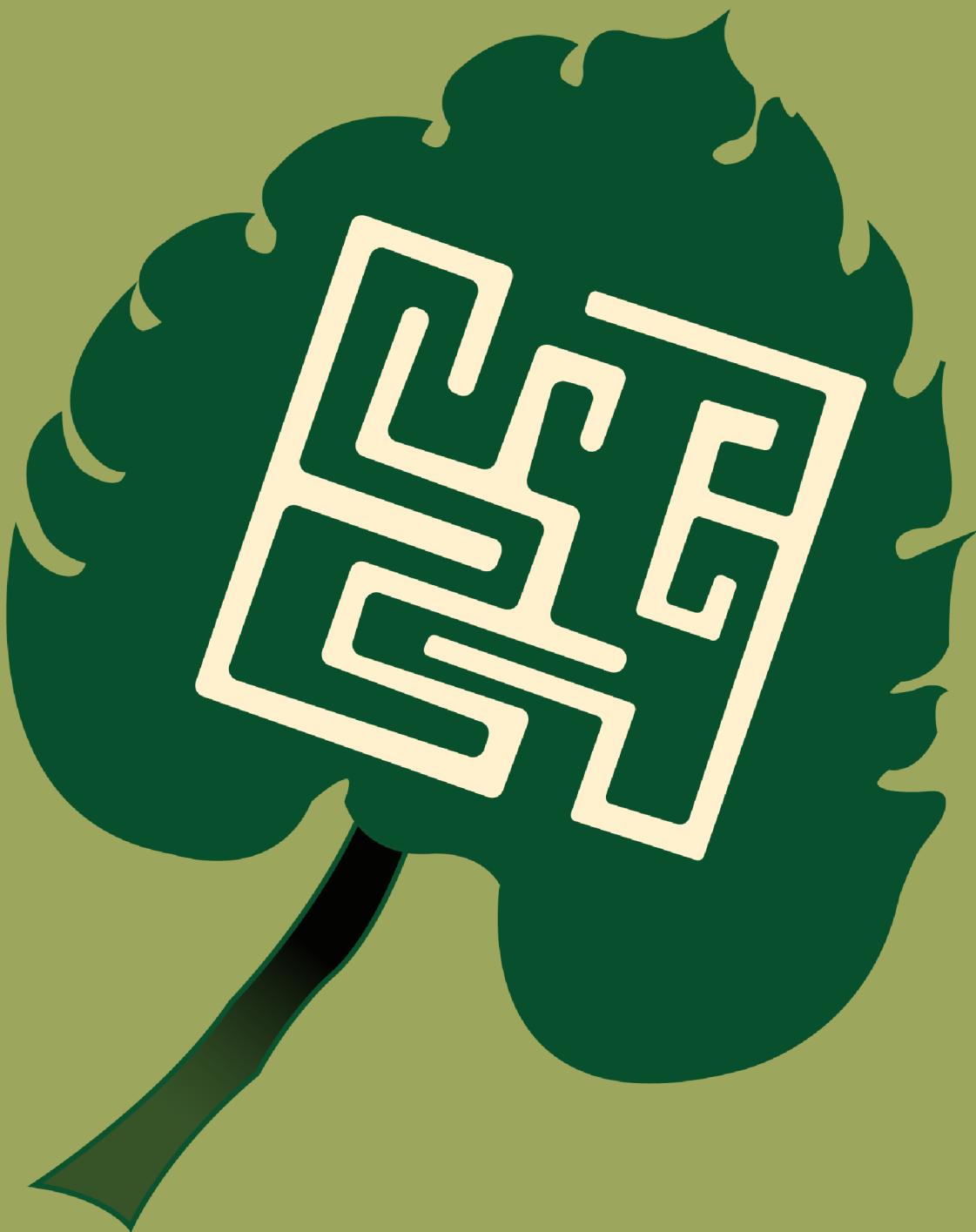


Complejidad y sostenibilidad

Estudio de casos
sobre turismo,
educación,
salud y
producción



Editor. Óscar Rafael Tinoco Gómez

Complejidad y sostenibilidad

Estudio de casos
sobre turismo,
educación,
salud y
producción

Karen Andrea Álava Chichanda
Paola Gabriela Álava Chichanda
Nancy Elizabeth Barreda de Miranda
Betsy Katherine Cambindo Quiñónez
Manuel Enrique Gonzales Aparicio
Ronald Javier Muñante Valle
Domingo Hussein Pacheco Alvaro
Edison Johny Quevedo Zambrano
Karenth Elena Ramírez Álvarez
Jorge Luis Roca Becerra
Juan Manuel Sheput Moore
María Margoth Solórzano Vera
Óscar Rafael Tinoco Gómez
Jessica Gisell Valdivia Cuentas
Julio Douglas Vergara Trujillo

Editor. Óscar Rafael Tinoco Gómez

Complejidad y sostenibilidad

Estudio de casos sobre
turismo,
educación, salud
y producción

Autores:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| © Karen Andrea Álava Chichanda | © Karenth Elena Ramírez Álvarez |
| © Paola Gabriela Álava Chichanda | © Jorge Luis Roca Becerra |
| © Nancy Elizabeth Barreda de Miranda | © Juan Manuel Sheput Moore |
| © Betsy Katherine Cambindo Quiñónez | © María Margoth Solórzano Vera |
| © Manuel Enrique Gonzales Aparicio | © Óscar Rafael Tinoco Gómez |
| © Ronald Javier Muñante Valle | © Jessica Gisell Valdivia Cuentas |
| © Domingo Hussein Pacheco Alvaro | © Julio Douglas Vergara Trujillo |
| © Edison Johny Quevedo Zambrano | |

Editado por :

- © Óscar Rafael Tinoco Gómez
Calle El Abutilon 3881, Urb. Las Palmeras - Los Olivos. Lima - Perú
otinocog@unmsm.edu.pe

Diagramación de texto, maquetación y diseño:

- © Carlos Alberto Vega Vidal

Hecho el depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-12921

Primera edición digital, Noviembre 2025

ISBN: 978-612-03-1728-0

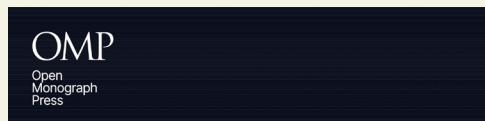
Libro electrónico disponible en: <http://librosctscafe.ctscafe.pe/>

Contenido

Introducción	6
Desafíos de la educación superior en Ecuador y Perú en la era de la complejidad.	8
Challenges of higher education in Ecuador and Peru in the age of complexity	8
Juan Manuel Sheput Moore	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
María Margoth Solórzano Vera	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Betsy Katherine Cambindo Quiñónez	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Edison Johny Quevedo Zambrano	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Caso de estudio del cáñamo industrial (<i>Cannabis sativa L.</i>) en Perú en la era de la complejidad.	28
Case study of industrial hemp (<i>Cannabis sativa L.</i>) in Peru in the era of complexity.	28
Domingo Hussein Pacheco Álvaro	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Nancy Elizabeth Barreda de Miranda	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Jorge Luis Roca Becerra	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Revisión crítica de los estudios sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural en las Isla Galápagos: un enfoque desde la teoría de la complejidad	66
Critical review of studies on the impact of tourism on environmental and cultural sustainability in the Galapagos Islands: a complexity theory approach	66
Karen Andrea Álava Chichanda	
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí	Manuel Félix López
Paola Gabriela Álava Chichanda	
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí	Manuel Félix López
Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	

El sistema de salud peruano desde el enfoque de la complejidad: interacciones, trayectorias y dinámicas emergentes	81
The Peruvian health system from a complexity perspective: interactions, trajectories, and emerging dynamics	81
Julio Douglas Vergara Trujillo	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Ronald Javier Muñante Valle	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Eficiencia adaptativa en sistemas complejos de alimentación de cuyes destetados intensivos	91
Adaptive efficiency in complex feeding systems for intensively weaned guinea pigs	91
Manuel Enrique Gonzales Aparicio	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Karenth Elena Ramírez Álvarez	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Jessica Gisell Valdivia Cuentas	
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	
Sobre los autores	102

Este libro ha sido sometido a una rigurosa revisión por pares por expertos en el campo por medio del sistema



Agradecemos a los revisores por sus valiosos comentarios y sugerencias, que han contribuido a la calidad final de esta publicación científica

Libro para descarga disponible en <https://librosctscafe.ctscafe.pe/index.php/1>

Introducción

En los últimos treinta años se ha desarrollado un intenso debate sobre la percepción del mundo en que vivimos, se ha filosofado en un contexto cada vez más complejo y que escapa a una sola visión. Diferentes perspectivas se han sucedido. Por ejemplo, el positivismo, Ramos (2014) postula una “realidad absoluta y medible” para el post-positivismo, “la relación entre investigador y fenómeno de estudio debe ser controlada, puesto que no debe influir en la realización del estudio”. Desde entonces se han venido desarrollando paradigmas científicos en paralelo al pensamiento filosófico.

El seguimiento del proceso de evolución de los paradigmas científicos revela que estos permitieron aproximar e integrar las ciencias físicas y matemáticas con las sociales. Un punto de quiebre, en su tiempo, fue el aportado por Max Planck, en 1900, con la teoría de los quanta. Según ella, la radiación es absorbida o emitida por un cuerpo caliente no bajo la forma de ondas, sino por medio de pequeños “paquetes” de energía, bajo forma de múltiplos enteros de una cantidad mínima básica denominada quantum. Esto es continuado por físicos notables, como N. Bohr, E. Schrodinger, W. Pauli, L. de Broglie, entre otros.

En dicho proceso se descubre que las unidades subatómicas poseen una naturaleza dual, pues dependiendo de cómo sean observadas, se presentan como partículas (materia) o como ondas (energía); esto derrumba definitivamente el principio aristotélico por el cual cualquier cosa solo puede ser ella misma (A solo puede ser A). Hegel ya había cuestionado este principio desde la perspectiva filosófica, pero ahora era presentada la comprobación empírica: A puede ser tanto A como no-A.

A principios del presente siglo se han sentado las bases del denominado “pensamiento complejo”. Teniendo como principales exponentes a Morin, desde Europa, y varios filósofos latinoamericanos (Barberouse y Platas, entre otros). Se reconoce como cimientos de este pensamiento a la teoría cibernetica, las teorías de la información, teoría de sistemas, los sistemas complejos adaptativos, entre otros las fuentes principales del pensamiento complejo son: teoría de sistemas, los sistemas complejos adaptativos, dinámica no lineal, teoría cibernetica, teorías de la información y comunicación, el legado piagetiano, la teoría del no equilibrio y la teoría del caos, entre otras.

El desarrollo de la ingeniería en el actual contexto debe contemplar no solamente el ingenio y la creatividad sino también la innovación, la preservación del ambiente, la sostenibilidad. Tanto en el ejercicio profesional como en el aspecto de las pesquisas se impone la multidisciplinariedad, el trabajo en equipo y el abordaje de la incertidumbre

En un mundo globalizado, con un desarrollo exponencial de las tecnologías de la comunicación, el pensamiento complejo tiene una creciente aceptación, a partir de las formulaciones de Edgar Morin, convergentes con las de Humberto Maturana (Chile) y Prigogine. Por su parte, Edgar Serna M. un ingeniero e investigador colombiano realiza un importante llamamiento en el proceso formativo de los ingenieros. Incorporación de una visión holística frente a una realidad global signada por el avance vertiginoso de las tecnologías de la comunicación y la necesidad de integrar al pensamiento complejo en la formación de los ingenieros, “como principio de innovación y de análisis”.

Finalmente, es pertinente señalar que las investigaciones contenidas en este libro son una muestra de la aplicación del pensamiento complejo a diversas situaciones, con un enfoque muy relacionado con la teoría de sistemas, tan cercano al de la ingeniería y las ciencias empresariales.

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez

Docente Unidad de PosGrado FII

Octubre 2025

Desafíos de la educación superior en Ecuador y Perú en la era de la complejidad.

Challenges of higher education in Ecuador and Peru in the age of complexity

Juan Manuel Sheput Moore

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

María Margoth Solórzano Vera

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Betsy Katherine Cambindo Quiñónez

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Edison Johny Quevedo Zambrano

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

La educación superior en América Latina en general y en Ecuador y Perú en particular se ha visto enfrentada a una serie de cambios dramáticos como consecuencia de la irrupción de las tecnologías de la información, la globalización, las tendencias que han modificado nuestro sistema de usos y costumbres (rol de la mujer, envejecimiento de la población, la educación permanente, etcétera) y los eventos propios que afectan la marcha del mundo como el cambio climático y la migración, entre otros. Los desafíos por tanto no son exclusivamente de orden tecnológico. Sin embargo, para efecto de esta investigación focalizaremos nuestro accionar en la vertiente tecnológica-educativa, aquella referida al papel que juegan los avances de la tecnología (desde internet hasta la inteligencia artificial) así como el rol de las autoridades en cuanto a la provisión de infraestructura educativa, el rol del profesor y los contenidos educativos actualizados. Los resultados son propuestas inmediatas que buscan proponer acciones inmediatas y mediáticas para alcanzar una universidad adaptable a la era de la complejidad.

Palabras clave: Sistema de educación superior/ Era de la complejidad/ Revolución industrial 5.0/ Leyes orgánicas de educación superior.

Latin America higher education in general and in Ecuador and Peru in particular, has been faced with a series of dramatic changes as a consequence of the emergence of information technologies, globalization, trends that have modified our system of uses and customs (role of women, aging of the population, continuing education, etc.) and the events that affect the progress of the world such as climate change and migration among others. The challenges are therefore not exclusively technological. However, for the purpose of this research we will focus our actions on the technological-educational aspect, that referring to the role pla-

yed by technological advances (from the internet to artificial intelligence) as well as the role of authorities in terms of the provision of infrastructure educational, the role of the teacher and updated educational content. The results are immediate proposals that seek to propose immediate and mediate actions to achieve a university adaptable to the age of Ccomplexity.

Keywords: Higher education system/ Age of complexity/ Industrial revolution 5.0/ Organic laws of higher education.

Introducción

La educación superior en América Latina atraviesa una etapa de transformación profunda, marcada por la convergencia de crisis globales, transformaciones ideológicas, cambios socioculturales y nuevas demandas del conocimiento. Como advierte Edgar Morin (1999), vivimos en la era de la complejidad, donde las respuestas simples no son suficientes para comprender ni abordar los problemas que afectan a las instituciones universitarias. En este marco, países como Ecuador y Perú enfrentan desafíos comunes, pero también particularidades históricas, institucionales y territoriales que requieren un análisis crítico y contextualizado.

Autores como Boaventura de Sousa Santos (2010) han señalado la necesidad de superar los monocultivos epistemológicos que limitan el desarrollo universitario en América Latina. Las tensiones entre modelos centralizados de regulación y una creciente necesidad de flexibilidad, inclusión y pertinencia territorial, hacen evidente que las universidades deben convertirse en espacios para la construcción de saberes diversos y comprometidos con la transformación social.

A esto hay que añadir los marcados cambios estructurales, sociales y tecnológicos que impactan profundamente el funcionamiento y propósito de la educación superior. Los retos significativos derivados de la irrupción de las tecnologías de la información, el avance de la globalización y transformaciones socioculturales como la redefinición del rol de la mujer, el envejecimiento de la población y la necesidad de una educación continua a lo largo de la vida. A ello se suman fenómenos globales como el cambio climático y los flujos migratorios, que complejizan aún más el panorama educativo.

Las leyes de la educación superior por otra parte, han desempeñado un papel fundamental en las garantías de un acceso equitativo, una calidad académica sostenida y una formación profesional pertinente, alineada con las necesidades sociales y productivas de cada país. Estas normativas establecen los lineamientos que regulan el funcionamiento del sistema de educación superior, incluyendo la creación, supervisión y acreditación de instituciones, así como los derechos y deberes de estudiantes, docentes e investigadores (Del-Castillo, 2023).

Sin embargo, los avances normativos, como la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) en Ecuador y la Ley Universitaria N.º 30220 en Perú, no han logrado superar plenamente las brechas estructurales ni garantizar la sostenibilidad de los sistemas universitarios. Persisten desigualdades en el acceso, brechas regionales, diferencias entre universidades públicas y privadas, y una limitada capacidad institucional para responder a las demandas contemporáneas de transformación digital, inclusión social y vinculación con el territorio.

Desde la perspectiva de la complejidad, se plantea que no basta con aplicar reformas técnicas o administrativas; es necesario adoptar enfoques sistémicos, transdisciplinarios y estratégicos que reconozcan la interdependencia de factores sociales, económicos, ambientales y tecnológicos. Este artículo propone un análisis comparativo entre los sistemas de educación superior en Ecuador y Perú, a partir del enfoque de la complejidad, incorporando el papel de las tecnologías emergentes —como la inteligencia artificial—, la innovación pedagógica, la vigilancia epistemológica y la construcción de futuros posibles.

La hipótesis central plantea que una universidad que integra estratégicamente la tecnología, promueve una cultura organizacional adaptativa, y se apoya en políticas públicas innovadoras, estará en mejor posición para enfrentar los desafíos de la era de la complejidad. A partir de esta base, el artículo analiza los marcos normativos, los avances institucionales y las limitaciones estructurales que atraviesan ambos países, y ofrece una visión crítica sobre cómo transitar hacia modelos universitarios más resilientes, inclusivos y pertinentes.

Metodología

El presente estudio se enmarca dentro de un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo-comparativo, con el objetivo de analizar críticamente los desafíos estructurales, normativos y emergentes que enfrenta la educación superior en Ecuador y Perú en la era de la complejidad. Desde una perspectiva epistemológica, se adopta el paradigma interpretativo, que permite comprender los fenómenos educativos en su dimensión contextual, histórica y sociopolítica.

Para el desarrollo del análisis se recurrió a la revisión documental y análisis de contenido de fuentes primarias y secundarias. Se seleccionaron leyes, reglamentos, informes institucionales, estudios académicos y artículos científicos publicados entre 2014 y 2023 relacionados con las políticas públicas universitarias, los marcos normativos nacionales, el aseguramiento de la calidad y la integración de tecnologías emergentes en ambos países.

El corpus documental fue organizado en tres dimensiones de análisis:

- **Marco normativo e institucional** (legislación, organismos de control, procesos de licenciamiento/acreditación).
- **Desafíos estructurales** (acceso, equidad, pertinencia, sostenibilidad).
- **Transformaciones emergentes** (tecnología, complejidad, transdisciplinariidad, innovación educativa).

El análisis se realizó bajo el enfoque de la **perspectiva crítica** y el **paradigma de la complejidad** (Morin, 1999), permitiendo no solo describir los fenómenos observados, sino también identificar tensiones, rupturas y posibilidades de transformación en los modelos universitarios actuales.

Finalmente, se optó por un diseño comparativo no experimental, con unidades de análisis centradas en los sistemas de educación superior de Ecuador y Perú, considerando como criterios de comparación su marco legal, institucionalidad, políticas tecnológicas, y estrategias de adaptación ante escenarios de incertidumbre.

Resultados

En el ámbito Internacional

“Según lo que indica (Castañeda, 2023), en su artículo titulado “La complejidad en la educación superior universitaria”, la importancia de la inclusión de la complejidad en la educación superior universitaria para romper las antiguas ataduras de la educación tradicional. Se explica cómo la complejidad brinda a la educación un enfoque multidisciplinario, produciendo una mejor formación profesional en el estudiante, lo cual permite que este sea competente en un mundo dinámico y complejo.”

“El mundo está experimentando veloces cambios que impregnán todos los horizontes del ser humano, además, las sociedades no escapan a éstos; los avances científicos, tecnológicos y humanos son avasallantes, se desbordan en una era de caos, orden y desorden, en consecuencia, ante estos acontecimientos la realidad educativa está en emergencia, pues en la actualidad se requiere repensar y mirar de modo distinto los fenómenos que emergen y coexisten en el hecho educativo, el cual debe dar respuesta a las exigencias del escenario mundial.

Para comprenderlos en su contexto psico sociohistórico en una era de caos, orden, desorden y complejidad creciente, implica el desarrollo de altas competencias afectivas, intelectuales, sociales, comunicativas, investigativas y sobre todo humanas. Estas virtudes que deben integrarse como un todo, desarrollarse y estar inmersas en el currículo educativo universitario.”

“La evaluación de la calidad y el desempeño de las universidades en el contexto global requiere enfoques multidimensionales que reconozcan la complejidad inherente a la educación superior. El Times Higher Education World University Rankings 2025 utiliza

una metodología basada en cinco grandes áreas: enseñanza, entorno de investigación, calidad de la investigación, internacionalización y vinculación con la industria (Education, 2024, pág. 3).” “Cada área incorpora indicadores específicos, como reputación académica, impacto de citas y colaboración internacional, que se fundamentan en datos institucionales, bibliometría y encuestas globales (Education, 2024, págs. 4-6). Esta aproximación integral permite comparar universidades de distintos países, evidenciando la necesidad de políticas y estrategias complejas para responder a los retos actuales de la educación superior.”

“De acuerdo a lo que nos indica (Lema Balla, 2024), en los últimos años la educación superior ha experimentado diferentes cambios, en cierta medida estableciendo estándares de garantía de calidad, un dilema que la mantiene oscilando entre una tendencia hacia la comercialización de la educación superior y otra hacia la aplicación de educación superior de responsabilidad social en la universidad.”

A continuación, se presenta la Tabla 1. Matriz de análisis de contenido, la cual sintetiza la información clave extraída de diversos artículos seleccionados para el estudio. Esta matriz permite identificar y comparar aspectos fundamentales como el título del artículo, autor(es) y año de publicación, el enfoque teórico adoptado, los impactos analizados, la relación con la teoría de la complejidad y los hallazgos más relevantes. Su propósito es facilitar una visión integral de las contribuciones académicas revisadas y su pertinencia en el marco del análisis complejo.

Tabla N° 1: Matriz de análisis de contenido

Título del artículo	Autor(es) y año	Enfoque teórico	Impactos analizados	Relación con teoría de la complejidad	Hallazgos claves
La complejidad en la educación superior universitaria	Castañeda (2023)	Pedagogía crítica y enfoque multidisciplinario	- Ruptura de modelos tradicionales. - Formación profesional integral.	La complejidad como marco para integrar saberes y adaptarse a dinámicas globales.	La educación multidisciplinaria bajo complejidad mejora la competitividad estudiantil en entornos dinámicos.
Pensamiento complejo y educación superior	Vargas (2020)	Curriculum basado en pensamiento complejo (Morín)	- Renovación curricular. - Desarrollo de competencias docentes.	Vincula pedagogía, didáctica y currículo con principios de interconexión y caos orden.	La formación docente bajo complejidad requiere análisis sistemático de fenómenos educativos y sociales.
Gestión 5.0 en educación superior	Universidad Francisco de Vitoria (2024)	Gestión educativa 5.0 (tecnología + humanismo)	- Integración tecnología-ética. - Florecimiento humano institucional.	La innovación complejidad se manifiesta en la armonización de tecnológica y valores humanísticos	Las universidades deben equilibrar avances técnicos con desarrollo ético para formar líderes conscientes.
Tensiones en educación superior	Lema Balla (2024)	Enfoque crítico de mercantilización vs. responsabilidad social	- Dualidad comercialización vs. impacto social. - Garantía de calidad educativa.	La complejidad explica la coexistencia de lógicas opuestas en sistemas educativos globalizados.	La educación superior oscila entre ser un bien de mercado y un derecho social, requiriendo políticas binacionales e integradoras.
Educación superior y desarrollo nacional	Franco (2018)	Capital humano y competitividad	- Formación de talento humano. - Vinculación universidad-sociedad.	La complejidad se refleja en el rol multidimensional de las universidades como motores de desarrollo.	Las universidades son estratégicas para mejorar la competitividad y calidad de vida, mediante alianzas Ecuador-Perú.

Fuente: Elaboración propia

En el ámbito nacional

“Según (Silva, 2025), la calidad educativa se entiende como un factor determinante en el nivel de educación ofrecido, medido mediante estándares y políticas apoyadas en necesidades sociales. Incluye dimensiones como docencia, investigación, vinculación social, recursos, infraestructura y perfil de egreso. La calidad se evalúa también por la satisfacción estudiantil, la reducción de la deserción y el prestigio institucional.”

“La pedagogía, la didáctica y el currículo constituyen tres elementos esenciales que deben renovarse cada día según las circunstancias, las necesidades sociales y las características que rodean el acto educativo, por ello, la formación docente requiere de profesionales que se preparen con profunda sabiduría bajo la visión del pensamiento complejo, con el fin de que puedan analizar e interpretar las conexiones e interrelaciones subyacentes que se generan de manera global en los hechos y eventos que ocurren en su vida cotidiana, laboral y profesional (Vargas, 2020, pp. 5-15).”

“Según (Universidad Francisco de Vitoria, 2024). La Gestión 5.0 en las universidades es la respuesta al desafío de combinar innovación tecnológica e inteligencia colectiva con el florecimiento humano. Va más allá de integrar tecnología avanzada, enfocándose en el desarrollo humano integral, las relaciones interpersonales y el cultivo de la conciencia.”

Según (Franco, 2018), “la educación superior desempeña un rol muy importante en la formación del “talento humano” por lo que se constituye en un imperativo estratégico para el desarrollo de cualquier país, es por eso que en la actualidad las universidades son reconocidas como un instrumento de desarrollo y están consideradas como un factor clave para incrementar la competitividad y calidad de vida de las poblaciones.”

La complejidad y la revolución 5.0

La Revolución Industrial 5.0 marca un cambio paradigmático al priorizar la colaboración entre humanos y máquinas inteligentes, enfocándose en la personalización, la sostenibilidad y el bienestar social. En el perímetro educativo, esto implica que las diferentes universidades deben ir más allá de la simple digitalización, adoptando modelos pedagógicos centrados en el estudiante, promoviendo la innovación y desarrollando competencias transversales como el pensamiento crítico, la ética digital y la creatividad.

Análisis del sistema de educación superior en Ecuador

Las leyes de educación superior en Ecuador son indispensables para garantizar el acceso equitativo, la calidad académica y la pertinencia de la formación profesional en el país, estas normativas establecen los lineamientos y directrices que rigen el funcionamiento del sistema de educación superior, desde la creación y acreditación de instituciones hasta los derechos y obligaciones de estudiantes y docentes (Del-Castillo, 2023), además, promueven la investigación, la innovación y la vinculación con la sociedad, elementos necesarios para el desarrollo integral del país.

En Ecuador la Ley Orgánica de Educación Superior (2022) señala principalmente:

Art. 351 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Sistema de Educación Superior estará articulado al sistema nacional de educación y al Plan Nacional de Desarrollo; la ley establecerá los mecanismos de coordinación del Sistema de Educación Superior con la Función Ejecutiva. Este sistema se regirá por los principios de autonomía responsable, cogobierno, igualdad de oportunidades, calidad, pertinencia, integralidad, autodeterminación para la producción del pensamiento y conocimiento, en el marco del diálogo de saberes, pensamiento universal y producción científica tecnológica global;

Art. 352 de la Carta Suprema del estado determina que el Sistema de Educación Superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios superiores de música y artes, debidamente acreditados y evaluados. Estas instituciones, sean públicas o particulares, no tendrán fines de lucro.

Art. 353 de la Constitución de la República del Ecuador establece que el Sistema de Educación Superior se regirá por un organismo público de planificación, regulación y coordinación interna del sistema y de la relación entre sus distintos actores con la Función Ejecutiva; y por un organismo público técnico de acreditación y aseguramiento de la calidad de instituciones, carreras y programas, que no podrá conformarse por representantes de las instituciones objeto de regulación.

Art. 356 de la Constitución de la República, entre otros principios establece que será gratuita la educación superior pública de tercer nivel, y que esta gratuidad está vinculada con la responsabilidad académica de las estudiantes y los estudiantes.

En conjunto, estos artículos establecen un marco legal para el Sistema de Educación Superior, promoviendo la autonomía y la participación de todos los actores involucrados que desempeñan roles esenciales en su funcionamiento.

Sistema de Educación Superior Ecuatoriano: principales actores

La LOES (2022) menciona que el sistema de educación superior está compuesto por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), el Consejo de Educación Superior (CES) y el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES).

La misión de la SENESCYT (2024) consiste en liderar y coordinar las políticas públicas en educación superior, ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, trabajando en conjunto con todos los actores del sistema, mediante planes, programas y proyectos que fomenten el acceso igualitario a la educación superior, la formación académica en diversas áreas, el desarrollo del talento humano y la investigación, innovación y transferencia de tecnología.

De acuerdo con Del-Castillo (2023) las atribuciones y responsabilidades de la SENESCYT son:

- Asesorar en políticas de innovación y transferencia de tecnología.
- Acompañar a unidades administrativas en la implementación de políticas.
- Definir lineamientos y políticas en su área de competencia.
- Gestionar la ejecución de programas y proyectos con instituciones vinculadas.
- Fomentar redes de conocimiento nacionales e internacionales.
- Promover la incubación de investigación y el relacionamiento público-privado.
- Liderar la ejecución de convenios en su área de competencia.
- Dar seguimiento a la producción científica y proyectos de investigación.
- Coordinar redes de innovación con actores del sistema nacional.
- Dirigir, monitorear y evaluar la implementación de políticas de innovación.
- Regular la innovación y transferencia de tecnología.
- Aprobar informes y estudios técnicos en su área de competencia.
- Cumplir con las responsabilidades asignadas por superiores.

Por su parte el CES (2024) tiene como razón de ser planificar, regular y coordinar el Sistema de Educación Superior en Ecuador, así como las relaciones entre sus diversos participantes y el gobierno, con el objetivo de asegurar que todos los ciudadanos tengan acceso a una educación superior de calidad que impulse el desarrollo del país.

Para Del-Castillo (2023) los objetivos estratégicos del CES consideran que son:

- Establecer oferta académica técnica y tecnológica pertinente y alineada con las demandas sociales.
- Impulsar políticas y programas de apoyo a la gestión docente, articulados con la normativa nacional.
- Fomentar la investigación técnica para diseñar planes de estudio acordes al desarrollo nacional.
- Mejorar la gestión institucional de las instituciones de educación superior mediante sistemas y modelos organizacionales eficientes.
- Promover la formación profesional diversificada para atender las demandas sociales con soluciones innovadoras.
- Consolidar el Sistema de Educación Superior con la participación de todos los actores para lograr la excelencia académica y profesional, contribuyendo al desarrollo y bienestar del país.

