching and research: New relationships and their implications for inquiry-based teaching and learning in higher education. *Higher Education Research & Development*, 22(1), 3–18.
- Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 38.
- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 43.
- Chen, S., & Cheung, A. C. K. (2025). Effect of generative artificial intelligence on university students' learning outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Educational Review*, 100737. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100737>
- Cotton, D. R. E., Cotton, P. A., & Shipway, J. R. (2024). Chatting and cheating: Ensuring academic integrity in the era of ChatGPT. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(2), 228–239. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2190148>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 22.

- Daniel, B. K., Msambwa, M. M., & Wen, J. (2025). Can generative AI revolutionise academic skills development in higher education? A systematic literature review. *European Journal of Education*, 60(1), e70036. <https://doi.org/10.1111/ejed.70036>
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., Baabdullah, A. M., Koohang, A., Raghavan, V., Ahuja, M., Albanna, H., Albashrawi, M. A., Al-Busaidi, A. S., Balakrishnan, J., Barlette, Y., Basu, S., Bose, I., Brooks, L., Buhalis, D., ... Wright, R. (2023). "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 71, 102642. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2024). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3), 460–474.
- Gao, C. A., Howard, F. M., Markov, N. S., Dyer, E. C., Ramesh, S., Luo, Y., & Pearson, A. T. (2023). Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector, plagiarism detector, and blinded human reviewers. *npj Digital Medicine*, 6, 75.
- Grassini, S. (2023). Shaping the future of education: Exploring the potential and consequences of AI and ChatGPT in educational settings. *Education Sciences*, 13(7), 692.
- Gómez Cano, C. A., & Pérez Gamboa, A. J. (2025). La adopción de la inteligencia artificial generativa en la Educación Superior: análisis bibliométrico y cienciométrico. *Maestro y Sociedad*, 22(1), 299–311.
- Head, A. J. (2013). Learning the ropes: How freshmen conduct course research once they enter college. Project Information Literacy Research Report.
- Healey, M. (2005). Linking research and teaching to benefit student learning. *Journal of Geography in Higher Education*, 29(2), 183–201.

- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.
- Kangwa, D. (2025). Exploring the factors that promote a balance between academic integrity and the effective use of GenAI tools in higher education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.70109>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Kohnke, L., Moorhouse, B. L., & Zou, D. (2023). ChatGPT for language teaching and learning. *RELJ Journal*, 54(2), 537–550.
- Levy, P., & Petrulis, R. (2012). How do first-year university students experience inquiry and research, and what are the implications for the practice of inquiry-based learning? *Studies in Higher Education*, 37(1), 85–101.
- Lim, W. M., Gunasekara, A., Pallant, J. L., Pallant, J. I., & Pechenkina, E. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. *The International Journal of Management Education*, 21(2), 100790.
- Lo, C. K. (2023). What is the impact of ChatGPT on education? A rapid review of the literature. *Education Sciences*, 13(4), 410.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Lund, B. D., & Wang, T. (2023). Chatting about ChatGPT: How may AI and GPT impact academia and libraries? *Library Hi Tech News*, 40(3), 26–29.

- Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/EWZM9535>
- Miyahira Arakaki, J. M. (2009). La investigación formativa y la formación para la investigación en el pregrado. *Revista Médica Herediana*, 20(3), 119–122. <https://doi.org/10.20453/rmh.v20i3.1010>
- Mollick, E., & Mollick, L. (2023). Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts. *SSRN Electronic Journal*.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD Publishing.
- Parra Moreno, C. (2004). Apuntes sobre la investigación formativa. *Educación y Educadores*, 7, 57–77.
- Perkins, M. (2023). Academic integrity considerations of AI large language models in the post-pandemic era: ChatGPT and beyond. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 20(2).
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138.
- Qian, Y. (2025). Pedagogical applications of generative AI in higher education: A systematic review of the field. *TechTrends*, 69, 1105–1120. <https://doi.org/10.1007/s11528-025-01100-1>
- Restrepo Gómez, B. (2003). Investigación formativa e investigación productiva de conocimiento en la universidad. *Nómadas*, 18, 195–202.
- Rudolph, J., Tan, S., & Tan, S. (2023). ChatGPT: Bullshit spewer or the end of traditional assessments in higher education? *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1), 342–363.
- Salvagno, M., Taccone, F. S., & Gerli, A. G. (2023). Can artificial intelligence help for scientific writing? *Critical Care*, 27, 75.

- Stokel-Walker, C., & Van Noorden, R. (2023). What ChatGPT and generative AI mean for science. *Nature*, 614, 214–216.
- Sullivan, M., Kelly, A., & McLaughlan, P. (2023). ChatGPT in higher education: Considerations for academic integrity and student learning. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 6(1), 31–40.
- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments*, 10, 15. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x>
- UNESCO. (2021). AI and education: Guidance for policy-makers. UNESCO.
- van Dis, E. A. M., Bollen, J., Zuidema, W., van Rooij, R., & Bockting, C. L. (2023). ChatGPT: Five priorities for research. *Nature*, 614, 224–226.
- Willison, J., & O'Regan, K. (2007). Commonly known, commonly not known, totally unknown: A framework for students becoming researchers. *Higher Education Research & Development*, 26(4), 393–409.
- Yusuf, A., Pervin, N., Román-González, M., & Noor, N. M. (2024). Generative AI in education and research: A systematic mapping review. *Review of Education*, 12, e3489. <https://doi.org/10.1002/rev3.3489>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16, 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Capítulo II

INCIDENCIA DEL PROCESO ADMINISTRATIVO EN EL FORTALECIMIENTO
ORGANIZACIONAL DE UNA MICROEMPRESA DE SERVICIOS GRÁFICOS:
EVIDENCIA EMPÍRICA EN FLORENCIA, CAQUETÁ

2. INCIDENCIA DEL PROCESO ADMINISTRATIVO EN EL FORTALECIMIENTO DE UNA MICROEMPRESA DE SERVICIOS GRÁFICOS: EVIDENCIA EMPÍRICA EN FLORENCIA, CAQUETÁ

THE IMPACT OF THE ADMINISTRATIVE PROCESS ON THE STRENGTHENING OF A GRAPHIC SERVICES MICROENTERPRISE: EMPIRICAL EVIDENCE FROM FLORENCIA, CAQUETÁ

Enna Alexandra Valderrama Cardona

Magister en Administración

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

en.valderrama@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0001-7303-5923>

Alexandra Forero Mendoza

Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

a.forero@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0001-8163-8118>

Dora Lilia Garrido Hurtado

Magister en Finanzas

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

d.garrido@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-5460-6687>

RESUMEN

Las microempresas de servicios enfrentan crecientes desafíos asociados a la competitividad, la eficiencia operativa y la sostenibilidad organizacional, especialmente en contextos regionales donde predominan estructuras administrativas altamente informales. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar la incidencia del proceso administrativo en el fortalecimiento organizacional de una microempresa del sector de servicios gráficos ubicada en Florencia, Caquetá. Metodológicamente, se

desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental de corte transversal. La recolección de datos se realizó mediante una encuesta tipo Likert de 20 ítems aplicada al total de colaboradores de la empresa (n=5), evaluando las dimensiones de planeación, organización, dirección y control. Los resultados evidenciaron un desempeño global moderadamente favorable (3,78/5). Las dimensiones de dirección (4,32/5) y organización (4,16/5) presentaron mayor fortaleza, reflejando adecuados niveles de coordinación, liderazgo y comunicación operativa. En contraste, planeación (3,28/5) y control (3,36/5) mostraron debilidades significativas relacionadas con escasa anticipación estratégica, ausencia de procedimientos formalizados y limitado uso de indicadores de gestión. Se concluye que el fortalecimiento organizacional de la empresa depende actualmente más de la experiencia y compromiso del talento humano que de sistemas administrativos estructurados. El estudio aporta evidencia sobre la necesidad de formalizar prácticas de planeación y control en microempresas de servicios para mejorar la toma de decisiones, reducir vulnerabilidades operativas y aumentar su capacidad adaptativa frente a entornos dinámicos.

Palabras clave: proceso administrativo; fortalecimiento organizacional; microempresa; control de gestión; diagnóstico interno.

ABSTRACT

Service microenterprises face increasing challenges related to competitiveness, operational efficiency, and organizational sustainability, particularly in regional contexts characterized by highly informal administrative structures. In this context, this study aimed to analyze the influence of the administrative process on the internal strengthening of a graphic services microenterprise located in Florencia, Caquetá, Colombia. Methodologically, the research adopted a quantitative approach with a descriptive scope and a cross-sectional non-experimental design. Data were collected through a 20-item Likert-scale survey administered to all company employees (n = 5), assessing the

dimensions of planning, organizing, directing, and controlling. Results revealed a moderately favorable overall performance (3.78/5). Directing (4.32/5) and organizing (4.16/5) emerged as the strongest dimensions, reflecting adequate coordination, leadership, and operational communication. In contrast, planning (3.28/5) and controlling (3.36/5) showed significant weaknesses associated with limited strategic anticipation, lack of formalized procedures, and insufficient use of management indicators. The study concludes that the company's organizational strengthening currently depends more on employee experience and commitment than on structured administrative systems. This research provides empirical evidence on the need to formalize planning and control practices in service microenterprises to improve decision-making, reduce operational vulnerabilities, and enhance adaptive capacity in dynamic environments.

Keywords: administrative process; organizational strengthening; microenterprise; management control; internal diagnosis.

2.1. Introducción

En entornos empresariales cada vez más dinámicos, competitivos y digitalizados, la sostenibilidad organizacional de las microempresas depende no solo de su capacidad comercial, sino también de la solidez de sus procesos administrativos. Aunque las microempresas representan una porción significativa del tejido productivo latinoamericano, muchas continúan operando bajo esquemas de gestión altamente informales, caracterizados por una limitada planeación estratégica, escasa documentación de procesos y débiles mecanismos de control interno. Esta situación incrementa su vulnerabilidad frente a cambios en la demanda, variaciones en costos operativos y presiones competitivas del mercado.

Desde la teoría administrativa clásica hasta los enfoques contemporáneos de gestión, el proceso administrativo —integrado por planeación, organización, dirección y control— constituye un marco esencial para comprender cómo las organizaciones coordinan

recursos, estructuran decisiones y orientan sus esfuerzos hacia el logro de objetivos (Chiavenato, 2019; Koontz et al., 2022). Más allá de su valor conceptual, estas funciones representan capacidades organizacionales críticas para garantizar eficiencia operativa, capacidad adaptativa y sostenibilidad financiera.

En el caso de las microempresas de servicios, la relevancia del proceso administrativo se intensifica debido a que suelen operar con estructuras reducidas, recursos limitados y alta dependencia del conocimiento tácito del personal. Esto implica que debilidades en cualquiera de las funciones administrativas pueden traducirse rápidamente en reprocesos, errores operativos, sobrecostos, deterioro del servicio y pérdida de competitividad. Estudios recientes han mostrado que la formalización administrativa en MIPYMES se relaciona positivamente con mejoras en productividad, resiliencia organizacional y capacidad de innovación (Méndez Gabino et al., 2025; Maturana & Andrade, 2019).

Particularmente, el sector de servicios gráficos y reprografía enfrenta desafíos asociados a tiempos de respuesta, gestión de inventarios, control de insumos y adaptación tecnológica. A pesar de ello, la literatura científica sobre diagnósticos administrativos aplicados a microempresas de este sector continúa siendo limitada, especialmente en contextos intermedios y periféricos como el sur colombiano. Esta limitada evidencia empírica revela una brecha de conocimiento en torno a cómo las prácticas administrativas inciden en el fortalecimiento organizacional de pequeñas unidades de servicio.

En este contexto surge la pregunta de investigación: **¿cómo incide el proceso administrativo en el fortalecimiento interno de una microempresa del sector de servicios gráficos en Florencia, Caquetá?**

Con base en este interrogante, el objetivo general del estudio fue analizar la incidencia del proceso administrativo en el fortalecimiento interno de una microempresa del sector de servicios, mediante un diagnóstico de las dimensiones de planeación, organización, dirección y control.

Este artículo se estructura en seis apartados principales. En primer lugar, se presenta una revisión crítica de literatura sobre proceso administrativo y fortalecimiento organizacional.

Posteriormente, se describe la metodología empleada. Enseguida se exponen los resultados del diagnóstico. Después se desarrolla la discusión de hallazgos en contraste con estudios previos. Finalmente, se presentan las conclusiones, implicaciones y líneas futuras de investigación.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Fundamentos conceptuales del proceso administrativo

El proceso administrativo constituye uno de los pilares conceptuales más sólidos de la teoría organizacional y de la gestión empresarial. Tradicionalmente, ha sido definido como el conjunto de funciones gerenciales orientadas a coordinar recursos humanos, materiales, técnicos y financieros con el propósito de alcanzar objetivos organizacionales de manera eficiente y efectiva. Aunque sus fundamentos provienen de la administración clásica, su vigencia se mantiene en contextos contemporáneos debido a su capacidad explicativa sobre la dinámica interna de organizaciones de diferentes tamaños y sectores (Chiavenato, 2019; Koontz et al., 2022).

Desde esta perspectiva, la administración no debe entenderse como un conjunto de actividades aisladas, sino como un sistema integrado en el que las funciones de planeación, organización, dirección y control se articulan de forma interdependiente. La efectividad organizacional depende precisamente del equilibrio entre estas funciones, ya que debilidades en una de ellas tienden a generar efectos en cadena sobre las demás.

La literatura reciente ha ampliado esta visión tradicional al considerar el proceso administrativo como una capacidad dinámica de la organización. Bajo este enfoque, las funciones administrativas no solo facilitan la operación diaria, sino que también fortalecen la capacidad adaptativa, la resiliencia organizacional y la toma de decisiones estratégicas frente a entornos altamente cambiantes. En consecuencia, analizar el proceso administrativo permite comprender no solo cómo opera una empresa, sino también qué tan preparada está para responder a incertidumbres del mercado.

Esta visión también se relaciona con los planteamientos de Drucker (2007), quien sostiene que la administración moderna debe orientarse no solo a la eficiencia operativa, sino

también a la generación de valor y a la capacidad organizacional para anticipar transformaciones del entorno.

En microempresas, esta perspectiva adquiere especial relevancia debido a que muchas de estas organizaciones operan con estructuras reducidas y esquemas informales de gestión. Esto implica que la solidez del proceso administrativo puede marcar la diferencia entre una operación sostenible y una altamente vulnerable.

2.2.2. Planeación y organización como capacidades de estructuración interna

La planeación constituye la primera función del proceso administrativo y representa la base sobre la cual se estructuran las demás etapas. Su propósito principal es definir objetivos, establecer estrategias, anticipar escenarios y asignar recursos de forma racional. En términos prácticos, la planeación reduce incertidumbre y orienta las decisiones organizacionales hacia metas claramente definidas.

Según Chiavenato (2019), planear implica responder anticipadamente a preguntas fundamentales: qué hacer, cómo hacerlo, cuándo hacerlo y con qué recursos. La ausencia de esta función suele conducir a una gestión reactiva, donde las decisiones se toman bajo presión inmediata y no bajo criterios estratégicos.

En las microempresas, la planeación formal suele ser limitada debido a restricciones de tiempo, recursos y capacidades técnicas. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que incluso mecanismos básicos de planeación mejoran la productividad, reducen costos operativos y fortalecen la sostenibilidad empresarial (Méndez Gabino et al., 2025). La falta de planeación puede manifestarse en problemas recurrentes como compras de emergencia, sobrecarga operativa y dificultad para responder a incrementos en la demanda.

Desde la perspectiva de la estrategia competitiva, la planeación también permite construir ventajas sostenibles mediante una mejor asignación de recursos y posicionamiento frente al mercado (Porter, 2008).

Por su parte, la organización se relaciona con la estructuración interna del trabajo. Esta función comprende la asignación de responsabilidades, la distribución de funciones, la coordinación de actividades y la formalización de procedimientos. Desde la teoría del diseño organizacional, una estructura organizacional eficiente no solo depende de una adecuada división del trabajo, sino también de la existencia de mecanismos que permitan continuidad operativa independientemente de las personas que ejecutan las tareas.

Daft (2007) señala que organizaciones con baja formalización pueden mostrar eficiencia inicial gracias al aprendizaje empírico del personal, pero presentan vulnerabilidad ante crecimiento, rotación o cambios tecnológicos. En otras palabras, cuando el conocimiento permanece en las personas y no en los procesos, la empresa depende excesivamente del conocimiento tácito.

En microempresas de servicios, esta situación es frecuente. Muchas logran operar eficientemente gracias a la experiencia acumulada del equipo, pero enfrentan dificultades cuando deben escalar operaciones, entrenar nuevo personal o estandarizar procesos de calidad.

2.2.3. Dirección y control como mecanismos de sostenibilidad operativa

La dirección constituye la función administrativa orientada a movilizar el talento humano hacia el cumplimiento de objetivos organizacionales. Incluye liderazgo, motivación, comunicación, supervisión y toma de decisiones. A diferencia de la planeación y organización, que poseen un componente estructural más fuerte, la dirección involucra dimensiones humanas, conductuales y relacionales.

La literatura contemporánea destaca que un liderazgo efectivo favorece compromiso, productividad y cohesión organizacional. Robbins y Coulter (2014) sostienen que la dirección eficiente depende de la capacidad gerencial para comunicar objetivos, orientar acciones y generar motivación en los colaboradores.

En microempresas, el liderazgo adquiere un papel aún más central, dado que la proximidad entre propietarios y trabajadores genera relaciones directas que pueden impactar significativamente el clima organizacional. En estos contextos, una dirección efectiva

puede compensar parcialmente deficiencias estructurales en otras funciones administrativas.

Sin embargo, la dirección por sí sola no garantiza sostenibilidad operativa. Aquí cobra relevancia el control, entendido como el proceso de comparar resultados obtenidos frente a resultados esperados, identificar desviaciones y aplicar acciones correctivas. El control permite cerrar el ciclo administrativo al generar retroalimentación útil para la mejora continua.

Bateman y Snell (2009) plantean que sin mecanismos de control, las organizaciones pierden capacidad de aprendizaje y reducen su precisión en la toma de decisiones. La ausencia de indicadores, registros y métricas dificulta evaluar productividad, costos, calidad y eficiencia.

Diversos estudios recientes muestran que el control constituye una de las debilidades más recurrentes en microempresas latinoamericanas. Aunque muchas realizan supervisión informal, pocas implementan sistemas básicos de medición y seguimiento (García & León, 2021). Esta debilidad puede traducirse en decisiones intuitivas, baja trazabilidad de errores y limitada capacidad para optimizar recursos.

2.2.4. Fortalecimiento organizacional en microempresas

El fortalecimiento organizacional puede definirse como el proceso mediante el cual una empresa mejora sus capacidades internas para operar con mayor eficiencia, adaptarse al entorno y sostener su crecimiento en el tiempo. Este concepto trasciende el desempeño financiero inmediato, ya que también involucra aprendizaje organizacional, formalización de procesos, mejora en la toma de decisiones y desarrollo de capacidades estratégicas.

En el caso de las microempresas, el fortalecimiento organizacional presenta características particulares. Estas unidades productivas suelen operar con recursos limitados, estructuras reducidas y alta dependencia del propietario o administrador. Como resultado, la sostenibilidad organizacional frecuentemente depende de la capacidad para equilibrar flexibilidad operativa con niveles mínimos de formalización administrativa.

La alta dependencia del propietario o administrador implica que, en muchos casos, la toma de decisiones, la supervisión y la resolución de problemas recaen sobre una sola persona, lo cual puede favorecer agilidad operativa en el corto plazo, pero también generar vulnerabilidades estructurales a medida que aumenta la complejidad organizacional. En este sentido, Wheelen y Hunger (2018) destacan que la formalización de procesos constituye un componente esencial de la gestión estratégica, ya que permite alinear las operaciones diarias con objetivos de largo plazo y reducir la dependencia de capacidades individuales.

La literatura reciente señala que las microempresas más resilientes son aquellas que logran combinar agilidad operativa con mecanismos básicos de control y planeación (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023). Este equilibrio permite responder rápidamente a cambios del mercado sin sacrificar capacidad analítica ni eficiencia interna.

