Edición 3, septiembre de 2026 | ISSN 3028-3981

Huichyká

Ciencias y **saberes** para compartir

Universidad Militar Nueva Granada

Rector (E)
Brigadier General (R) Arnulfo Traslaviña Sáchica

Vicerrector General Brigadier General (R)
Arnulfo Traslaviña Sáchica

Vicerrector del Campus Nueva Granada
Coronel (R) Pedro Javier Rojas Guevara

Vicerrectoría Administrativa
Doctora Claudia Ximena López Pareja

Vicerrectoría Académica
Ingeniera Carol Eugenia Arévalo Daza

Vicerrectoría de Investigaciones
Ingeniera Astrid Rubiano Fonseca, Ph. D.

Comité editorial

Editora General
Irina Florián Ortiz, Mgtr.

Editora adjunta
Stefanie Vélez Otálora

Gestora Ciencia Abierta
Paola Andrea Parada Portilla

Diseño, diagramación y conceptualización
Daniela Martínez Díaz

Gestora editorial
Ana María García

Corrección de estilo
Manuel Gómez Vega

Fotografía
Archivo fotográfico de los autores, Unsplash, Freepik y Pexels

Impresión
DGP Editores S. A. S.

Universidad Militar Nueva Granada

Editorial Neogranadina

Contenido



EDITORIAL

Pág. 5

Editorial

/ Paola Parada · Ana García



BITÁCORA CIUDADANA

Pág. 11

Inteligencia artificial en la gestión del agua:
comprendiendo el uso y los límites de esta tecnología

/ Santiago Andrés León Daza

Pág. 19

Inteligencia artificial y desarrollo económico en Colombia desde sus dimensiones

/ David Sánchez

Pág. 33

Energía renovable microbiana

/ Karen Daniela Diaz Peñuela

Pág. 39

¿Cómo salvar a Colombia con un fríjol?

/ Emmanuel Puentes Varela · Ignacio Castilla Stipcianos



HORIZONTES ACADÉMICOS

Pág. 47

Calidad educativa con equidad:
un análisis del sistema educativo colombiano

/ Adriana Carolina Silva Arias

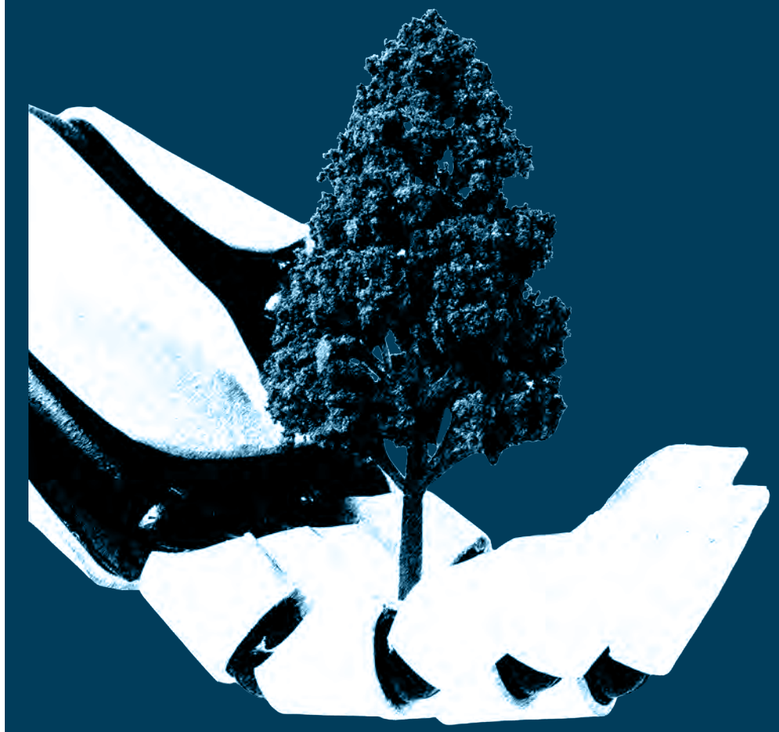


NUESTRA COMUNIDAD

Pág. 63

Del laboratorio a la sociedad:
el viaje de una patente

/ Daissy Julieth Paredes Guerrero



Editorial

/ Paola Parada
Asesora en ciencia abierta

/ Ana García
Gestora editorial

La tecnología puede definirse, de manera sencilla, como el conjunto de herramientas que los seres humanos hemos creado para ampliar nuestra capacidad de actuar en el mundo. Pero esta es solo una de las posibles aproximaciones. ¿Qué otras formas hay de pensar la relación entre humanos y tecnología? ¿Qué implicaciones éticas y políticas tiene el uso de un artefacto o de un sistema técnico? ¿Cómo se crean las tecnologías y quiénes participan en ese proceso? ¿De qué manera nos insertamos, desde Colombia y América Latina, en un ecosistema global de innovación que también es escenario de desigualdades? Estas preguntas, y otras que les subyacen, fueron el corazón de esta tercera entrega de Huichyká. En este número, quienes nos leen encontrarán seis contribuciones que exploran, desde distintos ángulos, estas mismas inquietudes.

Como era de esperarse, la inteligencia artificial dominó la convocatoria de este número: fue el tema que más convocó a nuestra comunidad de autores y autoras. Por eso encontrarán varios artículos dedicados a ella. Y eso, de paso, es un recordatorio oportuno de que cuestionar y entender esta tecnología es hoy una tarea de ciudadanía crítica, quizás la clave para desbloquear su potencial de contribuir a resolver los grandes desafíos sociales y ambientales que enfrenta nuestro planeta.

Abrimos el número con la contribución de Santiago Andrés León Daza, quien se pregunta cómo incorporar la inteligencia artificial en la gestión del agua de manera responsable. El autor muestra cómo esta tecnología puede monitorear la calidad del recurso, detectar anomalías y posibles eventos de contaminación y optimizar los procesos en los sistemas de tratamiento. Su apuesta es clara:

una adopción consciente y contextualizada puede convertir a la IA en un medio para mejorar la vida que se teje alrededor del agua, y no en un fin en sí misma. El reto, advierte, es que esa gestión depende de datos, infraestructura, capacidades locales y supervisión humana; sin ellos, la tecnología puede terminar profundizando las desigualdades territoriales en lugar de aliviarlas.

Le sigue el artículo de David Sánchez, que relaciona inteligencia artificial y desarrollo económico en nuestro país. David se pregunta de qué manera puede Colombia orientar la adopción de la IA para aprovechar sus beneficios sin agravar sus riesgos y desigualdades. Argumenta que la IA ofrece oportunidades reales de productividad, innovación e inclusión, pero también abre tensiones en el empleo, la sostenibilidad, la dependencia tecnológica y el acceso desigual. Su conclusión es que un efecto positivo dependerá de políticas públicas integrales, capaces de tratar la IA como herramienta al servicio de un desarrollo económico sostenible, y no como un objetivo en sí misma.

A continuación, *Calidad educativa con equidad: un análisis del sistema educativo colombiano* examina, desde una mirada crítica, de qué manera los principios de calidad, equidad, pertinencia e inclusión se han incorporado (y aplicado realmente) en los distintos niveles del sistema educativo colombiano. El artículo plantea una paradoja incómoda: Colombia cuenta con un marco normativo robusto y nuevas herramientas tecnológicas, pero persisten brechas territoriales, socioeconómicas e institucionales. Su tesis final es que la calidad no puede reducirse a cobertura, pruebas estandarizadas o adopción tecnológica; exige pertinencia territorial, formación docente, inclusión real y una capacidad efectiva del Estado para materializar los derechos que ya están escritos en el papel.

En *Energía renovable microbiana*, a través de descripciones maravillosas, Karen Díaz nos muestra cómo las bacterias electroactivas pueden transferir los electrones producidos por su metabolismo hacia materiales conductores, como el carbón coque, y ser aprovechadas en humedales electroquímicos. El artículo lanza una pregunta sugerente: ¿podrá algún día esa energía que se genera y circula dentro del humedal aprovecharse también fuera de él? Con ella se abre una reflexión sobre tecnologías futuras capaces de integrar naturaleza, microbiología y materiales para responder, a la vez, a retos ambientales y energéticos.

Cerramos los artículos con algo que nos regaló una sonrisa desde el título: *¿Cómo salvar a Colombia con un fríjol?*, de Emmanuel Puentes e Ignacio Castilla. Los autores nos cuentan la experiencia de la Misión Humanitaria Nueva Granada, donde un grano de fríjol, tan común que casi nadie lo mira dos veces, se convirtió en herramienta pedagógica para enseñar detección temprana de cáncer en comunidades apartadas del país. La idea de fondo es que dibujos y objetos de la vida cotidiana pueden traducir conceptos médicos complejos a un lenguaje que cualquiera entiende, y enseñar a reconocer una masa que merece atención a tiempo. El artículo nos recuerda, en últimas, que la medicina también puede tomarse el trabajo de traducirse a sí misma.

Y para cerrar el número, quisimos hacer algo distinto: nos sentamos a hablar con Daissy Paredes, jefa de la División de Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad, sobre cómo viaja una investigación desde el laboratorio hasta la sociedad a través de las patentes. Es un tema del que todos hemos oído hablar alguna vez, casi de pasada, pero que pocas veces se explica con calma. Ese fue justamente nuestro reto editorial: contarlo de manera clara, sin tecnicismos innecesarios, para que le llegue a toda nuestra comunidad y no solo a quienes ya conocen el lenguaje de las patentes.

Vistas en conjunto, estas contribuciones nos recuerdan que hablar de tecnología no es hablar solamente de artefactos sofisticados. También es preguntarnos por los conocimientos que los hacen posibles, los problemas que intentan resolver, las condiciones que permiten usarlos y las personas que pueden (o no) beneficiarse de ellos. Una inteligencia artificial, una patente, un humedal electroquímico o incluso un fríjol adquieren sentido cuando entran en relación con una necesidad humana y con el territorio en el que buscan intervenir.

Ojalá este tercer número de Huichyká les despierte tantas preguntas como nos despertó a nosotras mientras lo armábamos. Y ojalá, sobre todo, siga alimentando esa cultura de apropiación crítica de la tecnología que queremos ver crecer no solo en nuestra comunidad académica, sino mucho más allá de ella.