El CACES (2024) por su parte debe liderar y organizar el sistema interinstitucional de aseguramiento de la calidad de la educación superior, promoviendo la participación de todos los actores involucrados en procesos de acompañamiento, evaluación interna y externa, acreditación y cualificación académica, el objetivo es fomentar una cultura

de calidad en las instituciones de educación superior, centrada en el equilibrio entre la docencia, la investigación, la innovación y la vinculación con la sociedad.

La teoría de sistemas complejos ofrece un marco conceptual valioso para comprender fenómenos que involucran múltiples elementos interconectados y dinámicas no lineales. En este contexto, la LOES define un sistema de educación superior complejo, compuesto por la SENESCYT, el CES y el CACES, cada uno con roles y responsabilidades específicas pero interconectados, la SENESCYT lidera las políticas públicas, el CES planifica y coordina el sistema, y el CACES asegura la calidad, las instituciones de educación superior, por su parte, son las encargadas de ejecutar la formación académica y profesional, así como de llevar a cabo actividades de investigación e innovación. Esta interacción se alinea con la teoría de sistemas complejos, donde las acciones de cada actor influyen en el comportamiento del sistema en su conjunto.

Sistemas complejos: conceptos claves

Los sistemas complejos, como los describe Ilcic (2022), son intrincadamente interconectados, donde las interacciones entre sus componentes dan lugar a propiedades emergentes que trascienden las características individuales de cada elemento, no siguen un comportamiento lineal predecible, sino que se adaptan, se autoorganizan y son altamente sensibles a las condiciones iniciales.

Un sistema complejo es aquel en el que su funcionamiento depende de la interacción de múltiples factores interconectados, lo que impide analizarlo como una simple suma de sus partes. En consecuencia, comprender un sistema complejo requiere estudiar las relaciones entre sus componentes y no solo cada elemento de forma aislada (García, 2006).

Para Ospina y Torres (2023) un sistema complejo es un sistema abierto, único en su tipo, que reacciona de manera específica a los estímulos externos, el concepto de "sistema" ha sido abordado desde diversas perspectivas, centrándose en sus elementos, interacciones, propiedades y características distintivas.

De acuerdo con Ilcic (2022) estas son las características de un sistema complejo con las que comúnmente se pueden asociar.

Número de elementos, y relaciones: la complejidad de un sistema no se basa en la cantidad de elementos que lo componen, sino en la cantidad y tipo de interacciones que tienen entre ellos, las relaciones entre los elementos son esenciales para determinar el comportamiento del sistema y deben ser consideradas como unidades mínimas de análisis, ya que son las que definen la naturaleza del sistema y lo distinguen de un simple conjunto de elementos.

Variedad o diversidad: los sistemas complejos se caracterizan por la diversidad de sus componentes, que interactúan entre sí y pueden ser considerados sistemas complejos en sí mismos, formando subsistemas dentro del sistema principal.

Retroalimentación: los elementos de un sistema complejo interactúan entre sí intercambiando materia, energía o información de forma recíproca, creando un acoplamiento entre ellos, esta retroalimentación es modular, ya que los subsistemas más grandes pueden interactuar entre sí y con el entorno a diferentes escalas de tiempo, además, la retroalimentación ocurre tanto internamente dentro de cada subsistema como entre los diferentes subsistemas y entre el sistema y su entorno.

En concordancia con las características de un sistema complejo se entiende que el sistema de educación superior se revela como un sistema complejo debido a la multiplicidad de actores interrelacionados, como las IES, SENESCYT, CES y el CACES, cuyas interacciones definen su naturaleza, la diversidad junto con el flujo bidireccional de información y acciones entre ellos, crea un ciclo de retroalimentación constante que moldea el comportamiento del sistema en su conjunto. Para comprender mejor esta interacción se muestra a continuación una tabla de datos y un diagrama de flujo de acciones y decisiones entre los actores principales.

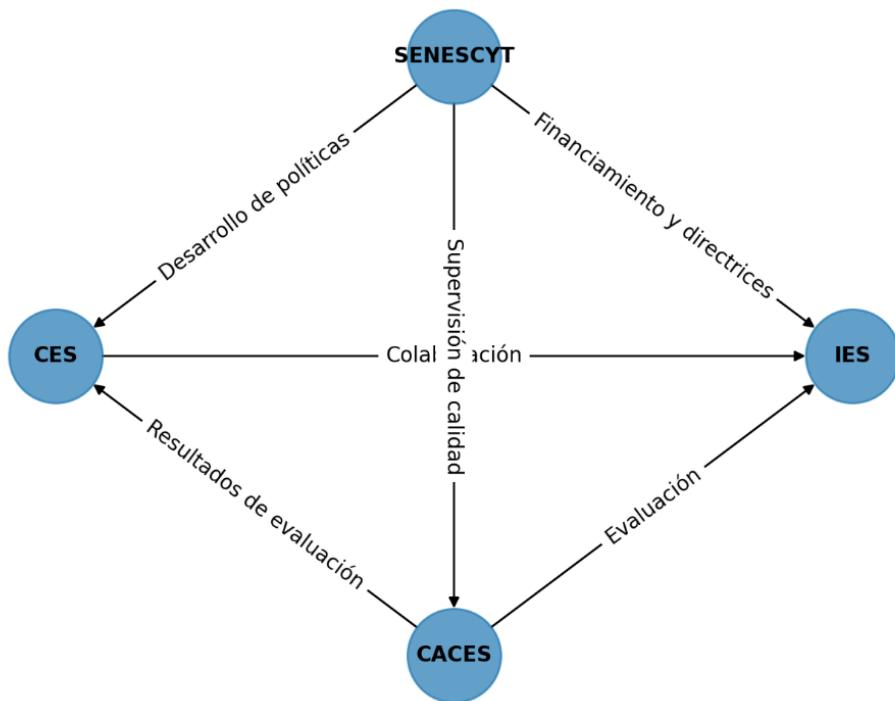
Tabla N° 2: Acciones y decisiones entre los actores principales

Actor	Rol	Interacción con otros actores
IES	Ejecutar formación, investigación e innovación	Recibir financiamiento y directrices de la SENESCYT; someterse a evaluación por parte del CACES; colaborar con el CES en el desarrollo curricular.
SENESCYT	Liderar y coordinar políticas públicas	Definir políticas y asignar recursos; trabajar con el CES para planificar el sistema nacional de educación; supervisar al CACES para garantizar la calidad.
CES	Planificar, regular y coordinar	Establecer directrices para las IES; colaborar con la SENESCYT en el desarrollo de políticas; recibir resultados de evaluación del CACES para informar la planificación.
CACES	Liderar el sistema de aseguramiento de la calidad	Evaluuar programas e instituciones de IES; proporcionar recomendaciones de mejora a las IES y al CES; colaborar con la SENESCYT en los estándares de aseguramiento de la calidad.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 muestra un sistema complejo y dinámico, donde la interacción y colaboración entre los diferentes actores buscan garantizar una educación superior de calidad, pertinente y accesible para todos los ciudadanos ecuatorianos.

Gráfico N° 1: Diagrama de flujo de interacciones del sistema de educación superior



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 1 muestra que la SENE CYT ocupa una posición central en el sistema, ya que interactúa con todos los demás actores, esto refleja su papel como líder y coordinador de las políticas públicas en educación superior. El CES y el CACES se encargan de la planificación, regulación y aseguramiento de la calidad del sistema, su interacción con la SENE CYT y las IES son cruciales para garantizar que el sistema funcione de manera efectiva. Las IES, por su parte, son los actores encargados de implementar las políticas y ofrecer la educación superior.

La educación superior en Ecuador

Es así que se puede mencionar que la educación superior en Ecuador está avanzando, aunque no en su totalidad debido a que algunas universidades recién están implementando la inteligencia artificial para mejorar la experiencia educativa. Sin embargo, la implementación exitosa de esta requiere abordar desafíos como la inclusión, la equidad en el acceso a la tecnología educativa y la transparencia en el uso de datos. La formación de docentes en competencias digitales y liderazgo es fundamental para avanzar en este proceso.

Análisis del sistema de educación superior en Perú

La educación superior en Perú pasa un momento significativo promovido por factores como el aumento de la demanda de los estudiantes, las transformaciones en el mercado laboral y los avances tecnológicos que crean los desafíos y oportunidades de ambas instituciones para las autoridades (SUNEDU, 2025). En este escenario, es importante comprender el sistema de educación superior como un complejo de elementos interconectados, lo que facilita la innovación y la adaptabilidad en el entorno que cambia constantemente. Este sistema está vinculado a diferentes miembros, incluida la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria, responsable del licenciamiento y supervisión de las universidades; el Ministerio de Educación, que regula la educación técnica y pedagógica; y el Consejo de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Superior (CONEACES), encargado de acreditar programas académicos (Ministerio de Educación, 2025).

La Ley Universitaria N° 30220, promulgada en 2014, junto con su reforma de 2022 (Ley N° 31520), establece el marco legal que define las responsabilidades y funciones de estos organismos, con el fin de garantizar la calidad educativa y la autonomía de las universidades (SUNEDU, 2025). No obstante, la aplicación de estas normativas se da en un sistema dinámico y en constante evolución, donde la interacción entre instituciones, actores y políticas genera resultados que no pueden entenderse desde el análisis aislado de cada componente (Morín, 1994).

Entre los desafíos más importantes que enfrenta el sistema peruano se encuentra el acceso limitado a la educación superior, y solo el 31% de los graduados de secundaria que logran ingresar, más bajo que el promedio regional 46.5%. La diferencia tecnológica ha demostrado que el 40% de las universidades no son suficientes para nuevas tecnologías; Caída en la financiación de la investigación; y adaptación inadecuada entre la educación universitaria y las necesidades del mercado laboral (MOODY'S, 2025). También hay opciones importantes, como el alto registro en instituciones privadas, que representan el 74% de todos los estudiantes; Actualización regulatoria en educación educativa destinada a mejorar la educación de los maestros (Ministerio de educación, 2025), y el fortalecimiento de la investigación aplicada en áreas prioritarias como el cambio climático y la salud pública.

“La necesidad de implementar la educación trans-compleja en un país donde los problemas sociales están caracterizados por su multidimensionalidad, diversidad humana y necesidades de mejora educativa para lograr la calidad de vida sostenible y ecológica” (Valeriano, 2022, pág. 189).

Todavía estamos desarrollando competencias disciplinarias, y el plan de estudios actual parece encontrar la diferencia entre cruz e interdisciplinario. El objetivo de esta teoría educativa es proponer la base teórica sobre la cual se pueden establecer las reformas educativas en teoría fue difícil, dada la realidad en la que la sociedad alternativa vive

para cumplir con los bucles educativos, lo que ha indicado que la enseñanza de un bioma de estudio desarrolla el aprendizaje y el proceso (Valeriano, 2022).

La educación superior en Perú

En Perú, la integración de tecnologías como la inteligencia artificial en la educación superior ha avanzado, pero con desafíos significativos. Aunque los estudiantes utilizan herramientas digitales para mejorar su rendimiento académico, existe una desconexión entre el uso de estas tecnologías y la preparación real para utilizarlas de manera efectiva. Además, la falta de regulación clara y la preocupación por la privacidad de los datos son temas que aún no se obtienen en su totalidad.

“Es fundamental reconocer que la educación peruana se constituye sobre una base muy particular: una diversidad cultural y multilingüe. Esto implica repensar el desarrollo de un currículo educativo diversificado y orientado a promover mejores resultados en el aprendizaje de la educación básica regular y superior. Complejidad que se evidencia en el sistema educativo nacional, por ejemplo, hasta antes del enfoque por competencias adoptado por el Perú, los aprendizajes se lograban a través de un simple proceso de transmisión de información, basado en un modelo tradicionalista memorístico cognoscitivista” (Valeriano, 2022, pág. 190).

Desafíos de la educación superior

“Tomando en cuenta los desafíos que debemos asumir en el post COVID-19 y la marcada pluriculturalidad de nuestro país, deviene importante señalar la transición cultural en la que nos encontramos. Estamos en tiempos de posmodernidad, en una globalización consciente de la complejidad de nuestra realidad, en la era de la información que promueve la mundialización del conocimiento. Según Garrido (2004) esto es producto del choque de culturas que motiva una mutación social intensa y que exponencialmente se ha multiplicado. Para Iorio (2006) abarca la ruptura de las fronteras y a la vez la unificación de culturas y disciplinas” (Valeriano, 2022, pág. 190).

En Ecuador y Perú, la educación superior enfrenta desafíos estructurales y emergentes, entre ellos:

- Brechas digitales y de infraestructura: la falta de conectividad y equipamiento tecnológico limita el acceso equitativo a recursos educativos modernos.
- Formación docente insuficiente: muchos docentes carecen de capacitación en tecnologías emergentes, lo que dificulta la implementación efectiva de herramientas como la IA.
- Desigualdades sociales y económicas: factores como la pobreza y la exclusión social afectan la permanencia y el rendimiento académico de los estudiantes.
- Necesidad de actualización curricular: los programas de estudio deben adaptarse a las demandas del mercado laboral y a los avances tecnológicos.

Tecnología y complejidad

La integración de la inteligencia artificial en la educación superior ofrece un potencial significativo para mejorar la calidad y personalización del aprendizaje, optimizar la gestión académica y crear entornos educativos más inclusivos. Sin embargo, su implementación exitosa requiere abordar desafíos como la equidad en el acceso, la formación docente y la ética en el uso de datos.

Factores críticos en el contexto binacional

Es así que luego de haber realizado un análisis y comparación en el contexto de Ecuador y Perú, se identifican factores críticos comunes:

- **Capacitación docente en tecnologías emergentes:** ambos países necesitan programas de formación continua para docentes en el uso de herramientas digitales e inteligencia artificial.
- **Infraestructura tecnológica adecuada:** es esencial invertir en infraestructura que permita el acceso equitativo a tecnologías educativas.
- **Políticas públicas inclusivas:** se requieren políticas que promuevan la equidad y la inclusión en la educación superior.
- **Actualización curricular constante:** los programas de estudio deben adaptarse a las demandas del mercado laboral y a los avances tecnológicos.

Discusión

La Ley Orgánica de Educación Superior (LOES) en Ecuador establece un marco legal fundamental para el sistema de educación superior del país. A través de sus disposiciones, la LOES busca garantizar el acceso equitativo, la calidad académica y la pertinencia de la formación profesional. No obstante, la implementación efectiva de estos objetivos no sigue una trayectoria lineal, sino que se inscribe en un sistema caracterizado por su complejidad, donde múltiples actores interactúan en distintos niveles institucionales, generando dinámicas de interdependencia.

Estos actores como la SENESCYT, el CES y el CACES no operan de forma aislada, sino que están interconectados en una red de relaciones complejas. Las decisiones y acciones de una entidad inciden directamente en las demás, generando un ciclo de retroalimentación constante. Por ejemplo, las políticas formuladas por la SENESCYT influyen en la gestión académica y administrativa de las Instituciones de Educación Superior (IES), mientras que las evaluaciones del CACES impactan en la planificación del CES y retroalimentan la toma de decisiones a nivel nacional.

Por otra parte, en Perú el sistema de educación superior también ha transitado hacia un modelo más regulado y orientado a la calidad, particularmente a través del trabajo de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). Esta

entidad ha promovido un proceso de licenciamiento institucional que busca garantizar condiciones básicas de calidad, generando también tensiones, resistencias y adaptaciones dentro del sistema. Al igual que en Ecuador, el ecosistema peruano se caracteriza por la interacción de diversos actores: ministerios, universidades, organismos acreditadores y la sociedad civil que conforman una estructura compleja y dinámica.

Por lo tanto, se puede decir que la complejidad del sistema de educación superior en ambos países representa tanto desafíos como oportunidades. Por un lado, la alta interconexión de los actores puede dificultar la implementación de reformas estructurales rápidas, debido a la necesidad de consenso y coordinación. Por otro lado, esta misma diversidad de actores, perspectivas y niveles de acción favorece la resiliencia del sistema y su capacidad para adaptarse a contextos cambiantes, generando soluciones más innovadoras y pertinentes en el tiempo.

Esta realidad resalta la importancia de analizar los sistemas educativos desde un enfoque complejo, que permita comprender no solo las estructuras normativas, sino también las relaciones, tensiones y sinergias entre los distintos componentes que conforman el entramado de la educación superior en América Latina.

Conclusiones

El sistema de educación superior en Ecuador se configura como un sistema complejo, donde interactúan múltiples actores como las Instituciones de Educación Superior (IES), la SENESCYT, el CES y el CACES. Esta red dinámica y en constante retroalimentación presenta desafíos para la gobernanza, pero también ofrece importantes oportunidades para la innovación, la adaptabilidad y la mejora continua. Entender esta estructura como un sistema interconectado permite un abordaje más estratégico en el diseño e implementación de políticas públicas, que no solo regulen y controlen, sino que también fomenten la colaboración, la corresponsabilidad y el aprendizaje conjunto.

De igual forma, en Perú, el sistema de educación superior ha evolucionado significativamente a través de procesos como el licenciamiento institucional liderado por la SUNEDU, que ha buscado garantizar condiciones básicas de calidad en las universidades. Sin embargo, al igual que en Ecuador, el sistema peruano también enfrenta tensiones propias de su estructura compleja, donde la coordinación entre instituciones, la resistencia al cambio y la necesidad de adaptación son constantes.

En ambos países, la comprensión de la complejidad sistémica resulta clave para enfrentar los desafíos actuales y futuros. La LOES en Ecuador y las reformas impulsadas por SUNEDU en Perú constituyen marcos regulatorios esenciales, pero su efectividad depende en gran medida de la capacidad de los actores involucrados para trabajar de manera articulada, flexible y con visión de largo plazo.

Además, tanto en Ecuador como en Perú, la educación superior se encuentra ante nuevos retos en la era de la complejidad, tales como la integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, la actualización y fortalecimiento de la formación docente, y la inversión en infraestructura y conectividad. Estas transformaciones requieren no solo recursos, sino también visión estratégica, capacidad adaptativa y compromiso institucional.

Finalmente, la colaboración binacional, el intercambio de buenas prácticas y el aprendizaje mutuo entre Ecuador y Perú pueden convertirse en estrategias clave para fortalecer los sistemas educativos de ambos países, promoviendo una educación superior más inclusiva, equitativa y alineada con las demandas de un mundo cada vez más dinámico e interconectado.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

De acuerdo con el Plan de Desarrollo 2024–2025, a pesar de los avances en la gratuidad de la educación superior pública en Ecuador, persisten desigualdades estructurales en cuanto al acceso, la asignación de cupos y la distribución de becas. Estas inequidades afectan principalmente a poblaciones vulnerables, como estudiantes de zonas rurales, grupos indígenas y personas en condiciones de pobreza. Se requieren investigaciones más profundas que identifiquen las barreras específicas económicas, geográficas, culturales y académicas que dificultan el ingreso y la permanencia en la educación superior, con el fin de diseñar políticas focalizadas que realmente promuevan la equidad y la inclusión.

Asimismo, el principio de gratuidad enfrenta importantes retos de financiamiento sostenible. En este sentido, es fundamental explorar modelos alternativos que aseguren la calidad académica sin comprometer el acceso universal. Esto incluye evaluar esquemas de financiamiento mixto, alianzas público-privadas y mejoras en la eficiencia del gasto público en educación superior.

En el caso de Perú, aunque el sistema de educación superior ha sido objeto de importantes reformas estructurales orientadas a la calidad como el proceso de licenciamiento institucional llevado a cabo por SUNEDU, aún existen brechas significativas en términos de cobertura, calidad y pertinencia de la oferta académica. Las universidades públicas, en particular, enfrentan limitaciones presupuestarias, dificultades para atraer y retener talento docente, y desafíos en la modernización de su infraestructura.

Por lo tanto, futuras líneas de investigación deberían abordar de forma comparativa las estrategias de inclusión y financiamiento en ambos países, así como los impactos diferenciados que las políticas de calidad tienen sobre instituciones con distintas realidades. Además, es relevante indagar cómo los marcos regulatorios pueden adaptarse a contextos complejos y cambiantes, integrando enfoques de gobernanza flexible y participación activa de los actores del sistema.

Una línea emergente y prioritaria es también el análisis del impacto de las tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial en los modelos educativos tradicionales, lo cual abre nuevas preguntas sobre la adecuación curricular, la formación docente y la transformación de los entornos de aprendizaje en América Latina.

Bibliografía

- Lema Balla, J. (2024). Retos de la educación superior en el contexto ecuatoriano. desafíos de la investigación cualitativa. métodos, técnicas y análisis de datos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(4), 5. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13131
- Araujo, L., Ochoa, J., & Vélez, C. (2020). El claroscuro de la universidad ecuatoriana: los desafíos en contextos de la pandemia de COVID-19. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 14(2). doi:[10.19083/ridu.2020.1241](https://doi.org/10.19083/ridu.2020.1241)
- Castañeda, C. A. (2023). La complejidad en la educación superior universitaria. *Revista vida, una mirada compleja*, v(1), 6. doi:<https://doi.org/10.36314/revistavida.v5i1.21>
- Céspedes, S., Vázquez, L., Pacheco, E., Ceja, S., & León, G. (2024). Análisis del marketing educativo y calidad en el servicio en una IES. *Revista inclusiones*, 11(2), 26-47. doi:[10.58210/fprc3542](https://doi.org/10.58210/fprc3542)
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2023). Indicadores nacionales de ciencia, tecnología e innovación. Lima: CONCYTEC.
- Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior. (2024). *Quiénes Somos*. Obtenido de <https://www.caces.gob.ec/quienes-somos/>
- Consejo de Educación Superior. (2024). *Misión Visión y objetivos*. Obtenido de https://www.ces.gob.ec/?page_id=44
- Constitución de la República del Ecuador. Obtenido en https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- De Sousa Santos, B. (2010). La universidad en el siglo XXI. Para una reforma democrática y emancipadora de la universidad. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Del-Castillo, R. (2023). Sistemas universitarios en América Latina: normativas y desafíos estructurales. *Revista Latinoamericana de Educación Superior*, 42(3), 45–62.
- Educación Superior en Ecuador: marco normativo y retos institucionales. Quito: SENESCYT.

- UNESCO-IESALC. (2022). Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. París: UNESCO.
- Del-Castillo, S. (2023). Entidades que rigen la educación superior en Ecuador. *Revista DOXA ITQ*, 1(1), 001.
- Franco, G. N. (2018). *La Universidad Binacional de Frontera y el fomento a la integración*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC).
- García, R. (2006). *Sistemas complejos*. Gedisa.
- Ilcic, A. (2022). *Aproximaciones epistemológicas a las ciencias de los sistemas complejos*. Obtenido de Universidad Nacional de Córdoba
- Ley Orgánica de Educación Superior. (2022). Obtenido de <https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/LEY-ORGANICA-DE-EDUCACION-SUPERIOR-REFORMA-06-04-2022.pdf>
- Ministerio de Educación del Perú (MINEDU). (2021). Informe sobre la situación de la educación superior en el Perú. Dirección General de Educación Superior Universitaria.
- Morin, E. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*.
- Morin, E. (1999). La cabeza bien puesta: repensar la reforma, reformar el pensamiento. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Morin, E. (2008). Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa.
- Ospina, H., & Torres, L. (2023). La Organización como sistema humano complejo. *RICCE*, 2(1). doi:10.48168/RICCE.v2n1p53
- Quispe, J., & Fernández, R. (2023). Educación transcompleja en Perú: aproximaciones y vigilancia epistemológica. *Revista Transcompleja*, 8(1), 12–30.
- Revista Latinoamericana de Educación Superior, 42(3), 45–62.
- Rodríguez, A., & Vega, M. (2022). El paradigma de la complejidad y el desarrollo de competencias para la práctica docente. *Revista de Educación y Complejidad*, 15(2), 45–62.
- Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. (2024). *Misión / Visión / Valores / Objetivos*. Obtenido de <https://www.educacionsuperior.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2024). *Plan de desarrollo para el nuevo Ecuador 2024-2025*. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>

Silva, Y. L. (2025). Calidad educativa y modalidad de estudios en la educación superior. *epsir*, 19.

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). (2022). Balance *del* proceso de licenciamiento institucional en el Perú. Lima: SUNEDU.

Universidad Francisco de Vitoria. (2024). “La Gestión 5.0 revoluciona y redefine la gestión en la educación superior”. *Corresponsables*, 1.

Vargas, A. M. (2020). LA EDUCACIÓN SUPERIOR DESDE LA VISIÓN DEL PENSAMIENTO COMPLEJO. *Revista ECOCIENCIA*, 18. doi:<https://orcid.org/0000-0003-1514-8852>

Caso de estudio del cáñamo industrial (*Cannabis sativa L.*) en Perú en la era de la complejidad.

Case study of industrial hemp (*Cannabis sativa L.*) in Peru in the era of complexity.

Domingo Hussein Pacheco Alvaro

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Nancy Elizabeth Barreda de Miranda

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Jorge Luis Roca Becerra

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

El presente artículo explica la complejidad del ciclo de producción del cáñamo que abarca desde una perspectiva histórica resaltando su utilización de hace muchos siglos, además se hace mención desde las fases de su cultivo (condiciones climáticas y agronómicas), pasando a la industrialización que conlleva la elaboración de la fibra textil para la elaboración de las prendas, teniendo en cuenta que la situación normativa legal aún no tiene un marco definido en el Perú.

En este capítulo se aborda la necesidad por contar con productos sostenibles dentro de la cual el cáñamo es una de las mejores opciones por su versatilidad para distintos tipos de usos, sin embargo, el componente que forma parte de ello (el THC) hace que se encuentren limitantes para su utilización ante una falta de regulación y acondicionamiento de las semillas para su cultivo.

El alcance de este artículo, es profundizar en las complejidades de la cadena de producción del cáñamo, desde el campo, obtención de la fibra hasta la obtención del hilo.

*Palabras clave: Cáñamo/ *Cannabis sativa*/ Teoría de la complejidad/ Textil/ Cultivo/ Sostenibilidad.*

This article explains the complexity of the hemp production cycle from a historical perspective, highlighting its centuries-old use. It also addresses the stages of its cultivation (climatic and agronomic conditions) and the industrialization that entails the production of the textile fiber for garments, taking into account that the legal framework for this production is still lacking in Peru.

This chapter addresses the need for sustainable products, with hemp being one of the best options due to its versatility for different uses. However, the component involved (THC) poses limitations to its use due to a lack of regulation and seed conditioning for cultivation.

The scope of this article is to delve into the complexities of the hemp production chain, from the field and fiber extraction to yarn production..

Keywords: Hemp/ Cannabis sativa/ Complexity theory/ Textiles/ Cultivation/ Sustainability.

Introducción

Objetivos

Justificar la Importancia del cáñamo como una alternativa sostenible en textiles y su análisis bajo la teoría de la complejidad.

Analizar las etapas del ciclo productivo del cáñamo (cultivo, transformación y elaboración de fibras) desde un enfoque de complejidad.

Los sistemas complejos

La complejidad es una forma de considerar y tomar en cuenta una serie de aspectos que se encuentran en la naturaleza, el entorno junto con la sociedad y el pensamiento obtenido, estos hacen que se presenten características que los convierten en sistemas complejos (González, 2009).

Un sistema complejo experimenta variaciones que pueden generar situaciones que no sean predecibles y también diminutos cambios pueden provocar grandes cambios que podrían ser irregulares y no periódicos en las propiedades del sistema complejo (González, 2009).

Historia del cáñamo

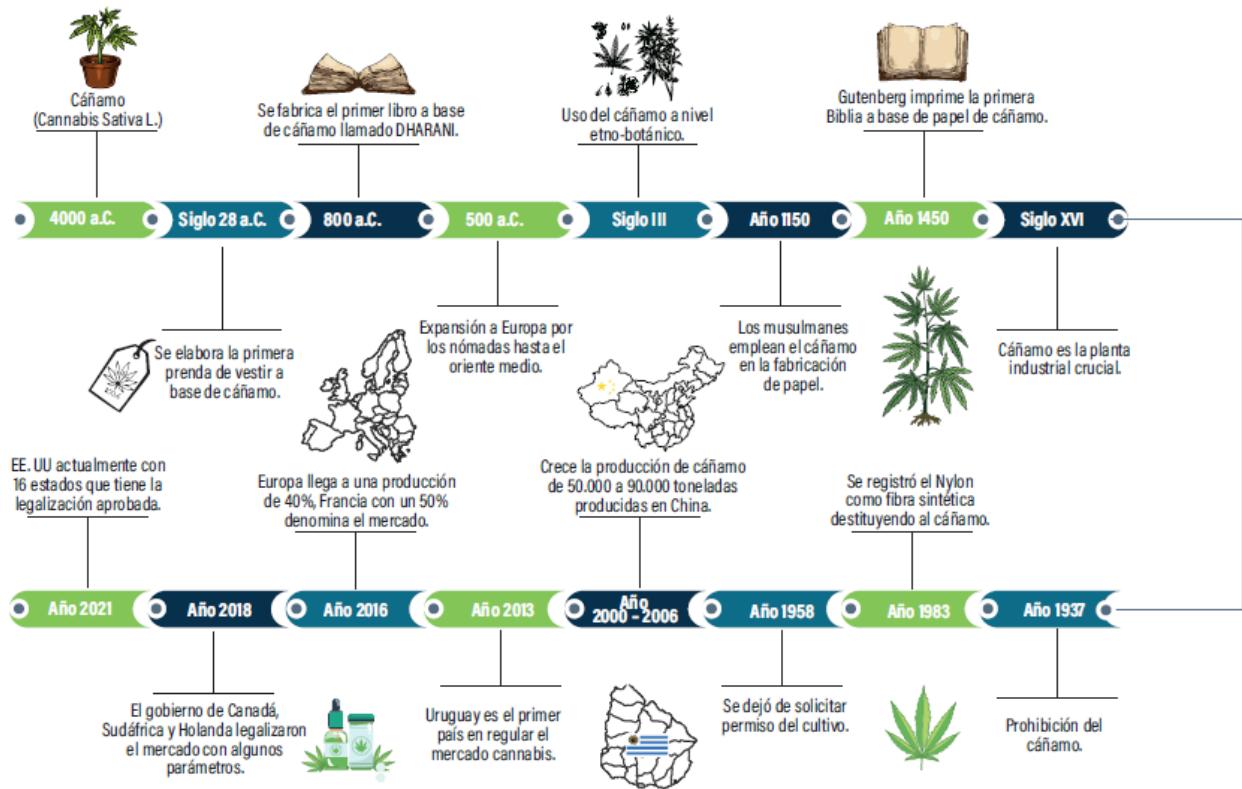
La historia del cáñamo (*Cannabis Sativa L.*) data de muchos años de antigüedad de uso y beneficios para el hombre, según Saavedra Mora et al. (2023) si orientamos a información relacionada a la primera prenda textil esta data del siglo XXVII A.C.