Asimismo, la resiliencia organizacional en mercados emergentes se encuentra estrechamente vinculada con la capacidad de adaptación interna y la flexibilidad de sus estructuras administrativas (González & Pardo, 2020). Esto resulta especialmente relevante en entornos empresariales regionales, donde factores económicos, sociales y competitivos pueden modificar rápidamente las condiciones de operación.

En sectores de servicios, el fortalecimiento organizacional resulta aún más crítico debido a la simultaneidad entre producción y consumo del servicio. Esto implica que errores administrativos pueden impactar directamente la experiencia del cliente, la calidad del servicio y la reputación empresarial.

Adicionalmente, la gestión del conocimiento se reconoce como un factor determinante en la competitividad de las pequeñas empresas, dado que favorece la transferencia de aprendizaje organizacional y reduce la dependencia del conocimiento individual (Cepeda et al., 2021). Cuando el conocimiento permanece únicamente en las personas y no se transfiere a procedimientos, protocolos o rutinas organizacionales, la empresa incrementa su vulnerabilidad frente a rotación de personal o cambios operativos.

Por ello, analizar el proceso administrativo en microempresas de servicios permite comprender cómo las capacidades gerenciales influyen en la sostenibilidad operativa y en la generación de ventajas competitivas.

2.3. Antecedentes empíricos y brecha de conocimiento

La literatura empírica reciente ha evidenciado relaciones significativas entre formalización administrativa y desempeño organizacional en MIPYMES. Estudios en América Latina muestran que empresas con mayores niveles de planeación estratégica y control interno presentan mejor productividad, mayor estabilidad financiera y mejores capacidades de adaptación (Torres et al., 2023).

En Colombia, investigaciones sobre gestión administrativa en pequeñas empresas han identificado que las principales debilidades suelen concentrarse en planeación financiera, documentación de procesos y uso de indicadores de gestión. Aunque muchas empresas muestran fortalezas en liderazgo y compromiso del personal, estas capacidades no siempre compensan deficiencias estructurales de control y planeación.

Asimismo, investigaciones aplicadas al sector servicios sugieren que la formalización de procesos mejora tiempos de respuesta, reduce reprocesos y fortalece la calidad del servicio. Sin embargo, gran parte de estos estudios se concentra en ciudades capitales o sectores empresariales de mayor escala.

Resultados similares fueron reportados por López et al. (2024), quienes encontraron que en microempresas de servicios las mayores debilidades administrativas suelen concentrarse en planeación formal y control de procesos, aun cuando existen fortalezas en liderazgo y coordinación operativa.

Esto evidencia una brecha de conocimiento importante. Aunque existe abundante literatura sobre proceso administrativo en grandes organizaciones y MIPYMES urbanas, siguen siendo limitados los estudios empíricos enfocados en microempresas de servicios ubicadas en economías regionales intermedias, como el departamento del Caquetá.

En este contexto, el presente estudio aporta evidencia empírica contextualizada sobre la incidencia del proceso administrativo en el fortalecimiento organizacional de una microempresa de servicios gráficos, contribuyendo a ampliar la comprensión de dinámicas administrativas en contextos empresariales regionales poco explorados.

2.4. Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que buscó medir y analizar el comportamiento de variables asociadas al proceso administrativo mediante datos numéricos susceptibles de tabulación e interpretación estadística. El estudio tuvo un alcance descriptivo, ya que se orientó a caracterizar el estado actual de las dimensiones administrativas dentro de la organización objeto de análisis.

El diseño metodológico fue no experimental y de corte transversal, debido a que las variables no fueron manipuladas y la información se recolectó en un único momento temporal, observando el fenómeno en su contexto natural (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

La unidad de análisis correspondió a una microempresa del sector de servicios gráficos ubicada en Florencia. La población estuvo conformada por la totalidad de colaboradores activos de la empresa (N=5), razón por la cual no se aplicó muestreo y se trabajó mediante censo poblacional.

Como técnica de recolección de información se empleó la encuesta estructurada, aplicada de forma directa a todos los participantes. El instrumento consistió en un cuestionario tipo Likert de 20 ítems con escala de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo; 5 = totalmente de acuerdo). Los ítems fueron distribuidos en cuatro dimensiones analíticas:

- Planeación (5 ítems)
- Organización (5 ítems)
- Dirección (5 ítems)
- Control (5 ítems)

Las variables de análisis fueron operacionalizadas a partir del modelo clásico del proceso administrativo. Para cada dimensión se calcularon frecuencias, porcentajes y promedios aritméticos, permitiendo identificar fortalezas y debilidades relativas.

El instrumento fue sometido a validación de contenido mediante juicio de expertos en administración y metodología de investigación, quienes evaluaron claridad, pertinencia y coherencia de los ítems respecto a las dimensiones analizadas. A partir de sus observaciones se realizaron ajustes de redacción para mejorar su comprensión.

El análisis de datos se realizó mediante estadística descriptiva. Posteriormente, los resultados cuantitativos fueron interpretados bajo un enfoque analítico-comparativo, contrastando los hallazgos con fundamentos teóricos y evidencia empírica previa.

El uso de estadística descriptiva en estudios organizacionales resulta particularmente útil para identificar patrones de desempeño interno y brechas funcionales entre dimensiones administrativas (Aldás-Manzano & Ruiz-Mafé, 2020).

En términos éticos, la investigación garantizó confidencialidad, anonimato y participación voluntaria de los colaboradores. La información recolectada fue utilizada exclusivamente con fines académicos y científicos, respetando principios de integridad investigativa y uso responsable de datos organizacionales.

Como limitación metodológica, debe señalarse el reducido tamaño poblacional, propio de la naturaleza microempresarial del caso de estudio. En consecuencia, los hallazgos no pretenden generalización estadística externa, sino ofrecer evidencia analítica contextualizada útil para comprender dinámicas administrativas en microempresas similares.

2.5. Resultados

El diagnóstico del proceso administrativo permitió evaluar el desempeño de la empresa en las cuatro dimensiones clásicas de la administración: planeación, organización, dirección y control. El promedio global obtenido fue de 3,78 sobre 5, lo que ubica a la organización en un nivel de desempeño moderado-alto. Este resultado sugiere que, aunque la empresa

presenta bases funcionales adecuadas para su operación cotidiana, persisten debilidades estructurales que pueden limitar su sostenibilidad y crecimiento en el mediano plazo.

No obstante, el promedio global puede ocultar diferencias importantes entre dimensiones. Por ello, se realizó un análisis desagregado que permitió identificar fortalezas y vulnerabilidades específicas del sistema administrativo.

2.5.1. Desempeño general del proceso administrativo

Tabla 1

Promedio por dimensión del proceso administrativo

Dimensión	Promedio
Planeación	3,28
Organización	4,16
Dirección	4,32
Control	3,36

Nota. Elaboración propia con base en encuesta aplicada a los colaboradores de la empresa.

Los resultados muestran una distribución desigual del desempeño administrativo. Las dimensiones de dirección y organización obtuvieron las puntuaciones más altas, mientras que planeación y control registraron los valores más bajos. Este comportamiento evidencia que la empresa presenta mayor fortaleza en procesos relacionados con la gestión humana y la operación diaria que en actividades de carácter estratégico y de seguimiento.

Para facilitar la interpretación de los resultados, se estableció una escala de madurez administrativa basada en rangos de valoración.

Tabla 2*Escala de madurez administrativa por dimensión*

Rango	Nivel de madurez
1,0 – 1,9	Crítico
2,0 – 2,9	Bajo
3,0 – 3,9	Moderado
4,0 – 4,5	Alto
4,6 – 5,0	Muy alto

Nota. Escala de interpretación construida para el análisis del estudio.

Aplicando esta clasificación, se obtiene la siguiente categorización:

Tabla 3*Nivel de madurez administrativa por dimensión evaluada*

Dimensión	Promedio	Nivel
Planeación	3,28	Moderado
Organización	4,16	Alto
Dirección	4,32	Alto
Control	3,36	Moderado

Nota. Elaboración propia.

La categorización por niveles de madurez administrativa resulta consistente con enfoques recientes que analizan la escalabilidad empresarial a partir del grado de formalización interna (Martínez & Rojas, 2024).

Los resultados indican que la empresa aún no alcanza niveles de madurez administrativa muy altos o consolidados. En términos generales, presenta una estructura funcional operativa, pero con oportunidades significativas de fortalecimiento en áreas estratégicas.

2.5.2. Análisis comparativo interdimensional

La comparación entre dimensiones revela una brecha administrativa de 1,04 puntos entre la dimensión con mejor desempeño (dirección = 4,32) y una de las más débiles (planeación = 3,28).

Esta diferencia resulta significativa desde el análisis organizacional, ya que evidencia un desbalance entre capacidades operativas y capacidades estratégicas. Mientras la empresa muestra solidez en liderazgo, comunicación y coordinación del equipo, presenta debilidades en anticipación, estructuración y seguimiento de objetivos.

En términos administrativos, este patrón sugiere que la empresa ha logrado sostener su operación gracias a la capacidad de respuesta inmediata y al compromiso del talento humano, más que por la existencia de sistemas formales de gestión.

Dicho de otra manera, la organización parece funcionar eficientemente en el presente, pero con menor preparación para gestionar escenarios futuros, cambios del entorno o procesos de expansión.

2.5.3. Análisis por dimensión

Planeación

La planeación obtuvo una valoración promedio de 3,28, ubicándose en un nivel de madurez moderado. Aunque no representa una condición crítica, sí evidencia limitaciones relevantes en la capacidad de anticipación organizacional.

Los hallazgos muestran que la principal fortaleza de esta dimensión se encuentra en la priorización de tareas según urgencia e impacto, lo cual refleja capacidad de respuesta operativa. Sin embargo, las menores puntuaciones se observaron en:

- Conocimiento de estrategias para alcanzar objetivos,
- Existencia de planes de acción en temporadas de alta demanda.

Este comportamiento indica una gestión predominantemente reactiva. La empresa resuelve eficientemente necesidades inmediatas, pero presenta limitaciones para anticipar escenarios y planificar estratégicamente el uso de recursos.

Desde una perspectiva administrativa, esta debilidad puede traducirse en mayores costos operativos, compras no planificadas, uso ineficiente del tiempo y vulnerabilidad frente a cambios en la demanda.

Organización

La organización alcanzó 4,16, clasificándose en un nivel alto de madurez administrativa. Esto sugiere que la empresa ha logrado estructurar de manera relativamente eficiente la distribución del trabajo y la coordinación interna.

Los colaboradores reconocen claridad en funciones, buena distribución de actividades y adecuada coordinación entre áreas. Esto favorece continuidad operativa y reducción de reprocesos.

No obstante, el análisis revela una debilidad estructural importante: la baja formalización de procedimientos para tareas clave.

Este hallazgo muestra una paradoja organizacional. La empresa funciona eficientemente, pero dicha eficiencia parece sustentarse principalmente en rutinas aprendidas empíricamente y no en procesos formalmente documentados.

En consecuencia, el conocimiento organizacional permanece en gran medida en las personas y no en sistemas estructurados, lo cual incrementa riesgos asociados a rotación de personal, crecimiento empresarial o cambios tecnológicos.

Dirección

La dirección fue la dimensión mejor valorada con 4,32, ubicándose en un nivel alto.

Los resultados muestran fortalezas claras en:

- Liderazgo,
- Motivación,
- Reconocimiento,

- Orientación al equipo,
- Claridad de instrucciones.

Esto indica que el liderazgo constituye uno de los principales activos organizacionales de la empresa. La relación entre responsable y colaboradores parece favorecer un ambiente de trabajo funcional y una coordinación operativa efectiva.

Sin embargo, se identificaron oportunidades de mejora en dos aspectos:

- Comunicación de decisiones estratégicas,
- Supervisión sistemática de calidad y tiempos.

Aunque estos indicadores permanecen en niveles favorables, sugieren que aún existe margen para robustecer el cierre del ciclo gerencial.

Control

La dimensión de control obtuvo 3,36, clasificándose en nivel moderado y consolidándose como una de las principales áreas de mejora.

Los indicadores más bajos se relacionaron con:

- Uso de indicadores o registros de seguimiento,
- Identificación sistemática de causas de errores.

Estos resultados evidencian que el control en la empresa se realiza mayoritariamente mediante mecanismos informales de supervisión.

En lugar de apoyarse en indicadores cuantificables, el seguimiento depende de observación empírica, experiencia y memoria organizacional. Aunque este esquema puede resultar funcional en operaciones pequeñas, limita significativamente la capacidad de análisis y mejora continua.

Desde una perspectiva gerencial y financiera, esta debilidad reduce la capacidad de la empresa para medir productividad, identificar desperdicios, controlar costos y evaluar rentabilidad por servicio.

2.5.4. Hallazgo central: liderazgo compensatorio

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio corresponde a la identificación de un fenómeno de compensación administrativa.

Las debilidades observadas en planeación y control no se traducen inmediatamente en disfuncionalidad operativa debido al elevado desempeño de la dirección y la organización.

Esto sugiere que el liderazgo del responsable de la empresa actúa como un mecanismo compensatorio que amortigua temporalmente los efectos negativos de la baja formalización administrativa.

En términos prácticos, la empresa logra operar eficientemente porque el capital humano y el liderazgo gerencial suplen carencias estructurales en sistemas de planeación y control.

Sin embargo, esta compensación presenta límites. A medida que aumente la complejidad operativa, la dependencia excesiva del liderazgo individual podría convertirse en un factor de riesgo organizacional.

2.5.5. Posicionamiento organizacional

Con base en el análisis integral, se construyó una matriz diagnóstica de posicionamiento organizacional.

Tabla 4

Matriz diagnóstica de posicionamiento organizacional

		Alta formalización administrativa	Baja formalización administrativa
Alta capacidad humana		Empresas consolidadas	Empresa objeto de estudio
Baja capacidad humana		Riesgo moderado	Riesgo crítico

Nota. Elaboración propia a partir del análisis de resultados.

La empresa objeto de estudio se ubica en el cuadrante de alta capacidad humana y baja formalización administrativa.

Esta ubicación confirma que su sostenibilidad actual depende principalmente de fortalezas relacionales, liderazgo y experiencia operativa, más que de sistemas administrativos consolidados.

En síntesis, los resultados muestran una organización funcional y operativamente estable, pero con un nivel de formalización administrativa insuficiente para soportar procesos de crecimiento, escalabilidad o adaptación a escenarios de mayor complejidad competitiva.

2.6. Discusión

Los resultados del estudio evidencian que el proceso administrativo de la microempresa analizada presenta un desempeño global moderadamente favorable (3,78/5), aunque con desequilibrios significativos entre dimensiones. El principal hallazgo corresponde a la coexistencia de fortalezas operativas y humanas con debilidades estructurales en capacidades estratégicas y de seguimiento. Esta configuración permite afirmar que la organización mantiene estabilidad funcional, pero bajo un esquema administrativo parcialmente informal.

Uno de los hallazgos más relevantes fue la brecha interdimensional de 1,04 puntos entre dirección (4,32) y planeación (3,28). Este resultado sugiere un desbalance entre capacidades orientadas al presente y capacidades orientadas al futuro. En otras palabras, la empresa demuestra mayor fortaleza para gestionar operaciones actuales que para anticipar escenarios, proyectar necesidades o estructurar decisiones estratégicas.

Este hallazgo coincide con lo planteado por Mintzberg (1994), quien argumenta que muchas pequeñas organizaciones operan bajo estrategias emergentes más que deliberadas, privilegiando la adaptación inmediata sobre la planificación formal. Aunque esta lógica puede proporcionar flexibilidad en entornos dinámicos, también incrementa vulnerabilidades asociadas a la incertidumbre y al crecimiento no planificado.

La debilidad observada en planeación resulta consistente con estudios recientes sobre MIPYMES latinoamericanas, donde la limitada formalización estratégica constituye una restricción recurrente para el crecimiento sostenible. Méndez Gabino et al., (2025) encontraron que empresas con baja capacidad de planeación tienden a presentar mayores costos ocultos, menor eficiencia en asignación de recursos y mayor dependencia de decisiones intuitivas. En el caso analizado, esta situación se refleja en la ausencia de planes para temporadas de alta demanda y en el limitado conocimiento de estrategias organizacionales por parte del equipo.

En contraste, la dimensión de organización obtuvo un desempeño alto (4,16), evidenciando claridad funcional y adecuada coordinación interna. Sin embargo, el análisis cualitativo de los resultados muestra que esta fortaleza no necesariamente deriva de procesos formalizados, sino de la experiencia acumulada del personal y del aprendizaje empírico desarrollado en la operación cotidiana.

Este patrón confirma los planteamientos de Daft (2007) sobre estructuras de baja formalización: organizaciones pequeñas pueden operar eficientemente mientras la complejidad permanezca baja, pero enfrentan vulnerabilidades cuando dependen excesivamente del conocimiento tácito. En este sentido, la empresa analizada presenta una aparente eficiencia organizacional que podría deteriorarse frente a escenarios de expansión, rotación de personal o incorporación de nuevas tecnologías.

La dimensión mejor valorada fue dirección (4,32), lo que revela que el liderazgo constituye uno de los principales activos estratégicos de la organización. Los altos niveles de motivación, reconocimiento y claridad en las instrucciones sugieren que la gestión humana desempeña un papel central en la estabilidad operativa.

Este resultado es coherente con la literatura sobre liderazgo en pequeñas empresas. Robbins y Coulter (2014) sostienen que la dirección efectiva fortalece el compromiso organizacional y mejora la coordinación del trabajo, especialmente en estructuras de reducido tamaño donde las relaciones interpersonales tienen mayor impacto en la productividad. En microempresas, el liderazgo suele concentrar no solo funciones

administrativas, sino también capacidades de mediación, motivación y resolución de conflictos.

No obstante, el hallazgo más significativo del estudio fue la identificación de un fenómeno de liderazgo compensatorio. Los resultados sugieren que las debilidades en planeación y control no generan disfuncionalidad inmediata debido a la fortaleza de la dirección y de la organización operativa.

Este fenómeno aporta una contribución analítica relevante al estudio del proceso administrativo en microempresas. Se evidencia que, en contextos de baja formalización, un liderazgo sólido puede actuar como mecanismo compensatorio capaz de amortiguar temporalmente deficiencias estructurales. Sin embargo, esta compensación no elimina el problema de fondo; simplemente posterga sus efectos.

Desde una perspectiva teórica, este hallazgo dialoga con Bateman y Snell (2009), quienes señalan que el liderazgo puede mejorar desempeño en el corto plazo, pero no sustituye sistemas administrativos formales en escenarios de mayor complejidad organizacional. En consecuencia, depender excesivamente de la figura del líder puede convertirse en una fuente de fragilidad estructural.

Este comportamiento ha sido documentado por Sánchez y Herrera (2025), quienes identifican que la dependencia excesiva del liderazgo individual incrementa la vulnerabilidad estructural de microempresas al dificultar la institucionalización del conocimiento y la sostenibilidad organizacional.

Por otra parte, la dimensión de control presentó una de las valoraciones más bajas (3,36), confirmando que esta función constituye la principal debilidad administrativa de la empresa. La limitada utilización de indicadores, registros y mecanismos sistemáticos de seguimiento refleja una gestión basada predominantemente en supervisión informal.

Este resultado coincide con García y León (2021), quienes identifican el control como una de las funciones menos desarrolladas en microempresas latinoamericanas. Según estos autores, la ausencia de sistemas de medición limita la capacidad organizacional para

aprender de errores, identificar patrones de ineficiencia y sustentar decisiones con evidencia.

Desde el punto de vista financiero, esta debilidad posee implicaciones importantes. La falta de control reduce la capacidad para monitorear costos operativos, evaluar rentabilidad por servicio, medir productividad y detectar desperdicios. Esto resulta particularmente relevante en empresas de servicios gráficos, donde la rentabilidad puede verse afectada por variaciones en consumo de insumos, tiempos de atención y reprocesos.

El posicionamiento de la empresa en el cuadrante de alta capacidad humana y baja formalización administrativa permite sintetizar el hallazgo central del estudio. La organización ha desarrollado fortalezas relacionales y operativas suficientes para sostener su funcionamiento, pero aún carece de sistemas administrativos estructurados que garanticen escalabilidad y sostenibilidad de largo plazo.