Bitácora ciudadana

Foto por: Horseshoe, wirestock



Inteligencia artificial en la gestión del agua:

comprendiendo el uso y los límites de esta tecnología

/ Santiago Andrés León Daza

Ingeniero Multimedia, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

La expresión “inteligencia artificial” se ha convertido en un término recurrente en el discurso cotidiano. Su presencia es cada vez más frecuente en productos, servicios y discursos comerciales, donde a menudo se utiliza como un valor agregado, incluso cuando las aplicaciones reales de inteligencia artificial (IA) son limitadas o poco claras (como cuando una persona asume que un celular tiene mayor valor si cuenta con IA integrada, aunque no conozca sus aplicaciones). Esta popularización del concepto, más allá de su uso técnico, hace necesario reflexionar sobre cómo se está implementando la IA y qué implicaciones tiene su adopción.

En los últimos años, la IA ha comenzado a incorporarse en sectores estratégicos como la salud, la movilidad, la educación y, de manera creciente, la gestión de los recursos ambientales. El sector del agua, en particular, ha sido identificado como un campo con alto potencial para la aplicación de estas herramientas. El monitoreo de la calidad del agua y la optimización de sistemas de tratamiento son algunos de estos ejemplos. No obstante, más allá de enumerar la cantidad de soluciones existentes, persiste una brecha significativa entre el conocimiento de estas tecnologías y la comprensión de su funcionamiento. Aunque las menciones de la IA pueden ser bastantes, en muchos casos no se entiende cómo opera realmente ni las soluciones que brinda. Por ello, en este texto se mencionan algunas soluciones con mayor impacto y se profundiza en su funcionamiento, sin remitirse a un apartado altamente técnico. Más que enumerar soluciones, se busca comprender cómo funcionan, entendiendo el conocimiento no solo como información, sino como una forma de acercamiento consciente a la realidad.

Monitoreo inteligente de la calidad del agua

Tradicionalmente, el monitoreo de la calidad del agua se lleva a cabo con mediciones puntuales de distintos parámetros del agua (pH, conductividad, turbidez, etc.) en laboratorio, las cuales, aunque sean precisas, suelen ser costosas y requieren de personal técnico. Además, en muchos contextos (zonas rurales o con recursos limitados) la información del estado del agua puede llegar tarde o no ser suficiente. ¿Cuál es la magia de la IA en este ámbito? Se suele unir con la rama del *Internet Of Things* (IoT), que, en pocas palabras, es el uso de sensores físicos para recolectar datos mediante tecnologías inalámbricas —es decir, dispositivos instalados en la zona (ríos, tanques, plantas de tratamiento, etc.)— y enviarlos a una plataforma digital, de manera similar a como un reloj inteligente registra la actividad física y la envía al celular.

La IA permite interpretar esta información a lo largo del tiempo y reconocer señales de alerta como una persona. Así como alguien puede notar que un cambio en el color, el olor o el sabor del agua indica que algo no está bien, los modelos de IA aprenden a identificar patrones normales y a reconocer cuándo algo se desvía de lo esperado. Para ello, se alimentan de datos y ajustan su interpretación a medida que reciben nueva información. Uno de los usos más comunes es la estimación de variables que, por alguna situación, no se pueda medir. A partir de relaciones aprendidas entre variables, la IA puede predecir indicadores de agua sin necesidad de instrumentación.

Existen varios beneficios, como información más continua y en tiempo casi real de la detección de cambios en la calidad del agua. La IA también reduce costos operativos y optimiza el uso de sensores y análisis en el laboratorio. Esto permite una toma de decisiones más informada, ya que transforma grandes volúmenes de datos en información comprensible. Por ejemplo, en regiones agrícolas de California, particularmente en el valle Central, donde la escasez de agua es un problema recurrente debido a la sobreexplotación de acuíferos y el deterioro progresivo de la calidad del agua, se utiliza esta solución. En varias explotaciones agrícolas, el agua proviene de pozos subterráneos o de fuentes superficiales cuya calidad puede variar significativamente a lo largo del tiempo. Parámetros como la salinidad o la conductividad eléctrica aquí son relevantes, ya que niveles elevados de estos dos pueden afectar la absorción de nutrientes por parte de plantas y, a largo plazo, degradar el suelo. Con la implementación de sensores y el monitoreo constante, es posible recolectar datos continuos de la calidad del agua y transmitirlos a plataformas digitales donde la IA analiza su comportamiento a lo largo del tiempo e identifica si esta agua puede llegar a ser un riesgo para los cultivos.

Detección de anomalías y eventos de contaminación

Una vez que el entorno cuenta con sistemas capaces de monitorear la calidad del agua de manera continua, es necesario interpretar los datos a tiempo para identificar situaciones que requieren atención y sacarle el máximo provecho a la IA. Estas soluciones buscan reconocer cuando el comportamiento del agua se aparta de lo que normalmente ocurre —y no solo en ese momento, hay

algoritmos que lo hacen incluso con tiempo de antelación. Para ello, los modelos de IA aprenden primero cuál es el comportamiento habitual de variables. A partir de este aprendizaje, son capaces de señalar cambios inesperados que podrían pasar desapercibidos para un observador humano, especialmente cuando se analizan grandes volúmenes de datos en tiempo real.

Este funcionamiento se parece a cómo una persona identifica que algo no está bien en su entorno. Por ejemplo, si el agua que usualmente es clara comienza a verse turbia de manera repentina, genera una alerta inmediata. De manera similar, la IA detecta desviaciones sutiles o abruptas en los datos, incluso antes de que el problema sea evidente a simple vista. No se trata de que el sistema "sepa" qué ocurrió, sino de que reconoce que algo se comporta de forma distinta a lo esperado —aquí ya se empieza ver la capacidad que tienen estos sistemas para anticiparse a los problemas. Sin embargo, al igual que en el monitoreo inteligente, el valor de estas soluciones depende de comprender cómo funcionan y de reconocer sus límites. La detección de anomalías por la IA no reemplaza la interpretación humana ni la verificación en campo, solo es una herramienta de apoyo.

Un ejemplo de esto son los sistemas de abastecimiento de agua potable en el Reino Unido, que se han adaptado a soluciones basadas en IA para detectar anomalías en la calidad del agua en las redes de distribución. Sensores ubicados en distintos puntos de la red (un sistema interconectado similar a una red de metro de una ciudad) miden parámetros clave y transmiten los datos a una central o plataformas de análisis. Esta IA se utiliza para identificar cambios atípicos que podrían estar asociados a intrusiones contaminantes, fallas en la infraestructura o alteraciones de procesos de mantenimiento. De esta manera, los operadores reciben alertas tempranas que les permiten actuar antes de que el agua contaminada llegue a los usuarios finales. Claramente, este tipo de sistemas resulta relevante en entornos urbanos complejos, donde la supervisión manual constante es demasiado complicada y en algunos casos puede llegar a afectar la misma calidad del agua.

Optimización de procesos en sistemas de tratamiento del agua

En cuanto a la optimización, la IA no solo observa lo que ocurre, sino que ayuda a ajustar cómo operan los sistemas para que funcionen de manera más eficiente. Es decir, apoya la optimización de los procesos involucrados en el tratamiento del agua. Estas soluciones son utilizadas ampliamente en plantas de tratamiento para identificar combinaciones de parámetros que permitan mejorar el desempeño del sistema (respecto a caudales, concentraciones, tiempo de operación, consumo energético, por ejemplo). En estos casos, la IA realiza un análisis de información y puede sugerir ajustes que reduzcan el uso de recursos sin comprometer el agua tratada.

Se puede ver de la siguiente manera: una persona ajusta el uso de un electrodoméstico al cocinar cuando aprende con la experiencia cuánta energía y tiempo son necesarios para obtener un buen resultado, evitando excesos innecesarios. De forma similar, la IA aprende a partir de datos históricos cuáles condiciones de operación producen mejores resultados y utiliza ese aprendizaje para proponer ajustes más eficientes. Esta herramienta también tiene gran impacto en el control de procesos como la dosificación de productos químicos, la aireación en tratamientos biológicos de tipo aerobio o la gestión de tiempos de operación. En lugar de aplicar valores fijos, los sistemas pueden adaptarse a las condiciones

A ojos de muchas personas, la IA es algo que se debe implementar en nuestro día a día, ya que es una tecnología que llegó para quedarse. Si bien estos sistemas muestran mucho potencial para la gestión del agua, su implementación no ocurre en condiciones iguales para todos los contextos

cambiantes del agua de entrada. Los beneficios de este proceso son claros, el enfoque encuentra la mejora en la eficiencia operativa, la reducción de costos y el uso más racional de energía y reactivos.

Un ejemplo de esto tiene lugar en Países Bajos, donde varias plantas de tratamiento de aguas residuales han incorporado modelos de IA para optimizar procesos biológicos, en especial los que están relacionados con la aireación —una de las etapas más costosas en términos energéticos. Tradicionalmente, los sistemas de aireación operan con valores fijos o ajustes manuales por los operadores; con la implementación de IA, los modelos ahora analizan los datos históricos a tiempo real (carga orgánica, oxígeno disuelto y caudal) para ajustar la cantidad de aire que se quiere suministrar en el sistema dinámicamente. Este sistema luego aprende cuáles combinaciones permiten mantener la calidad del efluente mientras reduce su consumo energético. Gracias a esto, se tiene una disminución significativa del uso de la energía, sin comprometer los estándares ambientales. En este caso, la IA actúa como un asistente que sugiere y avisa sobre ajustes operativos, mientras que la decisión final SIEMPRE está en manos del operador humano.

Estos son los tres principales enfoques que se tiene al momento de querer implementar IA en el sector de gestión integral del agua, sin embargo, es importante recalcar que estas soluciones NO son 100 % autónomas ni son una tecnología aislada. Como se puede ver, en el proceso de trabajar con una IA el factor humano es bastante importante; una persona debe corroborar que no haya datos erróneos ni ausencia de estos en la recolección de datos de los sistemas y que esta tecnología sea coherente desde el entrenamiento —los datos usados para entrenar el modelo deben ser correctos, representativos y coherentes con el contexto donde se va a aplicar—, además de llevar a cabo el respectivo monitoreo, porque puede haber casos en los cuales se desfase o el sistema esté descalibrado. Este es un ecosistema que combina datos con infraestructura, conocimiento técnico y, muy importante, toma de decisiones humanas.