Según Bolaños Herrera et al. (2020), citando a Hart (2020) el primer punto dentro de la complejidad del cultivo del cáñamo es no superar la barrera de concentración de tetrahidrocannabinol (THC) que no debe superar el 0.30%.

En la figura N° 1 se puede apreciar que el uso del cáñamo ha formado parte importante para el desarrollo de la humanidad que data desde 4,000 A.C. para diversos usos como la elaboración de prendas y uso en la elaboración de hojas para libros principalmente, además se resalta su uso en la elaboración de fibras de nylon, desde el año 1937 es donde se generan restricciones en su producción, sin embargo la producción del cáñamo

a nivel mundial ha continuado en desarrollo pero considerando las restricciones por el THC.

Figura N° 1: Historia del cáñamo



Fuente: Saavedra Mora et al. (2023)

Características y condiciones ambientales del cultivo del cáñamo:

La planta en estudio es considerada una planta de tallo herbáceo con crecimiento anual, dicho tallo tiene como características principales la rigidez por su crecimiento y desarrollo acelerado teniendo como ratio el incremento de dos centímetros por día en condiciones muy buenas y favorables (García, 2016 citado por Bolaños et al., 2020).

Tabla N° 1: Clasificación taxonómica *cannabis sativa linaceus*

Taxonomía del <i>Cannabis sativa L.</i>	
Reino	Plantae (plantas).
Subreino	Tracheobionta (plantas vasculares).
Superdivisión	Spermatophyta (plantas con semillas).
División	Magnoliophyta (plantas con flores).
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas).
Subclase	Hamamelididae.
Orden	Urticales.
Familia	Cannabaceae.
Género	Cannabis.
Especie	Cannabis sativa.
Abreviatura de la autoridad taxonómica: L.	

Fuente: Adaptado de Saavedra Mora et al. (2023), basado en Alonso et al. (2021).

El cáñamo en sistemas agrícolas complejos y sostenibles

A pesar de sus ventajas, el cultivo del cáñamo enfrenta desafíos que deben ser abordados para maximizar su potencial. La falta de regulación clara en muchos países puede dificultar la inversión y el desarrollo de infraestructuras necesarias para su cultivo y procesamiento. Asimismo, es fundamental realizar investigaciones adicionales sobre las mejores prácticas agrícolas y de manejo para optimizar el rendimiento y la calidad de la cosecha. La educación y la sensibilización sobre los beneficios del cáñamo también son cruciales para fomentar su aceptación en el mercado y entre los consumidores, asegurando así un futuro próspero para este cultivo sostenible (Espinach et al., 2024).

El cultivo de cáñamo se beneficia de un enfoque de sistemas complejos, donde las interacciones entre factores ambientales, biológicos y socioeconómicos juegan un papel crucial en su crecimiento y desarrollo. Este cultivo requiere condiciones climáticas específicas, como temperaturas moderadas y una adecuada disponibilidad de agua, lo que lo hace más viable en regiones con climas templados. Sin embargo, la resiliencia del cáñamo ante variaciones climáticas, como sequías o inundaciones, resalta su adaptabilidad y potencial en sistemas agrícolas sostenibles. Además, la implementación de prácticas agrícolas integradas, que consideren la biodiversidad del suelo y el manejo eficiente de recursos, puede optimizar el rendimiento del cáñamo y contribuir a la salud del ecosistema en su conjunto (Espinach et al., 2024).

Se debe resaltar que la información sobre las condiciones de germinación y crecimiento presenta relación con las fuentes citadas, un punto a tener en cuenta es la sensibilidad del cáñamo en distintas fases de crecimiento por lo cual se recomienda realizar estudios diferenciados por etapas de desarrollo del cáñamo.

Condiciones para el cultivo del cáñamo:

Para la germinación de las semillas del cáñamo la temperatura adecuada es de 24 °C, tomando entre tres a siete días para la aparición de radículas visibles, según lo citado en Saavedra Mora et al. (2023), de acuerdo con investigaciones previas (Ceapoiu, 1958; Clarke, 1997; Fernández & Panche, 2022).

La humedad relativa óptima para el crecimiento del cáñamo oscila entre el 60% y 70% según lo citado en Saavedra Mora et al. (2023), de acuerdo con una anterior investigación (Fassio, 2013).

De acuerdo con lo mencionado por Saavedra Mora et al. (2023), Fassio (2013) ya había señalado previamente que respecto a la temperatura se ha determinado que el cáñamo crece de manera óptima en temperaturas en el día con valores entre los 17 y 25 °C y en las noches dichos valores no deberían bajar de los 17 °C.

La temperatura y la humedad son factores que influyen directamente en el desarrollo durante sus primeros días, es importante que el mantenimiento de la temperatura se mantenga en el valor de 24 °C a fin de lograr que las semillas activen sus procesos internos de desarrollo para la generación de las raíces.

Factores ambientales para el cultivo del cáñamo

El cáñamo (*Cannabis sativa L.*) es una planta herbácea anual que se caracteriza por su tallo rígido y su rápido crecimiento. Según García (2016, citado en Bolaños Herrera et al., 2020), la planta puede alcanzar una altura de hasta 5 metros, con un crecimiento de hasta 2 cm por día bajo condiciones óptimas. La calidad de la fibra y el rendimiento en flores secas dependen de factores ambientales como el fotoperiodo, la temperatura, la composición del suelo y el manejo agrícola (Petit et al., 2020, citado en Bolaños Herrera et al., 2020). Además, el cáñamo requiere fotoperiodos largos, superiores a 17 horas de luz durante sus primeras fases de crecimiento, pero esta necesidad disminuye a medida que avanza su ciclo (Ranalli, 2004, citado en Fassio et al., 2013, y citado por Bolaños Herrera et al., 2020). En Estados Unidos, la práctica común es sembrar en verano para aprovechar los días largos y estimular el crecimiento de los tallos, seguido de un crecimiento más lento en otoño que favorece la floración cuando los días tienen menos de 12 horas de luz (Wortmann, 2020; Pennsylvania State University, 2018, citados en Bolaños Herrera et al., 2020).

Factores agronómicos

Los factores agronómicos clave para obtener fibras de cáñamo de alta calidad incluyen la densidad de plantación, la fertilización nitrogenada y el momento de la cosecha, los cuales interactúan de manera compleja con las características del tallo y los procesos de extracción. Una densidad óptima de 120 plantas/m² promueve un equilibrio entre el diámetro del tallo y la facilidad de procesamiento, mientras que niveles moderados de fertilización nitrogenada entre 60 y 100 kg N/ha aseguran una alta eficiencia de descortezado sin comprometer la calidad de las fibras. Además, cosechar durante la floración completa maximiza la eficiencia energética y la limpieza de las fibras, mientras que retrasar la cosecha hasta la madurez de semillas puede mejorar la finura de las fibras, aunque a expensas de la procesabilidad y el rendimiento. Este sistema integrado, que conecta técnicas agronómicas y procesos de transformación, es esencial para optimizar la sostenibilidad y calidad del cáñamo industrial en aplicaciones textiles y técnicas (Leoni et al., 2022).

Conceptualización del agroecosistema según Morin, García y Luhmann, desde el enfoque del paradigma del pensamiento complejo.

Desde la plantación de la semilla, el cultivo y la cosecha, el cáñamo (*Cannabis Sativa L.*) es una planta sostenible con el medio ambiente, interacciona con múltiples dimensiones (naturales, sociales, culturales y políticas) dentro de su sistema agrícola específico y esencialmente es un producto de la agricultura. Aun cuando la agricultura es un proceso de producción biológica sobre un continuum de reproducción social, esta ha sido estudiada fundamentalmente bajo el paradigma analítico obteniendo resultados sin duda valiosos, pero parciales, lo cual impide comprenderla como una totalidad. Ante tal situación, se ha comenzado a abordarla desde el paradigma del pensamiento complejo, posición teórica que es considerada el fundamento de la nueva agroecología y su unidad de estudio, el agroecosistema.

La conceptualización del agroecosistema, desde el pensamiento complejo, implica comprender la agricultura como una totalidad organizada y multidimensional, más allá de enfoques sectoriales o reduccionistas. Ante tal situación se ha comenzado a abordarla desde el paradigma del pensamiento complejo, en este sentido, los aportes teóricos de Edgar Morin, Rolando García y Niklas Luhmann ofrecen visiones complementarias y críticas que enriquecen esta comprensión.

Edgar Morin propone entender el agroecosistema como un “tejido” de elementos heterogéneos—sociales, económicos y ambientales—inseparablemente interrelacionados. Considera el agroecosistema es una unidad global compleja, cuya comprensión exige superar la simplificación del paradigma científico tradicional, mediante concepciones teóricas más robustas y holísticas.

Rolando García por su parte, critica que las propuestas de Morin son insuficientes para abordar la realidad agrícola, aunque reconoce su valor filosófico. García define el agroecosistema como un recorte organizado de la realidad agrícola donde los componentes no pueden analizarse de forma aislada, sino en su interacción sistémica. Subraya que sus límites no están predefinidos, sino que son seleccionados por el investigador según los vínculos más significativos detectados. Enfatiza la importancia de comprender los procesos históricos y evolutivos del agroecosistema, y destaca la necesidad de un enfoque interdisciplinario para estudiar su complejidad.

Niklas Luhmann aporta un enfoque desde la teoría de los sistemas sociales autopoéticos. Concibe la agricultura como un sistema de comunicación autónomo (autopoético) que genera una cultura del manejo agrícola. Este sistema se acopla estructuralmente con los sistemas de conciencia (individuos), quienes actúan como controladores de los agroecosistemas. Luhmann introduce conceptos como *clausura operativa* y *acoplamiento estructural* para explicar cómo la información del entorno es incorporada al sistema agrícola solo si es reconocida como irritación o resonancia. La autopoiesis del sistema transforma estas señales externas en decisiones y prácticas diferenciadas dentro de los agroecosistemas.

En cuanto a la delimitación y función de estos sistemas, García propone límites flexibles definidos empíricamente, mientras que Luhmann enfatiza una diferencia más abstracta entre sistema y entorno. En relación con las escalas espaciales y temporales, García las considera cruciales y definidas por el investigador, mientras que Luhmann sugiere que el sistema de comunicación 'agricultura' es simbólicamente reproducido, sin escalas espaciales fijas y con un tiempo organizado por la memoria social del sistema.

Finalmente, estas tres posturas convergen en la idea de que la agricultura es un fenómeno complejo que no puede reducirse a lo ecológico o lo económico únicamente. El agroecosistema emerge como una herramienta conceptual clave para analizar la interacción de múltiples dimensiones (naturales, sociales, culturales y políticas) dentro de sistemas agrícolas específicos.

Selección de semillas

En la cadena productiva, el análisis de la semilla es el inicio para la determinación de la variedad genética del *Cannabis Sativa L.* a utilizar para uso textil.

Caracterización de *Cannabis Sativa L.*

En la figura N° 2 se muestra la caracterización de *Cannabis Sativa L.*

Figura N° 2: Caracterización *Cannabis sativa L.*

Fuente: Infograma de caracterización de *Cannabis sativa L.* Romero Betancourt et al. (2021). Facultad de ciencias agrarias, Departamento de Biología de Universidad Nacional de Colombia.

Caracterización morfológica. Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos han sido desarrollados a partir de detalladas descripciones botánicas (Chandra, Lata, & ElSohly, 2017; Reed, 1914a; Sandler, Beckerman, Whitford, & Gibson, 2019; Spitzer-rimon, 2019) y utilizados previamente para clasificar las plantas de Cannabis.

Caracterización bioquímica. A partir de las pruebas de UHPLC se cuantificó el contenido de cannabinoides del *Cannabis Sativa L.*

Caracterización molecular. Inicialmente la identidad de la muestra se realiza taxonómicamente y luego fueron genotipificadas, ambos procedimientos se llevaron a cabo mediante PCR y geles de agarosa.

Cannabis sativa L. es una planta multifuncional con un alto potencial en diversas industrias (p. ej., alimentos, productos farmacéuticos, cosméticos, productos animales, etc.). Los quimiotipos dependen de la genética molecular (Genes THCAS, CBDAS) y de factores ambientales, variables que determinan el uso industrial.

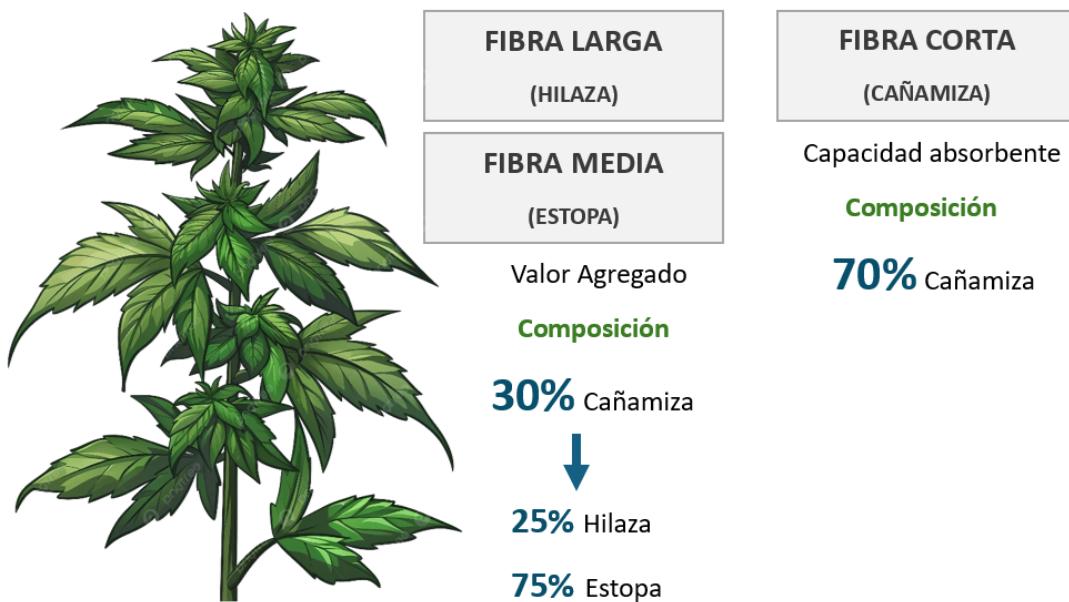
Se han clasificado cinco quimiotipos de cannabis en función de su perfil de cannabinoides y su concentración:

- Quimiotipo I con una relación tetrahidrocannabinol/cannabidiol (THC/CBD) > 1;
- Quimiotipo II con una relación THC/CBD intermedia (≈ 1);
- Quimiotipo II las plantas de tipo fibra con una relación THC/CBD < 1
- Quimiotipo IV que contiene ácido cannabigerólico (CBGA) como su principal cannabinoid,
- Quimiotipo V que casi no contiene cannabinoides.

Tallo del *Cannabis Sativa L.*

En el tallo del *Cannabis Sativa L.* se muestra la composición de fibras en el tallo según figura N°3.

Figura N° 3: Composición de fibras de tallo *Cannabis Sativa L.*



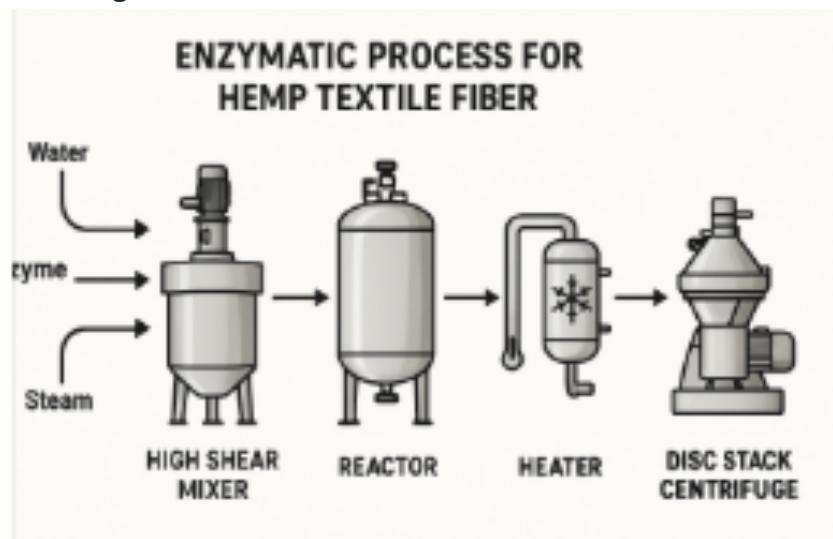
Fuente: Adaptado de informes de cadenas de valor Cannabis medicinal y cáñamo industrial. Año 9 - N° 75
- Junio 2024 ISSN 2525-0221 tomado de DNERyCV con base en Fassio et al (2013), López y Roca (2021),
CANNAVA S.E (2021) y Álvarez Trentini (2023).

Obtención de la fibra

Enriado enzimático es un proceso de tratamiento con enzimas de proteínas digestivas, reduciendo el nitrógeno en los tallos fomentando el crecimiento de un hongo que consume la lignina (leñoso), pectinas, lecitina y las impurezas. Variables proceso a

controlar concentración enzima, temperatura, pH, tiempo. Este proceso requiere menos tiempo de proceso y menor utilización de agua con respecto a los convencionales. Ver figura N° 4.

Figura N° 4: Proceso de enriado enzimático



Fuente: Elaboración propia

Decorticación, donde se elimina el núcleo central leñoso del tallo. Se utiliza maquinaria de descortezado moderna, optimiza los tiempos de separación y descortezado. Se obtiene una corteza menor de 10% de madera. Ver figura N° 5

Figura N° 5: Producto de decorticación de cáñamo



Fuente: Producto de decorticación de cañamo. www.formation-ag.com/products/

En los últimos años, se ha desarrollado maquinaria especializada, que automatiza y optimiza cada etapa de proceso, hasta obtener una fibra con buenas propiedades mecánicas y menor porosidad.

La forma tradicional para obtener el hilado de cáñamo utiliza el espadado que separa a mayor profundidad el material leñoso por medio de cuchillas de acero, montadas sobre el eje de un brazo giratorio. Y el peinado que pasa la fibra por una máquina que sobresalen agujas, eliminando todas las impurezas.

Composición química de la fibra del *Cannabis Sativa L.* (cáñamo)

Se muestra la composición química del *Cannabis Sativa L.* (cáñamo) en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Composición química de la fibra de cáñamo

Plant fibre	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)	Pectin (%)
Cotton ^a	82-96	2-6.4	0-5	< 1-7
Kapok ^a	13	-	-	-
Flax ^b	60-81	14-20.6	2.2-5	1-4
Hemp ^b	70-92	18-22	3-5	1
Jute ^b	51-84	12-20	5-13	0.2
Kenaf ^b	44-87	22	15-19	2
Ramie ^b	68-76	13-15	0.6-1	2
Banana ¹	60-65	6-19	5-12	3-5
Pineapple ¹	70-82	16-19	5-12	2-3
Sisal ¹	43-73	10-24	4-12	0.8-2
Coir ^f	43-46	0.25	45-46	3-4
Oil palm EFB ^f	43-63	28-33	17-19	1

^aSeed, ^bbast, ¹leaf and ^ffruit fibres

Fuente: Adaptado de Mora E., Mena L., (2022) basado en Eichhorn. S, Hearle.J, Jaff.M, 2009

Máquinas modernas y tecnología para el procesamiento del cáñamo

Equipos para cáñamo

El cáñamo industrial (*Cannabis sativa L.*) se ha consolidado como un cultivo estratégico en diversas regiones del mundo debido a su versatilidad y sostenibilidad. La planta ofrece aplicaciones en sectores tan variados como la construcción, la industria textil, los bioplásticos, la alimentación y la medicina. Sin embargo, uno de los principales desafíos para su integración en cadenas de valor competitivas ha sido históricamente el

procesamiento eficiente de sus partes vegetales, en particular la separación de la fibra del tallo.

Tradicionalmente, esta tarea se realizaba de forma manual o con equipos rudimentarios, lo que limitaba la rentabilidad y la escalabilidad de la producción. En los últimos años, los avances en ingeniería agronómica e industrial han dado lugar al desarrollo de maquinaria especializada, capaz de automatizar y optimizar cada etapa del proceso. A continuación, se analizan tres equipos tecnológicos de última generación utilizados para el procesamiento del cáñamo, seleccionados por su relevancia en distintos contextos productivos.

Equipos para plantación _ Formation AG (Estados Unidos)

Equipo Midwest Transplanter, para plantación de cáñamo. Ver figura N° 6

Figura N° 6: Equipo para trasplantar fibra.



Fuente: Catálogo de fabricante de máquina para cañamo Formation AG www.formation-ag.com/products/

Equipos de cosecha _ Formation AG (Estados Unidos)

Cosechar cultivos fibrosos es difícil sin el equipo adecuado. Los equipos de cosecha tradicionales causan problemas de enredos, atascos y daños durante la cosecha de cáñamo. Formation Ag diseña para prevenir estos problemas, ver figura N° 7

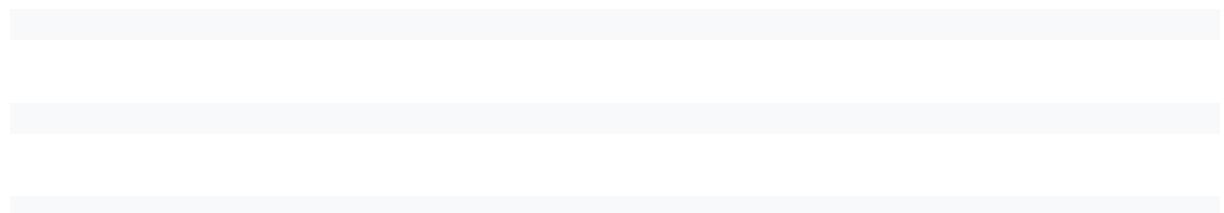


Figura N° 7: Equipo de cosecha



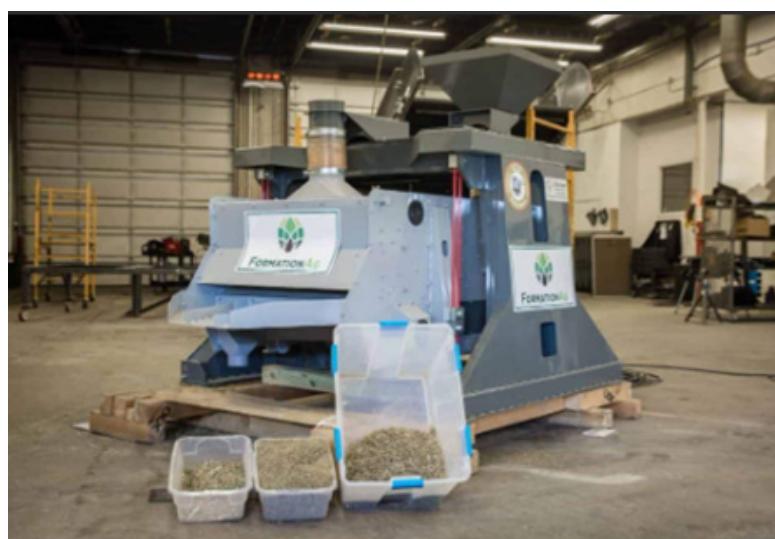
Fuente: Catálogo de fabricante de máquina para cáñamo Formation AG www.formation-ag.com/products/

Equipos de procesamiento_ AG (Estados Unidos)

GCS Grain Cleaners_ Formation AG (Estados Unidos)

Eliminación de residuos y otros contaminantes de semillas o granos. Ver figura N° 8.

Figura N° 8: Equipo de procesamiento



Fuente: Catálogo de fabricante de máquina para cáñamo Formation AG www.formation-ag.com/products/

Equipo decorticador Fiber Track 660 – Formation AG (Estados Unidos)

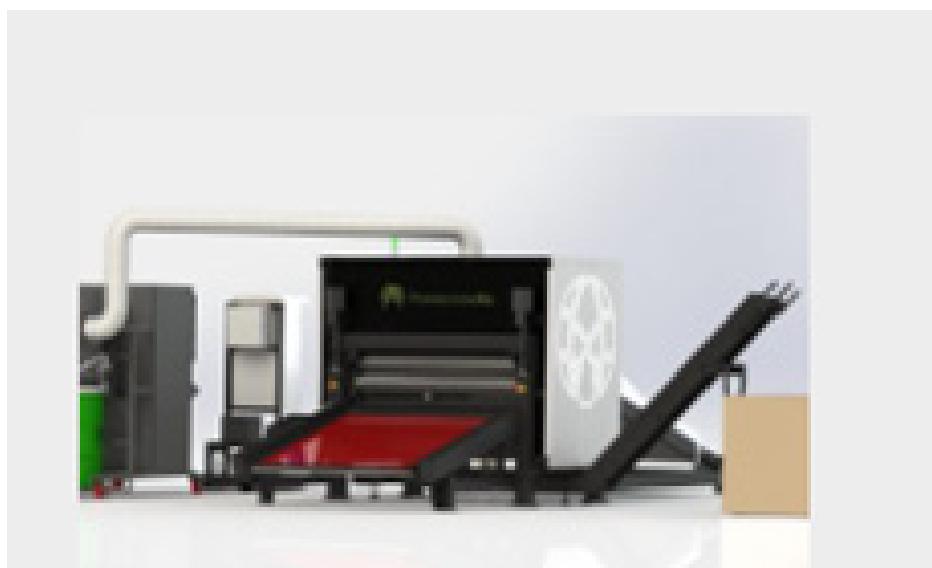
Diseñada por la empresa estadounidense Formation AG, la Fiber Track 660 se destaca por su arquitectura modular y capacidad industrial, alcanzando una producción de hasta 1 tonelada por hora. Esta máquina responde a las necesidades de empresas que buscan escalar y diversificar su modelo de negocio a través de un procesamiento automatizado y flexible. Ver figura N°9.

Su tecnología permite la obtención de hasta ocho tipos diferentes de fibra, ajustables según la demanda de los mercados o el uso final del material. Una de sus principales ventajas es la posibilidad de integración con módulos complementarios, que amplían significativamente su funcionalidad. Entre estos módulos se incluyen:

- **Separadores de flores y semillas**, para la recuperación de partes reproductivas de la planta.
- **Recolectores de resina**, orientados a la recolección de compuestos bioactivos.
- **Empaquetadoras de fibra**, que facilitan la logística y el almacenamiento del producto final.

La modularidad de la Fiber Track 660 permite una personalización técnica según el perfil productivo, haciendo de esta máquina una solución integral para unidades agroindustriales que operan en mercados diversificados.

Figura N° 9: Equipo decorticador



Fuente: Catálogo de fabricante de máquina para cáñamo Formation AG www.formation-ag.com/products/

Diversos productos del equipo decorticador como se muestra en figura N° 10.

Figura N° 10: Producto fibra cáñamo de equipo decorticador.



FiberTrack 660 Hurd de tamaño mediano
Hurd de FiberTrack 660 dimensionado a un tamaño mediano (longitud de 1/2 pulgada)



Limpiador de fibras
FiberTrack 660
La fibra pasa a través del limpiador de fibra secundario FiberTrack 660.



Limpieza de Hurd secundaria FiberTrack 660
Hurd limpiado con el limpiador secundario Hurd FiberTrack 660



FiberTrack 660 Hurd en polvo
Hurd en polvo para aplicaciones de relleno y plástico de FiberTrack 660

Fuente: Catálogo de fabricante de máquina para cáñamo Formation AG www.formation-ag.com/products/

Obtención de hilo

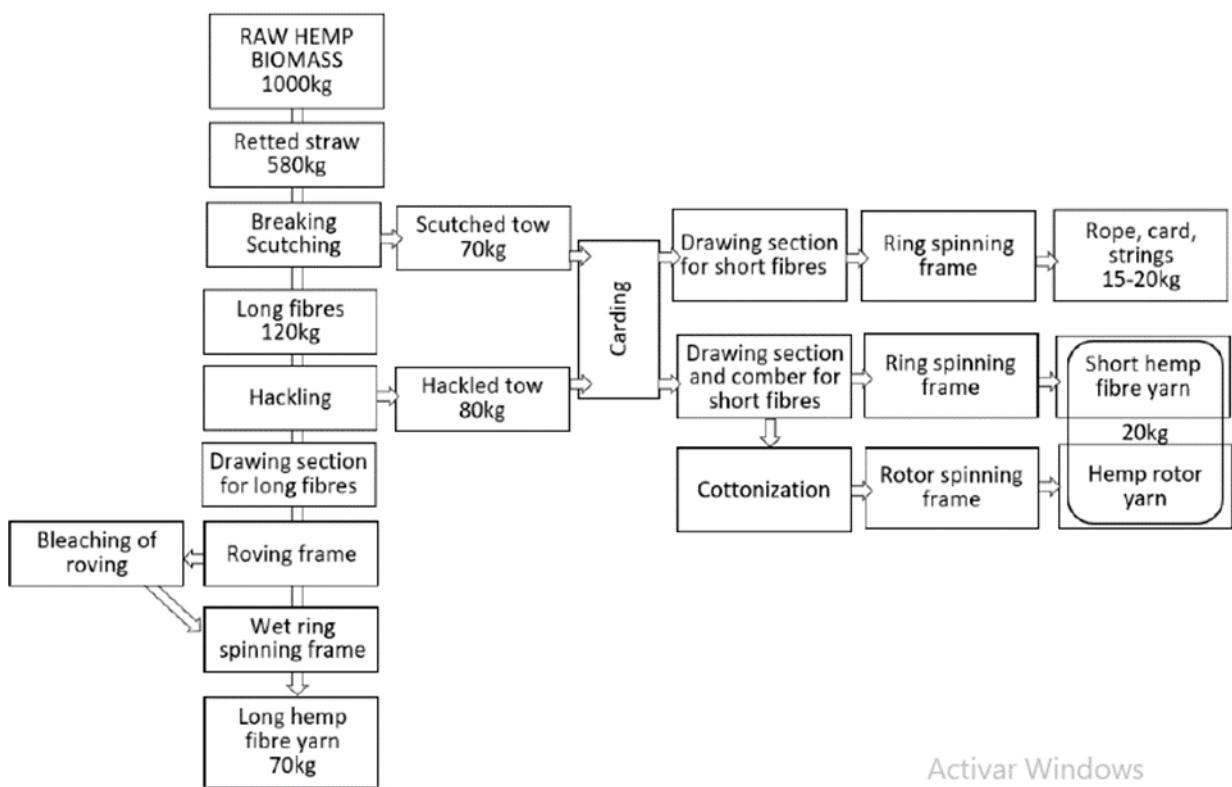
En la cadena de valor de fibra a hilo, se toma como referencia la tecnología tradicional de hilado de lino. Así mismo otros sistemas de hilatura de algodón o de lana pueden ser adaptados para fibras de cáñamo, lo que permite la producción de hilo cáñamo puro o de mezclas de cáñamo con fibras naturales.