En términos prácticos, esto implica que la sostenibilidad actual de la empresa depende más del capital humano y del liderazgo gerencial que de la institucionalización de procesos. Aunque este modelo puede resultar funcional en el corto plazo, su capacidad de adaptación disminuye a medida que aumenta la complejidad competitiva.

Finalmente, el estudio aporta evidencia empírica sobre una realidad poco explorada en la literatura regional: muchas microempresas de servicios no fracasan por ausencia total de administración, sino por una administración desequilibrada, donde algunas funciones se fortalecen mientras otras permanecen subdesarrolladas. Este hallazgo amplía la comprensión del proceso administrativo en contextos microempresariales y sugiere que el fortalecimiento organizacional no depende únicamente de mejorar cada dimensión de manera aislada, sino de alcanzar equilibrio sistémico entre planeación, organización, dirección y control.

2.7. Conclusiones

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la incidencia del proceso administrativo en el fortalecimiento interno de una microempresa del sector de servicios gráficos ubicada en Florencia, Caquetá. Los resultados permiten concluir que el proceso administrativo incide

de manera significativa en el fortalecimiento organizacional, al influir directamente sobre la eficiencia operativa, la coordinación del trabajo y la capacidad de respuesta empresarial.

El diagnóstico evidenció un desempeño global moderadamente favorable del proceso administrativo (3,78/5), indicando que la empresa cuenta con bases funcionales adecuadas para su operación cotidiana. Sin embargo, el análisis por dimensiones mostró un comportamiento asimétrico: dirección y organización presentaron niveles altos de madurez administrativa, mientras que planeación y control se ubicaron en niveles moderados.

Uno de los principales hallazgos fue la existencia de una brecha entre capacidades operativas y estratégicas. La empresa demuestra fortalezas significativas en liderazgo, motivación y coordinación interna, pero presenta debilidades en anticipación, formalización de procesos y mecanismos de seguimiento. Esto sugiere que la sostenibilidad actual depende más del desempeño humano y relacional que de sistemas administrativos estructurados.

El estudio identificó además un fenómeno de liderazgo compensatorio, en el cual la fortaleza de la dirección mitiga temporalmente los efectos de las debilidades en planeación y control. Aunque esta dinámica favorece estabilidad operativa en el corto plazo, también representa un riesgo estructural, dado que incrementa la dependencia de capacidades individuales y limita la escalabilidad organizacional.

Desde el punto de vista científico, la investigación aporta evidencia empírica sobre la naturaleza desequilibrada del proceso administrativo en microempresas de servicios regionales. Se concluye que el fortalecimiento organizacional no depende exclusivamente de la presencia de funciones administrativas, sino del equilibrio sistémico entre ellas.

En términos prácticos, se recomienda a la empresa fortalecer especialmente los procesos de planeación y control mediante la formulación de objetivos medibles, diseño de procedimientos básicos, implementación de indicadores de gestión y establecimiento de mecanismos formales de seguimiento. Estas acciones permitirían mejorar la toma de decisiones y reducir vulnerabilidades operativas.

Como limitación, el estudio se circunscribió a una sola microempresa y a una población reducida de cinco colaboradores, lo que restringe la generalización estadística de los resultados. Futuras investigaciones podrían ampliar la muestra hacia otras microempresas del sector servicios en el departamento del Caquetá e incorporar metodologías mixtas que profundicen en variables cualitativas de cultura organizacional y liderazgo.

Referencias

- Aldás-Manzano, J., & Ruiz-Mafé, C. (2020). Data analysis in business research: Internal process efficiency and organizational performance. *Journal of Business Research*, 115, 201–214.
- Bateman, T. S., & Snell, S. A. (2009). *Administración: Liderazgo y colaboración en un mundo competitivo* (8.ª ed.). McGraw-Hill.
- Cepeda, G., Martelo-Landroguez, S., & Leal-Rodríguez, A. L. (2021). The role of knowledge management in SMEs competitiveness. *Management Decision*, 59(8), 1884–1903.
- Chiavenato, I. (2019). *Introducción a la teoría general de la administración* (10.ª ed.). McGraw-Hill.
- Daft, R. L. (2007). *Teoría y diseño organizacional* (9.ª ed.). Cengage Learning.
- García, M., & León, C. (2021). Control interno y toma de decisiones en pequeñas empresas de servicios. *Revista Ciencias Estratégicas*, 29(43), 121–138.
- González, R., & Pardo, M. (2020). Organizational capabilities and firm resilience in emerging markets. *Journal of Small Business Management*, 58(4), 745–763.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Koontz, H., Weihrich, H., & Cannice, M. V. (2022). *Administración: Una perspectiva global y empresarial* (16.ª ed.). McGraw-Hill.

- López, A., Pérez, S., & Muñoz, F. (2024). Gestión administrativa y desempeño organizacional en microempresas de servicios. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(105), 88–107.
- Maturana, D., & Andrade, V. (2019). La relación entre la formalización de las prácticas de gestión humana y la productividad de las mipymes: Un artículo de revisión. *Innovar*, 29(74). <https://doi.org/10.15446/innovar.v29n74.82091>
- Méndez Gabino, J. R., Orrala Suárez, F. M., Pucha Parra, M. P., & Villacis Banchón, H. A. (2025). Factores determinantes de la competitividad en las Pymes de América Latina: Revisión sistemática. *Revista Multidisciplinaria Investigación Contemporánea*, 3(2), 5.
- Mintzberg, H. (1994). *The rise and fall of strategic planning*. Free Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *SME and entrepreneurship outlook 2023*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/34907e9c-en>
- Porter, M. E. (2008). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
- Robbins, S. P., & Coulter, M. (2014). *Administración* (12.^a ed.). Pearson.
- Sánchez, P., & Herrera, L. (2025). Leadership dependency and structural vulnerability in family microenterprises. *Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 18(1), 44–61.
- Wheelen, T. L., & Hunger, J. D. (2018). *Strategic management and business policy* (15th ed.). Pearson.

Capítulo III

EDUCACIÓN FÍSICA ECO SOCIAL, UN ENTRAMADO EPISTEMOLÓGICO Y
REFLEXIVO DESDE LA PRAXIS PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN
DOCENTE

3. EDUCACIÓN FÍSICA ECO SOCIAL, UN ENTRAMADO EPISTEMOLÓGICO Y REFLEXIVO DESDE LA PRAXIS PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN DOCENTE

ECO-SOCIAL PHYSICAL EDUCATION: AN EPISTEMOLOGICAL AND REFLECTIVE FRAMEWORK BASED ON PEDAGOGICAL PRACTICE IN TEACHER TRAINING

José Alirio Bermeo Vargas

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

jose.bermeo@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0006-8796-5615>

Angela Mariana Díaz Albarán

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

angela.diaz@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0009-0008-8471-7549>

Juan David Popov Zanabria

Universidad de la Amazonía. Florencia. Colombia

j.popo@udla.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0003-4690-2934>

RESUMEN

Este capítulo presenta una reflexión sobre las contribuciones del área de Educación Física al desarrollo de competencias ecológicas a partir de la presentación de un andamiaje epistemológico y desde las reflexiones que cobran sentido desde la praxis pedagógica adelantada en la Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad de la Amazonia. Se reconoce que, ante la crisis ambiental global y las directrices establecidas por organismos internacionales y políticas nacionales impulsadas por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, es imperativo que la formación de docentes incorpore de manera transversal la alfabetización ambiental.

Esta apuesta escritural se articula principalmente a través de la cátedra de Propuesta de Intervención Ambiental, donde se desarrollan ejercicios de alfabetización ambiental y prácticas situadas que permiten a los futuros docentes comprender la relación entre actividad física, entorno y sostenibilidad ambiental. De igual forma, desde la cátedra de Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria, se ha motivado a los docentes en formación, la integración de temas ambientales dentro de la clase de Educación Física, promoviendo aprendizajes significativos que trascienden lo corporal y favorecen la conciencia ecosocial.

Finalmente, se resalta la necesidad de promover acciones pedagógicas que vinculen la actividad física con la sostenibilidad, reconociendo a la escuela como escenario clave para el cuidado del planeta y la formación de ciudadanos comprometidos con su territorio. Este ejercicio reflexivo aporta elementos para repensar el papel de la educación física en la educación contemporánea y su potencial transformador frente a los desafíos ambientales globales.

Palabras clave: educación física, sostenibilidad ambiental, competencias ecológicas, prácticas pedagógicas.

ABSTRACT

This chapter presents a reflection on the contributions of the field of Physical Education to the development of ecological competencies, based on the presentation of an epistemological framework and insights derived from the pedagogical practice carried out in the Bachelor's Degree program in Physical Education, Recreation, and Sports at the University of the Amazon. It is recognized that, in light of the global environmental crisis and the guidelines established by international organizations and national policies promoted by Colombia's Ministry of National Education, it is imperative that teacher training incorporate environmental literacy across all disciplines.

This research effort is primarily structured around the “Proposal for Environmental Intervention” course, where environmental literacy exercises and context-based practices are developed to help future teachers understand the relationship between physical activity, the environment, and environmental sustainability. Similarly, through the “Research-Based Pedagogical Practice in Elementary and Secondary Education” course, student teachers have been encouraged to integrate environmental topics into physical education classes, promoting meaningful learning that goes beyond the physical and fosters eco-social awareness.

Finally, this paper highlights the need to promote educational initiatives that link physical activity with sustainability, recognizing schools as key settings for caring for the planet and shaping citizens who are committed to their local communities. This reflective exercise provides insights for rethinking the role of physical education in contemporary education and its transformative potential in the face of global environmental challenges.

Keywords: physical education, environmental sustainability, ecological competencies, pedagogical practices.

3.1. Introducción

Iniciando esta apuesta escritural y tratando de justificar el sentido del escrito, es urgente reconocer que la humanidad está atravesando un momento histórico marcado por grandes transformaciones sociales, culturales, políticas, económicas, tecnológicas e industriales que de manera directa o indirecta están incidiendo en la intensificación de la crisis ambiental y con ello el cambio climático, el detrimento de biodiversidad y la alteración de los servicios ecosistémicos. Como lo afirma Le Duc (2020), la crisis ambiental simboliza un reto interdisciplinario enmarcado en la era del Antropoceno que trasciende las incertidumbres ecológicas y compromete a todas las esferas de la sociedad, colocando de relieve la influencia significativa de la mano del hombre en la conservación de los sistemas naturales.

Estos desafíos globales, tienen serias repercusiones en el ambiente; afectan profundamente los contextos rurales donde la naturaleza además de ser un paisaje es un elemento primordial para garantizar la vida de todas las especies en el planeta. Ante esta difícil realidad, es perentorio un compromiso de todas las esferas de la sociedad; una articulación integral que vincule al sistema educativo como ente socioeducativo garante de la transformación socioambiental. La escuela, como escenario pedagógico con misiones que atañen la formación integral del sujeto y la construcción de sociedad, debe asumir el compromiso frente al desarrollo de propuestas educativas que contribuyan de manera significativa a la sostenibilidad ambiental del planeta (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2015).

En este contexto, como lo plantea la UNESCO (2026), la educación adquiere una responsabilidad trascendental; representa un escenario fundamental para la construcción de nuevas maneras de reconocer y ocupar la tierra. Por tal motivo, para que haya una verdadera sostenibilidad ambiental, los esfuerzos no pueden minimizarse al activismo para la conservación de recursos naturales o a la implementación de acciones ecológicas aisladas; se requieren procesos formativos orientados hacia una alfabetización ambiental que permitan la armonización de las relaciones entre individuos, comunidades y entorno.

Desde la teoría de la complejidad de Morin (1994), los problemas contemporáneos deben comprenderse desde una mirada compleja: una comprensión de la realidad total, no fragmentada, superando las divisiones artificiales entre naturaleza, sociedad, cultura y conocimiento. La crisis ambiental, refleja precisamente las consecuencias de una visión fragmentada que separó al ser humano de los sistemas naturales de los cuales forma parte. Por ello, una educación orientada hacia la sostenibilidad debe favorecer comprensiones integrales, donde los sujetos reconozcan la interdependencia existente entre sus acciones y las dinámicas ecológicas.

En la misma dirección Leff (2004), sostiene que la problemática ambiental es una crisis de la civilización; implica una crisis de racionalidad debido a que los modelos de desarrollo dominantes han privilegiado relaciones materialistas con la naturaleza. Frente a esto, el sistema educativo debe promover nuevas formas de pensamiento y acción basadas en el respeto por la diversidad biológica natural.

Este dialogo, debe ayudar a comprender que la formación ambiental no debe limitarse a determinados espacios curriculares tradicionalmente asociados con las ciencias naturales. Por el contrario, se requiere una perspectiva transversal que involucre diferentes áreas del conocimiento y le dé a la academia un nuevo sentido, mediante el cual se construyan relaciones armónicas con el entorno (Fonseca, 2023).

En este escenario, se hace el llamado para que la educación física que históricamente ha estado vinculada con el desarrollo físico, la salud corporal, el deporte y la adquisición de habilidades motrices; supere su función tradicional, reflexione sobre el papel ecosocial y se reconfigure en un escenario pedagógico que les permita a los estudiantes una formación integral que los dotes de conocimientos, habilidades y actitudes para el cuidado del entorno, conectando con las perspectivas contemporáneas sobre cuerpo y movimiento que han ampliado su comprensión hacia dimensiones sociales, culturales, emocionales y territoriales (Ferrara et al., 2024). En efecto, debe configurarse como un espacio formativo por excelencia favorable para promover el cuidado del entorno y la acción proambiental colectiva, con propósitos educativos que susciten la maduración de valores para la preservación del medio ambiente (Morales et al., 2024). Por ello, las actividades al aire libre, los juegos cooperativos, las experiencias recreativas en espacios naturales, las exploraciones territoriales y las acciones comunitarias deben convertirse en escenarios educativos garantes del desarrollo de la sensibilidad ambiental, el pensamiento crítico y la responsabilidad para el cuidado del entorno.

Así las cosas, la relación entre la educación física y la sostenibilidad ambiental, adquiere especial importancia ya que permite superar una visión instrumental del movimiento para comprenderlo como una experiencia educativa capaz de fortalecer vínculos entre cuerpo,

comunidad y territorio (Mandrillon et al., 2024). Así entonces, el movimiento humano deja de ser solamente una acción física para convertirse en una posibilidad de relación, reconocimiento y construcción de ciudadanía cuidadora del ambiente.

En esta comprensión, la educación física no debería limitarse a llevar el cuerpo a la naturaleza, como si el entorno fuera únicamente un escenario alternativo para desarrollar la clase. El desafío pedagógico consiste en reconocer que cuerpo, motricidad y territorio se constituyen mutuamente. Habitar, recorrer, jugar y encontrarse con otros en un espacio determinado son experiencias que producen sentidos, vínculos y aprendizajes. Por ello, una educación física ecosocial requiere intencionalidades formativas que permitan al estudiante leer críticamente el territorio y reconocerse como sujeto corresponsable de su cuidado.

En este marco, los espacios académicos: Propuesta de Intervención Ambiental y Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria y Media, pertenecientes al andamiaje curricular que configuran el proceso de formación de Licenciados en Educación Física, constituyen escenarios académicos donde los profesores en formación articulan conocimientos pedagógicos, disciplinares y ambientales, mediante las prácticas pedagógicas y educativas en diversos contextos de intervención.

Estas experiencias parten del reconocimiento de que se es parte del ambiente y los problemas ambientales no son situaciones externas al proceso educativo, sino realidades presentes en los contextos donde ocurren las prácticas educativas. Por esta razón, los programas de curso y planes de trabajos desarrolladas buscan que los profesores en formación comprendan la importancia de diseñar e implementar experiencias pedagógicas que articulen los elementos disciplinares con elementos de alfabetización ambiental donde el cuerpo, el movimiento y el ambiente interactúen como elementos inseparables en una relación bidireccional constante.

Por tanto, el presente capítulo tiene como propósito hacer un recorrido epistemológico y normativo sobre la intersección entre la educación física y la educación ambiental. Además, pretende mostrar las experiencias de las practicas educativas pedagógicas

desarrolladas desde los espacios académicos mencionados, identificando los aportes que el área de Educación Física puede brindar al desarrollo de competencias ecológicas en contextos escolares, comprendiendo como las actividades orientadas con un enfoque ambiental pueden favorecer procesos de sensibilización, participación y transformación de las relaciones sujeto y el territorio.

3.2. Horizonte epistemológico

3.2.1. Educación física, corporeidad y territorio: hacia una comprensión profunda del movimiento humano

Como se ha podido evidenciar, históricamente la educación física ha transitado por diferentes formas de comprender el cuerpo y el movimiento. Durante buena parte de su desarrollo, las prácticas estuvieron asociadas principalmente al fortalecimiento físico, el rendimiento motor, la disciplina corporal y la formación deportiva (Carrillo et al., 2023). Si bien estos enfoques han realizado aportes importantes, las transformaciones sociales y ambientales contemporáneas demandan ampliar sus horizontes epistemológicos y pedagógicos en aras de una educación física emergente.

En la actualidad, comprender la educación física implica superar una visión reducida del cuerpo como objeto biológico susceptible de entrenamiento y reconocerlo como una construcción compleja donde convergen dimensiones biológicas, sociales, culturales, emocionales y ambientales (Galak & Varea, 2020). Desde los enfoques de la motricidad humana y la corporeidad, el cuerpo no puede entenderse únicamente como una estructura física- biológica que ejecuta movimientos; constituye una forma de presencia, comunicación y relación con el mundo (Murcia-Peña & Corvetto-Castro, 2021). Estos planteamientos, permiten comprender que el ser humano no solamente "tiene" un cuerpo, sino que construye su existencia corporalmente a través de las experiencias vividas, las interacciones sociales y gracias a los contextos territoriales que influyen en la manera como cada sujeto percibe, interpreta y transforma su realidad.

En este sentido, la educación física adquiere una dimensión educativa más amplia: el movimiento deja de comprenderse únicamente como desplazamiento o ejecución técnica y pasa a ser una experiencia cargada de significados y sentidos. Por lo anterior, caminar el territorio, jugar al aire libre, explorar un ecosistema, participar en una actividad cooperativa, reconocer las características ambientales de un espacio determinado, etc.; son manifestaciones de la motricidad que posibilitan otro tipo de aprendizaje.

Desde la perspectiva de la motricidad humana, desarrollada por Manuel Sergio, el movimiento humano es la representación de la expresión integral del hombre. Sin lugar a duda, no se limita al funcionamiento mecánico del cuerpo, sino que implica una intencionalidad, formas de comunicación, manifestación cultural y relaciones con el entorno. Esta comprensión resulta fundamental para la sostenibilidad del planeta, porque permite reconocer que las problemáticas ecológicas también afectan las experiencias corporales de las personas. El territorio deja de ser entendido como un espacio físico externo y se convierte en un espacio educativo donde se construyen identidades, conocimientos y relaciones socioambientales. No obstante, la calidad de los espacios donde las comunidades viven juega, se movilizan y aprenden, influyen directamente en sus posibilidades de desarrollo.

Esta perspectiva también interpela la manera de enseñar. Si la motricidad expresa una acción humana intencionada y cargada de sentido, la clase no puede reducirse a la reproducción de técnicas ni a la obediencia de instrucciones previamente establecidas. El profesor está llamado a construir situaciones educativas abiertas a la pregunta, la exploración, la cooperación y la toma de decisiones, de modo que el estudiante participe activamente en la comprensión de su experiencia corporal y de las relaciones que establece con los otros y con el territorio. Así, enseñar educación física supone formar sujetos capaces de actuar con autonomía, sensibilidad y responsabilidad frente al mundo que habitan.

3.2.2. Educación física transformadora: una apuesta por la sostenibilidad ambiental

La sostenibilidad ambiental constituye uno de los principales desafíos educativos actuales debido a que implica cuestionar las formas tradicionales de relación entre humanidad y naturaleza. Es lamentable, que desde hace mucho tiempo predomina una visión antropocéntrica, donde los recursos naturales son sinónimo de explotación a merced de la satisfacción de las necesidades humanas. Esta mirada extractivista ha contribuido al desarrollo de modelos económicos y sociales que generan profundas alteraciones ecológicas.