A ojos de muchas personas, la IA es algo que se debe implementar en nuestro día a día, ya que es una tecnología que llegó para quedarse. Si bien estos sistemas muestran mucho potencial para la gestión del agua, su implementación no ocurre en condiciones iguales para todos los contextos. Detrás de cada sensor, modelo o algoritmo existen realidades sociales, económicas e institucionales que influyen directamente en las personas que pueden sacar provecho de estas tecnologías, cuyo propósito debe ser mejorar la calidad humana, proporcionando bienestar y a su vez promoviendo la sostenibilidad. Si bien el concepto de IA tiene sus orígenes a mitades del siglo XX, apenas en estos últimos años hemos empezado a verla implementada en nuestro entorno. Existen bastantes brechas, como que el uso de la IA en estos espacios es muy específico: un modelo usado en Nueva Delhi,

India, puede ser parecido, pero no igual al que se utilice en Ibagué, Colombia, ya que las condiciones medioambientales en cada punto son bastante diferentes y se necesita de personal que sepa de estas tecnologías para su implementación. Además, el acceso desigual a infraestructura tecnológica es uno de los primeros aspectos que emerge en esta discusión. Mientras que en algunos contextos existen redes de sensores, conectividad estable y personal capacitado, en otros, especialmente en zonas rurales o periféricas, el monitoreo del agua sigue dependiendo de mediciones esporádicas y recursos limitados. Esta brecha tecnológica se traduce directamente en una brecha de información, donde comunidades enteras carecen de datos oportunos sobre la calidad del agua que consumen o utilizan. A esta situación se suman las brechas económicas, que condicionan la capacidad de inversión en sistemas basados en IA. Los costos asociados a sensores, mantenimiento, plataformas digitales y capacitación técnica pueden resultar prohibitivos para pequeños municipios, comunidades rurales o sistemas de gestión local del agua. Como resultado, muchas de las soluciones más avanzadas permanecen concentradas en contextos con mayor capacidad financiera, profundizando las desigualdades existentes.

Por ejemplo, en India (uno de los países con los mejores programadores) existen demasiados proyectos de monitoreo inteligentes que se han impulsado desde agencias gubernamentales centrales, utilizando plataformas digitales y modelos de análisis de desarrollo por grandes empresas tecnológicas. Aunque estos sistemas permiten monitorear ríos y acuíferos a gran escala, el acceso a los datos es escaso y los resultados del análisis suelen estar restringidos a entidades estatales o privadas. Desde una perspectiva sociopolítica, esto genera una asimetría de poder, ya que las comunidades locales (las cuales dependen directamente del recurso hídrico) no siempre tienen acceso a la información que estos sistemas producen, ni participan en las decisiones derivadas de datos. La IA se convierte, entonces, en una herramienta de control y planificación centralizada, más que en un mecanismo de ayuda comunitaria.

Esto también sucede en nuestro continente. Chile ha estado vinculada con modelos de gestión privatizados históricamente y algunas soluciones de IA para optimizar redes de distribución y monitorear la calidad del agua han sido implementadas por empresas concesionarias con tecnologías propietarias. Claramente, a pesar de impulsar a las empresas, esto ha generado una dependencia tecnológica de proveedores externos, donde los algoritmos y modelos utilizados NO son transparentes ni auditables por instituciones públicas o comunidades. Esto es un problema para el Estado, ya que limita su capacidad para cuestionar decisiones automatizadas relacionadas con la gestión del agua y la sociedad civil, reforzando dinámicas de exclusión y reduciendo la soberanía.

En cuanto a nuestro contexto, mientras que algunas ciudades cuentan con sistemas avanzados de monitoreo y control del agua, muchas zonas rurales y comunidades periféricas en Colombia siguen dependiendo de mediciones manuales esporádicas o de información incompleta, y los proyectos piloto de IA suelen concentrarse en áreas urbanas, donde existe conductividad, infraestructura y soporte técnico. Además, si bien hay estudiantes y universidades interesados en implementar nuevas soluciones en comunidades con dificultades, en ocasiones no pasan de un proyecto universitario o su implementación requiere más financiamiento del esperado. Esta situación reproduce una brecha histórica de inversión y atención estatal, donde la innovación de la tecnología refuerza desigualdades territoriales preexistentes. La IA, en lugar de cerrar la brecha, puede incluso ampliarla, si no se diseñan políticas públicas orientadas a la inclusión de la tecnología y al fortalecimiento de capacidades locales. Por otra parte, la incorporación de soluciones basadas en IA para la gestión del agua enfrenta una dificultad estructural que va más allá de la tecnología: en amplias zonas del país, especialmente en áreas rurales y dispersas, el acceso al agua potable sigue siendo limitado o intermitente. En estos contextos, hablar de monitoreo inteligente, detección de anomalías u optimización de procesos resulta complejo, pues el problema principal no es la calidad del dato, sino la ausencia misma del servicio. Por otra parte, la falta de redes de acueducto formales, de energía eléctrica estable y de conectividad en zonas rurales limita no solo la adopción de tecnologías basadas en IA, sino también la posibilidad de recolectar los datos mínimos necesarios para su funcionamiento. Por ello, la IA en el sector hídrico de varias comunidades colombianas no puede plantearse como un reemplazo de soluciones básicas, sino como un complemento gradual y contextualizado que, claramente, en un futuro sí puede ser implementado. Antes de hablar de algoritmos avanzados, resulta indispensable fortalecer el acceso al agua.

Ya para finalizar, sin duda ya sabemos que la IA no se debe entender únicamente como un avance tecnológico, también debemos replantear la forma en la cual la relacionamos con el agua, nuestro recurso más importante para la vida. La comprensión de estas tecnologías es fundamental para entender cómo deben ser usadas. En este sentido, el conocimiento técnico deja de ser exclusivo de expertos y se convierte en apropiación de todas las personas involucradas, para así lograr empoderar comunidades, instituciones y personas. El problema es que este potencial solo puede materializarse si se reconoce que la tecnología no es neutra ni universal. Estos sistemas reflejan las condiciones sociales, ambientales y económicos de los contextos en las que se desarrolla. Pretender su aplicación sin una adaptación local, sin considerar su gente, sus costumbres, el territorio, la disponibilidad de datos, la infraestructura existente y el conocimiento humano no solo limita su efectividad, sino que puede profundizar desigualdades existentes. A partir de esto, podemos plantearnos que no es si la IA debe incorporarse en la gestión del agua, sino bajo qué condiciones y con qué propósito. Bien podríamos empezar a usar la IA en estos entornos, ya que es el tema de moda, pero si no sabemos cuál es el propósito de su uso, no se estaría haciendo nada. En este escenario, el llamado va más allá de estar a favor de estas tecnologías, es ayudar a promover una adopción consciente, contextualizada y responsable. ¿Qué implica esto? La respuesta es fortalecer las capacidades locales, fomentar la formación un poco más técnica, impulsar la ciencia abierta, diseñar soluciones que respondan y se acoplen a las realidades específicas, especialmente en contextos rurales y territorios marginados. La IA puede ser una aliada poderosa en la gestión sostenible del agua, pero solo si se integra como parte del ecosistema donde el conocimiento humano, la experiencia territorial y la toma de decisiones éticas sigan ocupando un lugar central.

Reflexionar sobre el uso de la IA en las aguas también es reflexionar sobre el tipo de futuro que se quiere construir. Un futuro en el que entendamos la tecnología no como un fin en sí mismo, sino como un medio para mejorar la calidad de vida, reducir brechas y promover una relación más justa y sostenible con el entorno.

Foto de Nesto Moralesen Unsplash



Inteligencia artificial y desarrollo económico en Colombia desde sus dimensiones

/ David Sánchez

Estudiante de economía, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

La evolución de la tecnología es consustancial al progreso de las naciones, reflejándose en el crecimiento de las economías y el bienestar de todas las personas. La economía puede entenderse como la ciencia social que estudia cómo las personas y las sociedades deciden emplear recursos escasos con diversos usos posibles, buscando distribuirlos de manera eficiente para satisfacer necesidades presentes y futuras (Samuelson & Nordhaus, 2010). Por ende, el crecimiento económico permite un uso más eficiente de recursos para la satisfacción de necesidades, siendo este último solo una dimensión de las aristas que lo comprenden. El objetivo de este ensayo es más amplio, se busca contextualizar el impacto de la inteligencia artificial (IA) en todas las dimensiones del desarrollo económico.

El desarrollo económico está estrechamente relacionado con el fin de esta ciencia social y el progreso mencionado, se trata de un concepto amplio, compuesto por las dimensiones económica, social, ecológica, institucional y tecnológica. La IA es un campo de estudio que busca desarrollar, mediante algoritmos y modelos computacionales, sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, tales como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción (Russell & Norvig, 2021). En la actualidad se le considera una tecnología que está en auge, que transforma procesos y permea las interacciones sociales.

Cada país tiene condiciones, dinámicas y aspectos culturales diferentes, por eso el impacto de la IA sobre el desarrollo económico es distinto. Es pertinente conocer esta interacción en cada una de las cinco dimensiones en Colombia, un país caracterizado por su biodiversidad en fauna y flora y la coexistencia de varias culturas que

enfrenta retos como las desigualdades sociales, la inseguridad y la violencia que condicionan el impacto de la IA en cada dimensión del desarrollo económico. La IA es un hecho en la sociedad, no se trata de aceptarla o negarla, sino de cómo direccionarla. La mejor estrategia es volverla un aliado para potenciar sus beneficios. Por ello, este ensayo detalla el impacto predominante de esta tecnología en cada una de las esferas.

En primer lugar, en la dimensión económica la IA ha incidido de manera importante en la estructura productiva de Colombia. Según la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), más del 63 % de las empresas ya han invertido en tecnologías emergentes y el 82 % de las empresas grandes planea aumentar sus recursos en este rubro, cifras que ya superan al promedio global (La República, 2025). Esto refleja que la IA no solo optimiza procesos internos, sino que mejora los modelos de negocios de las empresas y les permite ser más competentes en el panorama actual.

La IA es un hecho en la sociedad, no se trata de aceptarla o negarla, sino de cómo direccionarla. La mejor estrategia es volverla un aliado para potenciar sus beneficios.

En el sector financiero, Bancolombia y Davivienda han implementado algoritmos de detección de fraude y análisis de riesgo crediticio, reduciendo pérdidas y mejorando la inclusión financiera. En el *retail* (venta directa al consumidor final), Grupo Éxito utiliza sistemas de recomendación basados en IA que permiten personalizar la experiencia del consumidor (Impacto TIC, 2025). Además, en logística, Rappi ha integrado IA en la asignación de pedidos y rutas de entrega, disminuyendo costos y tiempos, lo que la posiciona como una *startup* innovadora en la región (Arenas, 2024).