La tecnología tradicional de producción de hilos de lino y cáñamo se basa en el enriado de las fibras, seguido de procesos como el secado, el agramado y el hilado,

Diagrama de flujo de sistema de hilado de cáñamo

Esta tecnología para la obtención de hilo de cáñamo, para distintos usos del producto final de alta calidad para la industria textil, se muestra en la figura N°11.

Figura N° 11: Diagrama de flujo de sistema hilado de cáñamo para distintos usos del producto final



Activar Windows
Ve a Configuración para activar V

Fuente: Zimniewska M. (2022).

Cuando el proceso de decorticación cubre la extracción mecánica de fibras de tallos crudos no enriados, mediante la rotura de las partes leñosas y la separación mecánica de las fibras. Las fibras están pegadas entre sí, lo que puede dificultar su separación. Posteriormente se tendría que desgomar.

Algodonización del cáñamo

El uso del sistema de hilado de algodón para fibras de cáñamo algodonizada permite producir hilo de cáñamo puro o mezclas de cáñamo con algodón en hilatura por anillo o hilatura por rotor.

Para textiles de alto valor agregado se utiliza la mezcla de fibras en la composición de algodón pima 70% y cáñamo 30% en hilatura por anillo para título de hilo mayor Ne 40/1.

El proceso hilatura se inicia con la mezcla de las fibras, esta mezcla pasa por el cardado (ordenamiento fibras, limpieza); el manuar (paralelización de la cinta); la mechera (se obtiene el pabilo por estiramiento) y la hilatura por anillo o rotor. (se obtiene el hilo).

En el caso de la fabricación de hilo de la mezcla de fibras, se debe tener la caracterización de ambas fibras del algodón y el cáñamo en sus propiedades de finura, longitud, alargamiento, resistencia, fibra corta, color entre otras

SISTEMA COMPLEJO

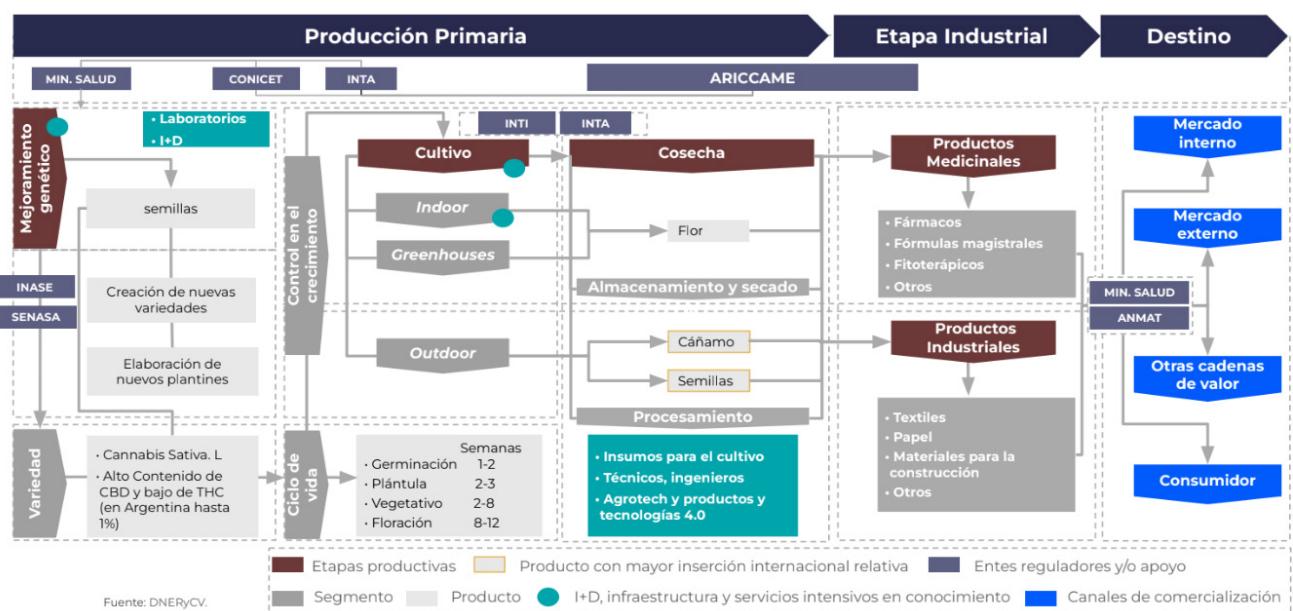
El proceso productivo del cáñamo es complejo e involucra varias etapas, desde el cultivo hasta la transformación en prendas finales.

- Interconexión de elementos: ecosistema agrícola y cadenas de suministro. Problemática agrícola contemporánea, influida por dos fenómenos globales, pero con efectos locales diferenciados: el cambio climático, la globalización económica y su relación de exacerbación mutua.
- Dinámica no lineal: crecimiento de las plantas y procesamiento.
- Propiedades emergentes: innovación de productos, resiliencia y adaptabilidad.
- Adaptación y evolución: regulación de mercado, innovación tecnológica.

Cadena valor sostenible cáñamo

Se muestra la cadena de valor sostenible del cáñamo desde la producción primaria hasta la comercialización de los productos de uso final. Ver figura N° 12.

Figura N° 12: Cadena de valor sostenible cáñamo



Fuente: Adaptado de informes de cadenas de valor cannabis medicinal y cáñamo industrial. Año 9 - N° 75 -

junio 2024 ISSN 2525-0221 tomado de DNERyCV

Cáñamo para uso textil

Normativa y legislación - comercialización

El cáñamo industrial (parecido al lino y al yute), una variedad de Cannabis sativa, es legal en muchos países para uso industrial y consumo, debido a su baja concentración de THC. Más de 30 países del mundo producen en grandes cantidades. En algunos lugares, la producción y consumo de productos de cáñamo, como textiles o alimentos, son completamente legales, mientras que en otros pueden estar regulados por el contenido de THC. En el Perú existe la Ley 32195 que norma la producción y comercialización de este producto y se encuentra en la Comisión del Congreso del Perú para la presentación del reglamento correspondiente.

Normativas nacionales en Perú

2017 - Ley 30681, Regula el uso medicinal y terapéutico del cannabis y sus derivados

2019 - Midagri – Dirección de Sanidad Vegetal. Requisitos fitosanitarios para la importación de semillas de Cannabis sativa de origen Colombia y Estados Unidos.

2019 – cbd MD-USA – Día Nacional del Cáñamo. 04 febrero. Destaca la versatilidad de la planta, presente que van desde textiles hasta suplementos para la salud.

2019 - Dirandro – Protocolos de Seguridad -Directiva N°006-2019-IN establece los lineamientos técnicos con las condiciones y criterios para la aprobación de los protocolos de seguridad sobre el uso medicinal y terapéutico del cannabis y sus derivados.

Tabla N° 3: Aprobaciones de protocolos de seguridad

Protocolos de seguridad (01-03-2023)	
Aprobación automática (investigación, importación, comercialización y dispensación)	179
Evaluación previa (Investigación y producción agraria)	6
Total	185

Fuente: DIRANDRO (2019).

La Dirección Antidrogas de la Policía Nacional del Perú – PNP informó que al 1 de marzo del 2023 se han dado 185 aprobaciones de protocolos de seguridad sobre el uso medicinal y terapéutico del cannabis y sus derivados.

2020 – INS Instituto Nacional de Salud – CONTROL DE CALIDAD. A fin de garantizar que los productos medicinales derivados del cannabis sean seguros para determinados pacientes que los consumen, bajo supervisión médica, el Ministerio de Salud (Minsa),

a través del Instituto Nacional de Salud (INS) realiza un control de calidad a dichos productos con el propósito de verificar que cumplan sus especificaciones de calidad y seguridad.

Los aceites y extractos alcohólicos de cannabis son analizados gracias a una metodología desarrollada y validada por el Centro Nacional de Control de Calidad (CNCC) del INS, la cual permite identificar y cuantificar cinco cannabinoides como el cannabidiol (CBD), ácido cannabidiólico (CBDA), tetrahidrocannabinol ($\Delta 9$ -THC), ácido tetrahidrocannabidiólico (THC-A), y cannabinol (CBN) en productos derivados de cannabis.

Al respecto, el químico farmacéutico, Miguel Grande Ortiz, director ejecutivo del laboratorio del INS, explicó que en productos derivados del cannabis para uso medicinal se verifica principalmente la presencia de los cannabinoides CBD y THC.

En ese sentido, cada producto derivado del cannabis para uso medicinal y terapéutico debería pasar un control de calidad de esta manera garantizar que tenga una buena calidad y por consecuencia asegurar un éxito terapéutico.

De esta manera, el INS, a través del CNCC, está preparado para realizar controles de calidad, asegurando que el consumidor de cannabis medicinal utilice productos de calidad y seguridad reconocida.

Es importante mencionar que la dosificación apropiada de cannabis puede traer beneficios medicinales o de salud para el consumidor, mientras que una dosis excesiva o inadecuada puede tener efectos secundarios perjudiciales.

2021 – INIA. VIGILANCIA TECNOLÓGICA AL CULTIVO. El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), es la instancia que otorga las licencias con fines de investigación científica en Cannabis, a solicitud de las instituciones interesadas previa evaluación técnica de sus expedientes. En este contexto, el área de Información y Vigilancia Tecnológica Agraria de la Dirección de Gestión de la Innovación Agraria del INIA, ha elaborado el “Estudio de vigilancia tecnológica en el cultivo de cannabis” que tiene por objetivo mostrar el escenario de investigación y desarrollo tecnológico nacional e internacional, para dar a conocer las nuevas tecnologías y tendencias al cultivo de cannabis, a través del análisis de patentes, publicaciones científicas y proyectos de investigación. Este estudio está dirigido a los investigadores y gestores de la I+D+i del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA), para que sea adoptado como un documento de consulta en la toma de decisiones orientadas a desarrollar nuevas propuestas de investigación y desarrollo de tecnologías de alto impacto en el sector agropecuario del Perú.

2021 - Ley 31312 – Digemid. Aprueban modificaciones a la ley de acceso a su uso medicinal del cannabis y al Código Penal.

2022 – ONU COMERCIO Y DESARROLLO (UNCTAD). Señala discrepancias notables en los datos de exportación, destacando la necesidad de un enfoque más sistemático para medir el comercio mundial de productos de cáñamo. Podemos mencionar, la base de datos de estadísticas comerciales de productos básicos de la ONU (Comtrade), que utiliza clasificaciones internacionales que solo cubren fibra e hilo crudos y semiprocesados de cáñamo industrial, registró un valor comercial de \$46 millones en 2022.

2022 - Proyecto de Ley sobre el cáñamo. El Proyecto de Ley N°03938/2022-CR para el desarrollo agrícola y productivo del cáñamo de uso industrial busca promover el uso del cáñamo industrial. Este proyecto se encuentra actualmente en las comisiones agraria y de producción, micro y pequeña empresa desde enero del 2023. Este proyecto de Ley tiene por objeto autorizar la siembra, producción, industrialización y comercialización de la fibra y el grano del cáñamo de uso industrial, para promover la producción de materia prima para su desarrollo industrial en el Perú.

2022 - Comisión Agraria del Congreso - Proponen industrialización del cáñamo como alternativa de reactivación económica. Diversos especialistas expusieron en una mesa técnica de trabajo, sus aportes sobre el proyecto de ley que promueve la reactivación económica a través del uso del cáñamo en la agricultura del Perú; autoría del congresista Arturo Alegría de Fuerza Popular.

El evento que llevó por nombre “El cáñamo en el Perú: oportunidades de desarrollo”, convocó a representantes del Ministerio de la Producción – PRODUCE, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA), Futura Farms, empresa pionera en la investigación científica de la industria del cáñamo, y la empresa de la industria textil World Textile Sourcing (WTS).

“Más allá de la crisis que atravesamos en el país, es importante seguir trabajando en iniciativas desde el Congreso que generen alternativas para la población que quiere salir adelante. En ese sentido, considero que el país tiene mucho que ganar con una ley que permita la industrialización del cáñamo”, indicó Alegría.

Comentó que la desinformación ha creado una serie de tabúes y prejuicios por muchos años con relación a la planta de cáñamo (clasificada dentro de los cannabinoides) y que precisamente estos espacios públicos, como las mesas de trabajo, permiten a los expertos aclarar este tipo de temas.

2022 – Mundo textil - La realidad del uso del cáñamo en la industria textil

Marcas como Quisksilver y Patagonia han popularizado el cáñamo como fibras de prendas de vestir, actualmente marcas como Woolrich, Cannabeings Designs, Hemp Authority se especializan en ropa de cáñamo y accesorios. Muchos diseñadores y casas de moda han utilizado de manera frecuente el cáñamo en sus colecciones, entre ellos: Ralph Lauren, Donatella Versace, Behnaz Sarafpour, Donna Karan International, Isabel Toledo y Doo Ri (Mundo textil , 2017). Para el caso de la marca Patagonia, la utilización de esta fibra, ha sido un impulso más por aportar a la sostenibilidad del planeta, puesto que su modelo

de negocio es uno de los más amigables con el medio ambiente e incluye iniciativas tales como el menor uso de materiales, reducción de los desechos textiles, cambios tecnológicos. Para volver a sus procesos más sustentables, uso de algodón orgánico para sus prendas, campañas de concientización para que sus consumidores se vuelvan más responsables, utilización de hasta el 70% de fibras reciclables en sus productos, atención al ciclo completo de su mercadería desde que sale de sus tiendas hasta que es reciclada o vendida por sus clientes, campañas para evitar las compras innecesarias de nuevas prendas, servicios de reparación de prendas desconocidas o rotas; entre otras (Fantin, 2019).

Ralph Lauren ha usado las fibras de charmeuse producidas por Enviro Textiles; para fabricar vestidos, chaquetas; jerséis, camisetas, sudaderas, pantalonetas, pantalones, camisas y ropa de cama. Otras importantes marcas como Hoodlamb, Datsusara, Patagonia, Satori y Dash Hemp tienen nutridas colecciones de ropa hecha total o parcialmente de cáñamo (Sensi seeds, 2019). Un aporte sumamente valioso que la marca Ralph Lauren hace a la sociedad, radica en la elaboración de prendas de alta calidad y que no están de ninguna manera ligadas a colecciones temporales o efímeras, la mayor parte de sus prendas son diseñadas para ser usadas por muchos años sin perder estilo ni calidad, sin embargo su política de sostenibilidad se basa en aspectos como la trazabilidad, compromiso con los proveedores, uso de materiales sostenibles, manejo sostenible de los desechos químicos, reducción del uso de agua en su producción y participación en programas de compromiso social y filantropía (Ralph Lauren , 2021).

Las fibras de cáñamo tienen varias ventajas respecto a otras fibras naturales y sintéticas. El crecimiento de la planta es mucho más rápido que el algodón, no requiere pesticidas ni herbicidas; además erosiona menos el suelo y produce oxígeno (Shahzad, 2018). De acuerdo a los últimos estudios realizados en Estados Unidos, el costo de cultivar cáñamo versus algodón, es un 77% más económico para la fibra en materia de nuestro análisis; aquí también se debe considerar que los países con climas cálidos son los más idóneos para el cultivo de la planta, puesto que los rangos de temperatura para su adecuado crecimiento oscilan entre los 7.8 °C y los 27 °C (Duque Schumache, Pequit, & Pazour, 2020) .

Dada la resistencia de la tela proveniente del cáñamo, su uso desde el siglo XX ha venido dándose en prendas especiales para militares y equipos de emergencia; uniformes a prueba de agua y de viento, retardante de llama; ropa interior de punto; camisetas anti estáticas y resistentes a los rayos UV; ropa para vaqueros y ganaderos. Una de las particularidades más destacadas, que de hecho ya fue aprovechada siglos atrás en Asia y África, es la propiedad medicinal que tiene el cáñamo, actualmente experimentos científicos han comprobado que el cannabis fenólico tiene un significativo efecto de destruir a substancias como el *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y la *Candida albicans*. Así también la estructura porosa del cáñamo la hace extremadamente útil para ser usada para injertos vasculares (Zhang , Zhong , & Feng , 2018).

Comparada con el algodón, el cáñamo es mucho más amigable con el ambiente, la cantidad de agua que se necesita para producir un kilogramo terminado de algodón es 4400 litros, mientras que para la misma cantidad de tela de cáñamo se requiere solamente 990 litros. La absorción de CO₂ por hectárea del cáñamo, fluctúa entre 22 a 44 toneladas (Hemp Copenhagen, 2020).

Tomando en cuenta la huella ecológica del cáñamo frente al algodón, la del algodón representa hasta 3,7 gha y la huella ecológica del cáñamo es apenas de 2.01 gha (Duque Schumache, Pequit, & Pazour, 2020).

2022 - Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito La legalización del cannabis en algunas partes del mundo parece haber acelerado el consumo diario y las consecuencias relacionadas para la salud, según el Informe Mundial sobre las Drogas 2022 de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). El informe, publicado hoy, también detalla el aumento sin precedentes de la fabricación de cocaína, la expansión de las drogas sintéticas a nuevos mercados y las continuas deficiencias en la disponibilidad de tratamientos contra las drogas, especialmente para las mujeres.

Según el Informe, alrededor de 284 millones de personas de entre 15 y 64 años consumieron drogas en todo el mundo en 2020, lo que supone un aumento del 26% respecto a la década anterior. Las personas jóvenes están consumiendo más drogas y los niveles de consumo actuales en muchos países son más altos que los de la generación anterior. En África y América Latina, las personas menores de 35 años representan la mayoría de quienes reciben tratamiento por trastornos relacionados con el consumo de drogas.

El informe estima que, a nivel global, 11.2 millones de personas se inyectan drogas. Alrededor de la mitad vive con hepatitis C; 1.4 millones con VIH y 1.2 millones, con ambos.

En respuesta a estos hallazgos, la directora ejecutiva de UNODC, la Sra. Ghada Waly, declaró: "Las cifras de producción e incautación de muchas drogas ilícitas están alcanzando niveles récord, incluso cuando las emergencias globales están aumentando las vulnerabilidades. Al mismo tiempo, las percepciones erróneas sobre la magnitud del problema y los riesgos relacionados están privando a las personas de los servicios de atención y tratamiento y conduciendo a la juventud hacia comportamientos peligrosos.

Debemos destinar los recursos y la atención necesarios para hacer frente a todos los aspectos del problema mundial de las drogas, incluida la prestación de asistencia basada en la evidencia a todas las personas que la necesitan, y debemos mejorar la base de conocimientos sobre la relación de las drogas ilícitas con otros retos urgentes, como los conflictos y la degradación del ambiente".

El informe destaca, además, la importancia de movilizar a la comunidad internacional, los gobiernos, la sociedad civil y a todas las contrapartes para que adopten medidas urgentes de protección, entre ellas reforzar la prevención y el tratamiento del consumo de drogas y afrontar la oferta de drogas ilícitas.

2022 - Devida. Advierte que la marihuana transgénica tiene mayor potencia adictiva

Expertos de Devida advirtieron hoy que los plantones de cannabis (marihuana) hallados por la Policía Nacional en el distrito de Sayán, Huaura, contienen alto componente de tetrahidrocannabinol (THC), principal sustancia psicoactiva que resulta mucho más adictiva. Eduardo Cruz, especialista de la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (Devida), explicó que ahora la marihuana es "fabricada" de tal forma que los consumidores se pegan a ella de forma más rápida. "Lo que hacen durante el proceso de siembra es incrementar el porcentaje del THC con fertilizantes y luces especiales. A mayor concentración de este componente, se vuelve más adictivo", dijo. Se conoce que el mayor porcentaje del tetrahidrocannabinol hallado en el mundo en una planta de marihuana llega al 34%. "La marihuana tradicional contiene entre 2% y 4% de THC", precisó Cruz. Además de degenerar el organismo humano y perturbar el sistema nervioso central, existen evidencias científicas de que el consumo de esta planta disminuye la inteligencia. Hay más de 400 compuestos que forman parte del cannabis; sin embargo, dentro de ellos son dos los que abundan: tetrahidrocannabinol o THC (sumamente adictivo) y el cannabidiol o CBD, de uso medicinal.

2023 – Senasa. ÁREA ESPECIALIZADA. La Unidad de Gestión Técnica en Cannabis y Cáñamo Industrial del Senasa fue creada mediante la Resolución 716/2023 para fortalecer el desarrollo productivo de este cultivo en el país, desde las diferentes incumbencias del organismo y en el marco de la normativa vigente.

2023 - Ministerio de Salud – Minsa Campaña sobre el uso medicinal del cannabis y sus derivados. PÁGINA WEB MINSA.

2023- Ministerio de Salud - Minsa Acceder al Registro Nacional de Pacientes Usuarios del Cannabis y sus derivados para uso medicinal y terapéutico (Renpuc). Si tienes indicación médica para usar cannabis o sus derivados, debes inscribirte en el Registro Nacional de Pacientes Usuarios del Cannabis y sus derivados (Renpuc). Este aplicativo facilita el acceso a estos productos.

2023- Perú- cannabis medicinal. La autoridad regulatoria en el Perú informó en la página web que existen 126 establecimientos autorizados para la importación y comercialización de cannabis.

Establecimientos farmacéuticos con licencias de cannabis al 1ero de marzo del 2023

Tabla N° 4: Establecimientos farmacéuticos

Establecimientos	Tipo de Licencia	Cantidad
Drogerías	Licencia de importación y comercialización	54
Laboratorio	Licencia de importación y comercialización	2
Boticas y farmacias	Licencia de comercialización	68
Laboratorio	Licencia para la producción que incluye cultivo	1
Laboratorio	Licencia para la producción que no incluye cultivo	1
Total		126

Fuente: Perú cannabis medicinal – Autoridad regulatoria

2023 - Reunión multisectorial para debatir la implementación del reglamento que regula el uso medicinal y terapéutico del cannabis y derivados. En esta reunión participaron: Ministerio del Interior, Dirandro, Midagri, Senasa, INIA, INS y Digemid.

2024 – ONU COMERCIO Y DESARROLLO (UNCTAD). Un nuevo análisis destaca maneras de medir mejor las exportaciones globales de productos de cáñamo, lo cual es clave para desbloquear los beneficios económicos y ambientales del cultivo para las naciones en desarrollo.

2024 – Ministerio del Interior - Resolución Ministerial N.º 0036-2024-IN. 0036-2024-IN (actividades con cannabis y sus derivados, regulado para el uso medicinal y terapéutico, para aprobar la Directiva N° 002 -2024-IN, denominada "Lineamientos técnicos para la verificación y expedición del certificado de cumplimiento de dispositivos de seguridad para el desarrollo de como el anexo forma parte integrante de la presente resolución).

2024- Día Mundial del Cannabis Medicinal - 15 noviembre. Una fecha dedicada a resaltar los beneficios terapéuticos del cannabis y a reconocer la lucha constante por su legislación y aceptación en la medicina moderna.

2024 - Ley N° 32195, Ley del Desarrollo Agrícola del Cáñamo para Uso Agrícola e Industrial, publicada el 15 de diciembre de 2024, marca un hito importante en la comercialización de alimentos para esta normativa; no solo brinda un marco legal para la producción y comercialización del cáñamo industrial y agrícola, sino que impulsará su uso como un recurso clave para sectores innovadores.

Algunos aspectos destacados de la ley:

- El cáñamo, conocido también como cannabis no psicoactivo o hemp (cannabis con menos del 1% de THC-tetrahidrocannabinol), podrá ser utilizado para elaborar productos alimenticios, cosméticos, textiles y materiales de construcción.
- El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (Midagri) será el encargado de autorizar actividades relacionadas con la producción, almacenamiento, transporte y exportación del cáñamo.
- Se establece la obligación de garantizar la procedencia lícita del cáñamo y la trazabilidad de los productos derivados, con un estricto monitoreo del contenido de THC.
- La ley faculta a la autoridad para inspeccionar las actividades relacionadas con el cáñamo, desde la siembra hasta la comercialización. Se estipulan sanciones, incluyendo la suspensión o cancelación de autorizaciones si el contenido de THC excede el 1%.
- Se deberá modificar el reglamento de estupefacientes, psicotrópicos y otras sustancias sujetas a fiscalización (D.S. 023-2001-SA) de la siguiente manera: Lista II A (drogas de uso prohibido en el país) se consignará al cannabis psicoactivo; Lista IV A (lista de sustancias de medicamentos prescritos con receta médica común) se consignará cannabis psicoactivo en lugar de cannabis resinas y aceites esenciales.

Mediante reglamento se establecerá los requisitos para el otorgamiento de la autorización. A continuación, algunas precisiones:

- Vigencia: la ley entrará en vigencia desde el día siguiente de la publicación de su reglamento.
- Reglamento: el Midagri tiene un plazo máximo de 180 días calendario desde la entrada en vigencia de la ley para la aprobación del reglamento.
- Código Penal: No es punible la producción del cáñamo de uso industrial con la autorización (modifica los artículos 296-A y 299), uso humano y animal, así como cosméticos a base de cannabis.

2025- DIGEMID Legislación. Es importante tener en cuenta que los productos que contienen derivados de cannabis para uso medicinal y terapéutico legalmente autorizados son:

- Productos farmacéuticos que contengan derivados del cannabis y cuenten con registro sanitario vigente otorgado por la DIGEMID.
- Productos derivados del cannabis que cuenten con autorización de importación excepcional para tratamiento individual.
- Preparado farmacéutico (fórmula magistral) derivado de cannabis para uso medicinal para tratamiento individualizado, elaborado por el profesional químico farmacéutico en una botica, farmacia o farmacia de un establecimiento.

- miento de salud con licencia otorgada por la autoridad competente, elaborado contra la presentación de la receta médica correspondiente.
- Los productos deben ser adquiridos en farmacias y boticas que cuenten con licencia para la comercialización de derivados de cannabis. No está autorizada la comercialización para el caso de la producción artesanal con cultivo asociativo, por ser esta de exclusivo beneficio de los pacientes calificados por su médico tratante que pertenecen a la asociación.

2025 - Producción y comercialización del cáñamo textil hacia adelante

En el mundo, tenemos muchos países que son productores del cáñamo como: China, Estados Unidos, Francia, Países Bajos, Rumania, entre otros países con menor nivel de producción tales como: Polonia, Hungría, Chile y Australia, por su gran interés en productos sostenibles y ecológicos.

En el Perú, el cultivo de cáñamo ha ido creciendo en los últimos años de manera ilegal y no reglamentada, impulsado principalmente por su potencial económico y sus diversos usos industriales y comerciales. Algunas de las regiones que han destacado en la producción de cáñamo en Perú están en la Selva norte de Perú por sus condiciones ambientales favorables para el cultivo de esta planta, como lo son: San Martín, Amazonas; en la sierra central del Perú tenemos a Junín, Huánuco, Cusco, entre otros departamentos en menor escala.

Al no tener producción peruana, las empresas en general deben importar para seguir los procesos de los proyectos. Existen pocas empresas que conocen el uso del cáñamo textil y se vienen investigando la factibilidad de su uso y aplicación textil; pero por diversos factores políticos, económicos, tecnológicos, ecológicos y sociales; por ejemplo, no apuestan totalmente al procesamiento de este tipo de materiales porque evitan la contaminación de sus otras líneas de producción, requiriendo una inversión en tecnología apropiada para dicha fibra, necesitarían un mercado cautivo para producir a gran escala y sea rentable, entre otros.

Sin embargo, podemos resaltar que la empresa peruana COFACO viene realizando durante un período considerable de dos años, investigación sobre la fibra, importación de la fibra, para ingresar a sus procesos de desarrollo de productos innovadores; así como elaboración de prendas que tienen entre 20 a 25% de cáñamo de uso textil y cuyos productos terminados se exportan a varios países de Europa, siendo entre ellos Francia el de mayor presencia potencial.

2025 – Estadísticas aduaneras - costos estimados en cáñamo de uso textil

Se tienen que importar de Francia la fibra tratada con las características según la norma técnica correspondiente a un costo de \$ 2 kg FOB puerto europeo con destino al Perú según valores de las estadísticas aduaneras según partida arancelaria; posteriormente

añadiendo costos complementarios la fibra del cáñamo llegará aproximadamente a \$ 6 kg valor CUPEP (Costo Unitario Puesto en Planta Lima-Perú) que es usado por la empresa peruana para el costeo correspondiente de las prendas a exportar. En caso de reglamentarse el cáñamo para uso textil, existe un gran mercado de tipo ecológico en el mundo que consumirá dicha fibra en una gama de productos textiles muy variada.

2025 – UN - Oportunidades para las naciones en desarrollo

Actualmente, Canadá lidera las exportaciones globales de semillas de aceite de cáñamo.

Francia, España y los Países Bajos dominan las exportaciones de productos de cáñamo crudos y semiprocesados, mientras que China es un actor principal en el mercado de hilo de cáñamo.

Pero al combinar datos de UN Comtrade y de fuentes nacionales, entre 2019 y 2022, aproximadamente un tercio de los países exportadores de productos de cáñamo son economías en desarrollo, principalmente de Asia y América del Sur.

Al fomentar un esfuerzo coordinado para expandir la cobertura de productos y mejorar la precisión de los datos, los países en desarrollo pueden mejorar el acceso al mercado global y las cadenas de valor del cáñamo industrial.

2025 BUSINESS WIRE USA - Innovación en empresas líderes en EE. UU. El sector del cáñamo industrial en EE. UU. está creciendo rápidamente, especialmente desde que la Ley Agrícola de 2018 legalizó su cultivo. Esto ha impulsado la expansión en diversas industrias, como la alimentaria, la de la construcción, la textil y la de productos de bienestar, especialmente el CBD. La demanda se ha visto estimulada aún más por la creciente concienciación de los consumidores sobre las ventajas del cáñamo para la salud y su sostenibilidad. Empresas líderes como HempFusion y Charlotte's Web lideran la innovación en cáñamo. Estados Unidos se posiciona ahora como líder en el sector del cáñamo industrial gracias a la creciente inversión en investigación y desarrollo, a pesar de los obstáculos regulatorios y la volatilidad del mercado. Se prevé un crecimiento significativo de la industria en los próximos años.

2025 – IMARC Group – empresa líder en investigación de mercados - destinos comerciales y potenciales socios estratégicos.