Frente a esta calamidad, la educación física contemporánea emerge como una disciplina pedagógica cuyos principios educativos le permiten encaminar sus intencionalidades formativas hacia la promoción de nuevas formas de comprensión y participación frente a las dinámicas ambientales. Sin embargo, su propósito no consiste únicamente en transmitir información sobre el medio ambiente o promover comportamientos individuales aislados, sino en generar procesos de reflexión crítica sobre las relaciones sociales, culturales y económicas que desencadenan en las problemáticas ambientales en aras de desacelerar el deterioro del planeta (Oliveira, 2022).

Desde la perspectiva la educación física debe comprenderse como una disciplina pedagógica que contribuye de manera significativa a la formación integral del sujeto a partir del movimiento intencional, donde los estudiantes además del despliegue acciones motrices, comprenden el ambiente, el impacto de sus acciones y construyen relaciones significativas con el mundo circundante. Desde luego, esto implica reconocer que existen múltiples formas de entender el medio ambiente y que las experiencias educativas deben ser coherentes con los contextos culturales y territoriales donde ocurren.

En consecuencia, una educación física para la sostenibilidad ambiental adquiere una dimensión ética y política: implica preguntarse cómo se habitan los territorios, qué prácticas son coherentes con los intereses comunitarios, qué relaciones se construyen con otras formas de vida y qué responsabilidades tienen las comunidades frente al futuro (Mandrillon et al., 2024). Esta articulación encuentra aquí un punto de conexión

fundamental, ambas dimensiones reconocen la importancia de la experiencia. Mientras la educación física trabaja desde la vivencia corporal, la educación ambiental busca generar experiencias significativas de relación con el entorno.

Desde esta mirada, la dimensión ecosocial no constituye un contenido adicional que se incorpora ocasionalmente a la planeación. Se trata de una forma de comprender la práctica pedagógica y sus intencionalidades. La pregunta ya no es solamente qué habilidad motriz se pretende desarrollar, sino qué tipo de relación con el otro, con la comunidad y con el ambiente se construye mediante esa experiencia. Esta lectura desplaza el énfasis exclusivo en el rendimiento y permite situar el cuidado de la vida como principio orientador de la acción educativa.

3.2.3. Competencias ecológicas: una perspectiva pedagógica para la sostenibilidad ambiental

La formación en competencias ecológicas surge como una respuesta ante la necesidad de formar individuos capaces de identificar las problemáticas ambientales y actuar de manera responsable frente a ellas, siendo estas competencias más significativas en la población en edad escolar que tienen la posibilidad de favorecer la transición ecológica durante un mayor tiempo (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).

En este sentido, son entendidas como la capacidad humana de interpretar las relaciones entre los sistemas naturales y sociales, desarrollar sensibilidad frente al medio ambiente y participar activamente en acciones orientadas a la conservación / preservación del territorio (Abdukadrova, 2021). Desde estas nociones de pensamiento, las competencias ecológicas incluyen:

a) Comprensión ecológica: se refiere a la capacidad de reconocer las relaciones existentes y determinismo recíproco que hay entre seres vivos, el entorno y las acciones humanas. En la educación física esta dimensión puede fortalecerse y cobra sentido cuando se da un uso pedagógico del entorno natural a través de experiencias directas, donde los estudiantes

tengan la posibilidad de observar, explorar y analizar las bondades y problemáticas del territorio.

b) Sensibilidad ambiental: implica desarrollar vínculos emocionales y éticos con el entorno asumiendo que somos parte indisoluble de este. Desde la educación física, no basta con comprender que el ecosistema debe protegerse; es necesario generar sentido de relación, pertenencia y valoración, cuando se realiza cualquier tipo de actividad.

c) Acción ambiental participativa: se requiere sujetos capaces de actuar colectivamente para la toma de decisiones en favor de la protección del entorno. Desde la educación física, las actividades grupales favorecen habilidades sociales necesarias para construir propuestas comunitarias que atiendan las dificultades ambientales del territorio.

d) Pensamiento sistémico: permite comprender que los problemas ambientales tienen múltiples causas que deben ser abordadas con gran profundidad y requieren soluciones integrales. El estudiante deja de percibir el ambiente como algo separado y comprende la relación entre sus acciones cotidianas y los sistemas ecológicos.

3.3. Provocaciones

3.3.1. La crisis ambiental un desafío para el sector educativo

La dificultad ambiental es uno de los mayores retos que enfrenta la civilización en el siglo XXI, representa una situación global avasallante, caracterizada por el desequilibrio entre las actividades que desarrolla habitualmente el hombre y la capacidad de restablecimiento de los sistemas ecológicos, lo que desencadena en el fenómeno global contemporáneo más crítico, conocido como: “el cambio climático”. En palabras de López et al. (2024):

El cambio climático constituye una amenaza existencial sin precedentes para la humanidad y la biodiversidad global. Frente a este desafío, es crucial movilizar una acción colectiva enfocada tanto en la mitigación de sus impactos como en la construcción de un futuro seguro y sostenible. (p.370)

Esta problemática, demanda profundas transformaciones en los paradigmas de vida, sistemas productivos y en la manera como se está relacionando el hombre con el entorno natural. Frente a este panorama, los establecimientos educativos no deben mostrarse indiferentes, por el contrario, deben asumir un compromiso de cuidado, máxime, cuando la magnitud de este fenómeno global está amenazando la vida de todas las especies que habitan la tierra. Por consiguiente, la educación emerge como una estrategia fundamental para brindar a los estudiantes los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que potencian su crecimiento personal, la convivencia y la interacción amigable con la naturaleza (Uddin, 2024).

En esa dirección, la escuela debe encarnar un rol protagónico que contribuya a la toma de conciencia, al cultivo de valores proambientales y a la acción comunitaria a través de procesos prácticos, reflexivos, innovadores y transformadores que generen incertidumbre frente a las causas reales del problema. Como lo plantean García et al. (2019), la escuela debe lograr que los estudiantes tengan la capacidad de sentir, pensar y actuar para ayudar a construcción de sociedades comprometidas con el cuidado del entorno.

La ONU (2015), es clara al manifestar que las instituciones educativas tienen una función sobresaliente en la formación de ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible, por tanto, se deben destinar los recursos económicos suficientes para alcance de una educación optima que ayude a comprender y disminuir las consecuencias del cambio climático, brindando atención a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el objetivo cuatro (educación de calidad) y el objetivo trece (acción por el clima).

Frente a este desafío global, los establecimientos escolares deben encauzar las prácticas educativas apelando a procesos de capacitación y sensibilización docente que faciliten la apropiación de métodos de enseñanza críticos, creativos y participativos, relacionados con la sostenibilidad ambiental, siendo un referente en términos de sostenibilidad ambiental a

través de la implementación prácticas que interpelen por el uso responsable de los recursos, la óptima gestión de residuos sólidos, el consumo razonable de energía y la protección de entornos naturales. No obstante, hay que decir, que la participación de los estudiantes, docentes y comunidades es determinante a la hora de promover proyectos escolares que articulen los saberes locales junto con los saberes científicos, incentivando la investigación en la búsqueda soluciones prácticas para cada contexto.

En síntesis, la crisis ambiental, exige por parte de las de las instituciones escolares una respuesta educativa integral, innovadora y corresponsable; que funjan como agentes de cambio, preocupadas por la formación de ciudadanos proactivos, capaces de liderar transformaciones efectivas en sus contextos reales de actuación. La educación tiene el potencial para formar individuos competentes para forjar una sociedad que garantice la existencia de las presentes y futuras generaciones (Lohmann et al., 2021). Educar para el cuidado del medio ambiente, es hoy más que nunca una tarea colectiva impostergable. ¡Un compromiso con la vida!

3.3.2. La dimensión ecosocial: un reto para la educación física contemporánea

La dimensión ecosocial implica reconocer el determinismo recíproco que existe entre el ser humano y la naturaleza, situando al hombre como parte de un entramado mayor (Capra & Luisi, 2016). De esta manera, la dimensión ecosocial brinda al individuo la facultad de comprender los problemas ambientales y proponer soluciones. Desde esta perspectiva, es importante tener en cuenta que la educación física favorece procesos pedagógicos que conectan el movimiento y la corporeidad con la conciencia ambiental (Botella et al., 2022). Para Ramires et al. (2023), esta asignatura ayuda al fortalecimiento de las dimensiones afectivas, sociales, ambientales y cognitivas, como también, al goce, la autonomía, la motivación, el trabajo colaborativo, la resolución de dificultades, la atención, la concentración, el carácter y la toma de decisiones; elementos fundamentales para la educación ambiental. Como lo sostienen Riley & Delgado (2024), la educación física se

reconfigura como una disciplina pedagógica clave para aportar a la reconfiguración de ciudadanía ambientalmente responsable que ayude a la reducción de la huella ecológica.

En ese orden de ideas, es primordial que la dimensión ambiental se articule con los propósitos e intencionalidades formativas de la educación física, y que a la vez, pueda desempeñar un rol protagónico en los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en sinergia con otras áreas y actores de la comunidad educativa a través de la implementación de actividades pedagógicas que fomenten en los estudiantes actitudes proambientales, donde cobren sentido la realización de actividades en entornos naturales con el debido cuidado, ejecución de proyectos de reforestación, recuperación de espacios públicos, práctica de deportes alternativos, implementación de campañas de sensibilización sobre movilidad sostenible que promocióne el uso de la bicicleta y la caminata; así como la reflexión crítica y profunda sobre el consumo responsable de materiales y recursos asociados a la prácticas recreativas y deportivas.

En esa misma línea, Fröberg et al. (2023) proponen que la educación física debe incluir actividades que integren valores ambientales asociados al uso responsable de recursos, el contacto respetuoso con la naturaleza y la preocupación sobre el daño ambiental de las prácticas corporales. De esta manera, el área se transforma en un escenario privilegiado para experimentar y reflexionar sobre el cuidado de la naturaleza desde la vivencia corporal.

En los contextos rurales donde las relaciones y vivencias con la naturaleza son más cercanas, este tipo de prácticas deben tener una función educativa y a la vez reparadora, que además de enseñar temas ambientales, se tejan experiencias significativas in situ que le permita a los escolares comprender su relación con la naturaleza, desarrollar un sentido de corresponsabilidad ambiental y participar en la construcción de comunidades resilientes que revivan el vínculo armónico con la madre tierra.

3.3.3. La educación física ecosocial: una mirada a la luz de las orientaciones pedagógicas y curriculares del Ministerio de Educación Nacional de Colombia

En Colombia, la educación física ocupa un lugar trascendental dentro del currículo obligatorio, como lo dicta la Ley General de Educación (Ley 115 de 1994, Artículo 23), que la establece como área fundamental para el desarrollo integral de los estudiantes. En atención a estas disposiciones legales, el Ministerio de Educación Nacional (MEN 2000, 2010, 2019) ha establecido una serie de lineamientos curriculares y orientaciones pedagógicas, cuyo propósito es darle un verdadero sentido y alcance transformador al área, reconociendo que su apuesta educativa debe ir más allá del desarrollo de las capacidades físicas-motrices, para incidir en la formación de seres humanos íntegros con gran sentido de pertenencia por su entorno social y natural.

Así mismo, el documento de Orientaciones Curriculares del área de Educación Física, Recreación y Deporte (MEN, 2019) destaca que esta asignatura contribuye de gran manera al fortalecimiento de la dimensión ética, social y ambiental. En este sentido, plantea que las prácticas corporales deben propiciar actuaciones de respeto por el otro y por la naturaleza, vislumbrando la educación física como un espacio pedagógico capaz de promover la valoración y el respeto por la naturaleza.

Esta perspectiva, se articula con los planteamientos de la Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA, 2012) que reconocen la importancia, de que las instituciones educativas y todas las áreas que configuran el entramado curricular se vuelvan escenarios de reflexión y acción frente a la crisis ambiental. En consecuencia, la educación física dado su carácter práctico, dinámico y relacional, debe ofrecer condiciones predilectas para el desarrollo de aprendizajes y experiencias significativas que favorezcan la relación afectiva con los entornos naturales.

En coherencia con estos lineamientos, se hace necesario que los docentes proyecten programaciones curriculares que enlacen los elementos disciplinares del área con la

educación para el cuidado del ambiente. No obstante, este potencial enfrenta retos muy importantes, toda vez que aún se siguen perpetuando prácticas enfrascadas en la competencia y el rendimiento físico, sin conexión con la dimensión ecosocial, renunciando a la posibilidad de proponer una educación diferenciadora que satisfaga las necesidades emergentes del contexto y que cumpla con las directrices del MEN. Frente a ello, se requiere avanzar hacia la construcción de un currículo emergente y territorial, que interpele por el reconocimiento de las realidades socioambientales de cada contexto y que se articule con proyectos interdisciplinarios que apoyen de sostenibilidad ambiental escolar y comunitaria, forjando comunidades resilientes frente a las dificultades ambientales y el cambio climático.

3.3.4. Contribuciones de la educación física al cuidado del medio ambiente: una mirada desde el contexto global

En el ámbito internacional, la educación física ha experimentado transformaciones muy significativas tratando de coadyuvar a dar respuesta a los desafíos socioambientales contemporáneos. Por tanto, cada vez son más los organismos multilaterales, universidades y redes académicas trabajadoras de la educación física, que coinciden en que el área no debe reducir sus esfuerzos educativos únicamente a la enseñanza de habilidades motrices y fundamentación técnica deportiva, sino, que debe catapultarse como un espacio académico formativo que contribuya de manera significativa al bienestar integral del estudiante y la construcción de una sociedad ambientalmente responsable.

En ese horizonte, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la International Council of Sport Science and Physical Education (ICSSPE), señalan la necesidad de reorientar la educación física, toda vez se permita incluir la promoción de valores ecosociales, el respeto por la fauna y la flora, y el uso responsable de los entornos donde se desarrollan prácticas deportivas. De ahí que, la Carta Internacional de la Educación Física y el Deporte (UNESCO, 2015) destaca que el área debe fomentar hábitos y actitudes para la protección del medio ambiente y contribuir al

cumplimiento de los ODS. Así mismo, Kluka (2020) manifiesta que el ICSSPE ha sido una organización esencial en la creación de políticas trasnacionales relativas con la EF de calidad a través de pronunciamientos institucionales y programas de cooperación con la UNESCO y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el contexto internacional, se presentan diversas experiencias que demuestran cómo la educación física está trabajando de la mano con la educación ambiental. Por ejemplo: en Inglaterra, Nueva Zelanda y en países nórdicos como Finlandia y Noruega se está trabajando arduamente en la promoción la educación al aire libre o en contacto directo con la naturaleza, un enfoque que combina actividades físicas, recreativas y deportivas al aire libre con la exploración consciente de la naturaleza, estimulando la reconexión afectiva con esta (Prince & Cory-Wright, 2022). Se resalta, que estas prácticas, cuando son planeadas y ejecutadas teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente, fortalecen la conciencia para el uso racional de los espacios verdes desde los primeros años de vida

Así mismo, en algunos países anglosajones, se destacan iniciativas relacionadas con la alfabetización física, que vinculan prácticas de educación física que comprenden la importancia de la actividad motriz para la vida y la responsabilidad con el cuidado de los entornos naturales (Pascali & Monacis, 2024). Se impulsa a los profesores para que realicen actividades respetuosas de la naturaleza, promoviendo la movilidad activa (caminar, usar bicicleta u otros elementos de energía autogenerada) y la disposición de espacios verdes dentro de las instituciones educativas para la realización de las clases.

Del mismo modo, en América Latina, algunos países han comenzado a incluir en sus políticas educativas lineamientos que vinculan la educación física con la educación para el cuidado de los entornos naturales y la ciudadanía ecosocial. Experiencias como caminatas ecológicas, el senderismo, juegos tradicionales en entornos naturales y jornadas de recuperación de espacios públicos se integran cada vez más en los proyectos pedagógicos, demostrando que realizar actividades físicas de manera intencionada en entornos

naturales mejora tanto la salud física y mental de los jóvenes, y la salud planetaria (Díaz et al., 2023).

Fruto de lo anterior, se puede decir que a nivel global se consolida la idea de que la educación física en sintonía con las metas de la Agenda 2030, frente al cambio climático, puede contribuir activamente a formar generaciones más conscientes de su relación con la naturaleza y dispuestas a adoptar estilos de vida saludables, y ambientalmente más responsables.

Frente a esto, el reto es avanzar hacia prácticas pedagógicas innovadoras, contextualizadas y culturalmente pertinentes, que traduzcan los principios de la sostenibilidad ambiental en experiencias educativas vivas y transformadoras. Sin embargo, pese a todos los esfuerzos, persisten algunos desafíos usuales: la carencia de un programa de cualificación del profesorado en educación ambiental, la inflexibilidad curricular y la escasez de recursos para garantizar actividades seguras y planificadas en entornos naturales. La superación de estos obstáculos implica fortalecer redes de cooperación internacional, promover la investigación educativa y generar políticas públicas que vean en la educación física un espacio crucial para la formación de individuos guardianes del planeta.

3.4. Retos y oportunidades para una educación física ecosocial

Abordar la clase de educación física desde el paradigma ecosocial supone superar diversos obstáculos: Uno de los principales retos radica en superar la visión reduccionista que ha limitado el área a la mera enseñanza de habilidades motrices y deportivas, sin considerar su potencial transformador frente a las problemáticas socioambientales. Como lo explican Baena et al. (2024) la educación física no debe mostrarse ajena ante los retos globales que acarrea la crisis ambiental; los seres humanos deben comprender el impacto de sus comportamientos y ayudar a salvar el planeta.

Otro desafío crucial, es la carencia de programas de formación docente en temáticas ambientales, pedagogías críticas y participativas que integren el cuerpo, territorio y sostenibilidad ambiental en la práctica diaria. Muchos educadores carecen de una formación adecuada en sostenibilidad ambiental, lo que coarta su capacidad para abordar contenidos de manera efectiva (Dutta et al., 2025). A ello, se suman, la escasez de recursos didácticos pertinentes y políticas institucionales que le den un espaldarazo a las actividades al aire libre y al desarrollo de proyectos ambientales comunitarios.

Por otro lado, otro reto, tiene que ver con la necesidad de organizar e implementar currículos emergentes y territoriales, que reconozca la diversidad de contextos socioculturales y ambientales donde se desarrollan las prácticas educativas. Como lo afirma Yadav (2024) las propuestas educativas vigentes no quieren aceptar transformaciones, generando impedimentos para la incorporación significativa de temas de sostenibilidad ambiental. Un currículo rígido y homogéneo ignora la realidad de los territorios y esconde problemáticas locales, desaprovechando la riqueza de los saberes de las comunidades y las oportunidades para el aprendizaje situado.

Por último, las limitaciones en materia de espacios y el acceso restringido a prácticas educativas en los entornos naturales trunca las posibilidades de aprendizaje vivencial que son valiosos para comprender la importancia de los servicios ecosistémicos (Dutta et al., 2025).

Sin embargo, pese a estas barreras emergen oportunidades pedagógicas de mejora muy significativas a través de las cuales algunas instituciones educativas han logrado integrar la alfabetización ambiental en las planeaciones pedagógicas, demostrando que, con el apoyo y los recursos adecuados, es posible superar estos retos y ayudar a causar un futuro más sustentable (Azmi et al., 2024).

Se debe resaltar que, la educación física gracias a su carácter práctico y vivencial facilita la realización de actividades en entornos naturales, la exploración del territorio y la articulación con actores comunitarios. Estos elementos permiten convertirla en un espacio pedagógico privilegiado para fortalecer la conexión afectiva con la naturaleza, promover valores de corresponsabilidad y fomentar hábitos de vida sostenibles. Al respecto, Baena et al. (2023) aducen que la confluencia entre la educación ambiental y la educación física puede ser un instrumento muy importante para cultivar la conciencia crítica entre los escolares sobre su impacto en la naturaleza.

Asimismo, se calcula que existe la oportunidad de integrar la educación física en proyectos pedagógicos transversales de manera interdisciplinar para tratar problemáticas ambientales promoviendo la participación de los estudiantes y actores comunitarios. Esto refuerza la pertinencia de un currículo flexible, abierto a la innovación y sensible a las particularidades territoriales, que aumente las posibilidades pedagógicas del área y que, además, contribuya a la construcción de ciudadanía ambientalmente responsable y comunidades más solidarias y resilientes.