El sector de la industria también ha comenzado a integrar la IA. Grupo Nutresa la utiliza para optimizar sus procesos de producción y distribución, mientras que Ecopetrol genera algoritmos predictivos para mejorar la eficiencia en exploración y extracción de hidrocarburo (Grupo Nutresa, 2024; Ecopetrol, 2025). En el sector agrícola, la IA permite monitorear cultivos y predecir plagas, lo que mejora la productividad y reduce pérdidas. Proyectos en el Valle del Cauca han reducido el uso de agua y fertilizantes gracias a la implementación de sensores inteligentes (Larrahondo, 2025).

Países de la región como Brasil y México han empleado de manera satisfactoria la IA en manufactura y servicios con resultados positivos (Cepal, 2024). Chile ha aplicado esta tecnología a la minería, reduciendo costos y aumentando la eficiencia. Colombia necesita acelerar la adopción de esta tecnología para no rezagarse. Por ello, nuestro país debe revisar los éxitos en otros países de Latinoamérica, gestionar los riesgos presentados y adecuarlos en un territorio extenso y heterogéneo.

La mayoría de ejemplos mencionados corresponden a empresas con músculo financiero y alta capacidad de inversión. El proyecto del Valle del Cauca es valioso, porque es liderado por centros de investigación como Cenicaña y el CIAT, que validan la posibilidad de implementarlo con acompañamiento estatal en beneficio de aquellos agentes que carecen de recursos y modelos de producción avanzados en territorios distantes de las grandes ciudades de Colombia.

Así como existen posibles disparidades en la adopción de IA a nivel nacional, estas se profundizan al analizar las brechas interregionales, afectando en mayor medida a las zonas rurales y dispersas del país. La solución no consiste en realizar ataques vacíos a los otros países latinoamericanos (nivel internacional) ni en limitar el progreso de algunas regiones del país (nivel interregional). Por el contrario, se requiere potenciar el motor económico y la productividad mediante una estrategia desde abajo hacia arriba que permita acceder a los empresarios de pequeñas y medianas empresas —equivalentes al 94 % del tejido empresarial colombiano (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2025)—acceder a mejores condiciones para adoptar estas tecnologías. El objetivo es mitigar las desigualdades, potenciar los incentivos en regiones apartadas y, de paso, fortalecer el papel de benefactores sociales.

No obstante, la adopción de la IA genera riesgos evidentes. La Cepal advierte que la automatización puede afectar hasta el 36 % de empleos en América Latina, en especial, en los sectores de baja calificación (Cepal, 2024). En Colombia, esto se traduce en riesgos para trabajadores de manufactura y servicios básicos, por ello se requieren políticas de capacitación laboral y programas de reconversión productiva que permitan a los trabajadores adaptarse a las nuevas demandas tecnológicas.

El Banco Mundial señala que implementar IA puede aumentar la productividad en un 15 % en países en desarrollo (World Bank, 2025), siempre que se acompañe con inversión en capital humano. En Colombia, esto implica fortalecer la educación técnica y universitaria en áreas como ciencia, tecnología, inglés y matemáticas, así como promover alianzas público-privadas para financiar proyectos de innovación. Aunque los costos iniciales de adopción son elevados, el beneficio económico es positivo, pues la IA fortalece las capacidades para insertarse en las cadenas de valor globales y mejorar la competitividad sectorial (El Universal, 2025).

Por otro lado, el impacto ambiental de la IA en Colombia plantea más desventajas que ventajas, si se analiza desde la infraestructura digital necesaria para su funcionamiento. Los centros de datos que son necesarios para el funcionamiento de la IA requieren altos niveles de energía y agua para mantenerse operativos, lo que incrementa la huella de carbono y la presión hídrica en un país que ya enfrenta desafíos de sostenibilidad. Proyecciones internacionales advierten que para 2030 estas infraestructuras podrían emitir hasta 2500 millones de toneladas de CO_2, y Colombia carece de regulaciones específicas para mitigar este efecto (Rodríguez, 2025).

Por ejemplo, mientras Chile es un país de la región que ha avanzado en energías renovables para alimentar sus centros de datos, Colombia enfrenta un reto mayor: su matriz energética depende en gran medida de hidroeléctricas y combustibles fósiles (Low-Carbon Power, 2025). Esto significa que el crecimiento de la infraestructura digital podría aumentar la presión sobre los recursos hídricos y las emisiones de gases de efecto invernadero. La inexistencia de lineamientos y reglas claras en sostenibilidad tecnológica refuerza que, en esta dimensión, los riesgos superan a los beneficios (Larrahondo, 2025).

Sin embargo, la IA también trae oportunidades ambientales. En el Valle del Cauca, proyectos de agricultura de precisión han reducido el uso de agua y fertilizantes mediante sensores inteligentes, lo que contribuye a la sostenibilidad agrícola (Larrahondo, 2025). En la Amazonía, algoritmos de reconocimiento satelital permiten monitorear la deforestación en tiempo real, apoyando la protección de ecosistemas estratégicos (Instituto Sinchi, 2025).

Para que la IA sea una aliada ecológica, se requiere una política nacional que incentive el uso de energías limpias en infraestructura digital y promueva la economía circular para darle manejo a situaciones como el manejo de residuos electrónicos. Asimismo, es pertinente fomentar la investigación en tecnologías verdes y establecer regulaciones claras sobre el impacto ambiental de los centros de datos.

Estas iniciativas muestran cómo la IA puede ser una aliada para la conservación, aunque su alcance aún es limitado frente a los costos ambientales de la infraestructura digital. Las dos caras de la misma moneda, oportunidad y riesgo, están presentes en Colombia, pero aún no se han definido estrategias claras para aprovechar los impactos positivos.

Otro aspecto relevante es la gestión de residuos electrónicos. La expansión de dispositivos y servidores asociados a la IA incrementa la generación de desechos tecnológicos que en muchos casos terminan en vertederos sin un tratamiento adecuado (Colprensa, 2024). La falta de políticas relacionadas con la economía circular limita la capacidad de Colombia para controlar estos efectos negativos. En contraste, países europeos han avanzado en regulaciones que obligan a las empresas a reciclar y reutilizar componentes electrónicos, como lo demuestra el Plan de Acción para la Economía Circular de la Unión Europea y las normativas recientes sobre gestión de residuos (Comisión Europea, 2015; TEIMAS, 2024).

A pesar de estos desafíos, la IA está cada vez más presente en la sociedad, por lo que se deben minimizar los efectos negativos y potenciar los positivos. Teniendo en cuenta el contexto ambiental, es posible implementar algoritmos de optimización energética que permitan reducir el consumo en edificios inteligentes, así como sistemas de predicción climática que ayuden a gestionar riesgos ambientales como inundaciones o sequías (Uninorte, 2024; Colombia Inteligente, 2024; VIU, 2024). En el sector energético, la IA puede mejorar la eficiencia de las redes eléctricas y facilitar la integración de energías renovables.

Para que la IA sea una aliada ecológica, se requiere una política nacional que incentive el uso de energías limpias en infraestructura digital y promueva la economía circular para darle manejo a situaciones como el manejo de residuos electrónicos. Asimismo, es pertinente fomentar la investigación en tecnologías verdes y establecer regulaciones claras sobre el impacto ambiental de los centros de datos. Solo de esta manera Colombia podrá equilibrar los beneficios de la IA con la necesidad de proteger su biodiversidad y garantizar la sostenibilidad de sus recursos naturales.

En el ámbito social, la IA proporciona ventajas significativas, al mejorar el acceso y la calidad de servicios esenciales. El Departamento Nacional de Planeación reconoce sus beneficios para cerrar brechas en salud, educación y servicios públicos, sobre todo en regiones históricamente

olvidadas, apoyando a quienes más lo necesitan (DNP, 2025).

En el contexto de la salud, algunos hospitales en Bogotá emplean la IA para mejorar la detección temprana de enfermedades graves como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Semana, 2024). En la educación, las universidades han implementado plataformas digitales que complementan el proceso de aprendizaje de acuerdo a las necesidades de cada estudiante. Además, esta tecnología facilita la inclusión de personas con discapacidad mediante sistemas de reconocimiento y asistentes inteligentes. La Corte Constitucional, en la Sentencia T-083 de 2025, destacó la importancia de garantizar ajustes razonables y acciones afirmativas para personas en situación de discapacidad, reconociendo el papel de las tecnologías emergentes como la IA en la protección de sus derechos (Corte Constitucional de Colombia, 2025).

No obstante, los retos en materia de equidad persisten. El Ministerio de Educación advierte que solo el 20 % de las instituciones educativas tiene infraestructura adecuada que permite aprovechar la IA, lo que puede exacerbar las desigualdades, si no se ejecutan políticas inclusivas (Ministerio de Educación, 2025). La brecha entre lo rural y lo urbano es evidente: mientras en ciudades como Bogotá y Medellín se desarrollan proyectos de IA en educación y salud, en zonas rurales el acceso a la conectividad básica sigue planteando desafíos.

La IA también plantea desafíos culturales: la coexistencia de diversas lenguas y tradiciones en Colombia exige que las aplicaciones tecnológicas sean inclusivas y respetuosas de la variedad. En este sentido, proyectos de traducción automática y reconocimiento de voz en lenguas indígenas pueden contribuir a preservar la identidad cultural y facilitar la inclusión digital.

Aun así, el impacto en la arista social es positivo, ya que la IA democratiza el conocimiento y facilita la conectividad ciudadana. Para solidificar estos beneficios, se requiere una estrategia nacional que logre la finalidad deseada, mediante la inversión en infraestructura digital, capacitación docente y programas de inclusión social.

En el componente institucional predominan las desventajas debido a la falta de madurez regulatoria y capacidades estatales. El Conpes 4144, aprobado en 2025, establece la Política Nacional de Inteligencia Artificial y reconoce vacíos en la infraestructura de datos, gobernanza y ética, lo que limita la implementación efectiva de estas tecnologías en el Estado (DNP, 2025).

Pese a que la hoja de ruta nacional busca modernizar la gestión pública y aumentar la transparencia, la resistencia institucional, la débil coordinación interinstitucional y la dependencia de proveedores externos generan riesgos de captura tecnológica y vigilancia excesiva (Lexir, 2025). En comparación con países como Estonia, que han logrado integrar IA en servicios públicos con altos niveles de confianza ciudadana, Colombia enfrenta un camino más complejo, aún necesita fortalecer sus capacidades institucionales y marcos regulatorios para que se tome como punto positivo en vez de un reto.