Para quienes deseen participar de la cadena logística sostenible del cáñamo, puede acceder a socios estratégicos ubicados en:

- Asia Pacífico: China, India, Indonesia, Pakistán, Bangladesh, Japón, Filipinas, Vietnam, Tailandia, Corea del Sur, Malasia, Nepal, Taiwán, Sri Lanka, Hong Kong, Singapur, Australia y Nueva Zelanda
- Europa: Alemania, Francia, Reino Unido, Italia, España, Rusia, Turquía, Países Bajos, Polonia, Suecia, Bélgica, Austria, Irlanda, Suiza, Noruega, Dinamarca, Rumania, Finlandia, República Checa, Portugal y Grecia

- América del Norte: Estados Unidos y Canadá
- América Latina: Brasil, México, Argentina, Colombia, Chile, Ecuador y Perú (*)
- Oriente Medio y África: Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Israel, Irán, Sudáfrica, Nigeria, Omán, Kuwait, Qatar, Irak, Egipto, Argelia y Marruecos

(*) En vías de la reglamentación del cáñamo de uso textil.

2025- SCRAPYART CORPORATION SAC. En el Perú existen empresas que importan y comercializan productos del cáñamo (Hilo Hemp Cord), este hilado se vende a través de e-commerce a un precio base de S/17 nuevos soles, osea a US\$ 4.1 dólares americanos según la calidad y cantidad que se muestran en sus catálogos digitales.

2025- Sunat - importaciones de hilos de cáñamo - En el Perú, de acuerdo a la partida arancelaria del cáñamo se encuentra en la sección XI, que corresponde a materias textiles y sus manufacturas, capítulo 53: Las demás fibras textiles vegetales; hilados de papel y tejidos de hilados de papel, dentro del arancel de aduanas.

Tabla N° 5: Materiales textiles y sus manufacturas

SECCIÓN:XI	MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS
CAPITULO:53	LAS DEMÁS FIBRAS TEXTILES VEGETALES; HILADOS DE PAPEL Y TEJIDOS DE HILADOS DE PAPEL
53.06	Hilados de lino.
53.06	Hilados de lino.
5306.10.00.00	- Sencillos
5306.20.10.00	- - Acondicionados para la venta al por menor
5306.20.90.00	- - Los demás
53.07	Hilados de yute o demás fibras textiles del lúber de la partida no 53.03.
5307.10.00.00	- Sencillos
5307.20.00.00	- Retorcidos o cableados
53.08	Hilados de las demás fibras textiles vegetales; hilados de papel.
5308.10.00.00	- Hilados de coco
5308.20.00.00	- Hilados de cáñamo
5308.90.00.10	- - Hilados de papel
5308.90.00.90	- - Los demás
53.09	Tejidos de lino.

Fuente: SUNAT (2025).

El hilado de cáñamo cuenta con algunas consideraciones o excepciones que aparecen dentro del arancel de aduanas digital según lo siguiente:

Tabla N° 6: Hilado del cáñamo con algunas consideraciones

TIPO DE PRODUCTO:	FE ERRATAS 08.11.2014-DS.312-2014-EF-06.11.2014-LEY 29666-I
Gravámenes Vigentes	Valor
Ad / Valorem	6%
Impuesto Selectivo al Consumo	0%
Impuesto General a las Ventas	16%
Impuesto de Promoción Municipal	2%
Derecho Específicos	N.A.
Derecho Antidumping	N.A.
Seguro	1.75%
Sobretasa	0%
Unidad de Medida:	KG

N.A.: No es aplicable para esta subpartida

OTROS REQUISITOS PARA LA COMERCIALIZACIÓN CON OTROS PAISES.

CORRELACIONES **CONVENIOS** **RESTRICCIONES** **DESCR. MINIMAS** **IND.CRITERIOS** **RESOL. CLASIF.**

Fuente: SUNAT (2025).

Es importante que el importador tenga un especialista en comercio exterior para administrar la gran variedad de factores: partida arancelaria Nabandina, convenios internacionales con diversos países, acuerdos comerciales, acuerdos de libre comercio, acuerdos de asociación económica, tratados bilaterales, protocolos adicionales, convenio de cooperación aduanera, exoneración de certificados de inspección, que deben considerarse para la importación del cáñamo para uso textil.

Por ejemplo: cuando se trata de trabajar con Estados Unidos la partida arancelaria que se utiliza para el cáñamo auténtico, crudo o enriado es 5302.10.00.00, para las tasas arancelarias americanas. En algunos casos los especialistas refieren al código arancelario HS (Harmonized System) en vez de la clasificación internacional estándar denominada “partida arancelaria”.

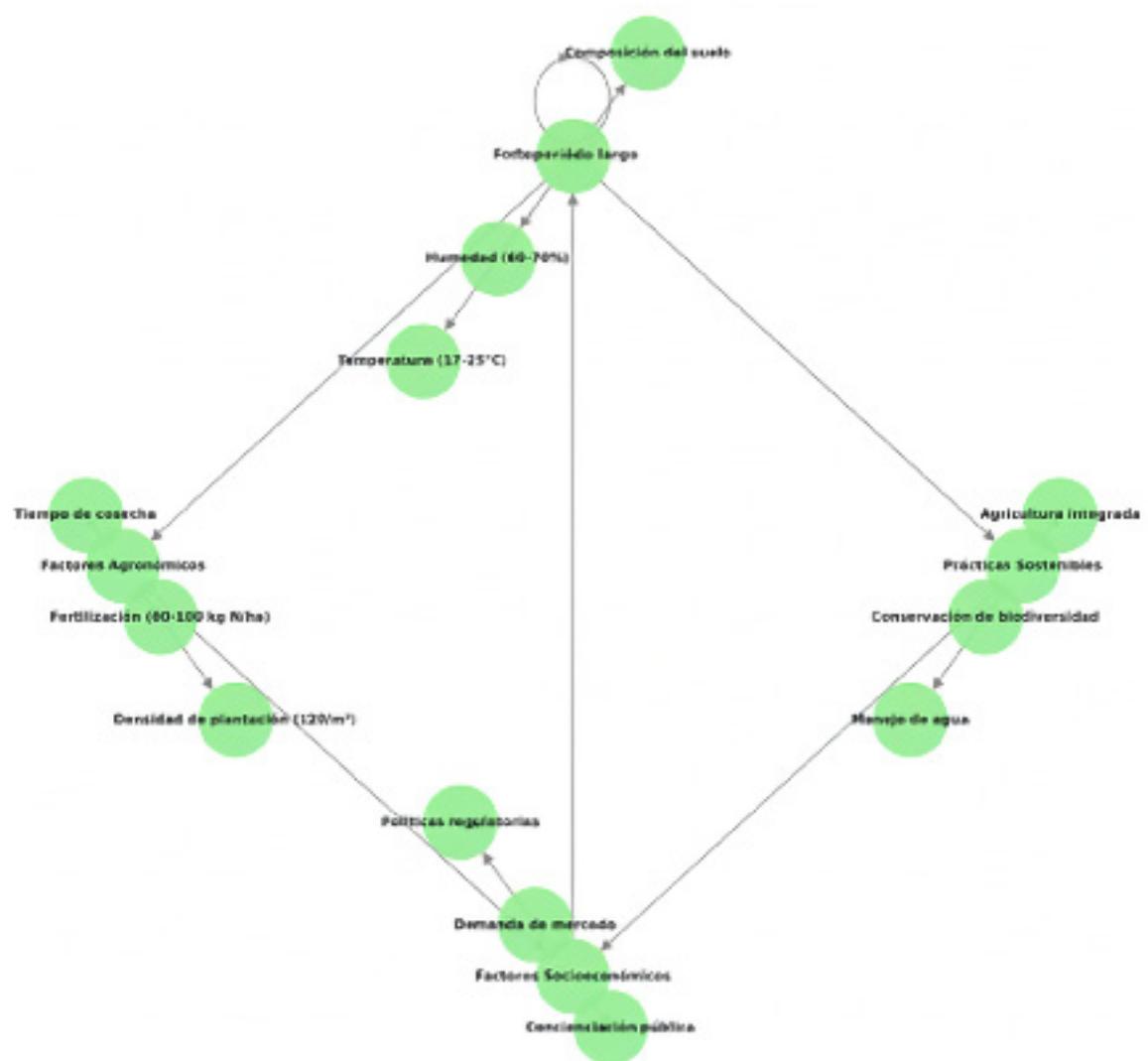
2025 - Mordor Intelligence - hacia un futuro sostenible. Tamaño del mercado de cáñamo industrial y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029)

El informe cubre las estadísticas de producción del mercado global de cáñamo industrial y está segmentado por tipo (semilla de cáñamo (consumida cruda, cocida o tostada), aceite de semilla de cáñamo, aceite de cáñamo con cannabidiol (CBD), proteína de cáñamo (suplemento) y extracto de cáñamo (sin CBD).), aplicación (alimentos y bebidas, suplementos para la salud y otras aplicaciones) y geografía (Norteamérica, Europa, Sudamérica y resto del mundo). El informe ofrece el tamaño del mercado y la previsión de ingresos del cáñamo industrial (millones de dólares) para todos los segmentos interesados.

Resultados

- Con respecto a la complejidad del cáñamo se propone el siguiente modelo el cual está basado en los factores abordados en el presente trabajo (ambientales, biológicos, agronómicos y socioeconómicos) que han sido interconectados a fin de vincular su relación bajo sistemas complejos,

Figura N° 13: Modelo de complejidad de factores para el cultivo del cáñamo



Fuente: Elaboración propia

- Entre los resultados se destaca la importancia de la caracterización exhaustiva de las variedades genéticas del Cannabis sativa, para garantizar un manejo adecuado de esta especie, especialmente en el contexto de la legalización y comercialización.
- La temperatura y humedad son variables muy importantes para el crecimiento radicular óptimo en la fase de desarrollo de las semillas del cáñamo, las características de las semillas del cáñamo van a permitir que pueda desarrollarse de manera efectiva en nuestro país favorecido por el clima, calidad de suelo, etc.
- Se ha identificado que, a pesar del creciente interés por el cáñamo como cultivo sostenible, el Perú recién ha dado un paso concreto con la promulgación de la Ley N.º 32195 (2024), la cual establece un marco legal para el desarrollo agrícola e industrial del cáñamo, aunque aún está pendiente su reglamentación definitiva.
- El análisis documental revela que existe una evolución normativa progresiva desde el 2017, con leyes y directivas centradas en el uso medicinal del cannabis, hasta propuestas recientes enfocadas en el uso industrial del cáñamo, lo cual refleja una apertura legal paulatina pero aún insuficientemente articulada.
- Se evidenció que la ausencia de una normativa técnica consolidada para el cáñamo textil genera barreras legales para su producción y comercialización, afectando la seguridad jurídica de productores, empresas y centros de investigación interesados en su industrialización.

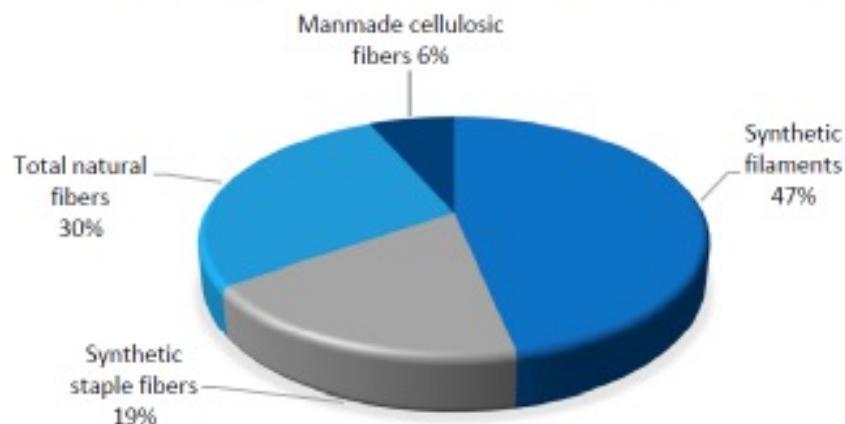
Discusión

- El modelo de complejidad de factores para el cultivo del cáñamo representa las conexiones que hay entre estos y la afectación o variaciones de dichos factores puede generar cambios o alterar el sistema complejo, por eso es importante el conocimiento de todos estos factores a fin de brindar una respuesta inmediata ante las variaciones o alteraciones del sistema complejo.
- El presente trabajo considera que es de vital importancia el conocimiento de los factores que lleven a un crecimiento y desarrollo óptimo del cáñamo, esto junto con las condiciones climáticas favorables que presenta el Perú permitirá el surgimiento de nuevos sistemas que aporten positivamente al desarrollo del Cannabis sativa L. en el Perú.
- Desde la Teoría de la complejidad, el cáñamo desde la semilla, el cultivo y la cosecha, hasta la obtención de la fibra interacciona con su sistema agrícola específico y en la obtención del hilo interacciona con su sistema industrial específico, así mismo interacciona con múltiples dimensiones (naturales, sociales, culturales y políticas), por estos motivos necesita un control de ca-

lidad específico en toda la cadena de producción de fibra a hilo, que permita la trazabilidad y certificación del producto de uso final.

- La producción mundial de fibras textiles alcanzó 110 millones de toneladas en 2019. Las fibras naturales representaban el 30% del total de fibras producidas en el mundo, ver figura N° 14. La producción mundial de cáñamo con respecto a las fibras naturales fue de 1.7%.

Figura N° 14: Producción mundial de fibras textiles



Fuente: Adaptado Zimniewska, M. (2022) tomado de Townsend, T. (2019)

- Uno de sus principales desafíos para su integración en cadenas de valor competitivas ha sido el procesamiento eficiente de sus partes vegetales, en particular la separación de la fibra del tallo. Un desafío es el requerimiento de máquinas especializadas para completar la línea tecnológica. La hilatura de cáñamo no es una opción atractiva para los fabricantes de máquinas, como la máquina de hilado dedicada al proceso de fibra larga, que garantiza la obtención de hilo cáñamo y producto final de la mejor calidad. Los equipos tradicionales tienen baja productividad, se realizan con equipos manuales, lo que limita la rentabilidad y la escalabilidad de la producción.
- La creación de un mercado de maquinaria de cáñamo, que permita la creación de líneas tecnológicas innovadoras, así como la creación de nuevos modelos de negocio, es necesario para que las fibras textiles del cáñamo sean económicamente competitivas en comparación con otras fibras naturales. Teniendo en cuenta que la sostenibilidad de la fibra de cáñamo es la principal fortaleza para el sector textil.
- A pesar de los avances legislativos con la promulgación de la Ley N.º 32195, la falta de un reglamento operativo limita la implementación efectiva del

cáñamo industrial en el Perú, generando incertidumbre jurídica para los actores de la cadena productiva.

- El marco legal actual evidencia una superposición normativa entre el uso medicinal y el uso industrial del cannabis, lo que exige una clara diferenciación regulatoria para fomentar la inversión en el cáñamo textil sin que se vea obstaculizada por los controles aplicables al cannabis psicoactivo.
- La trazabilidad obligatoria y los límites de THC exigidos por la ley peruana representan un reto técnico para los pequeños productores, por lo que se requiere un sistema de certificación y fiscalización accesible que garantice tanto la legalidad como la competitividad del cáñamo en mercados internacionales.

Conclusiones

- La Innovación tecnológica de máquinas y procesos, permite optimizar el uso de alto valor del cáñamo, desde el campo hasta la producción de fibras que incluyen la selección de variedad genética, prácticas de cultivo optimizadas, técnicas de cosecha eficientes, obtención de la fibra por métodos enzimáticos con apoyo de maquinaria, hasta el proceso de hilar la fibra.
- El cáñamo industrial (*Cannabis sativa L.*) fibra natural alternativa, para apoyar la transición de la industria textil hacia la sostenibilidad. No utiliza recursos no renovables, es biodegradable, requiere menos agua y pesticidas. El cultivo captura carbono, reduciendo la huella ambiental.
- La semilla de la variedad optima del *Cannabis sativa L.* debe ser de calidad:
- Calidad genética como identidad, pureza varietal, control en la producción.
- Calidad sanitaria cuando tiene control en la fuente de origen, diagnóstico de laboratorio y control en la producción.
- Calidad fisiológica cuando tiene condiciones de producción, alto porcentaje de germinación, acondicionamiento y almacenamiento.
- Calidad física, semilla libre de malezas, buenas prácticas de cosecha y acondicionamiento
- El cáñamo cultivado para aplicaciones textiles debe sembrarse en densidades altas (1935-2838 kg/ha) y cosecharse temprano para obtener fibra de alta calidad. Los ciclos de crecimiento y producción pueden variar entre los 125 y 90 días pudiendo las plantas alcanzar al menos 1,8 metros de altura.
- Para uso de exportación, la línea más viable para la producción de hilo de cáñamo es la adaptación del sistema de hilado de algodón a las características de la fibra de cáñamo algodonizada. La caracterización de ambas fibras tiene que tener uniformes sus propiedades, con un coeficiente de variación menor a 10 por ciento en finura, longitud, alargamiento, resistencia, fibra

corta, color entre otras. Estas tienen que estar acreditadas con estándares de calidad.

- La promulgación de la Ley N.º 32195 constituye un hito en el reconocimiento legal del cáñamo industrial en el Perú; sin embargo, su aplicación efectiva está condicionada a la aprobación oportuna del reglamento que delimita claramente las competencias institucionales y los requisitos para su producción, transformación y comercialización.
- La normativa vigente en el Perú aún muestra una fragmentación regulatoria entre usos medicinales, terapéuticos e industriales del cannabis, lo que genera ambigüedad jurídica y dificulta el establecimiento de una cadena de valor clara y sostenible para el cáñamo textil.
- El marco legal peruano requiere armonización con estándares internacionales que regulan el contenido de THC y la trazabilidad de los productos derivados del cáñamo, a fin de garantizar competitividad en el mercado global y seguridad jurídica para los inversionistas y productores nacionales.

Bibliografía

- Álvarez-Roldán, A., Gamella, J. F., & Parra, I. (2018). La legalización del cannabis: un experimento americano de consecuencias globales. *Revista Española de Drogodependencias*, 22 -37.
- Asamblea Nacional Constituyente. (07 de 08 de 2008). Reglamento Ley Orgánica de Transporte Terrestre.
- Ascanio, A. (2009). Rutas gastronómicas chilenas: una aproximación al tema. Pasos, 321-325.
- Brümmer, M. (1 de junio de 2015). ecohouses.es. Obtenido de Construcción sostenible : <https://www.ecohouses.es/wp-content/uploads/2015/06/el-canamo-en-la-construccion.pdf>
- Bolaños Herrera, A., Quirós Campos, S., Sánchez, L. A., & O'Bryan, D. (2020). Evaluación preliminar de cultivares de cáñamo industrial (*Cannabis sativa L.*) en dos regiones de Costa Rica. Proyecto UGIT: CV03MG101-1-20 y CV03MG101-8-20. Recuperado de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-11127.pdf>.
- Casanova Lorena; Martínez Juan; López Silvia; Landeros Cesáreo; López Gustavo; Peña Benjamin Enfoques del pensamiento complejo en el agroecosistema.
- Interciencia. Vol. 40, núm. 3, marzo, 2015, pp 210-216 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela

Calderón Rojas, C. (5 de Enero de 2020). Repositorio UNIANDES . Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/14014>

Candela García , E., & Espada Sánchez, J. P (2006). UNA REVISIÓN HISTÓRICA SOBRE LOS USOS DEL CANNABIS Y SU REGULACIÓN. *Salud y drogas*, 47-70.

Cannarelax. (12 de diciembre de 2019). Cannarelax.com. Obtenido de <https://cannarelax.com/el-canamo-en-el-automovil-ford/>

Cayuela , D. (04 de Diciembre de 2019). Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de <https://www.upc.edu/intexter/ca/jornada-industria-textil-sostenibilidad/documentos-1/Obtencinyennoblecimiento delcamopara substratostextiles.pdf>

CNN. (13 de Enero de 2016). CNN Tecnología . Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2016/01/13/estos-autos-usan-cannabis/>

Demeter, C. (20 de Junio de 2017). Marihuaneame. Obtenido de <http://marihuaneame.com/2017/06/20/ventajas-de-los-textiles-con-canamo/>

Díaz Rojo, J. (2004). Las denominaciones del cáñamo, un problema terminológico y lexigráfico. *Revista de Lexicografía*, 65-79.

Duque Schumache, A., Pequit, S., & Pazour, J. (2020). Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative to cotton. *Journal of Cleaner Production*, 1 - 31.

Espinach, F. X., Vilaseca, F., Tarrés, Q., Delgado-Aguilar, M., & Aguado, P (2024). An alternative method to evaluate the micromechanics tensile strength properties of natural fiber strand reinforced polyolefin composites. The case of hemp strand-reinforced polypropylene. *Composites Part B*, 273, 111211. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111211>

Fassio, A., Rodriguez, M., & Ceretta, S. (8 de marzo de 2013). [catalogo.latu.org.uy](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348). Obtenido de Cáñamo: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348

Fuentes Pérez, E., & Acurio Arcos, L. (2020). EL CAÑAMO (CANNABIS SATIVA L.) PARA USO INDUSTRIAL Y FARMACÉUTICO: UNA VISIÓN DESDE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. *CienciAmérica*, 1 - 7.

González, J. (2009). La teoría de la complejidad. *Dyna*, 76(157), 243–245. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611942024>

- Hash and Marihuana Hemp Museum . (17 de Noviembre de 2019). Hash and Marihuana Hemp Museum . Obtenido de <https://hashmuseum.com/es/coleccion/canamo-para-la-navegacion>
- Hemp Copenhagen. (14 de Enero de 2020). [hemp-copenhagen.com](https://hemp-copenhagen.com/shop/cms-hemp-science.html). Obtenido de <https://hemp-copenhagen.com/shop/cms-hemp-science.html>
- Hernández, Sampiere, & Baptista. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F: McGraw- Hill.
- Hurtado, D. (20 de Enero de 2020). Cannabis Magazine . Obtenido de http://www.cannabismagazine.es/digital/index.php?option=com_content&view=article&id=3403:c%C3%A1%C3%B1amo,-la-planta-textil-m%C3%A1s-antigua-del-mundo&catid=108:historia-de-cannabis&Itemid=127
- Lauren, Ralph. (25 de enero de 2021). [corporate.ralphlauren.com](http://www.corporate.ralphlauren.com). Obtenido de 2020 Global Citizenship & Sustainability Report: https://corporate.ralphlauren.com/on/demandware.static/-/Sites-RalphLauren_Corporate-Library/default/dwd8688705/documents/2020_Global_Citizenship_Sustainability_Report.pdf
- Leal Galicia , P., Betancourt , D., González González , A., & Romo Parra , H. (2018). Breve historia sobre la marihuana en Occidente. Revista de Neurología, 133-140.
- Leoni, M., Musio, S., Croci, M., Tang, K., Magagnini, G. M., Thouminot, C., Müssig, J., & Amaducci, S. (2022). The effect of agronomic management of hemp (*Cannabis sativa L.*) on stem processing and fibre quality. *Industrial Crops & Products*, 188, 115520. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115520>
- Lisa Burgel, Jens Hartung, Simone Graeff-Hönninger, 2020 Impact of Different Growing Substrates on Growth, Yield and Cannabinoid Content of Two *Cannabis sativa L.* Genotypes in a Pot Culture <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040062>
- Lozano Cámara, I. (2017). CULTIVO Y USOS ETNOBOTÁNICOS DEL CÁÑAMO (*CANNABIS SATIVA L.*) EN LA CIENCIA ÁRABE (SIGLOS VIII - XVII). Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia, 1 - 12.
- Mahnaz Abdollahia, Fatemeh Sefidkonb,* , Mohsen Calagarib, Amir Mousavic, Mariz J.; Guise, C.; Silva, TL; Rodrigues, L.; Silva, CJ Cáñamo: del campo a la fibra: una revisión.
- Textiles 2024, 4, 165-182 <https://doi.org/10.3390/textiles4020011> Portugal.
- Mitchell, & Hall. (2005). Gastronomic tourism: comparing food and wine tourism experiences. Trends and Cases, 89-100.

- Mohamad Fawzi Mahomoodallyd, e Industrial Crops & Products 152 (2020) 112397
A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of Hemp (*Cannabis sativa L.*) grown from three regions in northern Iran Journal homepage: www.elsevier.com/locate/incrop
- Molina , M. (2008). EL CANNABIS EN LA HISTORIA: PASADO Y PRESENTE. *Cultura y droga*, 95 - 110.
- Mönckeberg, F. (2014). Los pro y contra de la legalización de la marihuana . *Chil Pediatr*, 229 -237.
- Mundo textil . (8 de Agosto de 2017). Mundo textil. Obtenido de <https://mundotextilmag.com.ar/fibras-naturales-canamo/>
- Pino Herrera , O. (3 de febrero de 2019). repositorio.puce.edu.ec. Obtenido de ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y PROCESADORA DE FIBRA DE CÁÑAMO INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA PARA LA EXPORTACIÓN AL MERCADO ALEMÁN EN EL PERÍODO 2019-2029: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15967/ESTUDIO%20DE%20PRE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20LA%20CREACI%C3%93N%20DE%20UNA%20EMPRESA%20PRODUCTORA%20Y%20PROCESADORA%20DE%20FIBRA%20DE%20CA%C3%91AMO%20INDUSTRIAL%20EN%20LA%20~1.pdf?sequence=1&isAllo>
- Riera , E. (2012). El Gran Libro del Cananbis. Barcelona: Integral RBA libros.
- Romero Betancourt Juan David (2021). Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de cuatro accesiones de *Cannabis sativa L.* Tesis Magister en Biología. Facultad Ciencias Universidad Nacional de Colombia Bogotá. Colombia.
- Rosen, J., & Zepeda , R. (2015). La guerra contra el narcotráfico en México: Una guerra perdida. *Reflexiones*, 153 - 168.
- Rough, L. (Agosto de 2017). LEAFLY. Obtenido de <https://www.leafly.com/news/cannabis-101/facts-about-the-marijuana-tax-act-of-1937>
- Saavedra Mora, D., Peña, M., Toro, L., González, D., Hernández, J., & Castañeda, J. (2023). El cultivo del cáñamo *Cannabis sativa L.* en Colombia. Editorial (si corresponde). ISBN: 978-628-95739-9-2.
- Sensi seeds. (24 de Diciembre de 2019). Sensi seeds. Obtenido de <https://sensiseeds.com/es/blog/curso-basico-de-tejidos-de-canamo-y-como-se-fabrican-las-telas-de-canamo/>

- Sensi Seeds. (24 de Diciembre de 2019). Sensi Seeds. Obtenido de <https://sensiseeds.com/es/blog/curso-basico-de-tejidos-de-canamo-y-como-se-fabrican-las-telas-de-canamo/>
- Shahzad, A. (2018). Use of Hemp Fiber in Textiles. Lupine Publishers , 271.
- Steward, Bramble, C., & Zirald, D. (2008). Key challenges in wine and culinary tourism with practical recommendations. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 302-312.
- USDA U.S. Department of Agriculture . (30 de Enero de 2000). USDA. Obtenido de https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41740/15867_ages001e_1_.pdf?v=0
- Vallejos , M. (01 de 12 de 2006). APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL Cannabis. Obtenido de Universidad de Girona: <https://core.ac.uk/download/pdf/132551506.pdf>
- Villegas Marín , C., & González Monroy , B. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de consumo. Revista Legado de Arquitectura y Diseño, 31-45.
- www.espolea.org. (20 de febrero de 2020). Obtenido de <http://www.espolea.org/uploads/8/7/2/7/8727772/ddt-mapeandocannabis-mundo.pdf>
- Zhang , H., Zhong , Z., & Feng , L. (2018). Advances in the Performance and Application of Hemp Fiber. Tianjin University, 18.1 - 18.5.
- Zimniewska M. (2022). Hemp Fibre Properties and Processing Target Textile: A Review. Materials 2022, 15, 1901 <https://doi.org/10.3390/ma15051901>

Revisión crítica de los estudios sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural en las Islas Galápagos: un enfoque desde la teoría de la complejidad

Critical review of studies on the impact of tourism on environmental and cultural sustainability in the Galapagos Islands: a complexity theory approach

Karen Andrea Álava Chichanda

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

Paola Gabriela Álava Chichanda

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

Óscar Rafael Tinoco Gómez

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Este artículo ofrece una revisión crítica de los estudios sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural de las Islas Galápagos, empleando la teoría de la complejidad como marco analítico. Se analizan los efectos negativos del turismo, como la degradación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y los cambios en las dinámicas socioculturales locales. A través de la teoría de la complejidad, se plantea que estos impactos no deben considerarse de forma aislada, sino como parte de un sistema interdependiente en el que los factores ambientales, sociales y económicos interactúan de manera no lineal. La revisión destaca la necesidad de involucrar a las comunidades locales en la gestión turística para garantizar un desarrollo sostenible que equilibre los beneficios económicos con la conservación del patrimonio natural y cultural. Por último, se concluye que la adopción de un enfoque sistémico y multidimensional es clave para desarrollar políticas más efectivas que preserven la biodiversidad de las islas y apoyen el bienestar de las comunidades locales.

Palabras clave: *Turismo sostenible/ Islas Galápagos/ Teoría de la complejidad/ Impacto ambiental/ Gestión comunitaria.*

This article offers a critical review of studies on the impact of tourism on the environmental and cultural sustainability of the Galápagos Islands, using complexity theory as an analytical framework. The negative effects of tourism, such as ecosystem degradation, the introduction of invasive species, and changes in local socio-cultural dynamics, are analyzed. Through complexity theory, it is argued that these impacts should not be considered in isolation, but as part of an interdependent system where environmental, social, and economic factors

interact in non-linear ways. The review highlights the need to involve local communities in tourism management to ensure sustainable development that balances economic benefits with the conservation of natural and cultural heritage. Finally, it concludes that adopting a systemic and multidimensional approach is key to developing more effective policies that preserve the islands' biodiversity and support the well-being of local communities.

Keywords: Sustainable tourism/ Galápagos Islands/ Complexity theory/ Environmental impact/ Community management.

Introducción

Las Islas Galápagos son reconocidas mundialmente por su biodiversidad única y su relevancia en el desarrollo de la teoría de la evolución de Charles Darwin; la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2024) considera a estas Islas como un sitio de valor incalculable para la ciencia y la biodiversidad, pero también destaca la necesidad urgente de una gestión sostenible para protegerlas de las crecientes amenazas humanas.