3.5. Contexto de la experiencia pedagógica: Formación docente, territorio y sostenibilidad ambiental

La experiencia narrada se desarrolla en el marco del proceso de formación de licenciados en educación física, particularmente desde los espacios académicos Propuesta de Intervención Ambiental y Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria y Media, escenarios orientados a fortalecer la capacidad de los futuros docentes para interpretar, intervenir y transformar realidades educativas desde una perspectiva crítica y contextualizada.

Estos espacios formativos parten del reconocimiento de que la enseñanza de la educación física no ocurre en escenarios aislados, sino en contextos educativos y comunitarios concretos donde convergen características sociales, culturales, ecológicas e institucionales

que condicionan las formas de aprender, convivir y relacionarse con el entorno del cual depende la existencia.

Desde esta perspectiva, la formación docente requiere superar una visión instrumental de la profesión, para pensar una praxis educativa en la cual el futuro profesional no se limite a aplicación de métodos o reproducir contenidos y de esta manera avanzar hacia una comprensión integradora donde el docente se convierta en un agente innovador, investigador y un sujeto capaz de generar procesos de transformación educativa y social.

3.5.1. La catedra “Propuesta de Intervención Ambiental” un escenario para innovación pedagógica

El espacio académico Propuesta de Intervención Ambiental, se constituye como un escenario de reflexión y diseño pedagógico teórico práctico donde los profesores en formación, inicialmente tienen la posibilidad de nutrirse epistemológicamente de elementos de educación ambiental, para luego, analizar y comprender las problemáticas ambientales presentes en sus contextos comunitarios y educativos, y de esta manera construir propuestas de desarrollo que satisfaga las necesidades ambientales del contexto estudiado.

Este espacio académico cobra sentido e importancia toda vez que permite trasladar la sostenibilidad ambiental desde un discurso general hacia experiencias concretas de intervención educativa o comunitaria. De esta manera, los futuros docentes reconocen que las problemáticas ambientales no son únicamente asuntos científicos o administrativos, sino realidades que afectan el bienestar y la calidad de vida de las comunidades.

Desde este espacio de dialogo académico, se promueve una comprensión amplia y compleja del ambiente, entendido éste como un sistema de vida donde interactúan elementos naturales, sociales, culturales y humanos. La intervención ambiental desde la educación física adquiere entonces una característica particular: dota de sentido el movimiento con un propósito ambiental.

Esta mirada evita asumir una postura activista reduccionista de la educación ambiental asociada a la mera realización de acciones relacionadas con campañas de limpieza y ornamentación, separación de residuos y/o celebraciones simbólicas del ambiente. No obstante, aunque estas acciones pueden tener valor pedagógico muy importante, requieren ser acompañadas por procesos de alfabetización ambiental y reflexión ecológica que permitan comprender las causas y consecuencias de las problemáticas ambientales de manera profunda.

Las propuestas desarrolladas desde la catedra pueden incorporar actividades educativas en espacios naturales relacionadas con: juegos cooperativos con sentido ambiental, caminatas ecológicas, recorridos de reconocimiento territorial, estrategias recreativas para la apropiación del entorno, acciones comunitarias relacionadas con limpieza y el cuidado ambiental, recuperación de escenarios deportivos y comunitarios.

En estas propuestas, el juego y la recreación pueden asumir un papel especialmente valioso cuando dejan de utilizarse únicamente como recursos para entretener o dinamizar una actividad. Comprendidos como experiencias humanas y culturales, permiten crear formas de encuentro, cooperación, apropiación del espacio y construcción colectiva de significados. Un juego situado en el territorio puede provocar preguntas sobre el uso de los espacios comunes, las relaciones con otras formas de vida, el consumo de materiales o la responsabilidad colectiva. De esta manera, lo lúdico puede convertirse en una mediación pedagógica para sentir, comprender y cuidar el ambiente.

Estas experiencias permiten que los profesores en formación comprendan que cuidar el ambiente no es únicamente un ejercicio racional, sino una práctica y disposición humana que involucra emociones, comportamientos y formas de relacionarse con el mundo circundante.

3.5.2. Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria y Media: del discurso a la innovación y transformación pedagógica.

La Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria y Media representa el espacio donde las reflexiones construidas en la formación universitaria se confrontan con las

realidades escolares. Esta práctica tiene sus fundamentos en el Acuerdo 32 de 2018 que reglamenta el proceso de prácticas de la Facultad de Educación de la Universidad de la Amazonia, cuyo propósito busca la formación de docentes capaces de observar, comprender, problematizar e innovar en sus contextos de intervención, desarrollando competencias pedagógicas, disciplinares, investigativas y éticas que les permitan transformar la educación desde una perspectiva crítica, reflexiva y situada, comprendiendo la complejidad del acto educativo y reconociendo que enseñanza de la educación física implica interpretar contextos, establecer relaciones humanas y responder a necesidades concretas de las comunidades educativas.

Desde una perspectiva investigativa, la práctica pedagógica deja de ser únicamente un requisito de formación profesional y se convierte en un proceso de indagación permanente sobre la realidad escolar. Los profesores en formación observan: dinámicas institucionales, relaciones entre actores educativos, características del contexto ambiental, necesidades de los estudiantes, posibilidades de intervención, para luego desarrollar una propuesta pedagógica y curricular en atención a las demandas urgencias del contexto escolar y social.

Esta manera de asumir la práctica exige, además, reconocer al profesor en formación como un sujeto que produce saber pedagógico. Observar, preguntar, interpretar, intervenir y volver reflexivamente sobre lo realizado son acciones que permiten superar la aplicación mecánica de modelos de enseñanza. La práctica cobra mayor sentido cuando se convierte en un espacio para comprender lo que ocurre, problematizar las decisiones docentes y construir alternativas situadas. En este proceso, la investigación no aparece separada de la enseñanza: se integra a ella como una disposición permanente para leer y transformar la realidad educativa.

De esta manera, la práctica pedagógica investigativa permite evidenciar que los problemas ambientales presentes en los territorios escolares pueden convertirse en oportunidades pedagógicas. Por ejemplo, situaciones relacionadas con deterioro de espacios, manejo de residuos, pérdida de biodiversidad o desconocimiento del entorno pueden transformarse

en puntos de partida para propuestas educativas donde el movimiento, el juego y la participación se configuran como la mejor estrategia de transformación.

3.6. Hallazgos: aprendizajes emergentes desde la intersección de la educación física y sostenibilidad ambiental

Las vivencias obtenidas en los espacios académicos Propuesta de Intervención Ambiental y Práctica Pedagógica Investigativa en Básica Secundaria y Media, permiten identificar que la educación física posee un potencial formativo exquisito que trasciende el desarrollo de capacidades motrices y deportivas, al constituirse como un escenario pedagógico fundamental para la construcción de saberes y relaciones más conscientes entre las personas y los entornos donde interactúan.

El análisis de las experiencias permite reconocer que las prácticas motrices intencionadas desde una perspectiva de conservación ambiental favorecen procesos educativos relacionados con la sensibilidad ecológica, la participación colectiva, la apropiación territorial y la construcción de valores proambientales orientados al cuidado del planeta.

Los descubrimientos se revelan en cuatro categorías emergentes:

3.6.1 El movimiento como mediador en la toma de conciencia ecológica

Uno de los principales aprendizajes derivados de la experiencia fue comprender que el movimiento constituye una dimensión fundamental para construir relaciones significativas con el entorno. La experiencia contada evidencia que el cuerpo puede comprenderse desde una perspectiva integral: como un territorio donde se construyen percepciones, emociones, conocimientos y formas de interacción con el mundo circundante.

Las actividades realizadas en contacto con el entorno permitieron que los estudiantes no solo observaran problemas ambientales, sino que los experimentaran desde su propia realidad corporal. Caminar por espacios naturales, reconocer características del territorio, participar en actividades cooperativas y desarrollar acciones ambientales generó procesos donde el ambiente dejó de ser un concepto abstracto y pasó a convertirse en una realidad cercana y vivencial.

Estos hallazgos dialogan con las perspectivas contemporáneas de corporeidad y motricidad, donde el cuerpo no es visto como un objeto separado del contexto, sino como una forma de existencia relacional situada.

Desde esta mirada, la conciencia ambiental no surge exclusivamente mediante información conceptual, sino mediante experiencias que involucran percepción, emoción y acción. En consecuencia, la educación física puede aportar a la sostenibilidad porque trabaja con una dimensión esencial del aprendizaje humano: la experiencia corporal. El estudiante que interactúa corporalmente con su entorno desarrolla mayores posibilidades de:

- Reconocer las características del territorio
- Establecer vínculos afectivos
- Comprender los impactos de la actividad humana
- Asumir compromisos frente al cuidado del medio ambiente

Desde esta lógica, surge una idea principal: "educar el cuerpo a través del movimiento también implica educar la forma como las personas comprenden, habitan y se relacionan con el entorno".

3.6.2 El territorio un aula viva: aprendizaje desde la experiencia situada

Este hallazgo muestra que el territorio puede configurarse en un escenario pedagógico fundamental para la formación ambiental. En ese sentido, esta experiencia, permitió superar una comprensión tradicional del ambiente como un contenido externo que debe ser explicado dentro del aula, para reconocerlo como un espacio dinámico donde ocurren diversos procesos de aprendizaje.

Desde esta óptica, el territorio funciona como un "aula viva" porque permite:

- Observar fenómenos ambientales en tiempo real
- Relacionar teoría y práctica para contrastarla

- Reconocer problemáticas ambientales locales y su incidencia en los desafíos globales
- Construir aprendizajes desde el sentido de la territorialidad

Esta comprensión resulta especialmente importante porque la educación ambiental pierde fuerza cuando se limita a discursos generales alejados de las realidades de los estudiantes. Sin embargo, cuando los aprendizajes se desarrollan en escenarios reales, los estudiantes logran establecer relaciones entre sus acciones cotidianas y el impacto en el medio ambiente.

La experiencia mostró que actividades corporales sencillas pueden convertirse en oportunidades pedagógicas:

- Recorridos ecológicos comunitarios
- Juegos de exploración en entornos naturales
- Actividades recreativas con sentido ambiental
- Reconocimiento del paisaje natural
- Ejercicios cooperativos en espacios abiertos

Estas estrategias favorecen una relación diferente con el entorno, donde la naturaleza deja de ser únicamente un espacio para realizar actividad física y pasa a ser reconocida como un sistema vivo del cual los estudiantes forman parte. En este sentido, la educación física aporta una característica diferencial toda vez que permite aprender desde el movimiento y desde la interacción directa. El territorio no solamente es observado; también es recorrido, sentido e interpretado corporalmente.

3.6.3 De las prácticas corporales habituales a las prácticas corporales con enfoque ambiental

La experiencia permitió identificar una transformación en la manera de comprender las prácticas corporales dentro de la educación física. Se paso de una educación física

tradicional a una educación física ecosocial donde las intencionalidades formativas del área le apuestan a la formación integral y con ello el fortalecimiento de la dimensión ambiental.

Frecuentemente los enfoques convencionales han privilegiado actividades centradas en la competencia, la comparación de capacidades y el rendimiento individual. Sin embargo, las experiencias desarrolladas mostraron la posibilidad de construir prácticas corporales con otros propósitos formativos que trascienden la evaluación de las habilidades motrices.

Las prácticas corporales sostenibles pueden definirse como aquellas experiencias motrices que, además del desarrollo corporal, promueven:

- El trabajo cooperativo y comunitario
- El respeto y la responsabilidad por el entorno natural
- La participación colectiva en las dinámicas ambientales
- Conservación de los espacios compartidos

Esta transformación implica que haya que pasar de una comprensión lógica materialista donde el ambiente funciona como un simple escenario físico objeto de explotación y consumo, hacia una perspectiva donde el ambiente es valorado y es un elemento clave para el proceso educativo.

Por ejemplo, una actividad recreativa realizada en un espacio natural puede adquirir una dimensión ambiental cuando incorpora procesos de reflexión sobre:

- El uso responsable del entorno natural
- El impacto ambiental de las acciones humanas en el entorno
- La conservación y preservación de espacios naturales comunes
- Las relaciones comunitarias con sentido ecológico

De esta manera, la educación física amplía su propósito y se conecta con los desafíos y emergencias educativas contemporáneos. Es este el momento preciso donde el

movimiento humano se convierte en una herramienta primordial para el fortalecimiento de las competencias ecológicas en pro de la sostenibilidad ambiental.

3.7. Aportes de la experiencia en formación del docente de educación física

La sistematización permitió comprender que el proceso de formación de los docentes de educación física debe estar cobijado por una perspectiva ambiental que implica transformar también la manera como se muestra, se percibe y se entiende la profesión y su corresponsabilidad con la formación integral del sujeto educativo y el cuidado del medio ambiente.

El futuro docente deja de ser estrictamente un orientador o dinamizador de actividades motrices para convertirse en un mediador entre individuo, aprendizaje, territorio y comunidad. Sin embargo, esta transformación requiere docentes capaces de:

En este horizonte, formar al licenciado implica fortalecer una identidad profesional crítica, sensible y situada. No basta con dominar contenidos disciplinares o disponer de un amplio repertorio de actividades; se requiere comprender por qué, para qué, con quiénes y en qué territorio se enseña. Esta capacidad de interrogar la propia acción pedagógica permite que la educación física responda a las necesidades reales de las comunidades y se aleje de propuestas homogéneas que desconocen la diversidad de experiencias corporales, sociales y ambientales.

- Leer objetiva y críticamente los contextos
- Diseñar experiencias significativas de acuerdo con las necesidades particulares
- Investigar y retroalimentar su propia práctica pedagógicas
- Promover relaciones en marco de sostenibilidad ambiental

Por ello, la educación ambiental dentro de la formación en educación física no debe considerarse un componente complementario tal vez ajeno a la realidad, sino una dimensión necesaria para responder a los desafíos educativos contemporáneos.

3.8. Aportes pedagógicos derivados de la experiencia

A partir de la experiencia y la sistematización realizada se proponen algunas orientaciones que propenden por el fortalecimiento de la relación entre la educación física y sostenibilidad ambiental.

3.8.1. Incorporar el territorio como componente pedagógico

La educación física puede ampliar sus escenarios de aprendizaje mediante el reconocimiento de espacios naturales y comunitarios como ambientes educativos. Esto implica diseñar actividades donde los estudiantes puedan:

- Explorar el entorno natural con plena conciencia de su importancia y cuidado
- Dilucidar las problemáticas ambientales presente en su contexto real de actuación
- Construir propuestas ambientales colectivas que contribuyan a la cesación de las problemáticas ambientales

3.8.2. Desarrollar prácticas motrices con enfoque ecológico

No es suficiente con realizar actividades corporales en los espacios naturales. Es fundamental otorgarles un propósito pedagógico relacionado con:

- El cuidado del entorno natural
- La reflexión ecológica
- La participación colectiva
- La responsabilidad ambiental

Las actividades motrices deben convertirse en una experiencia significativa que propenda por la consolidación de una conciencia ambiental.

3.8.3. Fortalecer la investigación desde la práctica docente

La experiencia evidencia la importancia de que los profesores en formación aprendan a investigar sobre sus propios procesos pedagógicos.

La investigación permite:

- Recuperar aprendizajes
- Identificar dificultades
- Construir alternativas
- Generar conocimiento

La educación física contemporánea requiere profesionales capaces de comprender los desafíos ambientales y responder pedagógicamente a ellos. El docente deja de ser solamente un orientador del movimiento y se convierte en un agente educativo comprometido con la formación de ciudadanos éticos, responsables y cuidadores del medio ambiente.

3.9. Conclusiones

La educación física, desde un enfoque ecosocial, tiene un enorme potencial para responder a los retos socioambientales contemporáneos, sin embargo, es perentorio superar visiones reduccionistas del cuerpo y del movimiento, e incorporar prácticas pedagógicas que promuevan el vínculo con el territorio. Esta resignificación, implica enfrentar desafíos importantes y al mismo tiempo abre posibilidades para que el área contribuya activamente a la construcción de una sociedad comprometida con la salud planetaria.

Uno de los principales aportes identificados es la comprensión del cuerpo como una dimensión educativa vinculada con el ambiente. Las experiencias desarrolladas muestran que el cuerpo no es independiente del territorio que habita, sino que construye aprendizajes mediante la interacción permanente con los espacios sociales y naturales. Desde esta perspectiva, las prácticas corporales pueden convertirse en mediaciones pedagógicas para desarrollar sensibilidad ecológica, pensamiento crítico y responsabilidad frente al cuidado de la vida.

La experiencia también permitió comprender que el territorio constituye un escenario pedagógico fundamental. Los espacios naturales y comunitarios dejan de ser simples

lugares donde se realizan actividades físicas y se convierten en ambientes de aprendizaje donde los estudiantes pueden observar, interpretar y participar frente a problemáticas socioambientales reales.

La experiencia también aporta elementos relevantes para la formación inicial docente. Los futuros licenciados en educación física requieren procesos formativos que les permitan comprender su disciplina desde perspectivas más amplias, donde el movimiento humano sea entendido como una experiencia cultural, social y ambiental. Por ello, incorporar la sostenibilidad ambiental en la formación docente no significa agregar un contenido más al currículo, sino promover una transformación en la manera de comprender la función educativa de la educación física.

Finalmente, la sistematización confirma que la práctica pedagógica constituye una fuente legítima de producción de conocimiento. Las experiencias desarrolladas en escenarios reales permiten generar aprendizajes que enriquecen la teoría educativa cuando son reconstruidas, interpretadas y analizadas correctamente.