La IA también plantea desafíos culturales: la coexistencia de diversas lenguas y tradiciones en Colombia exige que las aplicaciones tecnológicas sean inclusivas y respetuosas de la variedad

La falta de formación de funcionarios públicos en temas digitales y la escasa interoperabilidad entre entidades limitan la capacidad que tiene el Estado para aprovechar la IA. Además, la ausencia de una regulación clara sobre el uso de datos personales genera un sentimiento que altera la confianza en la ciudadanía y posibles vacíos que pueden utilizarse por actores del Estado de forma inmoral e incorrecta, buscando un beneficio propio en detrimento del bien común.

Sin embargo, la IA también ofrece oportunidades institucionales: puede mejorar la eficiencia en la gestión de trámites, aumentar la transparencia en la contratación pública y fortalecer la lucha contra la corrupción mediante sistemas de análisis de datos. Para aprovechar estas ventajas, se requiere una estrategia integral que combine capacitación, regulación y cooperación internacional.

Con instituciones actualizadas y adaptadas a las nuevas necesidades, será posible garantizar un marco legal sólido que favorezca la calidad de vida de las personas y convierta las externalidades negativas en oportunidades de desarrollo. De igual manera, el sólido papel de las investigaciones minimiza las externalidades negativas de la aplicación de la IA en el país.

En ese orden de ideas, los desafíos de la gestión de los residuos electrónicos de la dimensión ecológica, al igual que los retos en materia de inclusión económica para las personas de territorios alejados en el país, pueden atacarse con una aplicación clara de políticas institucionales. En esa misma línea, la IA ejecuta algoritmos de optimización energética que permiten reducir el consumo en edificios inteligentes y sistemas de predicción climática ayudan a gestionar riesgos ambientales.

Atender estas necesidades actuales requiere estudios rigurosos que permitan evaluar la estructura de aspectos como la composición estructural del gasto público social, la participación que alcanza a retribuirse a la ciudadanía, al igual que la modernización de la IA para minimizar burocracia e incrementar beneficios sociales bajo enfoques diferenciales e interseccionales.

En la dimensión tecnológica, las ventajas de la IA en Colombia son predominantes e influyen como un motor clave para la innovación nacional. El país lanzó en 2024 su Hoja de Ruta de IA articulada en el Conpes 4144, con objetivos ambiciosos para la adopción ética y sostenible de estas herramientas (MinCiencias, 2024). Este marco ha impulsado el crecimiento de *startups*, proyectos innovadores y la integración de IA en sectores estratégicos como salud, transporte y educación, propiciando un ecosistema digital en expansión.

La articulación entre actores públicos, privados y académicos fortalece esta atmósfera y posiciona a Colombia con algunos casos que resaltan en lo regional. Casos como Rappi, que ha podido integrar la IA en logística y atención al cliente, muestran que las empresas colombianas pueden aplicar de manera exitosa procesos de transformación digital en la región. Otras *startups* como La Haus (*proptech*), Vozy (atención al cliente con voz inteligente) y Truora (seguridad digital) reflejan el dinamismo del ecosistema tecnológico colombiano y su capacidad para competir en mercados internacionales (Semana, 2020; Caparroso, 2023; Salazar, 2022).

Además, universidades como la Nacional, los Andes y la Javeriana han creado programas de investigación en IA, lo que contribuye a la formación de talento especializado. Centros de innovación como Ruta N en Medellín han promovido la creación de laboratorios de IA y alianzas con empresas globales, fortaleciendo la transferencia de conocimiento (Pontificia Universidad Javeriana, 2023; Alcaldía de Medellín, 2023). Sin embargo, persisten retos como la dependencia de *software* extranjero y la escasez de talento especializado. Según MinCiencias, Colombia invierte menos del 0,3 % del PIB en investigación y desarrollo, cifra inferior al promedio regional, lo que limita la capacidad de innovación local.

En comparación con Brasil y México, que han desarrollado *hubs* tecnológicos más robustos y cuentan con mayor inversión en I+D, Colombia aún necesita fortalecer su infraestructura digital y aumentar la inversión en este campo. Brasil, por ejemplo, ha creado centros de supercomputación para la IA, mientras México ha impulsado programas de formación masiva en ciencia de datos. Estas experiencias muestran que Colombia debe aumentar sus esfuerzos para consolidar un ecosistema tecnológico competitivo.

Esta tecnología también plantea retos relacionados con la ciberseguridad. El aumento en el uso de algoritmos y sistemas inteligentes incrementa la vulnerabilidad frente a ataques digitales. Por esta razón, empresas como Truora han comenzado a desarrollar soluciones de verificación digital basadas en IA para reducir riesgos, pero se requiere una estrategia nacional de ciberseguridad que acompañe el crecimiento tecnológico.

Otro aspecto relevante es la infraestructura digital. Aunque Colombia ha avanzado en la expansión de redes de fibra óptica y 5G, aún existen brechas significativas en conectividad, especialmente en zonas rurales. En ese orden de ideas, rezagos en la implementación de estas formas de la tecnología limitan el desarrollo de la IA, porque esta depende de un acceso robusto y estable a internet. Por consiguiente, cerrar estas brechas a través del aumento de cobertura es fundamental para garantizar que los beneficios tecnológicos lleguen a toda la población.

A pesar de estos desafíos, el impacto que predomina en lo tecnológico es positivo. La IA estimula la innovación, fomenta la creación de *startups* y fortalece la competitividad nacional. Para consolidar este avance, se requieren estrategias dirigidas a fomentar la creación de empresas tecnológicas, incentivar la inversión privada en innovación y promover la cooperación internacional en investigación. Asimismo, es importante aumentar la inversión en I+D y fortalecer la formación de talento especializado, garantizando que Colombia pueda convertirse en un referente regional en IA.

El estudio de las cinco dimensiones del desarrollo económico respecto a la IA en Colombia permite identificar un aspecto común: la IA es una tecnología con potencial transformador y beneficioso para la sociedad, pero su impacto está condicionado por las desigualdades estructurales del país, la debilidad institucional y la falta de políticas públicas integrales. Este análisis crítico permite conocer las bondades y retos de la IA sobre cada una de las dimensiones del desarrollo económico, para reflexionar sobre las debilidades, las oportunidades, las fortalezas y las tensiones que emergen para una toma de decisiones o políticas favorables.

En primer lugar, la dimensión económica muestra un saldo positivo en términos de productividad y competitividad. Sin embargo, la concentración de beneficios en grandes empresas y la amenaza de desplazamiento laboral en sectores rutinarios evidencian un riesgo de profundización de las desigualdades. La IA, en lugar de ser un motor de inclusión, podría convertirse en un factor de exclusión, si no se acompaña de políticas de capacitación y reconversión laboral. Aquí vale la pena preguntarse: ¿cómo garantizar que la innovación tecnológica no se traduzca en mayor precariedad para los trabajadores menos calificados?

La solución a este planteamiento requiere de un Estado que promueva programas de formación masiva en competencias digitales e incentive la participación de pequeñas y medianas empresas en la adopción de IA.

[...] la dimensión tecnológica refleja un ecosistema dinámico, con startups innovadoras y universidades que comienzan a formar talento especializado. Sin embargo, la baja inversión en I+D y la dependencia de software extranjero limitan la capacidad de Colombia para convertirse en un hub regional

En la dimensión ecológica, la contradicción es aún más evidente. Esta tecnología puede contribuir a la sostenibilidad mediante agricultura de precisión y monitoreo ambiental, pero la infraestructura digital necesaria para su funcionamiento incrementa la huella de carbono y la presión hídrica. Este dilema refleja una paradoja: la misma tecnología que promete soluciones ambientales genera nuevos problemas de sostenibilidad. Es allí donde surge la necesidad de una regulación ambiental específica para la infraestructura digital, así como la integración de energías renovables en los centros de datos. Con su potencial hidroeléctrico y solar, Colombia podría liderar en la región si logra articular políticas que vinculen la expansión tecnológica con la transición energética.

La dimensión social refleja un saldo favorable, pero condicionado por la brecha urbano-rural y la falta de infraestructura en las instituciones educativas. La IA democratiza el conocimiento y facilita la inclusión, pero también está latente el riesgo de profundizar desigualdades si solo beneficia a quienes ya tienen acceso a conectividad y recursos. Por dicho motivo, la IA no puede ser vista como una solución automática a los problemas sociales, se requieren políticas inclusivas que garanticen acceso equitativo y que reconozcan la diversidad cultural del país. La incorporación de lenguas indígenas en sistemas de reconocimiento de voz es un ejemplo de cómo la IA puede ser adaptada a la realidad colombiana, evitando la homogenización cultural y protegiendo la identidad y diversidad en el país.

En el plano institucional, la tecnología analizada en el texto enfrenta la resistencia de un Estado con capacidades limitadas y marcos regulatorios débiles. El riesgo de captura tecnológica y vigilancia excesiva es real, especialmente en un contexto de debilidad institucional. Esta no puede ser implementada sin un marco ético y regulatorio sólido. La experiencia de Estonia y Singapur muestra que la confianza ciudadana es clave para el éxito de la digitalización estatal (ESMARTCITY, 2024; República.gt, 2024). En Colombia, la falta de regulación sobre datos personales y la escasa interoperabilidad entre entidades limitan la capacidad del Estado para aprovechar la IA. Es necesario fortalecer la gobernanza digital y garantizar que la tecnología se utilice para aumentar la transparencia y no para consolidar prácticas en contra del bien común.

Finalmente, la dimensión tecnológica refleja un ecosistema dinámico, con startups innovadoras y universidades que comienzan a formar talento especializado. Sin embargo, la baja inversión en I+D y la dependencia de software extranjero limitan la capacidad de Colombia para convertirse en un hub regional. De esta manera, la innovación tecnológica no puede depender

únicamente de la iniciativa privada: requiere un compromiso estatal en inversión, formación y cooperación internacional. La IA puede ser un motor de competitividad, pero solo si se acompaña de políticas que reduzcan la dependencia tecnológica y promuevan la creación de soluciones locales.

En síntesis, el análisis crítico transversal muestra que la IA en Colombia es una oportunidad, pero también un riesgo. Su impacto positivo depende de la capacidad del país para poner en marcha políticas públicas integrales que aborden las tensiones entre productividad y empleo, sostenibilidad y consumo energético, inclusión y desigualdad, innovación y dependencia tecnológica. La IA no es un fin en sí mismo, sino una herramienta que debe ser orientada hacia el desarrollo económico integral y sostenible.