El equilibrio entre conservación y desarrollo es crucial para preservar este ecosistema único, en la actualidad se han convertido en un destino turístico de gran interés para el mundo, sin embargo, el creciente turismo en la región ha generado preocupaciones sobre su impacto en la sostenibilidad ambiental y cultural. Grenier (2007) indica que el turismo en Galápagos ha sido organizado desde los años 1960, inicialmente bajo el concepto de conservar el Parque Nacional Galápagos (PNG) para atraer turistas internacionales. En este contexto el turismo aporta beneficios económicos y facilita el intercambio cultural, pero también plantea desafíos considerables, como la degradación de los ecosistemas, la presión sobre los recursos naturales y los cambios en las dinámicas socioculturales de las comunidades locales (Tayupanda-Pagalo, 2022).

A lo largo de los últimos años, diversos estudios han intentado abordar estos desafíos, analizando cómo el turismo afecta la conservación de los frágiles ecosistemas de las Galápagos y el equilibrio cultural de las comunidades que habitan en las islas, según el ecosistema de las Islas Galápagos es único en el mundo, con una biodiversidad excepcional y numerosas especies endémicas. Este delicado equilibrio ecológico ha sido fundamental en estudios evolutivos, pero enfrenta amenazas como el turismo, especies invasoras y el cambio climático (Dávalos, 2021).

No obstante, muchos de estos estudios se han centrado en enfoques lineales o aislados, sin considerar la interrelación compleja entre los distintos factores que conforman este problema. La teoría de la complejidad ofrece una perspectiva que permite comprender mejor las interacciones dinámicas entre los componentes ecológicos, sociales, económicos y culturales, y cómo estos afectan de manera conjunta la sostenibilidad de las Islas

Galápagos. Salgado y Parra (2021) indican que el aporte de la teoría de la complejidad radica en su capacidad para explicar sistemas dinámicos y no lineales, revelando cómo interacciones simples pueden generar comportamientos emergentes.

Palmas et al. (2011), autores del artículo "Enfoques teóricos para aplicaciones concretas: complejidad y turismo", afirman que el turismo debe ser entendido como parte de un sistema complejo. Argumentan que este fenómeno turístico está interrelacionado con la naturaleza y la sociedad, lo que significa que no puede ser analizado de manera aislada.

Alfonzo (2022) explica que las teorías interpretativas influyen en los estudios sobre turismo. Estas teorías permiten comprender los significados sociales y culturales que los individuos o grupos atribuyen a sus acciones y experiencias turísticas, teorías como el interaccionismo simbólico, fenomenología social, construcción social y la teoría del actor-red. El autor destaca la importancia de estas teorías para estudiar el turismo desde una perspectiva cualitativa e interpretativa, ayudando a los investigadores a explorar los significados producidos colectivamente en las experiencias turísticas.

Po otra parte, Chávez (2021) discute cómo un diseño complejo debe evolucionar en un mundo interconectado y complejo. Sostiene que el diseño no puede seguir siendo entendido de manera lineal o mecánica, sino como un sistema complejo que integra múltiples disciplinas y consideraciones, desde lo social hasta lo ambiental, enfatiza que la sostenibilidad no se trata simplemente de crear productos ecológicos, sino de replantear procesos de diseño que involucren un pensamiento sistémico, considerando las interacciones entre el diseño, la naturaleza, y la sociedad. Según el autor, este enfoque holístico es necesario para enfrentar los desafíos del siglo XXI, como la crisis ambiental, el cambio climático, y las inequidades sociales.

De la Rosa (2021) argumenta que la sostenibilidad debe ser un eje central en las organizaciones modernas, no solo como un imperativo ético, sino también como una estrategia competitiva. Las empresas deben incorporar la ecoeficiencia y adoptar prácticas que reduzcan las emisiones y promuevan un uso racional de los recursos. En este sentido, la autora explora varias teorías organizacionales, como la teoría de sistemas, la teoría ecológica y la teoría de los recursos y capacidades, mostrando cómo pueden combinarse para apoyar la sostenibilidad.

Reyes et al. (2023) destacan que los países con instituciones más fuertes y menos corruptas suelen implementar regulaciones ambientales más efectivas, lo que a su vez mejora la sostenibilidad. Asimismo, indican que las instituciones débiles están asociadas a la degradación ambiental, especialmente en economías que dependen de la explotación de recursos naturales. Esta situación se asocia con la llamada "maldición de los recursos naturales", donde la abundancia de recursos no se traduce en desarrollo sostenible debido a la corrupción y la falta de buenas políticas.

Según Padilla y Flores (2022) la educación ambiental para la sostenibilidad busca promover una comprensión crítica de la realidad ambiental, fomentando actitudes de respeto y la búsqueda de soluciones a problemas ambientales. Indican que este proceso debe incluir la apropiación y empoderamiento de las comunidades para que, a través de la participación activa, se genere un cambio en el comportamiento hacia el medio ambiente.

Chaos y Morales (2024) destacan la importancia de la Educación Interprofesional (EIP) en la formación profesional para enfrentar los desafíos del turismo en zonas patrimoniales como Camagüey, Cuba, proponen acciones para garantizar un turismo seguro, integrando la colaboración entre disciplinas como la arquitectura y las ciencias médicas, con el fin de proteger la salud de residentes y turistas.

Aranibar y Patiño (2022) destacan que el turismo puede generar beneficios económicos, sociales y culturales para las comunidades locales, al tiempo que preserva los recursos naturales y el patrimonio cultural, siendo posible estudiar el turismo sostenible en el contexto del Lago Titicaca, como el impacto económico, la mejora de la salud mental y física, la educación, la equidad de género, la protección ambiental y el desarrollo social. Los autores argumentan que el turismo tiene el potencial de ser un camino hacia la sostenibilidad si se gestiona adecuadamente, involucrando a las comunidades en la toma de decisiones y garantizando que los beneficios del turismo se distribuyan de manera equitativa.

En un similar contexto, Inostroza et al. (2024) declaran que los proyectos energéticos en la Patagonia chilena generan conflictos socioambientales y el papel que desempeña el sector turismo en dichos conflictos. Los autores proponen que, aunque el turismo se opone a estos proyectos debido al impacto negativo sobre el paisaje y la naturaleza, también tiene una posición ambivalente, ya que algunos actores ven oportunidades de desarrollo turístico a partir de las infraestructuras energéticas.

Font et al. concluye sobre su investigación “Prisma comunitario de los impactos del turismo: caso de estudio Puerto López, Ecuador” que las comunidades locales de Puerto López perciben mayoritariamente los impactos del turismo como positivos, especialmente en lo que respecta a la generación de empleo y la mejora de los servicios públicos. Sin embargo, también se señala la preocupación por la gestión de los recursos y la necesidad de una mayor participación comunitaria en las decisiones relacionadas con el turismo. Los autores subrayan la importancia de incluir a las comunidades locales en la planificación y gestión turística para garantizar un desarrollo más equitativo y sostenible.

Turismo y sostenibilidad en las Islas Galápagos

El turismo en las Islas Galápagos comenzó en la década de 1960 y ha crecido de manera exponencial, convirtiéndose en una fuente económica clave para Ecuador. Sin embargo, este desarrollo también ha generado desafíos importantes para la conservación de

sus ecosistemas únicos. El turismo ha impactado negativamente el medio ambiente, provocando la degradación de los ecosistemas, la contaminación y la introducción de especies invasoras. La infraestructura turística también ha fragmentado hábitats frágiles, afectando a las especies endémicas y comprometiendo la biodiversidad de las islas.

En respuesta a estos problemas, el turismo sostenible ha emergido como un enfoque fundamental para equilibrar los beneficios económicos y la conservación. Este enfoque busca minimizar los impactos negativos y garantizar la preservación ambiental y cultural. No obstante, el turismo también ha influido en las dinámicas sociales y culturales de las comunidades locales, cambiando tradiciones y prácticas a favor de las demandas turísticas. Aunque el turismo ha traído prosperidad económica, ha generado una dependencia que afecta tanto el ambiente como las formas de vida locales.

La teoría de la complejidad aplicada a los sistemas sociales y ambientales

La teoría de la complejidad se centra en el estudio de sistemas formados por múltiples componentes que interactúan de manera no lineal, donde pequeños cambios pueden generar grandes efectos debido a la retroalimentación entre los elementos del sistema. Estos sistemas exhiben comportamientos emergentes, es decir, propiedades o dinámicas que no pueden preverse simplemente a partir del estudio de sus partes individuales. Aplicada a sistemas sociales y ecológicos, la teoría de la complejidad permite comprender cómo las interacciones entre individuos, especies, o grupos sociales crean patrones colectivos y dinámicas que son impredecibles y adaptativas, lo que resulta clave para abordar temas como la sostenibilidad y la gestión de recursos.

Desde la perspectiva de la teoría de la complejidad, el turismo puede ser visto como un sistema complejo en el que los factores sociales, económicos y ambientales interactúan de manera interdependiente. Las decisiones de gestión del turismo no solo impactan en los ecosistemas locales, sino que también influyen en las comunidades culturales y la economía local. En el caso de las Islas Galápagos, la interrelación entre los sistemas ecológicos y culturales es evidente: el turismo actúa como un catalizador que altera tanto la biodiversidad como las prácticas culturales locales. A medida que los turistas buscan experiencias en las islas, los recursos naturales se ven sometidos a presiones, mientras que las comunidades adaptan sus costumbres para satisfacer las expectativas económicas, mostrando cómo ambos sistemas se afectan mutuamente.

Impacto del turismo en las Islas Galápagos

Los estudios sobre el impacto ambiental del turismo en las Islas Galápagos han identificado diversas amenazas para los ecosistemas, como la introducción de especies invasoras, la contaminación, la sobreexplotación de recursos naturales y la destrucción de hábitats. Investigaciones critican cómo el crecimiento turístico ha exacerbado la presión sobre los ecosistemas endémicos, afectando la biodiversidad y acelerando la degradación ambiental. Sin embargo, muchos de estos estudios tienden a abordar los impactos

de manera aislada, enfocándose en áreas específicas, sin considerar las interacciones complejas entre los diferentes factores ecológicos y el turismo (Naranjo et al., 2024; Tayupanda-Pagalo, 2022)

En cuanto al impacto cultural, los estudios revisados señalan que el turismo ha transformado las dinámicas sociales y culturales en las comunidades locales de las Galápagos. El crecimiento económico derivado del turismo ha alterado las tradiciones y costumbres, favoreciendo la dependencia de las actividades turísticas y cambiando el modo de vida local. No obstante, existe una limitación en la mayoría de las investigaciones, ya que a menudo carecen de un enfoque sistémico y multidimensional que considere las interacciones simultáneas entre los sistemas ambientales y culturales. Esta falta de integración limita la comprensión global de cómo el turismo afecta tanto la sostenibilidad ecológica como el patrimonio cultural de las islas (Moya-Mosquera y Muñoz-Barriga, 2022)

Teoría de la complejidad aplicada al turismo

Un enfoque sistémico para el análisis del turismo en las Islas Galápagos requiere integrar los factores ambientales, culturales y económicos, entendiendo que estos no actúan de manera independiente, sino como elementos interconectados que influyen mutuamente. Este marco teórico propuesto sugiere que cualquier análisis del turismo debe considerar las interacciones dinámicas entre los ecosistemas, las comunidades locales y la economía turística. Al abordar estos factores de forma holística, se puede lograr una comprensión más precisa de los efectos del turismo, lo que permitirá diseñar estrategias que equilibren la conservación de la biodiversidad, el respeto por las culturas locales y el desarrollo económico sostenible(Aguilera, 2024; J. González, 2009).

La teoría de la complejidad proporciona una base sólida para aplicar este enfoque, ya que permite comprender cómo las interacciones no lineales entre los diferentes componentes del sistema turístico generan comportamientos emergentes que no pueden preverse de forma aislada. Al utilizar esta teoría, se puede identificar cómo pequeños cambios en las políticas de gestión, o en la conducta turística, pueden tener efectos amplificados sobre la sostenibilidad. Para alcanzar una gestión turística sostenible en las Islas Galápagos, es esencial adoptar un enfoque integrado que considere la complejidad del sistema, proponiendo medidas como la regulación estricta del turismo, la educación ambiental, y la promoción de un turismo de bajo impacto que respete tanto el entorno natural como las comunidades locales(Arévalo-Molina, 2020; Morán-Beltrán y Méndez-Reyes, 2010; Palacio y Ochoa, 2011)2011.

El presente artículo realiza una revisión crítica de los estudios existentes sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural en las Islas Galápagos, empleando un enfoque desde la teoría de la complejidad. Esta teoría se fundamenta en la idea de que los sistemas están compuestos por múltiples elementos interconectados (Arévalo-Molina, 2020), cuyo comportamiento no puede predecirse a partir de los componentes

individuales, sino que emerge de sus interacciones. Así, el análisis crítico propuesto busca identificar las principales contribuciones de la literatura, así como las áreas que requieren mayor atención desde un enfoque sistémico.

El objetivo de este artículo es ofrecer una visión integral del estado actual del conocimiento sobre los efectos del turismo en las Galápagos y proponer una nueva forma de abordar la problemática que considere las relaciones no lineales y la incertidumbre inherente a los sistemas complejos. A través de esta revisión, se espera contribuir al desarrollo de políticas más efectivas y sostenibles que equilibren la conservación del patrimonio natural y cultural de las islas con el desarrollo económico y social que el turismo promueve.

Metodología

Este artículo utiliza una metodología cualitativa basada en una revisión crítica de la literatura científica existente sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural de las Islas Galápagos. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva de estudios en bases de datos académicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar y SciELO, cubriendo publicaciones entre los años 2000 y 2024. Las palabras clave empleadas incluyeron "turismo en Galápagos", "sostenibilidad ambiental", "impacto cultural del turismo" y "teoría de la complejidad". Se seleccionaron estudios en inglés y español que exploraran específicamente las interacciones entre el turismo, los ecosistemas y la cultura local en las Galápagos.

Los criterios de inclusión para los estudios seleccionados fueron aquellos que abordaran el impacto del turismo desde una perspectiva ambiental, cultural o social, con enfoque en la sostenibilidad de las Islas Galápagos. Se excluyeron aquellos estudios que se centraban únicamente en aspectos económicos o que no analizaban de forma explícita las dinámicas de sostenibilidad. Adicionalmente, se priorizó la inclusión de investigaciones que utilizaran o pudieran vincularse con la teoría de la complejidad para explicar las interacciones sistémicas entre los distintos factores involucrados.

El procedimiento para la revisión de la literatura consistió en la selección inicial de estudios relevantes, seguida de un análisis de contenido cualitativo. Los estudios seleccionados fueron evaluados en función de sus enfoques teóricos y metodológicos, identificando patrones recurrentes en las dinámicas complejas entre los factores ambientales y culturales en las Galápagos. Este análisis permitió destacar las principales áreas de impacto y las interrelaciones no lineales entre el turismo y los sistemas locales, alineándose con el enfoque de la teoría de la complejidad, que considera la interacción entre múltiples elementos interconectados.

Finalmente, se realizó una síntesis crítica de los hallazgos, comparando las contribuciones de cada estudio y evaluando las limitaciones presentes en la literatura revisada. A través de esta revisión, se propuso un marco teórico basado en la teoría de la complejidad

para integrar los factores ambientales y culturales en futuros estudios sobre turismo en las Islas Galápagos. Este enfoque busca proporcionar una comprensión más integral del impacto del turismo en la sostenibilidad de las islas y contribuir al desarrollo de estrategias de gestión más efectivas y holísticas.

Resultados

Aplicada la técnica de acceso a bases de datos científicas, se consultaron repositorios como Scopus, Web of Science, Google Scholar y SciELO, utilizando las palabras clave, se empleó un filtro temporal para los últimos 20 años, abarcando estudios en inglés y español. Tras realizar la búsqueda inicial, se obtuvieron 50 artículos, pero se redujo la selección a 13 estudios que se enfocan específicamente en el marco del impacto del turismo sobre la sostenibilidad ambiental y cultural de las Islas Galápagos, garantizando la relevancia para el tema de investigación, a continuación, en la tabla de análisis de contenido se puede apreciar que se incluyen el título del estudio, autor(es) y año de publicación, enfoque teórico y metodológico, principales impactos ambientales o culturales analizados, relación con la teoría de la complejidad (si está presente), y los hallazgos clave. Esta matriz facilita la identificación de las dinámicas más importantes entre el turismo y la sostenibilidad, así como las limitaciones presentes en los estudios previos, proporcionando una visión clara de las áreas que requieren mayor análisis y abordajes más integrados.

Tabla N° 1: Matriz de análisis de contenido

Título	Autor(es) y Año	Enfoque Teórico	Impactos Analizados	Relación con Teoría de la Complejidad	Hallazgos Clave
Percepciones de la gestión del turismo en dos reservas de biosfera ecuatorianas: Galápagos y Sumaco	(Muñoz-Barriga, 2017) concebidas como sitios de reconciliación entre conservación y desarrollo. El objetivo fundamental de la presente investigación fue evaluar los elementos más relevantes de la actual gestión del turismo y su contribución a la conservación de la biodiversidad y el desarrollo en dos reservas de biosfera ecuatorianas: Galápagos y Sumaco (Amazonía ecuatoriana).	Gestión del turismo sostenible en áreas protegidas	Impactos ecológicos, económicos y socio-culturales del turismo en Galápagos y Sumaco, incluyendo degradación ambiental y desigualdad económica	El turismo y sus impactos se entienden como parte de un sistema complejo que interactúa con la biodiversidad y las dinámicas socioeconómicas locales	En Galápagos, el turismo es una amenaza creciente para la biodiversidad, mientras que en Sumaco es una alternativa sustentable frente a actividades extractivas. Ambos destinos requieren mejor gestión y educación ambiental.
Implementación de un modelo dinámico simplificado y análisis de la sostenibilidad sobre el caso del turismo en las Islas Galápagos	Pita, 2014(Pita-Merino, 2014)	Modelo dinámico simplificado basado en Casagrandi & Rinaldi	Impacto del turismo en el medio ambiente, población, capital y sostenibilidad en Galápagos	Se utiliza un enfoque de sistemas complejos al incorporar múltiples subsistemas interrelacionados (medio ambiente, turismo, población y capital)	El estudio concluye que no es posible entender la sostenibilidad en Galápagos sin relacionar estos cuatro subsistemas, lo que explica la falta de efectividad en las políticas conservacionistas actuales.
Turismo de base local y comunidad, ¿una vinculación oportuna?	(Ruiz-Ballesteros, 2015)	Turismo de base local (TBL), noción de comunidad procesual	Desarrollo comunitario, control local, acción colectiva, reciprocidad	Enfoque recursivo: TBL y comunidad se desarrollan mutuamente en una interacción continua	El TBL puede ayudar a construir comunidad si se organiza de manera local y colectiva, generando acción colectiva y reciprocidad como base del desarrollo local.
Patrimonio cultural, turismo y desarrollo local: el caso de Santa Cruz-Galápagos, Ecuador	(Rodríguez-Jácome y Blanco-Romero, 2021)	Geografía y patrimonio cultural como recursos para el desarrollo	Impactos del turismo en el patrimonio cultural, desarrollo local, identidad cultural, y apropiación territorial	El turismo y el patrimonio cultural interactúan dentro de un sistema complejo en una región con recursos naturales y humanos limitados.	El patrimonio cultural puede dinamizar la economía local, diversificar el turismo, y fortalecer la identidad local, pero requiere mejor integración y gestión en Galápagos.
El turismo en el contexto de las sociedades complejas	(Izaguirre, 2010)	Teoría de sistemas funcionales (Luhmann) y Teoría de la complejidad	Impacto del turismo en los sistemas funcionales de la sociedad (económico, político, cultural, etc.) y cómo estos sistemas se irritan entre sí en respuesta al turismo	El turismo es visto como un fenómeno comunicativo dentro de la sociedad compleja, con efectos autorreferenciales y heterorreferenciales, afectando múltiples sistemas funcionales	El turismo no puede ser comprendido como un fenómeno aislado, sino que está intrínsecamente ligado a varios sistemas sociales que deben coordinarse para gestionar sus impactos.
Complejidad y la nueva gestión del turismo urbano	(M. González, 2021)	Paradigma de la complejidad aplicada a la gestión urbana y turística	Impactos del turismo urbano en las dinámicas económicas, políticas, socioculturales, físicas-espaciales, ambientales y turísticas	Utiliza principios como el sistémico/organizacional, holográfico, recursivo, dialógico y de reintroducción del paradigma de la complejidad	La gestión del turismo urbano debe integrar múltiples dimensiones de la complejidad para abordar de manera efectiva las problemáticas de desarrollo urbano y turístico

Desarrollo, complejidad y turismo sostenible. El uso del territorio frente a los retos del siglo XXI	(Brinckmann et al., 2010)	Desarrollo sostenible aplicado al uso del territorio	Impactos del turismo en la sostenibilidad ecológica, económica, social y política en territorios turísticos	Utiliza un enfoque sistémico para analizar la interrelación entre territorio y sostenibilidad, basándose en la complejidad de los espacios turísticos	El turismo sostenible requiere un enfoque multidisciplinario y participativo para reorganizar el territorio, promoviendo un equilibrio entre desarrollo económico, social y ambiental.
La complejidad, expresión de nuestro tiempo: el turismo desde los sistemas complejos	(Serrano-Barquín et al., 2012)	Teoría de sistemas complejos	Impacto del turismo en los sistemas naturales y sociales, su interacción y las respuestas que generan cambios en estos sistemas	El turismo es visto como un fenómeno complejo, interrelacionado con diversos sistemas, cada uno de los cuales tiene su propia estructura y dinámica	El turismo debe ser entendido como un sistema complejo, donde la interacción de sus elementos produce impactos no lineales que requieren enfoques integrales para su gestión.
Turismo sostenible y desarrollo inclusivo	(Rodríguez Vázquez et al., 2018)" así como el desarrollo sostenible e inclusivo son aspectos fundamentales que integran el ecosistema del turismo comunitario, en el que la riqueza natural y cultural se conjugan para ofrecer escenarios perfectos y atraer al visitante a destinos diversos. El fin primordial es que todos los stakeholders implicados se beneficien de algún modo, haciendo uso óptimo y responsable de los recursos existentes para no generar impactos negativos en el entorno y lograr así, un equilibrio en cuanto a indicadores económicos, sociales y medioambientales. Para conseguir todo ello es necesario involucrar a las comunidades locales en el desarrollo de la actividad turística, que se sientan parte del proyecto y que sean capaces de transmitir la esencia de los valores y culturas imperantes, pues sólo así se podrá preservar su identidad. En este sentido, el objetivo de este trabajo consiste en realizar una revisión de la literatura en torno a los conceptos de desarrollo y turismo sostenible e inclusivo, basándonos para ello en la utilización de fuentes secundarias, con el fin de establecer un estado del arte que permita delimitar y comprender la importancia y su relación a la hora de abogar por desarrollar los destinos desde una perspectiva turística. ", "edition": "Reprografía Noroeste S.L.", "event-place": "España", "ISBN": "978-84-16294-56-5", "publisher": "Grupo de Investigación en Marketing Aplicado (iMARKA)"	Desarrollo sostenible, turismo inclusivo y comunitario	Impactos económicos, sociales y ambientales del turismo, beneficios para comunidades locales y sostenibilidad del entorno.	Integra múltiples sistemas complejos como cultura, economía y medio ambiente para lograr un equilibrio sostenible	El turismo sostenible debe basarse en el uso responsable de recursos, la participación activa de las comunidades locales y el equilibrio entre desarrollo económico, social y ambiental para preservar la identidad local y cultural.
Plan de marketing para contribuir al desarrollo turístico sostenible del Cantón Isabela, en Galápagos	(Pauta-Sinche, 2015)	Marketing turístico, turismo sostenible	Impacto económico, social y ambiental del turismo en Isabela, gestión de recursos y preservación del medio ambiente	Integra el enfoque sistémico para la sostenibilidad del turismo en Isabela	Propone un plan de marketing para posicionar Isabela como destino sostenible, involucrando actores locales y priorizando la preservación ambiental.

Orígenes e impactos del ecoturismo	(Crespo-Jareño, 2020)	Ecoturismo y desarrollo sostenible	Impactos económicos, sociales y ambientales del ecoturismo, tanto positivos como negativos	Se relaciona con la complejidad de equilibrar las dimensiones ecológicas, sociales y económicas para un desarrollo sostenible	El ecoturismo, aunque trae beneficios económicos y de conservación, también puede generar impactos negativos en comunidades locales y el medioambiente
Incorporación del paisaje como estrategia del turismo sostenible	(Zambrano, 2024)	Turismo sostenible, conservación del paisaje	Impactos del turismo en el paisaje natural y cultural, beneficios para la comunidad local, desarrollo económico y conservación ambiental	El paisaje es un sistema complejo que integra factores naturales, culturales y económicos, afectando la sostenibilidad del turismo	El paisaje es una herramienta clave para el turismo sostenible, preservando la autenticidad de un lugar, su patrimonio cultural y promoviendo el desarrollo económico local.
Antropología, turismo y desarrollo en cuestión: el turismo comunitario a debate	(Milano, 2016)	Antropología del turismo y desarrollo comunitario	Impactos sociales, económicos y culturales del turismo comunitario, efectos en comunidades locales y el rol de las ONGs	El turismo comunitario se analiza desde una perspectiva compleja que incluye interacciones entre actores locales y externos	El turismo comunitario puede impulsar el desarrollo local, pero también conlleva riesgos como la dependencia de agentes externos y la desigual distribución de beneficios.

Fuente: Elaboración propia

La matriz de análisis de contenido revela un panorama diverso sobre los impactos del turismo en las Islas Galápagos y otros destinos similares, mostrando cómo los enfoques teóricos y metodológicos varían según los estudios. Los estudios sobre gestión turística sostenible, como los de Muñoz-Barriga (2017) y Pita-Merino (2014), destacan la creciente amenaza del turismo para la biodiversidad y la necesidad de mejorar las políticas de conservación. Estos estudios utilizan un enfoque de sistemas complejos para explicar cómo las interacciones entre la biodiversidad, las dinámicas socioeconómicas y las prácticas turísticas generan impactos profundos, pero carecen de efectividad en la implementación de políticas sostenibles debido a la desconexión entre los distintos subsistemas involucrados.

Por otro lado, los estudios centrados en el turismo comunitario y el patrimonio cultural (Ruiz-Ballesteros, 2015; Rodríguez-Jácome y Blanco-Romero, 2021) presentan la posibilidad de vincular el turismo con el desarrollo local a través de la acción colectiva y la reciprocidad, resaltando el rol de la comunidad en la gestión del turismo. Estos enfoques subrayan la importancia de integrar a las comunidades locales en la toma de decisiones y en la protección de su patrimonio cultural. Sin embargo, también advierten que la falta de coordinación y los riesgos de dependencia económica limitan el potencial del turismo como una herramienta de desarrollo inclusivo y sostenible.

A nivel propositivo, la mayoría de los estudios revisados coinciden en la necesidad de adoptar un enfoque multidimensional y sistémico para abordar los retos del turismo en

regiones frágiles como las Islas Galápagos. Este enfoque debe integrar las dimensiones ambientales, culturales y económicas, como proponen autores como González (2021) y Rodríguez Vázquez et al. (2018), quienes destacan la importancia de coordinar los diferentes actores y sistemas involucrados para promover un desarrollo equilibrado. Para avanzar hacia una gestión turística más sostenible, es crucial involucrar activamente a las comunidades locales, fortalecer la educación ambiental y utilizar estrategias que consideren la complejidad inherente de estos sistemas interconectados.

Conclusiones

Las conclusiones sobre el impacto del turismo en la sostenibilidad ambiental y cultural de las Islas Galápagos, desde una perspectiva de la teoría de la complejidad, permiten identificar importantes interrelaciones entre los ecosistemas locales y las comunidades humanas. La revisión crítica de los estudios ha destacado que el turismo, si bien es una fuente clave de ingresos para la región, presenta serias amenazas a largo plazo para la biodiversidad única de las islas. La fragmentación de hábitats, la introducción de especies invasoras y la sobreexplotación de recursos naturales son algunos de los efectos negativos más visibles, exacerbados por una falta de integración en las políticas de conservación. La teoría de la complejidad sugiere que estos impactos no deben abordarse de forma aislada, sino a través de un enfoque que considere las interacciones sistémicas y no lineales entre los factores sociales y ambientales involucrados.

Asimismo, los estudios revisados apuntan a la necesidad de involucrar más profundamente a las comunidades locales en la gestión del turismo. El crecimiento del turismo ha transformado las dinámicas socioculturales de las islas, alterando tradiciones y fomentando una dependencia económica de esta actividad. Sin embargo, esta transformación también ofrece oportunidades para el desarrollo sostenible, siempre que se implementen políticas inclusivas que permitan a las comunidades locales participar activamente en la toma de decisiones. La teoría de la complejidad refuerza la idea de que las decisiones que afectan tanto a los ecosistemas como a las comunidades deben estar interconectadas y gestionarse de manera coordinada, promoviendo la resiliencia y el equilibrio en estos sistemas interdependientes.

La aplicación de la teoría de la complejidad en el análisis del turismo en las Islas Galápagos proporciona una valiosa herramienta para desarrollar estrategias más efectivas que equilibren la conservación de los recursos naturales con el desarrollo económico. Al adoptar un enfoque holístico, que considere las dinámicas emergentes y la retroalimentación entre los distintos componentes del sistema turístico, es posible diseñar intervenciones que minimicen los impactos negativos y maximicen los beneficios, tanto ambientales como culturales. Este enfoque integrado es esencial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las Islas Galápagos, preservando su patrimonio natural y cultural para las generaciones futuras.