Referencias

- Abdukadrova, M. N. (2021). Formation of environmental competence: Theory and practice. *The American Journal of Social Science and Education Innovations*, 3(1), 24–28. <https://doi.org/10.37547/tajssei/Volume03Issue01-05>
- Azmi, WH, Abd Wahid, NH, Syed Azman, SM. y Jayus, R. (2024). Integración de la sostenibilidad en los currículos: Una revisión sistemática de la educación para el desarrollo sostenible. *Revista eliminada*, 20 (4). <https://doi.org/10.17576/ebangi.2024.2104.09>
- Baena-Morales, S., Gavilán-Martín, D., Vázquez-Echeverría, A. & González-Víllora, S. (2024). Psychological approaches to sustainability: Implementing intervention model for sustainable development in physical education. *Sustainable Development*, 32, 5692–5704. <https://doi.org/10.1002/sd.2986>

- Botella, P., Baena-Morales, S., García-Taibo, O. & Ferriz-Valero, A. (2022). Effects of self-construction of materials on the ecological awareness of physical education primary school students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21), 14176. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114176>
- Capra, F. & Luisi, P. L. (2016). *The systems view of life: A holistic vision*. Cambridge University Press.
- Carrillo López, P. J., Rosa Guillamón, A., & García-Cantó, E. (2023). Historical, Curricular and Conceptual Evolution of School Physical Education: A Spanish View. *Acta Paedagogica Vilnensia*, 50, 70–87. <https://doi.org/10.15388/actpaed.2023.50.5>
- Díaz-Pérez, J. C., Caballero-Julia, D. & Cuellar-Moreno, M. (2023). Revisión bibliográfica sobre la actividad física en el medio natural en Educación Física (Bibliographic review on physical activity in the natural environment in physical education). *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deportes y Recreación*, 48, 807–815. <https://doi.org/10.47197/retos.v48.95801>
- Dutta Senior, D., Singh, G., Verma, J., Dey, T., Kapoor, P., Lalrinkima, L. & Haqqani, M. H. (2025). Institutional reform in education: Aligning curriculum with sustainable infrastructure development. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 9(1), 10467. <https://doi.org/10.24294/jipd10467>
- Ferrara, G., La Versa, F., & Moscato, M. (2024). Exploring body education in primary school: Perspectives and implications. *Pedagogical Perspective*, 74–86. <https://doi.org/10.29329/pedper.2024.35>
- Fonseca, V. M. da. (2023). *Environmental education: Interweaving knowledge for the ecology of knowledges*. Seven Editora. <https://doi.org/10.56238/sevened2023.006-079>
- Fröberg, A., Wiklander, P., Baena-Morales, S. & Lundvall, S. (2023). How to teach about sustainable development in physical education? Examples from the perspectives of certified teachers in Sweden. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1294763>

- Galak, E. L., & Varea, V. (2020). Conceptualizations of the body as a subject and object of study in South American and Anglo-Saxon Physical Education. *Staps*, 130(4), 97–108. <https://doi.org/10.3917/STA.130.0097>
- García León, Y., Abad Cabrera, M. D., y Osorio Abad, A. (2019). La educación para el cambio climático en los estudiantes de secundaria básica desde las Ciencias Naturales. *VARONA*, (3). <https://www.redalyc.org/journal/3606/360671619003/>
- Kluka, D. A. (2020). Footprints of ICSSPE in global quality physical education (QPE). *Journal of Physical Activity and Health*, 26(4), 16–32. <https://doi.org/10.37597/AJPHE.S.2020.S.2>
- Le Duc, A. (2020). Los múltiples contextos de la crisis ambiental. *Red de Investigación en Ciencias Sociales*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3812050>
- Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: La reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.
- Ley 115 de 1994. (1994, 5 de agosto). Ministerio de Educación Nacional. Diario Oficial No 41.473. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf
- Lohmann, J., Breithecker, J., Ohl, U., Gieß-Stüber, P. y Brandl-Bredenbeck, HP (2021). Competencia de acción profesional docente en educación para el desarrollo sostenible: una revisión sistemática desde la perspectiva de la educación física. *Sustain. For.* 13. <https://doi.org/10.3390/su132313343>
- López-Sarasty, D. C., Olaya-Marín, E. J. y Molina Roa, J. A. (2024). La Naturaleza como Sujeto de Derechos: Evaluación del Impacto de la Sentencia 4360 en la Educación sobre el Cambio Climático en la Amazonia. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía (RIIEP)*, 17(2). <https://doi.org/10.15332/25005421>
- Mandrilon, K., Desplanques, F., & Gottsmann, L. (2024). Hacia una integración de la actividad física y la conciencia ambiental: análisis de la actividad de los estudiantes en educación física. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 31(2), 219–240. <https://doi.org/10.1080/17408989.2024.2319059>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Educación Nacional. (2012). *Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA)* (Edición especial 10 años). República de Colombia. ISBN 978-958-97393-0-3
- Ministerio de Educación Nacional (2010). Orientaciones Pedagógicas para el Área de Educación Física, Recreación y Deportes. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-241887.html>
- Ministerio de Educación Nacional (2019). *Orientaciones curriculares para la educación física, recreación y deportes en educación básica y media*. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-411706_recurso_3.pdf
- Morales-Fiallos, J., Cuji-Sains, M. & Pérez-Vargas, I. (2024). Educación Física sostenible para el desarrollo de conductas motrices en estudiantes universitarios. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e340. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e340>
- Morin, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo* (M. Pakman, Trad.). Editorial Gedisa. (Obra original publicada en 1990)
- Murcia-Peña, N. & Corvetto-Castro, G. (2021). Motricidad y corporeidad como relaciones basadas en el desarrollo de lo humano. *Cinta de Moebio: Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 70(70), 55–67. <https://doi.org/10.4067/S0717-554X2021000100055>
- Oliveira, E. F. de. (2022). Educação física escolar e seu entrelaçamento com a educação ambiental. *Revista Científica FESA*, 1(17), 14–24. <https://doi.org/10.56069/2676-0428.2022.173>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *¿Por qué son importantes las competencias ecológicas para las juventudes?* <https://unfccc.int/es/news/por-que-son-importantes-las-competencias-ecologicas-para-las-juventudes>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2015). *Educación física de calidad: Guía para los responsables de políticas*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231101>

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2015). *Carta Internacional de la Educación Física, la Actividad Física y el Deporte*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000235409>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2026, 12 de febrero). *Qué debe saber acerca de la Educación para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.unesco.org/es/sustainable-development/education/need-know>
- Pascali, G. & Monacis, D. (2024). Physical Literacy assessment in primary school. Literature review. *IUL Research*, 5(9), 311–330. <https://doi.org/10.57568/iulresearch.v5i9.540>
- Prince, H. & Cory-Wright, J. (2022). *Outdoor education as a deep education for global sustainability and social justice* (pp. 49–60). <https://doi.org/10.4324/9781003002666-6>
- Ramires, V. V., Dos Santos, P. C., Barbosa Filho, V. C., Bandeira, A. D. S., Marinho Tenório, M. C., De Camargo, E. M., et al. (2023). Physical education for health among school-aged children and adolescents: a scoping review of reviews. *J. Phys. Act. Health* 20, 586–599. <https://doi.org/10.1123/jpah.2022-0395>
- Riley, K. & Delgado, L. (2024). Decolonising physical literacy for human and planetary well-being. *Australian Journal of Environmental Education*. 1-16. <https://doi.org/10.1017/aee.2024.67>
- Uddin, M. K. (2024). Environmental education for sustainable development in Bangladesh and its challenges. *Sustainable Development*, 32(1). <https://doi.org/10.1002/sd.2728>
- Yadav, S. (2024). Educación para la Conciencia Sostenible con la Integración de la Conciencia Ecológica en los Currículos Educativos. *Práctica, Progreso y Competencia en Sostenibilidad*, 103–122. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5748-4.choo6>

Capítulo IV

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA LA
ESTABILIZACIÓN DEL LÁTEX PROCEDENTE DE CULTIVOS DE CAUCHO
EN ZONA RURAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA: CASO CAQUETÁ

4. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS SOSTENIBLES PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL LÁTEX PROCEDENTE DE CULTIVOS DE CAUCHO EN ZONA RURAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA: CASO CAQUETÁ

EVALUATION OF SUSTAINABLE STRATEGIES FOR STABILIZING LATEX FROM RUBBER CROPS IN A RURAL AREA OF THE AMAZON REGION: THE CASE OF CAQUETÁ

Paola Villegas-Guzman

Química

Magíster en Ciencias Químicas

Doctora en Ciencias Químicas

Docente Investigador de la Universidad de la Amazonía

p.villegas@udla.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-3849-8209>

Mauricio Espitia-Sibaja

Químico

Magíster en Ciencias Químicas

Doctorando en Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable

Docente Investigador de la Universidad de la Amazonía

h.espitia@udla.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-8635-9307>

Javier Silva-Agreto

Químico

Magíster en Química

Doctor en Ciencias Químicas

Docente Investigador de la Universidad de Antioquia

javier.silva@udea.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-8230-0917>

Carlos Arturo Ríos Prada

Químico

Universidad de la Amazonia

ca.rios@udla.edu.co

RESUMEN

El látex de caucho natural es una dispersión coloidal susceptible a la acidificación, la contaminación microbiana y la coagulación después de su extracción. Aunque el amoníaco se utiliza ampliamente como conservante, su volatilidad, toxicidad y dificultad de manejo motivan la búsqueda de alternativas de menor riesgo. En este estudio se evaluó la capacidad estabilizante de biocidas, surfactantes y sistemas alcalinos con aceite de palma sobre látex de *Hevea brasiliensis* clon IAN 710. La investigación comprendió tres etapas: evaluación de creolina y metilparabeno; estudio de surfactantes aniónicos, catiónicos y no iónicos; y análisis de preservación prolongada con hidróxido de sodio, aceite de palma y mezclas saponificadas. El desempeño se determinó mediante tiempo de coagulación, pH, tensión superficial, viscosidad, estabilidad mecánica, contenido de caucho seco y sólidos totales. Los biocidas prolongaron la coagulación solo unas horas y los surfactantes aislados redujeron la tensión superficial, pero no sostuvieron el pH ni la estabilidad mecánica requeridos. La alcalinización mejoró el comportamiento de los sistemas con surfactantes. En el ensayo prolongado, el NaOH a 0,3 phr mantuvo el látex por aproximadamente 15 días y presentó un tiempo de estabilidad mecánica de 667 s al día 15; la mezcla con exceso de aceite de palma y NaOH alcanzó cerca de 12 días. Los resultados indican que el control de la alcalinidad y de la carga superficial es más determinante que la acción bactericida aislada. El NaOH y la saponificación del aceite de palma constituyen rutas prometedoras, aunque deben optimizarse para evitar degradación a concentraciones alcalinas elevadas.

Palabras clave: *Hevea brasiliensis*; látex de caucho natural; estabilidad coloidal; surfactantes; saponificación; sostenibilidad.

ABSTRACT

Natural rubber latex is a colloidal dispersion susceptible to acidification, microbial contamination, and coagulation after extraction. Although ammonia is widely used as a preservative, its volatility, toxicity, and difficulty in handling have prompted the search for lower-risk alternatives. This study evaluated the stabilizing capacity of biocides,

surfactants, and alkaline systems containing palm oil on *Hevea brasiliensis* clone IAN 710 latex. The research comprised three stages: evaluation of creolin and methylparaben; a study of anionic, cationic, and nonionic surfactants; and an analysis of long-term preservation using sodium hydroxide, palm oil, and saponified mixtures. Performance was determined based on coagulation time, pH, surface tension, viscosity, mechanical stability, dry rubber content, and total solids. The biocides prolonged coagulation by only a few hours, and the isolated surfactants reduced surface tension but did not maintain the required pH or mechanical stability. Alkalization improved the performance of the systems containing surfactants. In the long-term test, NaOH at 0.3 phr stabilized the latex for approximately 15 days and exhibited a mechanical stability time of 667 s on day 15; the mixture with excess palm oil and NaOH lasted nearly 12 days. The results indicate that controlling alkalinity and surface charge is more critical than bactericidal action alone. NaOH and the saponification of palm oil are promising approaches, although they must be optimized to prevent degradation at high alkaline concentrations.

Keywords: *Hevea brasiliensis*; natural rubber latex; colloidal stability; surfactants; saponification; sustainability.

4.1. Introducción

El caucho natural es un elastómero de origen biológico constituido principalmente por cis 1,4 poliisopreno. Se obtiene como látex de *Hevea brasiliensis*, una dispersión acuosa que contiene partículas de caucho y componentes no elastoméricos, entre ellos proteínas, lípidos, carbohidratos y sales inorgánicas (Blackley, 1997; Nawamawat et al., 2010). Esta composición favorece propiedades mecánicas de interés industrial, pero también hace que el material recién recolectado sea vulnerable al crecimiento microbiano y a cambios en la superficie de las partículas (Intapun et al., 2010; Salomez et al., 2014).

En la Amazonia colombiana, y particularmente en el departamento del Caquetá, el cultivo de caucho tiene una relevancia que trasciende la obtención de una materia prima industrial. Su establecimiento en zonas rurales representa una actividad productiva vinculada con los ingresos de las familias cultivadoras, la organización comunitaria y la

permanencia de prácticas y conocimientos asociados con la sangría, la recolección y el beneficio del látex. Por ello, mejorar su conservación puede contribuir a reducir pérdidas de materia prima y fortalecer una cadena productiva que hace parte de la dinámica económica y cultural del territorio (Grosso Rodríguez & Campillo Velasco, 2020).

Las condiciones territoriales del Caquetá también determinan la forma de investigar esta materia prima. Los cultivos se encuentran dispersos en amplias zonas rurales, con distancias considerables hasta el casco urbano y vías de acceso que dificultan el traslado oportuno de las muestras. Esta situación es crítica porque el látex comienza a perder estabilidad poco después de la sangría. El tiempo de transporte puede modificar el pH, la carga superficial, la viscosidad y el estado de agregación antes de que la muestra llegue a un laboratorio urbano. En consecuencia, el trabajo experimental se desarrolló directamente en campo, cerca de las plantaciones, para evaluar el látex bajo las condiciones reales de recolección y reducir las alteraciones ocasionadas por el transporte.

Después de la sangría, los microorganismos utilizan los nutrientes de la fase acuosa y generan ácidos grasos volátiles, principalmente ácidos acético, fórmico y propiónico. La disminución del pH debilita la repulsión electrostática entre partículas, comprime la doble capa y favorece la floculación y la coagulación (Intapun et al., 2010; López-Esparza et al., 2015). La conservación en campo debe comenzar poco después de la recolección para mantener la fluidez del látex durante el transporte, la concentración y las operaciones posteriores.

El amoníaco controla el crecimiento microbiano y mantiene un medio alcalino, por lo que continúa siendo uno de los conservantes más utilizados. No obstante, su volatilidad produce olores intensos, dificulta la manipulación y representa riesgos para la salud y el ambiente (New York State Department of Health, 2004). Los sistemas de bajo contenido de amoníaco suelen incorporar disulfuro de tetrametiluram y óxido de zinc, pero estas formulaciones tampoco eliminan todas las restricciones de toxicidad y procesamiento. Por ello se han estudiado conservantes no amoniacaes, surfactantes y agentes capaces de modificar la carga superficial del látex (Promhuad & Smitthipong, 2020; Wang et al., 2015).

La estabilidad del látex depende del equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión que actúan sobre sus partículas. Los surfactantes pueden adsorberse en la interfaz, reducir la tensión superficial y aportar estabilización electrostática o estérica. Sin embargo, su eficacia cambia con la naturaleza del grupo polar, la longitud de la cadena, la concentración y el pH (Chern et al., 1997; Muñoz et al., 2004). En condiciones alcalinas, la hidrólisis de lípidos y fosfolípidos superficiales puede producir sales aniónicas de ácidos grasos que aumentan la carga negativa y la repulsión entre partículas (Kumarn et al., 2018). Este mecanismo sustenta el interés por combinar bases fuertes con aceites vegetales mediante saponificación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar alternativas de bajo costo para preservar látex de caucho natural y establecer la relación entre su mecanismo de acción y las propiedades fisicoquímicas del sistema. Se compararon biocidas, surfactantes aniónicos, catiónicos y no iónicos, NaOH y mezclas de aceite de palma con NaOH. La discusión integra el tiempo de coagulación con el pH, la tensión superficial, la viscosidad, la estabilidad mecánica y el contenido de sólidos, de modo que la selección del preservante no dependa de una sola variable.

4.2. Metodología

Materia prima y recolección del látex

El látex se recolectó de árboles de *Hevea brasiliensis* clon IAN 710 ubicados en la finca La Gabela, vereda Villa Rica, Caquetá, Colombia. Los árboles tenían aproximadamente 30 años, cerca de 12 años de explotación y un sistema de sangría D3, correspondiente a una extracción cada tres días. La sangría se realizó en horas de la mañana. Después de dos horas de flujo, el látex de 120 árboles se reunió en un recipiente limpio y seco, se filtró con un tamiz de 400 μm y se transfirió a un frasco de vidrio ámbar. El volumen total recolectado fue de aproximadamente 1,8 L.

La recolección, la incorporación de los estabilizantes y las determinaciones fisicoquímicas se realizaron en condiciones de campo. Esta decisión respondió a la distancia entre las plantaciones y el casco urbano, las dificultades de acceso a las zonas de cultivo y la rápida

desestabilización del látex después de la sangría. El procesamiento inmediato permitió disminuir el tiempo entre la extracción y el análisis, y evitó que los cambios ocurridos durante un traslado prolongado condicionaran la comparación entre tratamientos.

Diseño de los tratamientos

El látex sin estabilizante se utilizó como control. Los tratamientos incluyeron creolina y metilparabeno como biocidas; dodecil sulfato de sodio, lauril éter y Texapon 40 como surfactantes aniónicos; betaína como surfactante anfótero; Triton X 305 y nonilfenol como surfactantes no iónicos; NaOH; aceite de palma; mezclas de aceite de palma con NaOH; y Biostar BK como referencia comercial. Las formulaciones se expresaron en partes por cien de caucho, phr. Para el tamizaje se utilizaron concentraciones de 0,1, 0,3, 0,6 y 1,0 phr. Cada estabilizante se incorporó a temperatura ambiente y se agitó durante 2 min.

La investigación se organizó en tres etapas. En la primera se evaluaron creolina y metilparabeno a 0,6 phr para determinar si la acción antimicrobiana aislada prolongaba la estabilidad. En la segunda se estudiaron los surfactantes a diferentes concentraciones y luego se combinaron con NaOH al 0,3 %. En la tercera se compararon, durante un máximo de 15 días, NaOH a 0,3 phr, aceite de palma, aceite de palma con NaOH, una mezcla con exceso de aceite de palma y NaOH, y Biostar BK. La concentración de 0,3 phr se seleccionó con base en los ensayos preliminares como la menor cantidad con un efecto observable.

Tabla 1. Tratamientos evaluados durante el estudio

Grupo	Tratamientos	Concentraciones o condición
Control	Látex sin estabilizante	Sin adición
Biocidas	Creolina y metilparabeno	0,6 phr
Surfactantes	SDS, lauril éter, Texapon 40, betaína, Triton X 305 y nonilfenol	0,1; 0,3; 0,6 y 1,0 phr
Sistemas alcalinos	NaOH y surfactante con NaOH	NaOH al 0,3 %
Saponificación	Aceite de palma con NaOH y aceite de palma en exceso con NaOH	0,3 phr

Referencia	Biostar BK	0,3 phr
------------	------------	---------

Preparación de las mezclas con aceite de palma

El aceite de palma se mezcló con agua y NaOH a 50–60°C bajo agitación continua. La dispersión inicialmente turbia se tornó homogénea a medida que avanzó la saponificación. Se evaluó una relación aceite de palma NaOH de 1 a 3 y una formulación con exceso de aceite de palma. La reacción genera sales de ácidos grasos con una cadena hidrofóbica y un grupo carboxilato hidrofílico, especies que pueden adsorberse sobre las partículas de caucho y reforzar la repulsión interparticular (Kumarn et al., 2018; Lee et al., 2021).

Evaluación fisicoquímica

El pH se midió con un potenciómetro de precisión. La viscosidad se determinó con un viscosímetro de Ostwald mediante la relación entre los tiempos de flujo y las densidades del agua y de la muestra. La densidad se obtuvo con un picnómetro de 20 mL. La tensión superficial se estimó por el método del peso de la gota: la bureta se calibró con agua destilada y se pesaron 50 gotas de cada muestra por duplicado.

El tiempo de estabilidad mecánica se determinó mediante agitación a 14 000 rpm hasta observar partículas floculadas sobre la superficie. El procedimiento se adaptó de la norma ISO 35 y el resultado se expresó en segundos (Pendle & Gorton, 1978). El contenido de sólidos totales se calculó después de secar una masa conocida de látex hasta peso constante. Para el contenido de caucho seco, la muestra se diluyó, se coaguló con ácido acético, se lavó, se laminó hasta aproximadamente 2 mm y se secó a 70 °C. Los ensayos se realizaron por duplicado y se reportó el promedio.

En la etapa de estabilidad prolongada, las variables se registraron a los 3, 7, 11 y 15 días, según la duración de cada tratamiento. La interpretación consideró de manera conjunta el tiempo antes de la coagulación, la retención de alcalinidad, la estabilidad frente a cizalla y los cambios de viscosidad. Este enfoque es necesario porque un tratamiento puede retrasar la coagulación y, al mismo tiempo, deteriorar la procesabilidad del material.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Desempeño de los biocidas

El látex control coaguló en aproximadamente 8 h. La creolina y el metilparabeno prolongaron este tiempo cerca de 5 h, con un mejor desempeño relativo del metilparabeno. El resultado confirma que la inhibición parcial de microorganismos retrasa la formación de ácidos, pero también muestra que la acción biocida aislada no conserva el sistema durante un periodo industrialmente útil. El látex puede contener entre 10^5 y 10^7 unidades formadoras de colonia por mililitro, según las condiciones de recolección, y su fase acuosa aporta nutrientes que sostienen el crecimiento microbiano (Intapun et al., 2010; Salomez et al., 2014).

La creolina contiene compuestos fenólicos con actividad antimicrobiana, pero su eficacia disminuye en medio alcalino (Walsh et al., 2019). El metilparabeno también puede inhibir parte de la población microbiana, aunque el incremento observado en el tiempo de coagulación indica que no controló por completo la acidificación. Estos resultados permiten distinguir dos funciones que un preservante debe cumplir simultáneamente: limitar el metabolismo microbiano y conservar una barrera repulsiva suficiente entre las partículas. Los biocidas evaluados actuaron principalmente sobre la primera función y no sostuvieron la segunda.

La comparación mostrada en la Figura 1 permitió precisar la magnitud del efecto: frente a las 8 h del control, ambos biocidas a 0,6 phr añadieron aproximadamente 5 h de estabilidad, es decir, el látex permaneció fluido cerca de 13 h. Aunque el metilparabeno produjo la respuesta más favorable, la extensión fue insuficiente para compensar los tiempos de recolección, transporte y procesamiento que pueden presentarse en las zonas rurales del Caquetá. En términos prácticos, la gráfica evidencia una mejora transitoria de corta duración, pero no una solución de preservación prolongada; por ello, la actividad bactericida debe acompañarse de control de pH y estabilización interfacial.