Referencias

Alcaldía de Medellín (2023). *Alianzas para la innovación y transferencia de conocimiento en IA.*

Arenas, V. (2024, 25 de noviembre). Cómo Rappi está poniendo su futuro en manos de Turbo y de la IA. *Forbes Colombia.* https://forbes.co/ia/rappi-turbo-inteligencia-artificial

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2025). *Informe de adopción de tecnologías emergentes en Colombia.*

Caparroso, J. (2023, 10 de noviembre). Las 100 mejores startups de Colombia 2023. *Forbes Colombia.* https://forbes.co/emprendedores/las-100-mejores-startups-de-colombia-2023

Cepal. (2024). *Automatización y empleo en América Latina.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Colombia Inteligente. (2024, 28 de febrero). *Accelerating Climate Action with AI. Informe sobre acción climática y resiliencia.* https://colombiainteligente.org/accelerating-climate-action-with-ai

Colprensa. (2024). Residuos electrónicos: la cara oculta de la expansión de la inteligencia artificial. *Colprensa.*

Comisión Europea. (2015). *Plan de Acción para la Economía Circular* (COM/2015/0614 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX-:52015DC0614

Corte Constitucional de Colombia. (2025). Sentencia T-083 de 2025. https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2025/t-083-25

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2025). *Conpes 4144: Hoja de ruta de inteligencia artificial para Colombia.* https://www.dnp.gov.co/publicaciones/Planeacion/Paginas/conpes-4144-hoja-de-ruta-colombia-inteligencia-artificial-retos-actuales-transformacion-futura.aspx

Ecopetrol. (2025). *Adopción de inteligencia artificial en exploración y extracción de hidrocarburos.* https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/sostecnibilidad/innovacion-y-tecnologia/estrategia-ge-digital/adopcion-inteligencia-artificial

ESMARTCITY. (2024, 26 de septiembre). *Dinamarca, Estonia y Singapur encabezan el ranking de gobierno electrónico de las Naciones Unidas con España en el 17.º puesto.* https://www.esmartcity.es/2024/09/26/dinamarca-estonia-singapur-encabezan-ranking-gobierno-electronico-naciones-unidas-con-espana-17-puesto

Grupo Nutresa. (2024). *Transformación digital en procesos de producción y distribución. Informe anual.*

Impacto TIC. (2025). Grupo Éxito implementa sistemas de recomendación basados en inteligencia artificial. *Impacto TIC.*

Instituto Sinchi (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas). (2025). *La inteligencia artificial llega a la selva amazónica para monitorear y conservar su biodiversidad.* https://sinchi.org.co/la-inteligencia-artificial-llega-a-la-selva-amazonica-para-monitorear-y-conservar-su-biodiversidad

La República. (2025). Más del 63% de las empresas han invertido en tecnologías emergentes en Colombia. *La República.*

Larrahondo, V. (2025, 26 de octubre). La tecnología se tomó la agroindustria: estas son las empresas del Valle del Cauca que le apuestan a innovar en el sector. *El País.* https://www.elpais.com.co/economia/la-tecnologia-se-tomo-la-agroindustria-estas-son-las-empresas-del-valle-del-cauca-que-le-apuestan-a-innovar-en-el-sector-2626.html

Low-Carbon Power. (2025). *Matriz energética de Chile.* https://lowcarbonpower.org/es/region/Chile

MinCiencias. (2024). *Hoja de Ruta de Inteligencia Artificial en Colombia.* Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2025). *Informe de Tejido Empresarial - Abril 2025*. Oficina de Estudios Económicos. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mincit.gov.co/getattachment/es tudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-tejido-empresarial/2025/abril/oee-dv-informe-de-tejido-empresarial-abril-2025.pdf.aspx

Pontificia Universidad Javeriana. (2023). *Programas de investigación en inteligencia artificial*.

República.gt. (2024). *Gobierno digital y confianza ciudadana: lecciones para América Latina*. https://guatemala.gob.gt/wp-content/uploads/2025/01/Informe%20Presidencial%202024%20-%20La%20Primera%20Cosecha%202024-2025.pdf?__cf_chl_f_tk=.DBef9fl6qUztJvloLK25EoR_hcxX.TQQBnGg95aNVg-1782794372-1.0.1.1-8Z6YMQ6mx.652L1VEKldJA4MurO0Vz.3v_LdWVCXiqU

Rodríguez, D. K. (2025, 4 de febrero). Centros de IA emitirán 2.500 millones de toneladas de CO2 en 2030. *Portafolio*. https://www.portafolio.co/sostenibilidad/centros-de-ia-emitiran-2-500-millones-de-toneladas-de-co2-en-2030-621623

Russell, S. & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4.a ed.). Pearson.

Salazar, C. (2022, 19 de abril). La fintech Truora logró US$15 millones en ronda de Serie A liderada por Bbva y Accel. La República. https://www.larepublica.co/finanzas/la-fintech-truora-logro-us-15-millones-en-ronda-de-serie-a-liderada-por-bbva-y-accel-3345385

Samuelson, P. A. & Nordhaus, W. D. (2010). *Economía* (19.ª ed.). McGraw-Hill.

Sánchez, I. (2025, 31 de marzo). El impacto de la IA en la economía: oportunidades y desafíos. *El Universal*. https://www.eluniversal.com.co/economica/2025/03/31/el-impacto-de-la-ia-en-la-economia-oportunidades-y-desafios/

Semana. (2020, 16 de noviembre). La Haus, una startup colombiana que facilita la compra de vivienda. *Semana*. https://www.semana.com/economia/articulo/la-haus-una-startup-colombiana-que-facilita-la-compra-de-vivienda/2020

Semana. (2024). Así será la unidad clínica de inteligencia artificial con la que Cardio busca transformar la salud en Colombia. *Semana*. https://www.semana.com/foros-semana/articulo/asi-sera-la-unidad-clinica-de-inteligencia-artificial-con-la-que-lacardio-busca-transformar-la-salud-en-colombia/202447/

TEIMAS. (2024). 8 normativas de la UE sobre economía circular, sostenibilidad y residuos que han marcado el 2024. *TEIMAS*. https://www.teimas.com/blog/8-normativas-de-la-ue-sobre-economia-circular-sostenibilidad-y-residuos-que-han-marcado-el-2024

Universidad del Norte (Uninorte). (2024). *Diplomado en Inteligencia Artificial y Análisis de* Datos para la transición energética: Optimización, sostenibilidad y eficiencia. Educación Continuada. https://www.uninorte.edu.co/web/educacion-continuada/diplomado-inteligencia-artificial-transicion-energetica

Universidad Internacional de Valencia (VIU). (2024). *Inteligencia artificial y predicción climática: una alianza con gran potencial para hacer frente al cambio climático*. VIU Colombia. https://www.universidadviu.com/inteligencia-artificial-prediccion-climatica

World Bank. (2025). *Digital Progress and Trends Report 2025: AI Foundations*. World Bank Group. https://www.worldbank.org/en/publication/dptr2025-ai-foundations



Foto de Jaanus Jagomägi en Unsplash

Energía renovable microbiana

/ Karen Daniela Diaz Peñuela

Estudiante de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Asistente de Investigación del Grupo de Investigación en Agua y Energía.

En el fondo de los humedales, donde la luz apenas alcanza y el oxígeno es limitado, habita una comunidad diminuta y poco perceptible: las bacterias electroactivas BAE. Estos microorganismos crecen en ambientes saturados y no saturados de agua, ricos en materia orgánica proveniente del agua residual, como restos de alimentos, compuestos carbonados y sustancias disueltas. En estos entornos, las BAE se agrupan y actúan de manera conjunta, degradando la materia orgánica con el fin de obtener energía. Como resultado de su metabolismo, generan un excedente de electrones que deben liberar al entorno o superficies conductoras, contribuyendo así a la transformación fisicoquímica del ambiente que las rodea.

Las BAE representan un conjunto diverso de microorganismos capaces de transferir electrones fuera de su célula mediante mecanismos especializados. Algunas lo hacen a través de proteínas redox en su membrana externa; otras desarrollan filamentos conductores conocidos como nanocables, que les permiten conectarse eléctricamente con otras bacterias o con superficies sólidas. Esta capacidad, conocida como transferencia extracelular de electrones, es una adaptación evolutiva que les permite sobrevivir en ambientes donde los aceptores tradicionales, como el oxígeno, son limitados o inexistentes.

Este flujo electrónico persiste hasta que aparece un aceptor externo más eficiente, como un soporte sólido, por ejemplo, un fragmento de carbón coque mineral. El carbón coque, material oscuro, poroso e inmóvil, actúa como un aceptor de electrones que facilita la respiración extracelular de las bacterias electroactivas, permitiéndoles mantener su metabolismo en condiciones donde el oxígeno es escaso o inexistente.

En Colombia, este material se obtiene, principalmente, como subproducto de la industria carbonífera y siderúrgica, con disponibilidad en regiones como Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander y Cesar, lo que lo convierte en una alternativa accesible para su uso en sistemas de tratamiento. Su alta conductividad eléctrica y estructura porosa favorecen la transferencia de electrones desde las bacterias hacia el sólido, contribuyendo a la transformación bioelectroquímica del ambiente.

Cuando una de las BAE extiende su filamento conductor y entra en contacto con el carbón coque, ocurre un cambio fundamental en el sistema. En ese instante, los electrones generados durante su metabolismo fluyen hacia el exterior con mayor facilidad; el carbón coque actúa como un aceptor sólido capaz de recibirlos y transportarlos sin una resistencia significativa. De esta manera, el carbón coque no solo sirve como soporte físico, sino que cumple una función clave en la respiración extracelular bacteriana. Al aceptar y conducir los electrones, el carbón coque almacena y canaliza la energía liberada por las BAE, funcionando como una pila, pero no una pila convencional, sino una pila viva, cargada continuamente por la actividad metabólica de las bacterias.

[...] mientras el sistema transforma y trata el agua residual, también favorece el movimiento y la transferencia de electrones a través de materiales conductores como el carbón coque.

Ahí aparece su verdadera singularidad, ancladas a su entorno y constantes en lo invisible, las BAE han aprendido a adaptarse. El carbón coque deja entonces de ser un simple material inerte y se revela como una posibilidad metabólica, allí las BAE comprenden que pueden emplear al carbón coque como una alternativa a la respiración convencional. Al entregar sus electrones al carbón coque, este cumple una función similar a la de un pulmón, no basado en el oxígeno, sino en el intercambio de carga eléctrica.