Referencias

- Aguilera, A. (2024, abril 13). *La teoría de la complejidad de Edgar Morin*. Red Iberoamericana de Ciencias Sociales Computacionales. <https://redicisco.org/blog/f/la-teor%C3%ADA-de-la-complejidad-de-edgar-morin>
- Alfonso, D. (2022). Teorías con enfoque interpretativo en la investigación del turismo. *Turismo y Sociedad*, vol 31, 73-96. <https://doi.org/10.18601/01207555.n31.04>
- Aranibar, E. R., y Patiño, A. J. (2022). Turismo, camino hacia la sostenibilidad: una aproximación al Lago Titicaca peruano. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 7(3), 46-62. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v7i3.5150>
- Arévalo-Molina, D. E. (2020, junio 11). *Teoría de la complejidad. Pensamiento complejo de Edgar Morin*. Gestiopolis. <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-complejidad-y-pensamiento-complejo-de-morin/>
- Brinckmann, W. E., Brinckmann, M. N., y Mueller, D. C. (2010). Desarrollo, complejidad y turismo sostenible. El uso del territorio frente a los retos del siglo XXI. *Papeles de Geografía*, 51-52, Article 51-52.
- Chaos, M. T., y Morales, R. A. (2024). Turismo, patrimonio y experiencia de la educación interprofesional en Camagüey, Cuba. *PatryTer*, 7(13), e42809. <https://doi.org/10.26512/patryter.v7i13.42809>
- Chávez-López, C. (2021). Aproximaciones del diseño complejo para la sostenibilidad. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 16(29), 1-15.
- Crespo-Jareño, J. A. (2020). Orígenes e impactos del ecoturismo. *Kalpana, Extra* 18, 5-32.
- Dávalos, N. (2021, agosto 14). *Los secretos de la riqueza biológica de Galápagos: viento, aguas profundas y frías*. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/investigadores-secreto-rico-ecosistema-galapagos/>
- De la Rosa, M. E. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *TRASCENDER, CONTABILIDAD Y GESTIÓN*, 6(17), 87-102. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>
- González, J. (2009). La teoría de la complejidad. *DYNA*, 76(157), Article 157.
- González, M. (2021). Complejidad y la nueva gestión del turismo urbano. *Perspectiva*, 1(18), Article 18.

- Grenier, C. (2007). Galápagos necesita un verdadero ecoturismo. En C. F. Pablo Ospina (Ed.), *Galápagos: Migraciones, economía, cultura, conflictos y acuerdos* (pp. 131-144). Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). <https://hal.science/hal-02177299>
- Inostroza-Villanueva, G., Osorio-García, M., y Farías, A. (2024). Conflictos socioambientales y el rol del turismo: estudio de caso comparado en la Patagonia chilena. *EURE*, 50(149), 1-25. <https://doi.org/10.7764/eure.50.149.02>
- Izaguirre, M. (2010). El turismo en el contexto de las sociedades complejas. *Revista Cultura*, 24, 1-24.
- Milano, C. (2016). Antropología, turismo y desarrollo en cuestión: el turismo comunitario a debate. *Quaderns de l'Institut Català d'Antropologia*, 32, Article 32.
- Morán-Beltrán, L. E., y Méndez-Reyes, J. M. (2010). De la teoría de la complejidad a la ética ecológica. *Revista de Ciencias Sociales*, 16(1), 128-140.
- Moya-Mosquera, P., y Muñoz-Barriga, A. (2022). Residentes, conservación, desarrollo y turismo en Galápagos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 83, 201-220. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000300201>
- Muñoz-Barriga, A. (2017). Percepciones de la gestión del turismo en dos reservas de biosfera ecuatorianas: Galápagos y Sumaco. *Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía*, 2017(93), 110-125. <https://doi.org/10.14350/ig.47805>
- Naranjo, F. G., Valderrama, V. J., y Parrales, D. J. (2024). Turismo sostenible para la conservación de ecosistemas y biodiversidad en las Islas Galápagos. *Revista Científica Kosmos*, 3(2), 95-112. <https://doi.org/10.62943/rck.v3n2.2024.111>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2024). *Centro del Patrimonio Mundial* -. UNESCO World Heritage Centre. <https://whc.unesco.org/es/list/1>
- Padilla, E., y Flores, I. A. (2022). Apropiación y empoderamiento en la educación ambiental para la sostenibilidad*. *Educación y Educadores*, 25(1). <https://doi.org/10.5294/edu.2022.25.1.1>
- Palacio, C. A., y Ochoa, F. L. (2011). Complejidad: una introducción. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16, 831-836. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000700014>
- Palmas, D., Serrano-Barquín, R. del C., Cruz, G., y Gutiérrez, J. G. G. (2011). Enfoques teóricos para aplicaciones concretas: complejidad y turismo. *Gestión Turística*, 15, 99-125.

- Pauta-Sinche, G. P. (2015). *Plan de marketing para contribuir al desarrollo turístico sostenible del cantón Isabela, en Galápagos* [masterThesis, Universidad Israel]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/734>
- Pita-Merino, L. (2014). *Implementación de un modelo dinámico simplificado y análisis de la sostenibilidad sobre el caso del turismo en las Islas Galápagos* [Universidad Plotécnica de Cataluña]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/76323>
- Reyes, M. D., Ibáñez, M. M., y London, S. (2023). Sostenibilidad ambiental y calidad institucional: interacciones. *Desarrollo y Sociedad*, 95, 45-90. <https://doi.org/10.13043/DYS.95.2>
- Rodríguez Vázquez, C., Rodríguez-Fernández, M.-M., Sánchez-Amboage, E., y Membela, E. (2018). *Turismo sostenible y desarrollo inclusivo Coordinación editorial* (Reprografía Noroeste S.L). Grupo de Investigación en Marketing Aplicado (iMARKA), Universidad de A Coruña. / Universidad Técnica Particular de Loja. https://www.researchgate.net/publication/325334879_TURISMO_SOSTENIBLE_Y DESARROLLO_INCLUSIVO_Coordinacion_editorial
- Rodríguez-Jácome, G., y Blanco-Romero, A. (2021). *Patrimoniocultural, turismo y desarrollo local: el caso de Santa Cruz-Galápagos, Ecuador* [Universidad Autónoma de Barcelona]. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2021/hdl_10803_671991/grj1de1.pdf
- Ruiz-Ballesteros, E. (2015). Turismo de base local y comunidad ¿una vinculación oportuna? *Revista Andaluza de Antropología*, 8, 19-44. <https://doi.org/10.12795/RAA.2015.i08.02>
- Salgado, M. del C., y Parra, J. M. (2021). La teoría de la complejidad y el entorno educativo. *Revista Ciencias de la Complejidad*, 2(Edición Especial), Article Edición Especial. <https://doi.org/10.48168/ccee012021-004>
- Serrano-Barquín, R. del C., Cruz-Jiménez, G., Argüello-Zepeda, F. J., Osorio-García, M., y Sánchez-Barreto, R. F. (2012). La complejidad, expresión de nuestro tiempo: el turismo desde los sistemas complejos. *CULTUR: Revista de Cultura e Turismo*, 6(1), 4-24.
- Tayupanda-Pagalo, D. A. (2022). *Impacto económico de la pandemia Covid-19 en el sector turístico perteneciente a la provincia de Galápagos* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/34157>
- Zambrano, M. J. (2024). Incorporación del Paisaje como Estrategia del Turismo Sostenible. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i1.142>

El sistema de salud peruano desde el enfoque de la complejidad: interacciones, trayectorias y dinámicas emergentes

The Peruvian health system from a complexity perspective: interactions, trajectories, and emerging dynamics

Julio Douglas Vergara Trujillo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Ronald Javier Muñante Valle

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Este trabajo analiza el sistema de salud peruano desde la perspectiva de los sistemas complejos, reconociendo su carácter dinámico, interdependiente y no lineal. Frente a un entorno marcado por la fragmentación y la desigualdad, se propone un enfoque integrador basado en herramientas del pensamiento complejo: el pensamiento sistémico para mapear interacciones clave; el modelado de sistemas dinámicos para simular escenarios; el análisis de resiliencia para evaluar la capacidad adaptativa; y la evaluación adaptativa como estrategia de mejora continua. Estas herramientas permiten reinterpretar los procesos de atención al paciente, identificar cuellos de botella y generar propuestas de transformación basadas en evidencia. Se concluye que solo desde una comprensión compleja e iterativa del sistema de salud es posible avanzar hacia un modelo más eficiente, equitativo y centrado en las personas.

Palabras clave: Sistema de salud/ Complejidad/ Perú/ Fragmentación/ Atención al paciente/ Infraestructura/ Resiliencia.

This paper analyzes the peruvian health system from the perspective of complex systems, recognizing its dynamic, interdependent, and nonlinear nature. In the face of a fragmented and unequal environment, an integrative approach is proposed, grounded in tools of complex thinking: systems thinking to map key interactions; system dynamics modeling to simulate scenarios; resilience analysis to assess adaptive capacity; and adaptive evaluation as a strategy for continuous improvement. These tools enable a reinterpretation of patient care processes, the identification of bottlenecks, and the generation of transformation proposals based on evidence. It is concluded that only through a complex and iterative understanding of the health system is it possible to move toward a more efficient, equitable, and people-centered model.

Keywords: *Health system/ Complexity/ Peru/ Fragmentation/ Patient care/ Health infrastructure/ Adaptive systems.*

Introducción

Los sistemas complejos están siendo cada vez más estudiados y adaptados en el sector salud a nivel mundial. El sistema de salud peruano no es la excepción, dado que el modelo lineal de atención ya no es útil, complicando el sistema de salud tenemos subsistemas paralelos —MINSA/SIS, EsSalud, Sanidades de las Fuerzas Armadas y Policía Nacional, sector privado y gobiernos regionales— que funcionan con autonomía relativa. Esta estructura ha generado una fragmentación institucional marcada por duplicidad de funciones, deficiente coordinación y profundas desigualdades en el acceso, calidad y continuidad de los servicios, tanto así que, la Contraloría Nacional de la República publicó el Informe N° 28729-2023-CG/Salud-SOO(2023) que revela que el 37% de establecimientos de salud de primer nivel no cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz, desagüe y/o alcantarillado), el 28% carece de equipamiento, ambulancias, incubadoras, en urgencias y emergencias el 38% no tiene equipos cardiorespiratorios ni monitor fetal y un 54% no tiene publicación de atenciones externas para la atención de paciente creando incertidumbre de los pacientes que buscan una atención especializada.

En la última década del siglo XX diversos autores han señalado la importancia de adoptar un enfoque multidisciplinario de la salud. Más aún, enfatizan “la necesidad de un enfoque del proceso salud-enfermedad/bienestar que reconozca y comprenda los múltiples componentes, y sus interacciones” (Vicco et al, 2024), aspectos que posicionan la salud como un sistema complejo.

Valderas et al (2021) resaltan la complejidad de la atención médica, en donde ponen de relieve tanto la interacción “de múltiples condiciones médicas concurrentes que experimenta el sujeto” como la decisiva intervención de “diversos factores (demografía, lo social y lo económico y el paciente en sí mismo)”.

Desde la óptica de la teoría de la complejidad se debe estudiar los diferentes aspectos de salud pública incluyendo la gestión administrativa y lo que se pretende en el presente artículo es tratar de cambiar el enfoque lineal de los problemas de salud y tratar de estudiar los problemas de salud desde la complejidad basándonos en estudios realizados por otros investigadores

Métodos

Este artículo se basa en un enfoque teórico-descriptivo apoyado en herramientas propias del pensamiento complejo, tales como:

Pensamiento sistémico que es una forma de análisis que privilegia las interrelaciones sobre los elementos individuales, los patrones sobre los eventos, y la retroalimentación sobre la causalidad lineal. En salud pública, esto implica observar cómo interactúan actores como pacientes, profesionales de salud, gestores, políticas, recursos tecnológicos y contextos socioculturales. En lugar de buscar causas aisladas de los problemas, se analizan dinámicas recurrentes, bucles de retroalimentación y adaptaciones del sistema.

Modelado de sistemas dinámicos según Homer y Hirsch (2006) (13) proponen el uso del modelado por dinámica de sistemas como herramienta para comprender y anticipar el comportamiento global de los sistemas de salud.

Este enfoque permite representar visualmente y de forma computacional las interacciones entre variables como servicios, enfermedades, comportamientos y recursos.

Las simulaciones ayudan a responder preguntas del tipo: “¿Qué pasa si cambiamos esta política?” o “¿Qué variables influyen más en este problema?”

Mapeo de actores y redes. Según Blanchet, K., James, P., & Pavignani, E. (2012). (14) (también conocido como Social Network Analysis o SNA) es una herramienta metodológica y conceptual utilizada para identificar, representar y analizar las relaciones entre los distintos actores (individuos, organizaciones, instituciones) que interactúan en un sistema de salud.

Se basa en el principio de que la estructura de las relaciones influye profundamente en el comportamiento del sistema, en la toma de decisiones, el flujo de información, los niveles de cooperación o conflicto, y las posibilidades de cambio.

Desde la perspectiva de la complejidad: los actores no son aislados, sino nodos interdependientes en una red de relaciones cambiantes.

La influencia de un actor no depende solo de su poder formal, sino también de su posición estratégica en la red (centralidad, intermediación, etc.).

El sistema de salud cambia cuando cambian sus relaciones: nuevas alianzas, tensiones, flujos de recursos o conocimiento.

El mapeo permite ver lo invisible, como actores clave ocultos, cuellos de botella informativos o vacíos de coordinación. Informa estrategias de intervención, gobernanza y diseño participativo de políticas.

Análisis de resiliencia. Según Thomas, S., Sagan, A., Larkin, J., Cylus, J., Figueras, J., & Karanikolos, M. (2020). (15) El análisis de resiliencia es una herramienta conceptual y práctica que permite evaluar la capacidad de un sistema de salud para absorber, adaptarse y transformarse frente a perturbaciones, crisis o cambios prolongados, sin colapsar en su funcionamiento esencial.

Desde la perspectiva de sistemas complejos, no se trata solo de “resistir el shock”, sino de:

Reconocer interdependencias entre subsistemas (atención primaria, recursos humanos, vigilancia, financiamiento, gobernanza).

Evaluar la capacidad de aprendizaje y adaptación del sistema ante eventos imprevistos (ej. pandemias, crisis económicas, cambios políticos).

Identificar mecanismos que permitan reorganizarse sin perder integridad ni equidad.

Evaluación adaptativa. Según Bamberger, M., Vaessen, J., & Raimondo, E. (Eds.). (2015). Es un enfoque de evaluación que se ajusta dinámicamente a las condiciones cambiantes del contexto, a la naturaleza compleja de los programas de salud y al aprendizaje continuo de los actores involucrados.

Se diferencia de las evaluaciones tradicionales por su flexibilidad, su énfasis en el proceso más que en los resultados fijos, y por estar orientada al aprendizaje organizacional y a la mejora continua.

Pensamiento sistémico

¿Qué se hace?

Se analiza el sistema de atención al paciente como una red de componentes interconectados: recursos humanos, procesos administrativos, infraestructura, pacientes, tecnología, normas, etc.

Aplicaciones concretas:

Mapear el recorrido del paciente (trazabilidad desde la cita hasta el alta).

Identificar cuellos de botella, redundancias, puntos de fricción o desconexiones entre niveles de atención (primario, secundario, terciario).

Analizar patrones emergentes: ¿por qué hay demoras?, ¿por qué el paciente repite visitas?, ¿dónde se pierde información?

Producto esperado

Mapa del sistema de atención (relacional y funcional).

Identificación de los puntos de apalancamiento (leverage points).

Modelado de sistemas dinámicos

¿Qué se hace?

Se construyen modelos simulados que permitan visualizar cómo interactúan variables como demanda, disponibilidad de profesionales, tiempos de espera, satisfacción del paciente, etc.

Aplicaciones concretas:

Simular cómo afectaría a los tiempos de espera contratar más personal vs. digitalizar turnos.

Probar escenarios: ¿qué pasa si cambia la política de derivación? ¿Y si aumenta la demanda?

Producto esperado:

Diagramas de flujo de stocks y flujos (ej. pacientes en espera, pacientes atendidos).

Simulaciones para tomar decisiones basadas en evidencia sistémica.

Análisis de resiliencia

¿Qué se hace?

Se evalúa la capacidad del sistema para resistir, adaptarse y transformarse ante crisis o presiones (ej. pandemia, huelgas, sobrecarga).

Aplicaciones concretas:

¿Puede el sistema continuar prestando atención ante una crisis epidémica?

¿Hay redundancia en personal o tecnología?

¿Existen vías de comunicación ágiles para adaptarse a cambios?

Producto esperado:

Diagnóstico de resiliencia: capacidad de absorción, adaptación y transformación.

Estrategias para reforzar puntos débiles (como baja flexibilidad o rigidez normativa).

Evaluación adaptativa

¿Qué se hace?

Se establecen mecanismos de seguimiento, aprendizaje y corrección continua en la mejora de atención.

Aplicaciones concretas:

Probar prototipos de mejora en un hospital piloto.

Incorporar feedback de usuarios y personal de salud durante el proceso.

Ajustar decisiones según el aprendizaje que emerge.

Producto esperado:

Plan de mejora iterativo (no rígido), con indicadores cualitativos y cuantitativos.

Ciclos cortos de evaluación-reflexión-ajuste.

Resultados

Vicco (2022) en su tesis de maestría, desarrolla una síntesis del abordaje de la salud como tema de investigación científica, que va desde el enfoque reduccionista, al holístico y luego al complejo.

Bunge (2012) abordó la injerencia filosófica en el ejercicio de la profesión médica. Sintetiza que “la medicina científica es sistemática, en tanto que admite que las partes del organismo humano, aunque distintas, están conectadas entre sí”. Al respecto, Vicco (2022) resume que el aporte de Bunge consiste en que “el sistemismo es una síntesis del individualismo con el holismo, permitiendo el abordaje sindrómico del paciente mediante la relación de la afección que ha motivado la consulta con el resto del cuerpo, pero ubicado en un contexto socio-ambiental”.

García (2006) publicó un extenso libro sobre los “Sistemas complejos” que tiene como sustento el constructivismo de Piaget y un análisis crítico de la obra de Edgar Morin. Aporta la intervención de la interdisciplinariedad en el análisis de cualquier problema de investigación, enfatizando que “los sistemas complejos están constituidos por elementos heterogéneos que no se definen en sí mismos sino mediante su interacción”.

En el ámbito del sector salud en el Perú, Mendoza-Arana (2018) aborda el análisis del proceso de la reforma en salud desde una perspectiva sistemática. Formula una estrecha relación tripartita para el proceso de formación de recursos humanos. Se integran “los procesos de concepción, implementación y ejecución de las propuestas de reforma, los procesos de desarrollo de los recursos humanos necesarios para las propuestas, y la conformación de núcleos de desarrollo de las mismas”. Enfatiza el rol que cumplen en este menester los recursos humanos.

Resultados en la atención directa al paciente

Andreu et al (2022) abordan el estudio de las características de los pacientes que presentan “dolor musculoesquelético desde la perspectiva la teoría de la complejidad”. Concluyen en la necesidad de una visión sistémica de la salud y la de “aceptar la imprevisibilidad, respetar (y utilizar) la autonomía y la creatividad, y responder con flexibilidad a los patrones y oportunidades emergentes”.

Reducción en los tiempos de espera (al identificar cuellos de botella y reorganizar flujos).

Mejora en la continuidad del cuidado, evitando pérdidas de información entre niveles de atención.

Mayor satisfacción del paciente, al tener atención más eficiente, comprensible y coordinada.

Menor tasa de rehospitalizaciones, gracias a procesos más preventivos y sistémicos.

Resultados en la organización y gestión del sistema

ESSALUD (2016) en un documento que da cuenta de las reformas institucionales de su sector, formula los lineamientos de una visión integral de la atención al paciente asegurado, desde el paradigma de “la humanización”, en la cual se considera no solo los rasgos del paciente sino también de su familia, su lugar de procedencia y de sus vivencias, con un claro enfoque de mejora de la calidad del servicio.

En el mismo sentido, Malpartida et al (2021) desarrollaron un estudio sobre la calidad de atención al paciente en ESSALUD, en donde encontraron que “el principal problema presentado en la prestación de servicios de EsSalud, es el tiempo de dilación para la atención, los más satisfactorios lo constituyen la atención médica y las cirugías y el de mayor deficiencia es la demora para la atención”.

Se impone, en esta perspectiva, una mejor toma de decisiones, basada en simulaciones y evidencia sistémica (no solo en indicadores sueltos).

Capacidad de anticipar efectos secundarios no deseados de políticas o cambios estructurales.

Optimización del uso de recursos (humanos, tecnológicos, financieros) mediante reconfiguración inteligente del sistema.

Evaluaciones periódicas y adaptativas, que alimenten ajustes constantes sin esperar un “corte final”.

Resultados en resiliencia y adaptabilidad

Mayor coordinación entre niveles de atención (primario-secundario-terciario).

Capacidad de adaptarse a crisis como epidemias, escasez de personal o cambios tecnológicos.

Flexibilidad operativa, al establecer múltiples rutas de atención según contexto y necesidad.

Aprendizaje organizacional: los equipos aprenden juntos, se adaptan y mejoran con la experiencia.

Resultados en equidad y enfoque centrado en las personas

Mayor participación de pacientes y comunidades en el diseño y evaluación de los servicios.

Empoderamiento del personal de salud al tener voz en el proceso de mejora y claridad de propósito.

Reducción de inequidades al visibilizar segmentos de población mal atendidos (usando el pensamiento sistémico).

Comunicación fluida entre actores del sistema, generando confianza institucional y social.

En resumen

La aplicación integrada de pensamiento sistémico, modelado dinámico, análisis de resiliencia y evaluación adaptativa transforma la atención al paciente en un proceso más inteligente, adaptativo, equitativo y centrado en las personas.

Discusión

Desde la complejidad, se comprende que los sistemas de salud no pueden abordarse mediante soluciones lineales o unificadas. Las trayectorias de atención, las dinámicas institucionales y los patrones de inversión e infraestructura se configuran de manera no predecible, requiriendo estrategias de intervención adaptativas y colaborativas.

Las herramientas del enfoque complejo permiten identificar puntos de apalancamiento como:

- Fortalecer el primer nivel de atención.
- Implementar una historia clínica electrónica interoperable.
- Diseñar rutas de atención centradas en el paciente.
- Promover la participación comunitaria.
- Desarrollar infraestructura modular y adaptable.
- Fomentar la evaluación adaptativa y el prototipado.

Conclusiones

El sistema de salud peruano refleja un conjunto de interacciones complejas que no pueden ser transformadas mediante reformas aisladas. Se requiere una mirada integradora y adaptativa, orientada a reducir las desigualdades, mejorar la coordinación interinstitucional y fortalecer la resiliencia del sistema. El enfoque de la complejidad ofrece marcos analíticos y metodológicos valiosos para avanzar hacia un sistema más equitativo, eficiente y centrado en el paciente.

Referencias

- Alcalde-Rabanal, J. E., Lazo-González, O., & Nigenda, G. (2011). Sistema de salud de Perú. *Salud Pública de México*, 53(2), 243–254.
- Andreu M, Policastro P, Díaz T, Pardo Y. Teoría de la complejidad en la atención del paciente con dolor musculoesquelético. *Biomédica*. 2022;42:562-73. <https://doi.org/10.7705/biomedica.6440>.
- Barrenechea, L. (2021). Fragmentación y segmentación del sistema de salud en el Perú: desafíos para la cobertura universal. *Foro Salud*.
- Blanchet, K., James, P., & Pavignani, E. (2012). Tools for the analysis of health system complexity. *Health Policy and Planning*, 27(5), 365–372. <https://doi.org/10.1093/heapol/czs053>
- Bunge, M. (2012). Filosofía para médicos. Gedisa.
- Espinoza-Portilla, E., Gil-Quevedo, W., & Agurto-Távara, E. (2020). Principales problemas en la gestión de establecimientos de salud en el Perú. *Revista Cubana de Salud Pública*, 46(4), e2146.
- ESSALUD (2016) Nuevo Modelo de Prestación de Salud Lima 2016 MODELO DE CUIDADO ESTANDARIZADO Y PROGRESIVO DE LA SALUD. Seguro Social de Salud, 2016 Gerencia Central de Prestaciones de Salud.
- García, R. (2006). Sistemas complejos: conceptos, método y fundamento de la investigación. Gedisa.
- Homer, J. B., & Hirsch, G. B. (2006). System dynamics modeling for public health: background and opportunities. *American Journal of Operations Research*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.4236/ajor.2013.31001>
- Lindstrom, J., & Padrón, N. (2020). Sistemas complejos y políticas públicas: hacia una gobernanza adaptativa. *Revista de Administración Pública*, 54(2), 123–146.

Malpartida, Jorge; Tarmeño, Luis; Olmos, David. Estudio sobre la calidad del servicio de atención al cliente a los pacientes del EsSalud (2021). Revista de Investigación Científica y Tecnológica Alpha Centauri Vol. 2 Núm. 1 Pág. 43-51

Mendoza-Arana, Pedro Jesús. (2018). Reforma en salud: complejidad y límites de la formación de recursos humanos especializados. Anales de la Facultad de Medicina, 79(1), 60-64. <https://doi.org/10.15381/anales.v79i1.14594>

Ministerio de Salud del Perú (MINSA). (2020). Análisis de situación de salud del Perú. Dirección General de Epidemiología.

Morin, E. (2007). Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: Gedisa.

OECD & Banco Mundial. (2023). Estudios de la OCDE sobre los sistemas de salud: Perú.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2017). La salud en las Américas: perfil del sistema de salud de Perú.

Pisek , P. & Greenhalgh, T. (2001) , Ciencia de la complejidad: el desafío de la complejidad en la atención sanitaria. págs . 625-628

PNUD. (2022). Informe sobre Desarrollo Humano en Perú: equidad, territorios y servicios públicos.

Toro-Palacio, L. F. & Ochoa-Jaramillo, F. L. (2012). Salud: un sistema complejo adaptativo. Revista Panamericana de Salud Pública, 31(2), 161–165.

Thomas, S., Sagan, A., Larkin, J., Cylus, J., Figueras, J., & Karanikolos, M. (2020). Strengthening health systems resilience: Key concepts and strategies. European Observatory on Health Systems and Policies. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332441>

Valderas, J. M., Starfield, B., Sibbald, B., Salisbury, C., & Roland, M. (2009). Defining Comorbidity: Implications for Understanding Health and Health Services. The Annals of Family Medicine, 7(4), 357-363. <https://doi.org/10.1370/afm.983>

Vicco, M. H., Federico, L., & Giri, L. (2024). El enfoque de sistemas complejos. La interdisciplinariedad en el abordaje clínico del proceso salud-enfermedad/bienestar. Ludus Vitalis. Revista De Filosofía De Las Ciencias De La Vida, 30(1), 47–64. <https://doi.org/10.22370/lv.2024.30.1.4494>

WHO. (2021). Health Systems Performance Assessment: Debates, Methods and Empiricism. World Health Organization.

Eficiencia adaptativa en sistemas complejos de alimentación de cuyes destetados intensivos

Adaptive efficiency in complex feeding systems for intensively weaned guinea pigs

Manuel Enrique Gonzales Aparicio

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Karenth Elena Ramírez Álvarez

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Jessica Gisell Valdivia Cuentas

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

*Este estudio examina la aplicación del enfoque de sistemas complejos adaptativos (CAS) en la producción intensiva de cuyes (*Cavia porcellus*), integrando factores biológicos, de gestión y ambientales. El análisis se sustenta en tendencias identificadas en un estudio experimental inédito sobre dietas concentradas, sin divulgación de datos numéricos, que evidencian un patrón de eficiencia marginal decreciente característico de los CAS (Airahuacho Bautista & Vergara Rubín, 2017; Nieto-Escandón et al., 2023). Mediante un enfoque interdisciplinario, se reconocen interacciones no lineales, patrones emergentes y dinámicas adaptativas que influyen en la eficiencia productiva. El modelo conceptual propuesto incorpora bucles de retroalimentación y mecanismos de autoorganización, proporcionando fundamentos teóricos y prácticos para la toma de decisiones estratégicas. Los resultados contribuyen a ampliar la comprensión de la complejidad en sistemas agroproductivos y ofrecen directrices para su optimización y sostenibilidad.*

Palabras clave: *Sistemas complejos adaptativos/ Eficiencia alimentaria/ Cuyes destetados/ Ingeniería industrial/ resiliencia.*

*This study examines the application of the complex adaptive systems (CAS) approach to intensive guinea pig (*Cavia porcellus*) production, integrating biological, management, and environmental factors. The analysis is based on trends identified in an unpublished experimental study on concentrated diets, without the disclosure of numerical data, which demonstrates a pattern of diminishing marginal efficiency characteristic of CAS (Airahuacho Bautista & Vergara Rubín, 2017; Nieto-Escandón et al., 2023). Through an interdisciplinary approach, nonlinear interactions, emergent patterns, and adaptive dynamics that influence production efficiency are recognized. The proposed conceptual model incorporates feedback loops and self-organization mechanisms, providing theoretical and practical foun-*

dations for strategic decision-making. The results contribute to a broader understanding of complexity in agricultural production systems and offer guidelines for their optimization and sustainability.

Keywords: Complex adaptive systems/ Feed efficiency/ Weaned guinea pigs/ Industrial engineering/ Resilience.

Introducción

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2023) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022) la producción de cuyes en el Perú ha mostrado un crecimiento sostenido y una creciente importancia económica, impulsando la búsqueda de estrategias alimentarias que equilibren costos y eficiencia. Investigaciones recientes Meza-Rojas et al. (2024; Miranda-Yuquilema et al. (2025) respaldan la adopción de formulaciones alternativas que mantengan el rendimiento productivo con menor dependencia de insumos encarecidos como la soya.

Tal como señala Arce Rojas (2021), el enfoque de la complejidad permite trascender los límites del análisis disciplinario, integrando variables y relaciones que los enfoques sectoriales tradicionales no contemplan, lo que resulta esencial para comprender y gestionar sistemas de producción animal con múltiples dimensiones interdependientes. La producción intensiva de cuyes (*Cavia porcellus*) representa una de las principales actividades pecuarias de subsistencia y desarrollo económico en diversas regiones andinas. Sin embargo, su eficiencia alimentaria enfrenta limitaciones significativas debido al uso de modelos productivos lineales que no consideran la naturaleza compleja y adaptativa de los sistemas biológicos. La necesidad de integrar nuevas herramientas conceptuales para comprender el comportamiento de estos sistemas ha llevado al surgimiento de enfoques basados en la teoría de los sistemas complejos adaptativos (Mitchell, 2009).

Bases teóricas

Paredes & Goicochea (2021) señalan que el equilibrio entre fibra y almidón es determinante para la eficiencia digestiva en cuyes, lo que coincide con los principios de no linealidad y retroalimentación en sistemas complejos adaptativos (Holland, 2014; Mitchell, 2009). Este balance, combinado con el uso moderado de concentrados, se asocia a mejoras sostenibles en el rendimiento y resiliencia del sistema productivo.