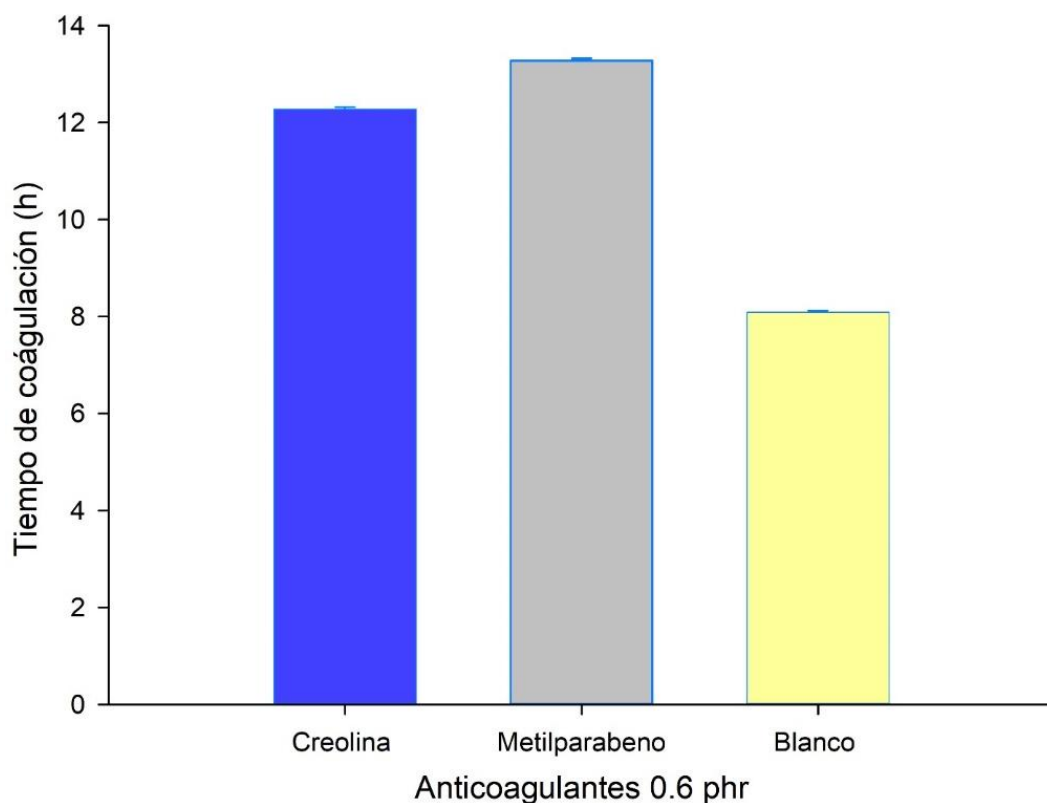


Figura 1. Estudio de anticoagulantes para la evaluación del efecto de bactericida en el NRL.

4.3.2. Efecto de los surfactantes sobre la estabilidad coloidal

Los surfactantes modificaron el tiempo de coagulación de manera dependiente de la concentración. A bajas concentraciones, la adsorción interfacial redujo la tensión superficial y produjo una mejora limitada de la estabilidad. A concentraciones mayores, varios tratamientos aceleraron la coagulación. Este comportamiento es consistente con la reorganización de la capa de proteínas y lípidos que rodea las partículas: una cobertura adecuada puede generar repulsión estérica o electrostática, mientras que el exceso de surfactante puede alterar la membrana protectora, favorecer puentes entre partículas o aumentar el contacto entre dominios hidrofóbicos (Chern et al., 1997; Muñoz et al., 2004).

Los surfactantes no iónicos, particularmente Triton X 305 y nonilfenol, mostraron el comportamiento más favorable dentro de este grupo. Sus cadenas hidrofóbicas pueden asociarse con la superficie del caucho y sus segmentos hidrofílicos extenderse hacia la fase

acuosa, lo que limita el acercamiento de las partículas. Sin embargo, ninguno de los surfactantes utilizados de manera individual mantuvo la estabilidad durante el tiempo requerido. La betaína produjo una marcada desestabilización, atribuible a su carácter anfótero y al bajo pH del medio, que favorece la neutralización de grupos superficiales negativos.

La viscosidad aumentó con la concentración de la mayoría de los surfactantes. El incremento fue especialmente visible a 1,0 phr y puede asociarse con el entrelazamiento y la reorganización de las cadenas adsorbidas. Aunque una viscosidad más alta puede retardar el movimiento de las partículas, no equivale a una mayor estabilidad mecánica. De hecho, varios sistemas presentaron menor resistencia a la agitación. El hallazgo demuestra que la selección de un surfactante no debe basarse únicamente en la tensión superficial o en la apariencia de la dispersión.

Las gráficas de tensión superficial de la Figura 2 mostraron una disminución desde 102 mN/m en el control hasta 62 mN/m en el látex tratado con betaína. Esta reducción confirma la adsorción del surfactante en la interfaz, pero no se tradujo en mayor preservación. Por el contrario, la betaína favoreció la desestabilización al disminuir el pH y neutralizar parcialmente las cargas negativas de las proteínas superficiales. El resultado demuestra que una tensión superficial baja es evidencia de actividad interfacial, pero no constituye por sí sola un indicador de estabilidad coloidal: si simultáneamente se reduce la repulsión electrostática, aumenta la probabilidad de floculación (Chern et al., 1997; Muñoz et al., 2004).

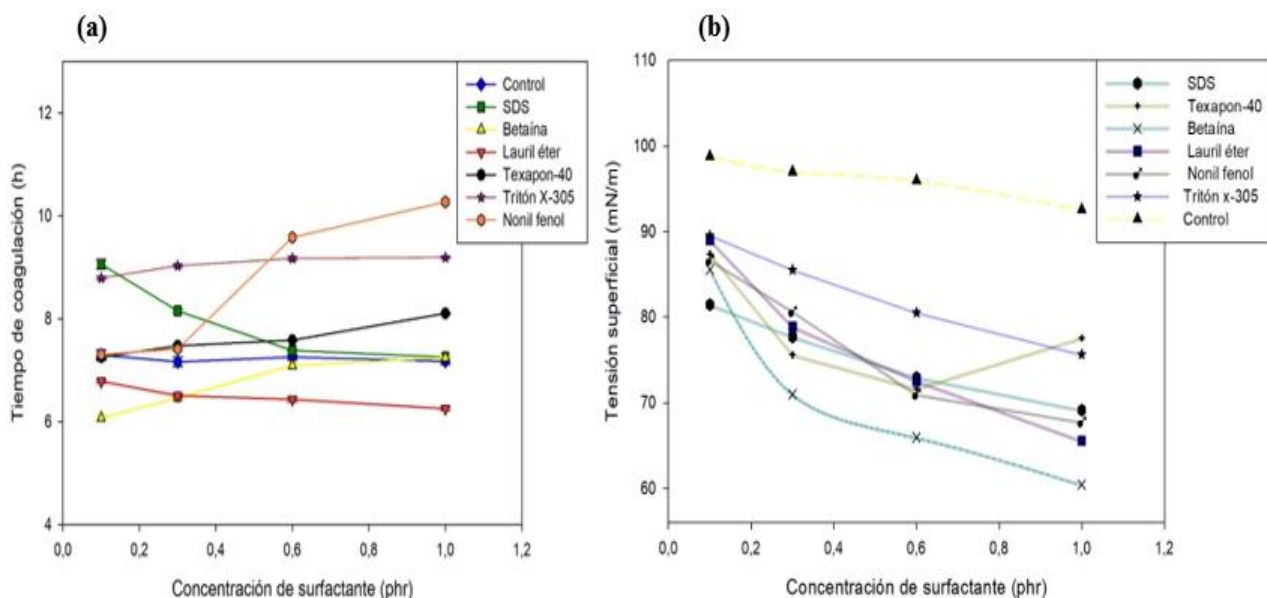


Figura 2. (a) Efecto del tiempo de coagulación de diferentes surfactantes tanto iónicos como no iónicos, (b) evolución de la tensión superficial del látex estabilizado con los diferentes surfactantes en función de la concentración.

En la prueba de estabilidad mecánica presentada en la Figura 3, Triton X-305 alcanzó aproximadamente 550 s y fue el surfactante individual de mejor respuesta; sin embargo, permaneció por debajo de los cerca de 650 s considerados como referencia en la ISO 35. La gráfica de viscosidad mostró además una tendencia ascendente al aumentar la dosis de 0,1 a 1,0 phr, especialmente en la concentración mayor. El aumento puede relacionarse con una mayor densidad y entrelazamiento de las cadenas del surfactante, pero su coincidencia con valores bajos de MST indica que el espesamiento no protegió al látex frente a fuerzas de corte. Así, los surfactantes aislados modificaron la interfaz y la reología, pero no alcanzaron el equilibrio necesario entre fluidez y resistencia mecánica (Pendle & Gorton, 1978).

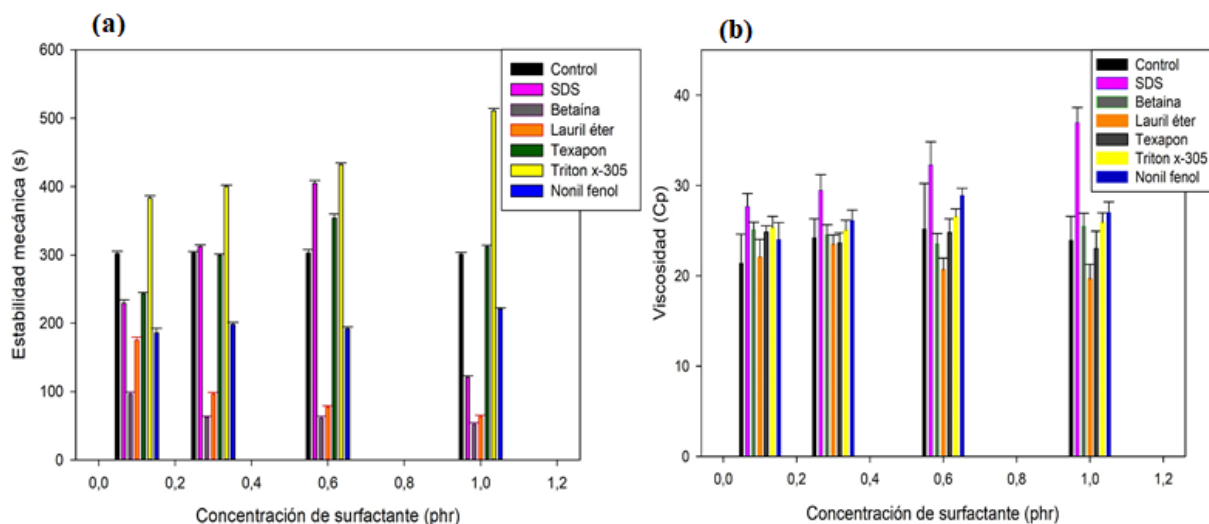


Figura 3. (a) tiempo de estabilidad mecánica del NRL tratado con surfactantes y látex de control sin surfactante, (b) medición de la viscosidad del NRL tratado con surfactantes y látex de control sin surfactante.

4.3.3. Contribución del NaOH a los sistemas con surfactantes

La adición de NaOH mejoró el tiempo de coagulación de todos los sistemas con surfactantes. En el caso de SDS con NaOH se registró un pH de $8,7 \pm 0,3$ y un tiempo de coagulación cercano a 11 h, superior al obtenido con SDS sin alcalinización. Triton X 305, nonilfenol y SDS también mostraron una mejor estabilidad mecánica cuando se combinaron con NaOH, con viscosidades inferiores a 100 cP.

La mejora no se explica solo por la inhibición del crecimiento microbiano en medio alcalino. El NaOH también hidroliza grupos éster de los lípidos y fosfolípidos adsorbidos en la superficie del caucho, lo que forma carboxilatos de ácidos grasos de cadena larga (Kumarn et al., 2018). Estos grupos incrementan la carga negativa de la interfaz y fortalecen la repulsión electrostática. En consecuencia, el pH actúa como una variable estructural del sistema coloidal, no únicamente como un indicador de deterioro.

La lectura conjunta de las gráficas de coagulación, pH, MST y viscosidad de las Figuras 4 y 5 refuerza esta interpretación. Todos los surfactantes prolongaron su tiempo de coagulación al combinarse con NaOH; el sistema SDS/NaOH, por ejemplo, llegó a unas 11

h con $\text{pH } 8,7 \pm 0,3$. Asimismo, Triton X-305, nonilfenol y SDS aumentaron su resistencia mecánica, mientras las viscosidades se mantuvieron por debajo de 100 cP. El cambio simultáneo en estas variables indica que la mejora no provino simplemente del aumento de espesor del medio, sino de la alcalinización y de una mayor carga negativa en la superficie de las partículas. No obstante, los tiempos obtenidos siguieron siendo cortos frente a una operación logística prolongada, por lo que estas mezclas fueron útiles para identificar el mecanismo, pero no constituyeron todavía una formulación final.

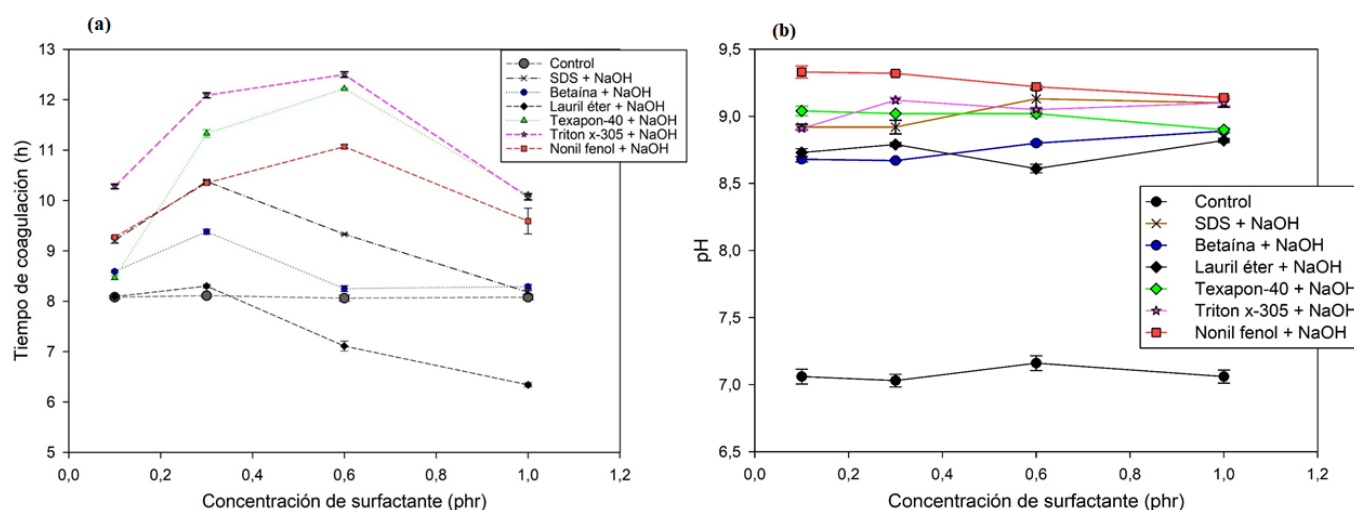


Figura 4. (a) Efecto del tiempo de coagulación del NRL con cada una de las mezclas de estabilizadores con respecto al tiempo de coagulación, (b) Medición del pH del NRL estabilizado a diferentes concentraciones de surfactante en combinación con NaOH.

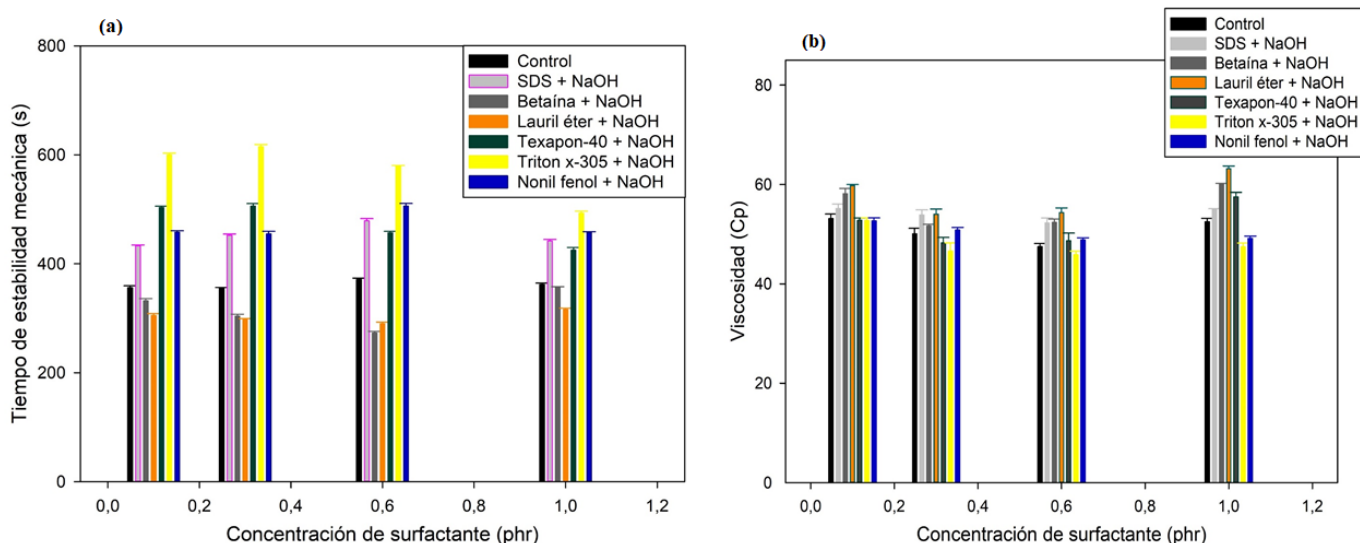


Figura 5. (a) Tiempo de estabilidad mecánica del NRL tratado con surfactantes en combinación con NaOH y látex de control, (b) Viscosidad del NRL tratado con surfactantes en combinación con NaOH.

4.3.4. Preservación prolongada con NaOH y aceite de palma

En el ensayo de una a dos semanas, el NaOH a 0,3 phr mantuvo el látex sin coagulación durante aproximadamente 15 días. La mezcla con aceite de palma en exceso y NaOH alcanzó cerca de 12 días, mientras que la formulación aceite de palma NaOH en relación 1 a 3 conservó el material alrededor de 8 días. El aceite de palma sin NaOH no mejoró el comportamiento del control porque no formó una dispersión homogénea ni aportó la alcalinidad necesaria.

La saponificación generó especies aniónicas que pueden adsorberse sobre las partículas de caucho. La cadena hidrocarbonada se asocia con la fase apolar y el grupo carboxilato queda orientado hacia el agua, aumentando la densidad de carga y la separación entre partículas. Esta combinación de estabilización electrostática y estérica explica por qué la mezcla saponificada superó al aceite sin transformar. El exceso de aceite prolongó el tiempo de preservación, pero también aumentó la viscosidad y redujo la estabilidad mecánica con el almacenamiento.

Todos los tratamientos alcalinos iniciaron con valores de pH cercanos a 12 y mostraron una disminución progresiva. Al día 15, el NaOH presentó un pH de $8,95 \pm 0,22$ y Biostar BK un pH de $8,52 \pm 0,02$. La caída puede relacionarse con la formación continua de ácidos grasos volátiles y con reacciones de los iones hidroxilo y carboxilato con Mg^{2+} , Ca^{2+} y otros iones presentes en el látex. La formación de jabones metálicos o hidróxidos insolubles consume especies estabilizantes y puede comprimir la doble capa (Gan & Ting, 1993).