Desde entonces, cada bacteria que degrada materia orgánica deposita allí sus electrones; a través de los poros del carbón coque, estos se desplazan hacia zonas con mayor disponibilidad de aceptores finales. Así, el humedal se transforma en un humedal basado en electroquímica microbiana (HEM); ahí reside su gran potencial. Un HEM combina los procesos naturales de depuración de un humedal con mecanismos bioelectroquímicos capaces de aprovechar la actividad metabólica de las bacterias electroactivas. De esta manera, mientras el sistema transforma y trata el agua residual, también favorece el movimiento y la transferencia de electrones a través de materiales conductores como el carbón coque.

El HEM es un sistema capaz de alojar a estos microorganismos y crear un orden; ahora las reacciones químicas que antes ocurrían de forma caótica encuentran un camino definido y compuestos que resultaban difíciles de degradar se transforman lentamente en sustancias biodegradables. Por ello, actualmente estos sistemas despiertan interés en distintos campos de investigación relacionados con el tratamiento sostenible de aguas residuales, especialmente en zonas rurales o lugares donde las tecnologías conven-

cionales resultan costosas o limitadas. Incluso se estudia su potencial para alimentar sensores ambientales o pequeños sistemas de monitoreo mediante la energía generada por la propia actividad microbiana.

Las BAE no piensan en limpieza, pero la perciben, el ambiente se vuelve más estable, las condiciones mejoran y el equilibrio regresa. Algunas comunidades se organizan en biopelículas, adheridas al carbón coque, formando capas vivas donde circulan electrones, señales y energía; no hay prisa, solo constancia, un trabajo repetido millones de veces, segundo tras segundo.

Dentro del HEM no se genera energía nueva, sino que se favorece la transferencia de la energía química presente en la materia orgánica mediante procesos bioelectroquímicos. Sin embargo, desde afuera, el humedal parece quieto, sin notar que en su interior corrientes diminutas se desplazan, las cargas se redistribuyen y la vida cumple uno de sus procesos más antiguos: transformar.

Y entonces surge una idea, no como una pregunta humana, sino como una vibración suave en el agua: si la energía puede surgir allí abajo, si puede moverse sin ruido, si puede fluir sin alterar el equilibrio, ¿podrá algún día ser aprovechada fuera del humedal? No hay una respuesta inmediata; no es asunto de las bacterias resolverlo. Ellas continúan viviendo, el carbón coque sigue recibiendo electrones y el HEM sigue tratando el agua.

Tal vez la respuesta esté fuera, esperando a que alguien aprenda a observar, porque incluso en los sistemas que parecen inmóviles existe un orden oculto, una energía silenciosa, no nacida del fuego ni del viento, sino desde lo profundo de un humedal. Quizá allí reside también una de las posibilidades más prometedoras para el futuro, aprender a integrar procesos naturales, microbiología y materiales conductores en tecnologías capaces de responder a los desafíos contemporáneos de sostenibilidad, transición energética e innovación ambiental.

El HEM es un sistema capaz de alojar a estos microorganismos y crear un orden; ahora las reacciones químicas que antes ocurrían de forma caótica encuentran un camino definido y compuestos que resultaban difíciles de degradar se transforman lentamente en sustancias biodegradables.

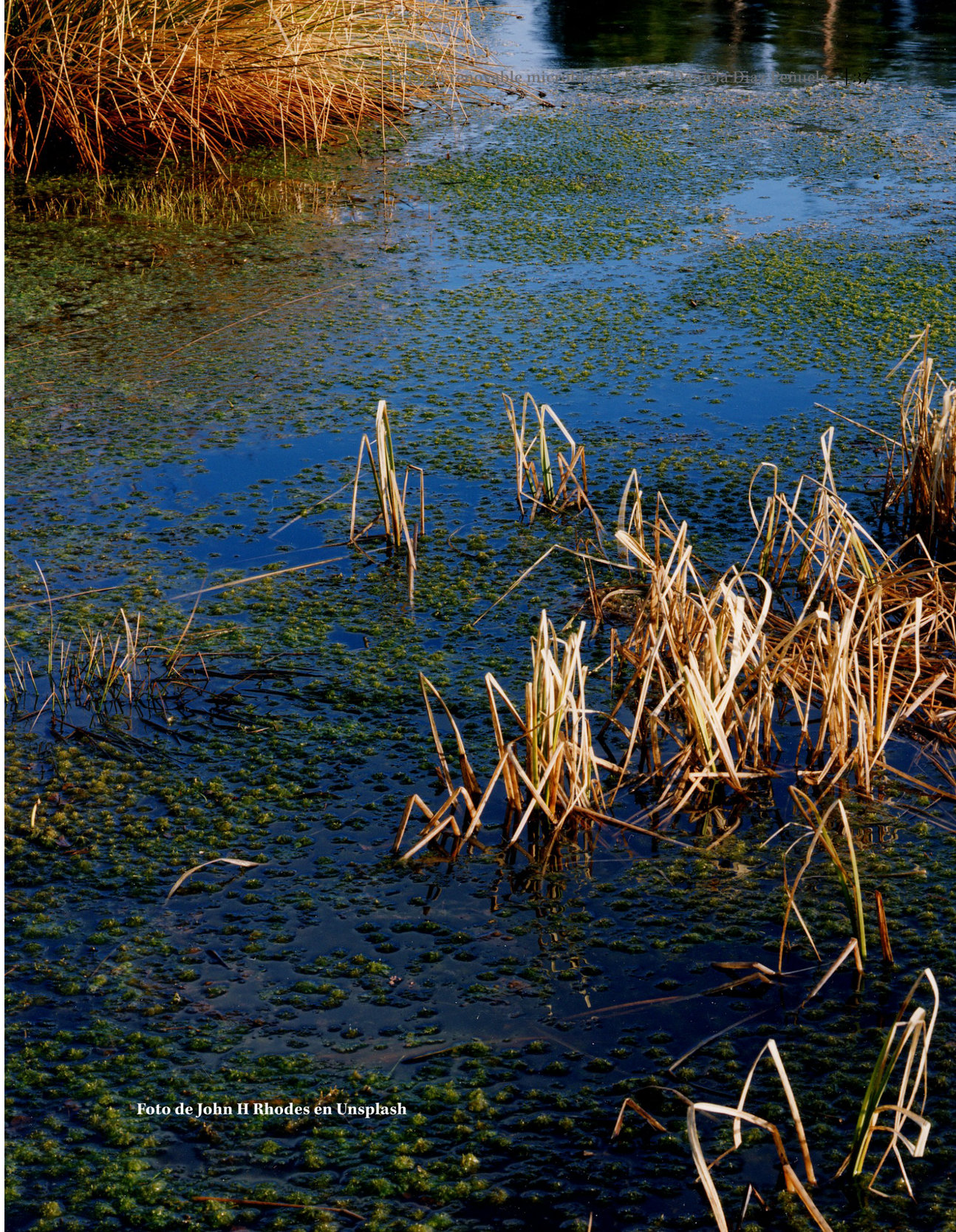


Foto de John H Rhodes en Unsplash

Foto de National Cancer Institute en Unsplash



¿Cómo salvar a Colombia con un fríjol?

/ Emmanuel Puentes Varela

Estudiante de Medicina, Universidad Militar Nueva Granada.

/ Ignacio Castilla Stipcianos

Docente Universidad Militar Nueva Granada, cirujano mastólogo, presidente Fundación Misión Humanitaria Nueva Granada.

Antes de hablar de cómo salvamos a Colombia con un fríjol, nos gustaría narrar un poco lo que hemos realizado desde Misión Humanitaria Nueva Granada. Esta es una fundación nacida en la Facultad de Medicina de la Universidad Militar Nueva Granada gracias al doctor Ignacio Castilla. No solo ha sido la idea de este maestro, sino de muchos estudiantes que han pasado por el pregrado (y ahora son alumni) y se han convertido en voluntarios para recorrer los lugares más recónditos de Colombia en conjunto con especialistas.

Por tal razón, nació nuestro lema "Vamos a donde otros no van" y, efectivamente, hemos ido a muchos lugares donde muchos no van, demostrando que, a pesar de las adversidades, somos capaces de llevar salud a muchas personas. Junto con las fuerzas militares, hemos ido a todos los extremos del país: Riohacha, Puerto Carreño, San Andrés, Quibdó y Leticia, entre muchos otros. Recientemente, logramos las 517 misiones —salidas en las cuales hemos atendido miles de personas en todo el territorio nacional.

Además, brindamos atención primaria en salud, consultas de medicina general, pediatría, medicina interna, charlas de prevención de cáncer de seno y próstata y procedimientos quirúrgicos menores, si contamos con los recursos y espacios en los centros de atención. Los especialistas guían a los voluntarios y nos permiten atender a las personas de forma íntegra y humana, que es lo que más nos caracteriza.

Figura 1. Comunidad wayuu atendida por voluntarios del programa de Medicina



Fuente: Pérez (2025).

A diferencia de una cita en otro centro de atención en que se le explica al paciente qué es lo que tiene, acá intentamos explicar los exámenes que trae y le damos una voz de alivio con la cual se pueda sentir mejor, comprender qué tiene y cómo podemos ayudarlo. A veces no contamos con la tecnología necesaria, pero nuestros ojos clínicos son nuestra herramienta fundamental para poder sanar a las personas.

Ahora sí, hablemos un poco sobre cómo estamos salvando a Colombia con granos de fríjol. Resulta que la mastología es una especialidad cuando menos compleja, al igual que cualquier otra. Esta especialidad, que busca tratar las enfermedades relacionadas con la glándula mamaria, es de suma importancia, ya que muchas veces a las mujeres se les indica realizar el autoexamen de mama, que en ocasiones no comprenden o no saben cómo llevar a cabo. Los campesinos no saben la diferencia entre un nódulo, una pápula y, probablemente, usted, quien lee esto, tampoco lo sepa.

No se preocupe, no debería saberlo, pero, básicamente, estamos buscando un fríjol en la glán-

dula mamaria. Y esto, señor lector, es lo que usted debe buscar, un fríjol en un seno, el cual es un indicativo de cáncer. Un fríjol no duele. Un frijol es duro. Un fríjol se queda quieto en su lugar. Esto lo hacemos para encontrar a tiempo estas enfermedades, antes de que sea muy tarde y sea necesario retirar todo el seno.

Ahora, si usted es hombre, no se preocupe, también le aplica esta regla. Generalmente, cuando un hombre tiene un fríjol, puede significar que el cáncer proviene de un testículo, entonces también fomentamos la búsqueda de una masa en el testículo en la que las parejas logran ayudarse muchas veces entre sí a detectarlo tempranamente para poder tratarlo y que no tenga repercusiones en su vida.