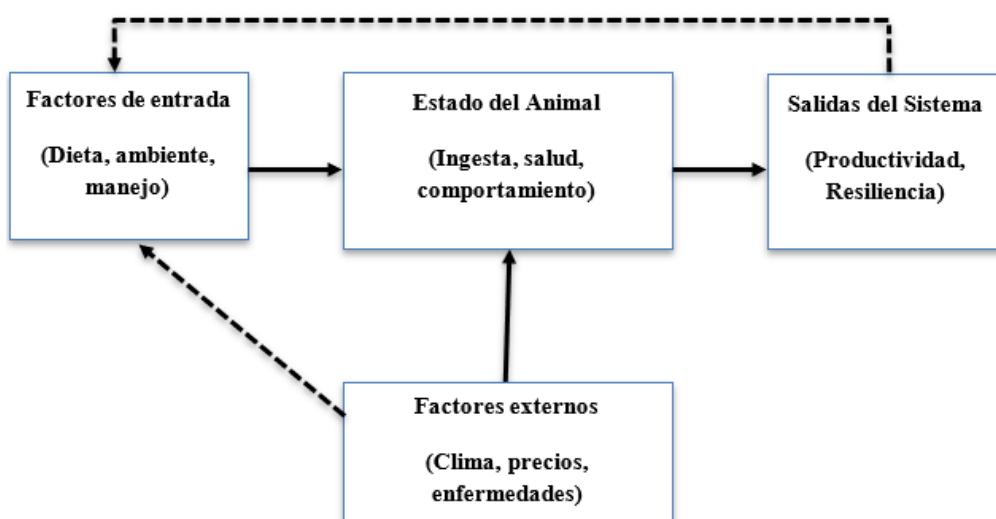
En el ámbito de la producción intensiva de cuyes destetados, la inocuidad y la estabilidad de los procesos pueden fortalecerse siguiendo lineamientos como los descritos por Gonzales M et al. (2024), quienes destacan la importancia de implementar POES, controlar la temperatura y aplicar buenas prácticas de manufactura para garantizar procesos estables y seguros en plantas de la industria cárnica.

Desde el enfoque sistémico, la producción pecuaria se concibe como un sistema abierto con interacciones dinámicas entre componentes biológicos, ambientales y de manejo, en el que fenómenos como la emergencia, la sinergia y la retroalimentación condicionan el rendimiento (Martínez Benavides et al., 2022). Casanova-Pérez et al. (2020) evidencian que la diferenciación e interdependencia entre sistemas agropecuarios surgen como respuesta a presiones externas y a la necesidad de mantener la funcionalidad del sistema, lo que coincide con las adaptaciones observadas en la respuesta productiva y comportamental de los cuyes frente a dietas diferenciadas.

Según Miller (2007) y Holland (2014), los sistemas complejos adaptativos se componen de múltiples elementos o agentes interconectados que interactúan entre sí y con su entorno, adaptando su comportamiento en respuesta a cambios internos o externos. Entre sus propiedades clave se encuentran la no linealidad, la autoorganización, la resiliencia y la emergencia de patrones que no pueden predecirse únicamente a partir del análisis de las partes individuales.

En el contexto de la producción intensiva de cuyes, el sistema productivo puede entenderse como un CAS en el que intervienen factores biológicos (ganancia de peso, comportamiento animal), de gestión (tipo de dieta, decisiones de manejo) y ambientales (temperatura, disponibilidad de insumos), cuyas interacciones dan lugar a comportamientos globales y dinámicas adaptativas. La figura 1 ilustra el diagrama conceptual CAS propuesto para este estudio, destacando los componentes principales, las relaciones de influencia y los bucles de retroalimentación presentes en el sistema.

Figura N° 1: Modelo simplificado de un sistema complejo adaptativo en la producción intensiva de cuyes



Fuente: Elaboración propia

Nota. El esquema representa un sistema complejo adaptativo en la producción intensiva de cuyes, integrando los factores de entrada (línea continua izquierda) que inciden directamente en el estado interno del animal, y que determinan las salidas del sistema (línea continua derecha) en términos de productividad y resiliencia. Las flechas punteadas indican retroalimentaciones: desde las salidas hacia los factores de entrada (impacto de la productividad en la disponibilidad y calidad de insumos) y desde los factores externos hacia los factores de entrada (influencia de condiciones climáticas, precios y enfermedades sobre el manejo y la dieta).

En este sentido, la epistemología cualitativa propuesta por González Rey ofrece un marco transdisciplinario que enriquece la comprensión de los sistemas complejos adaptativos, al incorporar pilares metodológicos como la complejidad, la lógica del tercero incluido y los niveles de realidad, evitando reduccionismos y dogmatismos (Pinto & Paula, 2018). Este enfoque se alinea con el presente estudio al reconocer que la interacción entre dieta, entorno y comportamiento animal no puede ser explicada desde perspectivas lineales, sino desde una integración de saberes y métodos.

De manera complementaria, Oliva-Figueroa et al. (2018) resaltan que la transdisciplinariedad posee un alto valor social y académico, lo que en el contexto productivo implica articular conocimientos de zootecnia, ingeniería industrial y economía rural para optimizar sistemas de crianza intensiva. Incluso en ámbitos aparentemente distantes, como el análisis de complejidad sintáctica y léxica en la escritura universitaria Lahuerta Martínez (2024), se observa que la medición precisa de indicadores específicos permite desentrañar dinámicas complejas, una lógica que también subyace en la evaluación de la eficiencia adaptativa en este estudio.

Finalmente, (Catalán et al., 2024) muestran que la adaptación a entornos globalizados y tecnológicamente interconectados exige redefinir competencias y marcos de actuación, un principio extrapolable a la gestión de sistemas productivos que requieren ajustarse a demandas de sostenibilidad y competitividad.

La eficiencia productiva en sistemas pecuarios tradicionales ha sido históricamente abordada desde una perspectiva mecanicista, centrada en la maximización de insumos y resultados medibles. No obstante, dicha visión resulta limitada cuando se trata de comprender dinámicas complejas como las que ocurren en la alimentación de cuyes destetados criados en condiciones intensivas.

La teoría de los sistemas complejos adaptativos permite una nueva aproximación al estudio de la eficiencia alimentaria. Estos sistemas se caracterizan por la existencia de múltiples componentes interrelacionados que se adaptan a cambios del entorno mediante mecanismos de retroalimentación, autoorganización y coevolución, Mitchell (2009); Holland (2014). En el caso de la producción de cuyes, esto implica reconocer que la respuesta a una dieta específica no es uniforme, sino que depende del entorno

físico, la densidad poblacional, el comportamiento de los animales y la interacción con otros componentes del sistema.

En los estudios realizados por Kuhmonen et al. (2024), se destaca la importancia de la resiliencia estructural de los agroecosistemas, los cuales presentan alta sensibilidad a perturbaciones, pero también capacidad de reorganización interna. Esta propiedad es observable en sistemas de crianza de cuyes, donde el estrés ambiental, las variaciones nutricionales o los cambios de densidad generan efectos amplificados que alteran la eficiencia del sistema completo. En estos entornos, la evaluación de eficiencia debe incorporar indicadores dinámicos y métricas que reconozcan el comportamiento adaptativo.

Caso de estudio

El caso se sustenta en un ensayo de 30 días con tratamientos basados en combinaciones de forraje y concentrado, desarrollado en condiciones representativas de pequeños productores, lo que permitió observar ajustes adaptativos y autoorganización en el comportamiento alimentario de los animales (Nieto-Escandón et al., 2023).

En el marco de este estudio, el análisis de la producción intensiva de cuyes se concibe como una aplicación práctica de los principios de los sistemas complejos adaptativos, integrando dimensiones biológicas, de gestión y ambientales en un mismo entramado dinámico. Este enfoque permite no solo describir las variables del sistema, sino también comprender cómo sus interacciones generan comportamientos emergentes que influyen en la eficiencia y resiliencia del proceso productivo. Así, el caso de estudio constituye una instancia empírica idónea para validar la pertinencia del modelo conceptual propuesto, explorando la manera en que las decisiones de manejo y las condiciones externas pueden desencadenar adaptaciones colectivas en el sistema.

Contexto del sistema productivo

La unidad productiva se desarrolló en un entorno de crianza intensiva bajo condiciones semi-controladas, utilizando jaulas metálicas de 1 m², cada una albergando cinco cuyes destetados. Las condiciones ambientales fueron naturales, sin intervención térmica artificial, replicando entornos propios de productores rurales. La duración total del ensayo fue de 30 días, iniciando tras el destete.

Resultados

El análisis del sistema productivo de cuyes destetados, bajo el enfoque de sistemas complejos adaptativos (CAS), evidenció patrones no lineales en la respuesta productiva, caracterizados por una eficiencia marginal decreciente frente al incremento de insumos proteicos, coherente con lo reportado por Nieto-Escandón et al. (2023) y Airahuacho Bautista & Vergara Rubín (2017).

Se identificaron diferencias relevantes entre los tratamientos. Un tratamiento con mayor aporte proteico mostró la mayor ganancia de peso, aunque con el costo unitario más elevado; mientras que otro tratamiento intermedio presentó un equilibrio favorable entre eficiencia productiva y costos operativos. Este comportamiento sugiere que, más allá de un umbral óptimo, el aumento de la concentración proteica no genera mejoras proporcionales en el rendimiento, lo cual se alinea con principios de retroalimentación adaptativa.

Asimismo, se reconocieron bucles de retroalimentación positivos y negativos, donde los resultados productivos influyen en ajustes del manejo y la dieta para ciclos posteriores, en concordancia con las dinámicas adaptativas descritas por Mitchell (2009) y Holland (2014).

Discusión

Los resultados observados coinciden con lo señalado por Airahuacho Bautista & Vergara Rubín (2017) y Tapie et al. (2024), en cuanto a que incrementos superiores al umbral óptimo de energía digestible no generan mejoras proporcionales en el rendimiento, fenómeno alineado con la dinámica no lineal propia de los sistemas complejos adaptativos. Este hallazgo refuerza la necesidad de políticas alimentarias basadas en la eficiencia adaptativa más que en la maximización de insumos.

Comparativamente, Casanova-Pérez et al. (2020) y Arce Rojas (2021) destacan que la resiliencia y la capacidad de autoorganización son esenciales para la sostenibilidad de sistemas productivos, lo que refuerza la necesidad de adoptar perspectivas complejas en la gestión de la producción cuyícola. En este estudio, los resultados muestran que la dieta T2 logró un equilibrio óptimo entre eficiencia productiva y costos, mientras que la dieta T3, aunque generó la mayor ganancia de peso, presentó un costo más elevado por kilo ganado.

Asimismo, la observación de cambios en el ritmo de consumo, patrones de interacción social y rutinas de descanso según el tipo de dieta confirma la presencia de propiedades como la no linealidad, la emergencia y la autoorganización, descritas por Martínez Benavides et al. (2022) en el contexto del enfoque sistémico en producción pecuaria. Estos fenómenos sugieren que pequeñas modificaciones en un componente del sistema —como el tipo de

dieta—pueden producir efectos amplificados en el desempeño global, respaldando la visión de Kuhmonen et al. (2024) sobre la resiliencia estructural en agroecosistemas adaptativos.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, la incorporación de herramientas como la simulación basada en agentes y el modelado de sistemas dinámicos permitiría predecir comportamientos emergentes y optimizar la asignación de recursos en sistemas de crianza de pequeña escala, especialmente en contextos de recursos limitados. Además, estas herramientas pueden integrarse con metodologías de análisis multiobjetivo para equilibrar variables de producción, costo y bienestar animal.

En línea con la estabilidad de las condiciones de proceso, González M et al. (2024) señalan que la implementación de procedimientos operativos estandarizados de saneamiento (POES), el control de temperatura y las buenas prácticas de manufactura son medidas fundamentales para asegurar procesos estables y seguros en plantas de la industria cárnica.

Finalmente, la eficiencia adaptativa observada en este experimento tiene implicancias para la sostenibilidad productiva en zonas rurales, al demostrar que sistemas de producción con alta capacidad de ajuste pueden mantener su viabilidad económica y productiva frente a variaciones en el entorno, en línea con las reflexiones de Arce Rojas (2021) sobre la necesidad de perspectivas complejas para enfrentar la incertidumbre en sistemas productivos. Además, es importante señalar que, aunque los resultados coinciden con estudios previos, también se detectaron ligeras diferencias en el comportamiento adaptativo de los cuyes frente a variaciones dietéticas, lo que sugiere la necesidad de explorar factores externos no controlados como la temperatura ambiental o el estrés por manipulación.

De forma complementaria, este estudio aporta evidencia empírica sobre cómo las propiedades de sistemas complejos adaptativos—como la autoorganización, la resiliencia y las dinámicas no lineales— se manifiestan en sistemas pecuarios de pequeña escala. Esto coincide parcialmente con lo propuesto por Kuhmonen et al. (2024), pero también abre un debate sobre la influencia de variables contextuales propias de cada ecosistema productivo.

Este hallazgo coincide con la propuesta epistemológica de González Rey, que plantea la necesidad de marcos de análisis capaces de integrar múltiples niveles de realidad para interpretar fenómenos complejos (Pinto & Paula, 2018). Además, el reconocimiento de la diversidad de perspectivas y roles en el análisis de sistemas, tal como destacan (Oliva-Figueroa et al., 2018) en su estudio sobre transdisciplinariedad, es aplicable a la producción cuyícola, donde intervienen actores con conocimientos y objetivos diferenciados. Incluso el análisis de patrones lingüísticos en contextos educativos. Lahuerta Martínez (2024) y la redefinición de competencias para enfrentar entornos globales. Catalán et al. (2024) aportan ejemplos de cómo la complejidad y la adaptabilidad

son principios transversales que pueden fortalecer la interpretación de los resultados y la formulación de estrategias productivas.

Este capítulo se centra en la interpretación CAS de sistemas cuyícolas intensivos a partir de literatura y tendencias empíricas no divulgadas. La ausencia de métricas detalladas limita el análisis comparativo. Futuras investigaciones deberían integrar simulaciones multiagente, indicadores de bienestar y métricas dinámicas para validar umbrales de eficiencia adaptativa en distintos contextos productivos.

Conclusiones

El patrón identificado confirma que el sistema cuyícola, interpretado desde la perspectiva CAS, presenta un punto de máxima eficiencia adaptativa que no coincide con el uso máximo de insumos, lo que tiene implicancias directas en el diseño de estrategias de alimentación sostenible y en la optimización de recursos en sistemas de pequeña escala.

El análisis realizado evidencia que los sistemas de producción intensiva de cuyes funcionan como sistemas complejos adaptativos, en los que las interacciones entre componentes biológicos, de gestión y ambientales generan comportamientos emergentes difíciles de predecir mediante enfoques lineales. La inclusión del modelo conceptual CAS permite visualizar las relaciones críticas y los bucles de retroalimentación que influyen en la eficiencia productiva. Este enfoque facilita la identificación de estrategias adaptativas que potencien la resiliencia y la sostenibilidad del sistema, contribuyendo al desarrollo de políticas y prácticas más efectivas para el sector.

La dieta T2 representa un balance adecuado entre ganancia de peso y costo por kilo ganado. El análisis desde un enfoque sistémico permite una mejor comprensión de las interacciones entre dieta, comportamiento animal y eficiencia productiva.

Recomendaciones

- Incorporar herramientas de simulación basada en agentes y modelado de sistemas dinámicos para predecir comportamientos emergentes.
- Considerar indicadores dinámicos que integren rendimiento productivo, costos y bienestar animal.
- Promover investigaciones adicionales que integren variables contextuales como temperatura ambiental y densidad poblacional.

Referencias

- Airahuacho Bautista, F. E., & Vergara Rubín, V. (2017). Evaluación de dos niveles de energía digestible en base a los estándares nutricionales del NRC (1995) en dietas de crecimiento para cuyes (*Cavia porcellus* L.). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 28(2), 255–264. <https://doi.org/10.15381/rivep.v28i2.13079>
- Arce Rojas, R. S. (2021). Contributions of Complexity Approaches to Innovative Forestry Development. *Investigación & Desarrollo*, 28(2), 147–167. <https://doi.org/10.14482/ides.28.2.333.75>
- Casanova-Pérez, L., Martínez-Dávila, J. P., Rosales-Martínez, V., Cruz-Bautista, P., & García-Alonso, F. (2020). Differentiation And Complexity In Agroecosystems Of The Mexican Sub-Humid Tropics. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.3342>
- Catalán, J. P., Pérez Carvajal, A., Roy Sadradín, D., & Chacana Yordá, C. (2024). Redefiniendo las competencias pedagógicas en la educación superior: un enfoque chileno en la complejidad de un mundo interconectado. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–15. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1069>
- González Manuel, Rosales Pedro, & Rivera Juan. (2024). Procesos mínimos que garantizan la inocuidad en una planta de la industria cárnica. *Revista De Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE*, 8(22). <https://www.ctscafe.pe/index.php/ctscafe/article/view/271>
- Holland, J. H. (2014). Complexity: A Very Short Introduction. Oxford University Press Oxford. <https://doi.org/10.1093/actrade/9780199662548.001.0001>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). Encuesta Nacional Agropecuaria 2022 Principales resultados pequeñas y medianas unidades agropecuarias 2014-2019 y 2021 – 2021. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1912/libro.pdf
- Kuhmonen, T., Kuhmonen, I., & Huuskonen, A. (2024). Sustainability-driven regime shifts in Complex Adaptive Systems: The case of animal production and food system. *Sustainable Production and Consumption*, 52, 469–486. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.11.022>
- Lahuerta Martínez, A. C. (2024). The dynamics of syntactic and lexical complexity measures in academic writing. *Ibérica*, 47, 251–274. <https://doi.org/10.17398/2340-2784.47.251>

Martínez Benavides, J. A., Jurado Gámez, H., & Parreño Salas, J. J. (2022). Enfoque sistémico de la producción pecuaria.

Meza-Rojas, E., Rodríguez-Vargas, A., Hermitaño-Osorio, F., Aquino-Tacza, A., & García-Olarte, E. (2024). Comparative evaluation of an artisanal feed supplement and four commercial feeds on the productive efficiency of growing guinea pigs. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 35(4). <https://doi.org/10.15381/rivep.v35i4.28780>

Miller, J. H. ; P. S. E. (2007). Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life. Princeton University Press.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). Cadena productiva del cuy [Edición digital]. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4061856/Cadena%20productiva%20de%20cuy.pdf>

Miranda-Yuquilema, J. E., Taboada-Pico, J., Luna-Velasco, D., Cuenca-Condoy, M., & Briñez, W. (2025). Impact of agroindustrial waste fermented with bacteria and yeasts and their effect on productive, hematological and microbiota indicators in guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Fermentation*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/fermentation11010010>

Mitchell, M. (2009). Complexity A Guided Tour. Oxford University PressNew York, NY. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195124415.001.0001>

Nieto-Escandón, P. E., Malta-García, Y. I., Jácome-Aucay, A. S., Velesaca-Ayala, P. G., Garay-Peña, G. S., Murillo-Apolo, Y. A., Rosales-Jaramillo, C. A., & Urdaneta-Rincón, M. D. C. (2023). Assessment of different diets in the productive behavior of native guinea pigs (*Cavia porcellus*) from the andes of Ecuador | Valoración de dietas simples y mixtas para engorde de cobayos (*Cavia porcellus*) nativos de los andes del Ecuador. *Revista Científica de La Facultad de Veterinaria*, 33(2). <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33259>

Oliva-Figueroa, I. G., Molina-Chávez, W. M., Quintero-Tapia, J. J., & Díaz-Barrera, N. S. (2018). Prospectiva transdisciplinaria y organización del conocimiento: una aproximación epistémica a la educación superior en la región de Magallanes, Chile. *Magallania (Punta Arenas)*, 46(2), 129–142. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442018000200129>

Paredes, A. M., & Goicochea, P. (2021). Effect of five diets with different neutral detergent fibre and starch ratios on productive performance, ingestive ratio, and weight of digestive organs in guinea pigs (*Cavia porcellus*) | Efecto de cinco dietas con diferentes proporciones de fibra deterge. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(1). <https://doi.org/10.15381/RIVEPV32I1.19495>

Pinto, J. de F., & Paula, A. P. P. de. (2018). Contribuições Da Epistemologia Qualitativa De González Rey Para Estudos Transdisciplinares. *Psicologia & Sociedade*, 30(0). <https://doi.org/10.1590/1807-0310/2018v30166100>

Tapie, W. A., Posada Ochoa, S. L., & Rosero Noguera, R. (2024). Un acercamiento teórico a los requerimientos de energía en cuyes (*Cavia porcellus*). *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.2024.57058>

Sobre los autores

Mg. Juan Manuel Kosme Sheput Moore

Ingeniero industrial y político peruano. Fue congresista de la república, durante el periodo 2016-2019, y ministro de trabajo, durante el gobierno de Alejandro Toledo (2005) y en el gobierno de Manuel Merino durante el 2020.

Estudió la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Nacional Federico Villarreal y laboró como docente en la UNI, la UNMSM y la Universidad Ricardo Palma.

Es egresado del programa de alto gobierno de la Universidad de Los Andes, de Colombia. Así mismo, es magíster en pensamiento estratégico y prospectiva por la Universidad Externado, también de Colombia, y máster en project management por la Universidad de La Rioja, de España. Cuenta, además, con un posgrado de especialización en desarrollo regional y territorial también en la Universidad de Los Andes y ha seguido cursos de posgrado en el BID en temas de políticas públicas.

Mg. María Margoth Solórzano Vera

Ingeniera comercial en administración de empresas por la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Máster en dirección de recursos humanos por la Universidad de Barcelona, España. Actualmente cursa el doctorado en gerencia de empresas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Cuenta con experiencia en gestión administrativa, atención al cliente y manejo documental. Además, se ha desempeñado como docente universitaria, lo que ha fortalecido sus capacidades de organización, liderazgo y comunicación efectiva.

Mg. Ing. Betsy Katherine Cambindo Quiñónez

Ingeniera industrial, tecnóloga en mecánica industrial especialidad máquinas y herramientas y magíster en sistemas de gestión de calidad con mención en sistemas integrados, recide en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador, y desde el año 2023 viene estudiando un doctorado en ingeniería industrial en la Universidad Nacional Mayor De San Marcos fortaleciendo su perfil como investigadora y profesional especializada en el ámbito industrial, de investigación y educativo.

Mg. Edison Johny Quevedo Zambrano

Ingeniero comercial con mención en administración de empresas agroindustriales y agropecuarias en ESPAM MFL, Ecuador. Doctorando en gestión empresarial en la UNMSM, Perú. Maestría en administración de negocios en Southern New Hampshire University, EE. UU. Maestría en seguridad industrial, salud ocupacional y relaciones comunitarias en Universidad de Piura, Perú. Reside en la ciudad de Manta, Ecuador, en la actualidad viene desempeñando las labores como gerente general de la empresa pública ESPAM MFL-EP en la dirección de proyectos públicos y privados en áreas de desarrollo productivo, innovación y gestión empresarial, también es docente universitario, ESPAM MFL de asignaturas en administración, mercadeo y canales de comercialización y realiza las labores de consultor en gestión empresarial en el diseño de planes estratégicos y de innovación para empresas públicas y privadas.

Mg. Ing. Domingo Hussein Pacheco Alvaro

Auditor MINTRA | CIP 196890 | Especialista en sistemas de gestión, seguridad y salud en el trabajo y sostenibilidad

Profesional con más de 16 años de experiencia en sectores estratégicos como minería, petróleo, construcción, manufactura y educación superior. Especialista en sistemas integrados de gestión, mejora continua, sostenibilidad, lean six sigma y seguridad ocupacional, con una sólida trayectoria en auditorías legales, implementación de normas internacionales (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, ISO 37001, BASC, GRS) y gestión por procesos.

Ha liderado proyectos de certificación, optimización operativa y reducción de impactos ambientales, integrando herramientas estadísticas y enfoques de economía circular. Actualmente cursa estudios de doctorado en ingeniería industrial, consolidando una carrera enfocada en la transformación digital, la excelencia operativa y el desarrollo sostenible.

Mg. Ing. Nancy Elizabeth Barreda de Miranda

Ingeniero químico de FQIQ-UNMSM. Profesional con 20 años de experiencia en la industria textil exportadora como jefa de laboratorio textil y jefa de planta de tintorería. Docente investigadora (cátedra) de la EPITC-FII-UNMSM. Docente de maestría en la FII-UNMSM. Con estudios de doctorado en ingeniería industrial en FII-UNMSM. Coordinadora de laboratorio de fibrología y procesos textiles de EPITC.

Ha realizado pasantías en la Universidad de Texas USA 2009, Universidad Carolina del Norte al College de Textiles USA 2009, Universidad Sao Paulo Brasil 2017 y Universidad Bolivariana Medellín Colombia.

Mg. Jorge Luis Roca Becerra

Actualmente realiza doctorado en gestión de empresas en la Unidad de Posgrado en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Colegiado CIP 88975, magíster en gestión de operaciones y servicios logísticos, especialización en auditoría y control logístico en ESAN y especialización en sistemas integrados de gestión en la Universidad Politécnica de Valencia España. Especialización en seguridad y salud en el trabajo. Asesor y consultor especializado en sistema de gestión integrados que incluye gestión de seguridad y salud en el trabajo y gestión ambiental en Green Environment (empresa de consultoría y asesoría ambiental inscrita en el MINAM). Docente expositor tiempo parcial en Lima y provincias en temas de la cadena de suministro (supply chain management) y administración logística integral en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM en los programas del posgrado de pre maestría y maestría FII en riesgos laborales y ambientales, así como en la maestría de operaciones y servicios logísticos de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM.

Mg. Ing. Karen Andrea Álava Chichanda

Ingeniera en turismo y magíster en mercadotecnia con mención en turismo y hospitalidad de la Universidad Internacional SEK (2005). Reside en Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador y desde el año 2005 viene desempeñándose como jefa de ventas en el Centro Agrícola Álava destacándose por su trabajo y su compromiso con la calidad de los servicios ofrecidos. Actualmente cursa estudios de doctorado en gerencia de empresas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú) para fortalecer sus conocimientos y sus capacidades de liderazgo, gestión estratégica e innovación.

Mg. Ing. Paola Gabriela Álava Chichanda

Ingeniera en turismo y magíster en marketing con mención en turismo y hospitalidad. Reside en Calceta, provincia de Manabí, Ecuador, y desde el año 2016 se ha desempeñado como docente, destacándose por su vocación académica y su compromiso con la educación de calidad.

Actualmente, cursa estudios de doctorado en gerencia de empresas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú), fortaleciendo su perfil como investigadora y profesional especializada en el ámbito empresarial, turístico y educativo.

Su trayectoria combina una sólida formación académica con experiencia en la enseñanza, el liderazgo académico y la promoción de un turismo sostenible e innovador.

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez

Nació en Huaraz, capital del departamento de Ancash, sus estudios primarios los realizó entre Huaraz y Lima, la secundaria en la Gran Unidad Escolar Ricardo Bentín, Lima, su formación profesional la realizó en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), donde se recibió como ingeniero industrial. Su grado de doctor lo obtuvo en la Universidad Nacional Federico Villarreal, en medio ambiente y desarrollo sostenible . Actualmente es Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM, así como docente investigador RENACYT nivel VI y coordinador del grupo de investigación “ Producción más limpia ”. Autor de textos universitarios y artículos científicos en revistas indexadas, impulsor de actividades de responsabilidad social universitaria y promotor de eventos científicos con participación estudiantil en la UNMSM (Ciiddeii, Codeii, Citexim, Coditex, entre otros)

Expositor en diferentes eventos internacionales como el SustexModa de la Universidad de Sao Paulo (Brasil) y el simposio internacional “ Circularidad y sostenibilidad en la cadena de suministro ” (CIRSOS) en la UNMSM, el IX evento internacional “ La universidad en el siglo XXI ”, Manabí, Ecuador, entre otros.

Mg. Julio Douglas Vergara Trujillo

Ingeniero industrial egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, MBA en administración de negocios y finanzas internacionales (UCSS-Universidad de Génova)

Mg. Ronald Javier Muñante Valle

Licenciado en administración, maestro en gerencia de servicios de salud por la Universidad de San Martín de Porres, actualmente doctorando en gerencia de empresas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, cuenta con programa de especialización en gestión por procesos de la Pontificia Universidad Católica del Perú, con amplia experiencia laboral en el sector sanitario, actualmente funcionario público desempeñando el cargo de jefe de la Oficina de Gestión y Desarrollo de la Red Asistencial Ica y docente de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Privada San Juan Bautista, ha sido jefe de la División de Inteligencia Sanitaria de la Red Asistencial Ica, así mismo desempeñó cargos como estadístico - planificador en el Hospital IV Augusto Hernández Mendoza, especialista en indicadores de gestión, manejo de equipo de alto rendimiento y autor principal del libro “ Gestión del talento humano y desempeño laboral ”.

Mg. Manuel Enrique Gonzales Aparicio

Candidato a doctor en administración de negocios (Miami, EE.UU.) y doctorando en ingeniería industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú). Ingeniero industrial, con un MBA por EUDE Business School (México/España), una maestría en dirección de empresas industriales y de servicios por la UNMSM, además de especializaciones en gestión pública, finanzas y supply chain management.

Cuenta con más de veinte años de experiencia profesional, incluyendo cargos directivos en los sectores industrial y logístico, y funciones de gestión en el sector público. Actualmente se desempeña como docente universitario en gestión de procesos, logística e innovación, además de asesorar tesis y participar en proyectos académicos internacionales.

Es autor principal de artículos científicos publicados en revistas académicas indexadas en Latindex y Google Scholar, entre ellos “ Procesos mínimos que garantizan la inocuidad en una planta de la industria cárnica ” (2024). Sus líneas de investigación se enfocan en manufactura esbelta, industria 4.0 y prospectiva estratégica.

Mg. Karenth Elena Ramírez Álvarez

Ingeniera químico de profesión, con maestría en ingeniería ambiental y desarrollo sustentable de la Pontificia Universidad Católica Argentina – sede Rosario, cursando el 5to ciclo de doctorado en ingeniería industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Docente con 8 años de experiencia en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana -UNAP, en el departamento académico de ingeniería química. Docente de los cursos de ingeniería en gestión industrial, cinética y diseño de reactores y tratamiento de aguas.

Mg. Ing. Jessica Gisell Valdivia Cuentas

Doctorando en Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Magister en Dirección de empresas en la Universidad ESAN e Ingeniera Industrial de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Fue directora de la Escuela de Ingeniería Industrial (2020-2023) en la Universidad Católica San Pablo y en la actualidad se viene desempeñando como docente a tiempo completo y dictando cursos relacionados a Gestión y Procesos. Líder del foco de Internacionalización en el Departamento de Ingenierías de la Industria y el ambiente, forma parte del comité de calidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de dicha universidad, además de poseer una gran experiencia en trabajo de acreditación modelo ICACIT y ABET.