Tabla 2. Propiedades de los tratamientos seleccionados al último día de evaluación

Parámetro	AP + NaOH día 7	AP en exceso + NaOH día 11	NaOH día 15	Biostar BK día 15
pH	$7,24 \pm 0,22$	$6,85 \pm 0,17$	$8,95 \pm 0,22$	$8,52 \pm 0,02$
MST s	$888 \pm 1,58$	$730 \pm 1,41$	$667 \pm 1,23$	$1246 \pm 1,51$
Viscosidad cP	$56,88 \pm 0,83$	$59,15 \pm 0,40$	$59,79 \pm 0,56$	$59,94 \pm 0,23$
DRC % p/p	$36 \pm 0,324$	$36 \pm 0,143$	$38 \pm 0,35$	$37 \pm 0,318$
TSC % p/p	$39 \pm 0,221$	$39 \pm 0,945$	$41 \pm 0,42$	$40 \pm 0,497$
Densidad g cm ³	$0,945 \pm 0,005$	$0,924 \pm 0,024$	$0,952 \pm 0,001$	$0,961 \pm 0,003$

La estabilidad mecánica aportó una diferencia importante entre tratamientos. El control se mantuvo entre 400 y 500 s, mientras que el NaOH conservó 667 s después de 15 días, dentro del intervalo de 600–1200 s utilizado como referencia práctica. Biostar BK alcanzó 1246 s al día 15. La mezcla con aceite de palma y NaOH presentó 888 s al día 7 y la formulación con exceso de aceite, 730 s al día 11. Por tanto, el NaOH fue la alternativa experimental que mejor equilibró duración y resistencia a la cizalla, aunque el producto comercial mantuvo una estabilidad mecánica superior. En cuanto a la viscosidad, esta aumentó moderadamente durante el almacenamiento. Al último día de cada tratamiento, los valores se situaron entre 56,88 y 59,94 cP. Esta variación es relevante porque el aumento excesivo de viscosidad dificulta el bombeo, la mezcla y la formación de películas. El comportamiento del NaOH fue favorable: mantuvo la viscosidad relativamente estable

hasta el octavo día y terminó con un valor comparable al del preservante de referencia. La relación inversa observada entre viscosidad y estabilidad mecánica coincide con la tendencia del caucho natural a endurecerse durante el almacenamiento (Maláč, 2011).

Finalmente, los contenidos de caucho seco y sólidos totales fueron ligeramente menores en las muestras preservadas que en el control. El control presentó 45 % de caucho seco y 48 % de sólidos totales; los tratamientos seleccionados registraron 36–38 % y 39–41 %, respectivamente. La disminución se atribuye a la incorporación de soluciones acuosas y componentes volátiles que no forman parte del caucho. Las diferencias también pueden reflejar la variabilidad del material biológico por clon, clima, edad del árbol y régimen de sangría (Le Roux et al., 2000).

Por otra parte, las curvas temporales permiten matizar la comparación de los tratamientos. Entre los días 3 y 7, el sistema AP + NaOH disminuyó de 1422 a 888 s de MST; la formulación con exceso de aceite pasó de 1610 s en el día 3 a 1414 s en el día 7 y 730 s en el día 11. El Biostar BK presentó 1832, 1845, 1550 y 1246 s en los días 3, 7, 11 y 15, respectivamente. En todos estos casos la tendencia final fue descendente, aunque el producto comercial mantuvo los valores más altos. El NaOH conservó 667 s al día 15, todavía dentro del intervalo práctico de 600–1200 s. Por tanto, una respuesta inicial elevada no garantizó estabilidad sostenida: el criterio más útil fue conservar un MST aceptable durante todo el almacenamiento.

Las gráficas de la Figura 6 también mostraron que el pH descendió de manera continua. En AP + NaOH pasó de $9,89 \pm 0,10$ al día 3 a $7,24 \pm 0,22$ al día 7; con exceso de aceite disminuyó de $11,63 \pm 0,14$ a $6,85 \pm 0,17$ al día 11; con NaOH cayó de $12,40 \pm 0,12$ a $8,95 \pm 0,22$ al día 15; y con Biostar BK, de $12,12 \pm 0,14$ a $8,52 \pm 0,02$. La pérdida de alcalinidad ocurrió en paralelo con la reducción del MST y se explica por la producción de ácidos grasos volátiles y el consumo de OH^- y carboxilatos en presencia de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Gan & Ting, 1993). El exceso de aceite prolongó la coagulación, pero no evitó la caída del pH ni de la resistencia mecánica, lo que señala que la cantidad de fase lipídica debe optimizarse y no simplemente maximizarse.

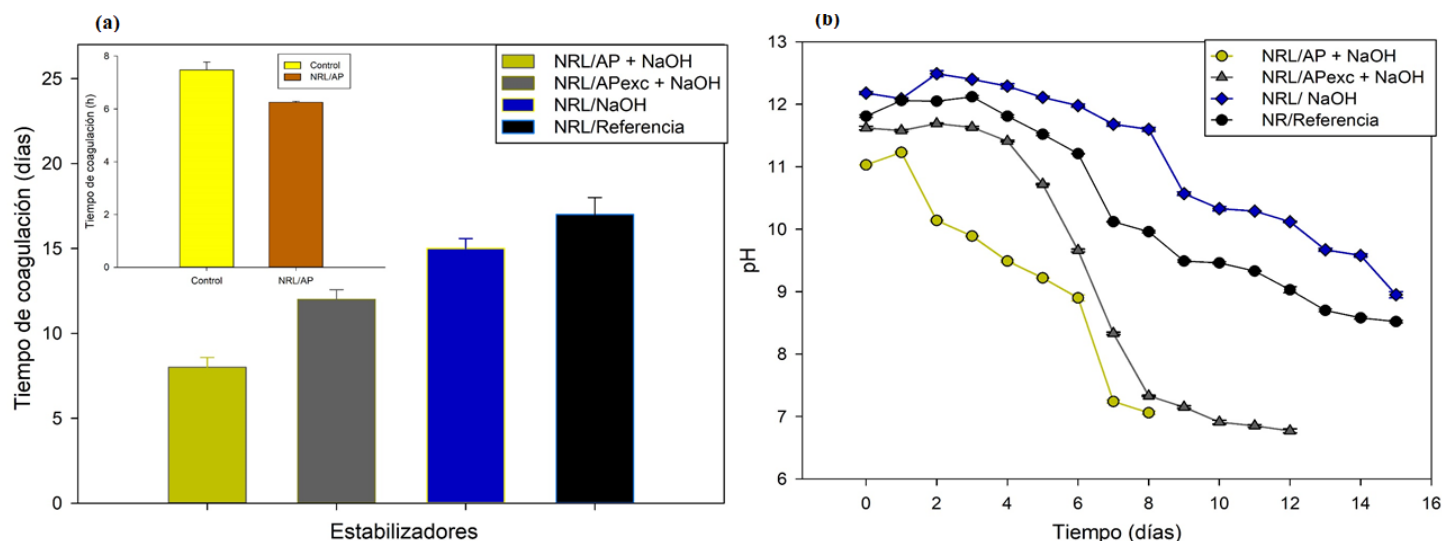


Figura 6. (a) Efecto del tiempo de coagulación del NRL con cada uno de los estabilizadores con respecto al tiempo de almacenamiento, (b) Medida de la influencia del pH del NRL estabilizados tras el almacenamiento de una a dos semanas.

La viscosidad presentada en la Figura 7 evolucionó en sentido opuesto al MST. En AP + NaOH aumentó de 55,80 a 56,88 cP; en la formulación con exceso de aceite, de 58,19 a 59,15 cP; con NaOH, de 57,42 a 59,79 cP; y con Biostar BK, de 55,74 a 59,94 cP. Aunque los incrementos fueron moderados, la relación entre mayor viscosidad y menor estabilidad mecánica sugiere un avance de la estructuración y agregación durante el almacenamiento. Desde el punto de vista industrial, esta lectura es relevante porque un látex más viscoso exige mayor energía de bombeo y mezclado y puede alterar el espesor de las películas obtenidas por inmersión (Maláč, 2011).

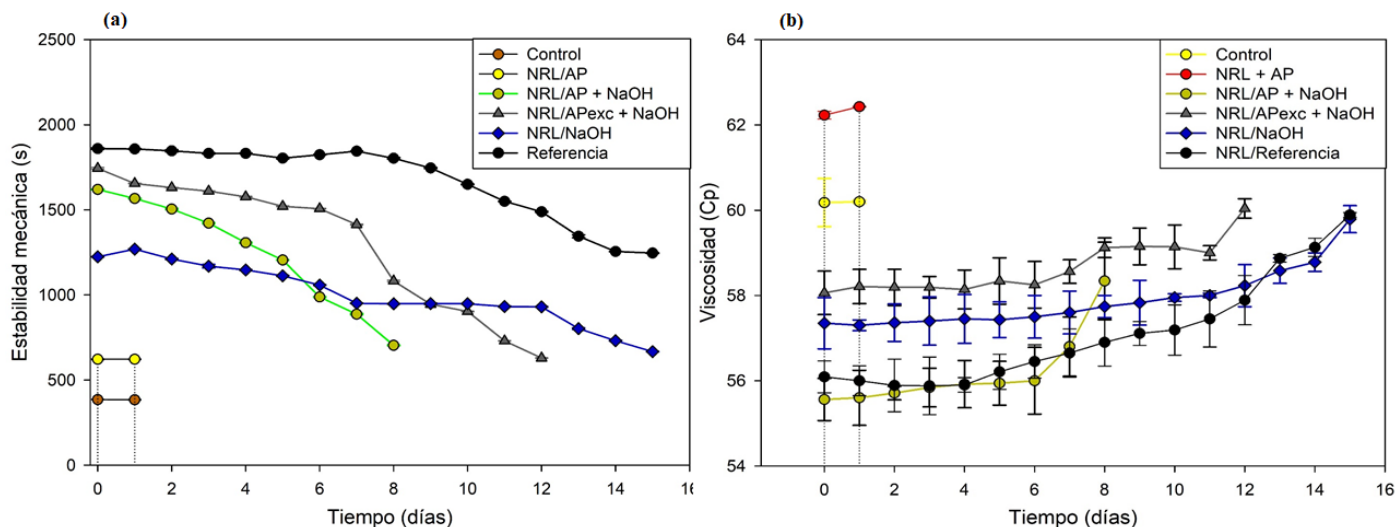


Figura 7. (a) Medición de la prueba de estabilidad mecánica del NRL con diferentes estabilizadores tras un almacenamiento de una a dos semanas, (b) Medición de la viscosidad del NRL.

La Tabla 3 presenta una síntesis comparativa de los principales resultados obtenidos a partir de las gráficas y de su correspondiente interpretación, considerando el efecto de los biocidas, los surfactantes, la combinación de surfactantes con NaOH y las estrategias orientadas al almacenamiento prolongado. En términos generales, los resultados muestran que los biocidas lograron retrasar la acidificación, aunque sin evitarla completamente; asimismo, la reducción de la tensión superficial mediante surfactantes no garantizó por sí sola una estabilidad adecuada del sistema. En contraste, la incorporación de NaOH, particularmente en condiciones de almacenamiento prolongado, favoreció la retención de la alcalinidad y permitió alcanzar los mayores tiempos de estabilidad experimental, con aproximadamente 15 días y un MST de 667 s. Por tanto, como se resume en la Tabla 3, la alcalinidad constituye un factor más determinante para la estabilidad sostenida que la actividad antimicrobiana o interfacial evaluada de manera independiente.

Tabla 3. Síntesis de los resultados derivados de las gráficas y su interpretación

Comparación	Resultado gráfico	Interpretación	Implicación práctica
Biocidas	Control: 8 h; incremento: ≈ 5 h	La acción antimicrobiana retrasó, pero no evitó, la acidificación.	Insuficiente para preservación prolongada.
Surfactantes	Tensión superficial: 102 a 62 mN/m; Triton X-305: MST ≈ 550 s	La actividad interfacial no aseguró repulsión suficiente entre partículas.	No seleccionar solo por tensión superficial o viscosidad.
Surfactante + NaOH	SDS/NaOH: ≈ 11 h y pH $8,7 \pm 0,3$; viscosidades < 100 cP	La alcalinidad reforzó la carga superficial y el MST.	Mecanismo promisorio, aún de corta duración.
Almacenamiento prolongado	NaOH: ≈ 15 días y MST 667 s; AP en exceso + NaOH: ≈ 12 días	La retención de alcalinidad explicó mejor la estabilidad sostenida.	NaOH ofreció el mejor equilibrio experimental.

4.4. Implicaciones y limitaciones

Los resultados establecen que la preservación eficaz exige controlar simultáneamente la microbiología, el pH y la interfaz partícula agua. La acción antimicrobiana de creolina y metilparabeno fue insuficiente si no se acompañó de un mecanismo de estabilización superficial. Los surfactantes aportaron protección interfacial, pero no evitaron la acidificación cuando se emplearon solos. El NaOH actuó en ambos niveles: creó un medio menos favorable para el crecimiento microbiano y promovió la formación de grupos aniónicos capaces de estabilizar las partículas.

La saponificación de aceite de palma ofrece una vía de interés porque utiliza una materia prima vegetal y genera surfactantes in situ. No obstante, la formulación requiere optimización. Un exceso de aceite puede aumentar la viscosidad y disminuir la resistencia

mecánica, mientras que concentraciones muy altas de NaOH pueden degradar el látex. Por ello, la elección de la dosis debe equilibrar la retención de alcalinidad, la estabilidad mecánica y la procesabilidad, en lugar de maximizar únicamente el tiempo antes de la coagulación.

El estudio utilizó procedimientos adaptados a condiciones de campo y determinaciones por duplicado. Estos datos permiten comparar tendencias entre formulaciones, pero no sustituyen la validación con equipos normalizados, un diseño estadístico con mayor número de réplicas, recuentos microbiológicos durante el almacenamiento y ensayos sobre las propiedades del caucho final. También debe evaluarse la citotoxicidad, la biodegradabilidad y el desempeño de las formulaciones durante el transporte y la concentración industrial.

4.5. Conclusiones

La preservación del látex de caucho natural no dependió únicamente de inhibir el crecimiento microbiano. La capacidad para mantener el pH y la carga superficial de las partículas fue decisiva. La creolina y el metilparabeno extendieron el tiempo de coagulación alrededor de 5 h respecto del control, pero no alcanzaron una duración de interés industrial.

Los surfactantes aislados redujeron la tensión superficial y, a bajas concentraciones, mejoraron de forma limitada la estabilidad coloidal. Sin embargo, su aumento de concentración afectó la viscosidad y la estabilidad mecánica. Triton X 305 y nonilfenol fueron los más favorables del grupo, aunque ninguno sostuvo la preservación sin control de la alcalinidad.

El NaOH a 0,3 phr fue el tratamiento experimental con el mejor equilibrio global. Conservó el látex durante aproximadamente 15 días, mantuvo un pH de $8,95 \pm 0,22$ y registró $667 \pm 1,23$ s de estabilidad mecánica al día 15. La mezcla con exceso de aceite de palma y NaOH prolongó la preservación cerca de 12 días, lo que respalda el mecanismo de estabilización asociado con la saponificación y la formación de carboxilatos.

El sistema comercial Biostar BK conservó una estabilidad mecánica superior, pero los resultados obtenidos con NaOH y aceite de palma justifican continuar su optimización como alternativas de menor costo. Los estudios posteriores deben definir la relación óptima entre aceite y base, comprobar la reproducibilidad con diferentes lotes de látex y evaluar las propiedades mecánicas, la seguridad y la calidad del caucho producido.

Referencias

- Blackley, D. C. (1997). *Polymer latices*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5848-0>
- Chern, C. S., Lin, S. Y., Chen, L. J., & Wu, S. C. (1997). Emulsion polymerization of styrene stabilized by mixed anionic and nonionic surfactants. *Polymer*, 38(8), 1977–1984. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(96\)00708-2](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(96)00708-2)
- Gan, S. N., & Ting, K. F. (1993). Effect of treating latex with some metal ions on storage hardening of natural rubber. *Polymer*, 34(10), 2142–2147. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(93\)90742-S](https://doi.org/10.1016/0032-3861(93)90742-S)
- Grosso Rodríguez, E. H., & Campillo Velasco, J. D. (2020). *Protocolo para el manejo, operación y puesta en marcha del centro de beneficio colectivo de caucho – CBC para la producción de lámina TSR-L*. Comité de Caucheros de El Doncello.
- Intapun, J., Sainte-Beuve, J., Bonfils, F., Tanrattanakul, V., Dubreucq, E., & Vaysse, L. (2010). Effect of microorganisms during the initial coagulum maturation of Hevea natural rubber. *Journal of Applied Polymer Science*, 118(3), 1341–1348. <https://doi.org/10.1002/app.32331>
- Kumarn, S., et al. (2018). Investigating the mechanistic and structural role of lipid hydrolysis in the stabilization of ammonia-preserved Hevea rubber latex. *Langmuir*, 34(43), 12730–12738. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b02321>
- Lee, S. Y., Heng, Y. X., Ling, Y. T. Q., Ang, D. T. C., & Mok, K. L. (2021). Non-cytotoxic palm-based polymeric surfactant as a green stabilizer in natural rubber latex. *Journal of Rubber Research*, 24(3), 423–433. <https://doi.org/10.1007/s42464-021-00111-w>

- Le Roux, Y., Ehabe, E., Sainte-Beuve, J., & Nkengafac, J. (2000). Seasonal and clonal variations in the latex and raw rubber of *Hevea brasiliensis*. *Journal of Rubber Research*, 3(3), 142–156.
- López-Esparza, R., Balderas Altamirano, M. A., Pérez, E., & Gama Goicochea, A. (2015). Importance of molecular interactions in colloidal dispersions. *Advances in Condensed Matter Physics*, 2015, 683716. <https://doi.org/10.1155/2015/683716>
- Maláč, J. (2011). Mooney viscosity, Mooney elasticity and processability of raw natural rubber. *Journal of Materials Science and Engineering with Advanced Technology*, 3(1), 67–87.
- Muñoz, M., Rodríguez, A., Graciani, M. D. M., & Moyá, M. L. (2004). Conductometric, surface tension, and kinetic studies in mixed SDS Tween 20 and SDS SB₃ 12 micellar solutions. *Langmuir*, 20(25), 10858–10867. <https://doi.org/10.1021/la048247n>
- Nawamawat, K., Sakdapipanich, J. T., & Ho, C. C. (2010). Effect of deproteinized methods on the proteins and properties of natural rubber latex during storage. *Macromolecular Symposia*, 288(1), 95–103. <https://doi.org/10.1002/masy.201050212>
- New York State Department of Health. (2004). *The facts about ammonia*.
- Pendle, T. D., & Gorton, A. D. T. (1978). The mechanical stability of natural rubber latexes. *Rubber Chemistry and Technology*, 51(5), 986–1005. <https://doi.org/10.5254/1.3535784>
- Promhuad, K., & Smitthipong, W. (2020). Effect of stabilizer states solid versus liquid on properties of stabilized natural rubbers. *Polymers*, 12(4), 741. <https://doi.org/10.3390/polym12040741>
- Salomez, M., et al. (2014). Micro-organisms in latex and natural rubber coagula of *Hevea brasiliensis* and their impact on rubber composition, structure and properties. *Journal of Applied Microbiology*, 117(4), 921–929. <https://doi.org/10.1111/jam.12556>

- Walsh, D. J., Livinghouse, T., Goeres, D. M., Mettler, M., & Stewart, P. S. (2019). Antimicrobial activity of naturally occurring phenols and derivatives against biofilm and planktonic bacteria. *Frontiers in Chemistry*, 7, 653. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00653>
- Wang, T., et al. (2015). Novel nonammonia preservative for concentrated natural rubber latex. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(15), 41749. <https://doi.org/10.1002/app.41749>



EDITORIAL
MUNDO INTERDISCIPLINARIO

Ciencia, innovación y sociedad:

investigaciones interdisciplinarias
para los desafíos contemporáneos

Autores:

Enna Alexandra Valderrama Cardona
Alexandra Forero Mendoza
Dora Lilia Garrido Hurtado
Verenice Sanchez Castillo
Libardo Ramón Polania
Carlos Alberto Gomez Cano
José Alirio Bermeo Vargas
Angela Mariana Diaz Albarán
Juan David Popov Zanabria
Paola Villegas-Guzman
Mauricio Espitia-Sibaja
Javier Silva-Agreto
Carlos Arturo Rios Prada

Compilador:

Alain Fitzgerald Castro Alfaro

ISBN

978-628-97906-6-5