[...] básicamente, estamos buscando un fríjol en la glándula mamaria. Y esto, señor lector, es lo que usted debe buscar, un fríjol en un seno, el cual es un indicativo de cáncer. Un fríjol no duele. Un frijol es duro. Un fríjol se queda quieto en su lugar.

Además, las mujeres consultan por el dolor de los senos o porque sienten bolitas que les duelen. Este proceso se da por el recambio hormonal, en el que hay temporadas donde el cuerpo femenino produce estrógenos y progestágenos, los cuales van a preparar al seno para la llegada de un bebé. Si bien la mujer no piensa tener un bebé por "x" o "y" razón, esto no significa que su cuerpo detenga la producción de estas hormonas. Entonces, los senos se preparan para generar leche y los acinos, las máquinas productoras de leche humana que parecen un racimo de uvas, comienzan a llenarse de agua. Como la mujer no quedó embarazada, después de unos días, el cuerpo disminuye el tamaño de los senos, haciendo que estos no pesen tanto y que el líquido que almacena —el mismo que anteriormente estaba en los acinos— sea reabsorbido.

Puede ocurrir que alguna de estas uvas no absorba su contenido y se queda el líquido atrapado. A esto le llamamos quiste, y duele. La mujer consulta frecuentemente por esto, y le explicamos por qué formulamos el acetaminofén. Incluso llevamos siempre un dibujo con toda la explicación que le hemos mencionado, con el fin de que mujeres y hombres entiendan cómo funcionan.

Llevamos biomodelos de senos para hacer las demostraciones, y pasamos a las mujeres y los hombres para que toquen, palpen, sientan e identifiquen las masas. También llevamos granos de fríjol, precisamente para que las personas sepan cómo se siente el cáncer. Claro, es un proceso arduo y enseñar esto es muy importante para que las mujeres tengan conciencia de esta enfermedad lo antes posible. No fue hasta que un alcalde le preguntó al doctor Casilla, “¿Cuándo sabré que mi pueblo está listo?” y él contestó, "Hasta que todos sepan identificar un frijol que no duele en el seno".

Cuando tenemos dudas, utilizamos una técnica con transiluminación mamaria. Para explicar mejor esto: es como si le colocáramos una linterna a una mama en un cuarto oscuro, allí podemos ver las arterias y venas de las mamas. Cuando estas arterias y venas tienen bolitas, significa que hay una masa, ya que esta requiere más sangre para crecer. Nosotros inmediatamente emitimos órdenes para que estudien ese fríjol lo más pronto posible.

Figura 2. Población en jornada de tamizaje de cáncer de seno en el barrio Engativá, Bogotá D. C.



Nota: Nótese cómo incluso las señoras del aseo son partícipes de la charla.

Fuente: Pérez (2025).

De hecho, una vez en Puerto Leguízamo, Putumayo, una paciente le explicó al doctor Casilla que encontró unas masas en sus senos. El doctor la llevó a un consultorio privado y le explicó todo lo que hemos hablado. Ella se quedó más tranquila y le agradeció por haberle explicado de una forma tan sencilla con un fríjol. Y eso no es todo. En las misiones hemos detectado muchas veces masas cauchosas que son normales y a las que llamamos adenomas. Igualmente, les explicamos a las personas, lo que les genera tranquilidad.

Finalmente, queremos recalcar que la mastología no son solo bolitas, no son solamente mamografías, es una ciencia mucho más amplia y exacta en la que se buscan receptores con el fin de tratar mejor a las mujeres dependiendo del tipo de tumor. Lo que comentamos en este escrito es totalmente superficial, pero es lo básico para que una señora del campo de nuestro país pueda identificar el cáncer de seno o, en el caso de los hombres, de testículo. Por eso, Misión Humanitaria Nueva Granada sigue recorriendo el país, salvándolo con fríjoles, identificando tempranamente el cáncer de seno y ayudando a la población, atendiendo las necesidades de medicina general en un contexto moderno, aplicando su lema "Vamos a donde otros no van".

‘Misión ‘Humanitaria ‘Nueva Granada sigue recorriendo el país, salvándolo con fríjoles, identificando tempranamente el cáncer de seno y ayudando a la población, atendiendo las necesidades de medicina general en un contexto moderno, aplicando su lema ”‘Vamos a donde otros no van”.



Horizontes académicos



Foto de Tuyen Vo en Unsplash

Calidad educativa con equidad:

un análisis del sistema educativo colombiano*

/ Adriana Carolina Silva Arias

Economista. Mg. en Economía y doctora en Estudios de Población. Profesora titular en la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: adriana.silva@unimilitar.edu.co
ORCID: 0000-0003-1610-881X

Educational Quality with Equity: An Analysis of the Colombian Educational System

Resumen

Este artículo analiza la aplicación de los principios de calidad y equidad en la educación básica, media y superior en Colombia. Mediante la revisión documental y normativa, examina su evolución, coherencia conceptual e implementación. Los hallazgos muestran avances en su incorporación a los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación, especialmente en las estrategias de enseñanza y evaluación inclusivas. Sin embargo, persisten vacíos estructurales que generan tensiones en zonas rurales y en poblaciones vulnerables. Se concluye que existen desafíos significativos para lograr la coherencia entre los principios y la capacidad estatal de implementarlos de manera efectiva y equitativa en todo el territorio.

Palabras clave: pertinencia educativa, diversidad, inclusión, segregación, desigualdad educativa.

Abstract

This article analyzes the application of the principles of pertinence, diversity, equity, inclusion, and segregation in primary, secondary, and higher education in Colombia. Through a documentary and regulatory review, it examines their evolution, conceptual coherence, and implementation. The findings indicate progress in their incorporation into the Ministry of Education's curricular guidelines, particularly in teaching strategies and inclusive assessment. However, structural legal gaps persist, generating tensions in rural areas and vulnerable populations. The article concludes that significant challenges remain in achieving coherence between these principles and the state's capacity for effective and equitable implementation throughout the national territory.

Keywords: educational relevance; diversity; inclusion; segregation; educational inequality.

Titulo portugues
Subtitulo portugues

Resumo

Este artigo apresenta os resultados de um processo de pesquisa-criação desenvolvido pelo Grupo Artístico de Dança Contemporânea "Desvío Danza" da Universidade Militar Nueva Granada.

Partindo da pesquisa-ação e da criação coletiva, estudantes de diversas áreas construíram uma encenação que articula corpo, memória e território, a partir das etapas do ciclo vital humano.

Nesse contexto, a obra "Vestigo: rastro, huella, memoria" (Vestígios: Rastro, Pegada, Memória) foi estruturada em torno dos conceitos de enraizamento, fluidez, desenraizamento e transformação, que nortearam a narrativa cênica, a composição coreográfica e o trabalho expressivo dos intérpretes.

Da mesma forma, os temas musicais "Tierra" e "Agua", do grupo colombiano Bomba Estéreo, funcionaram como gatilhos poéticos e políticos nas cenas da infância e adolescência, respectivamente, ativando uma sensibilidade ecológica por meio do movimento.

Assim, o artigo propõe uma reflexão crítica sobre o potencial da dança contemporânea como linguagem expressiva para redefinir a conexão entre corpo e território. Por meio dos depoimentos dos intérpretes e da circulação nacional da obra, evidencia-se como a dança pode se tornar uma ferramenta pedagógica, estética e transformadora. Em suma, destaca-se sua capacidade de construir narrativas coletivas a partir do íntimo e do sensível, com profunda consciência socioambiental.

Palavras-chave: dança contemporânea; corpo; memória; território; água; terra; criação coletiva; transformação

Introducción

En 1991, Colombia decidió reescribir su pacto social. Entre los artículos de la nueva Constitución, la educación pasó de ser un servicio para convertirse en un derecho fundamental. No era una declaración menor; el conocimiento no podía seguir siendo un privilegio. La gratuidad, entonces, era el primer gesto concreto de una equidad que, hasta entonces, había sido más enunciada que practicada. Más allá del acceso, también se estableció la pertinencia como principio primordial del sistema educativo (Constitución Política de Colombia, 1991).

Las leyes se promulgaron, pero la gratuidad llegó tarde y de forma fragmentaria. Cuando finalmente se consolidó como política nacional con la Ley 2307 de 2023, el país ya había atravesado una pandemia que había expuesto con crudeza otra capa de la desigualdad: la brecha digital. Entonces, la historia de la educación colombiana enfrentó un nuevo dilema. Las tecnologías como los computadores, las plataformas virtuales y los sistemas de datos surgieron como la promesa de un salto modernizador. Podían llevar educación a lugares remotos, generar alertas tempranas sobre estudiantes en riesgo y personalizar el aprendizaje a escalas antes impensables. No obstante, la tecnología, que pudo haber sido una aceleradora de oportunidades, también se convirtió en un nuevo filtro de exclusión.

Este artículo aborda la tensión entre la calidad y la pertinencia educativa, que no dependen ni de las leyes ni de las tecnologías. Dependen de cómo las instituciones gestionan lo humano. De si los datos sirven para acompañar, no solo para clasificar. De si las plataformas conectan, no solo registran.

De tal forma que la construcción de un sistema educativo no solo responde a la necesidad de transmitir conocimiento, sino también a la promesa fundamental de formar ciudadanos íntegros y de reducir las desigualdades estructurales. En Colombia, esta promesa se enfrenta a un escenario paradójico: mientras el país cuenta con un entramado normativo robusto y una Constitución que elevó la educación a un derecho fundamental, las brechas territoriales, socioeconómicas y de capacidades institucionales persisten.

Calidad educativa: más allá de los estándares y las pruebas estandarizadas

El concepto de calidad en el sistema educativo colombiano ha transitado de una visión centrada en la cobertura y la infraestructura a un enfoque integral que vincula el desarrollo de competencias académicas con la formación personal y social. De acuerdo con los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2018), la calidad no puede desligarse de la equidad y la pertinencia; se concibe como un mecanismo para compensar la desigualdad mediante oportunidades reales de aprendizaje para todos los jóvenes (MEN, 2017).

Esto significa que no basta con que un joven de un pueblo remoto acceda a la universidad, como ocurrió masivamente con la política de matrícula cero a partir de 2021; hace falta que pueda sostenerse en ella, que lo que aprenda responda a su territorio y que no termine desertando por razones que la escuela nunca le enseñó a sortear.

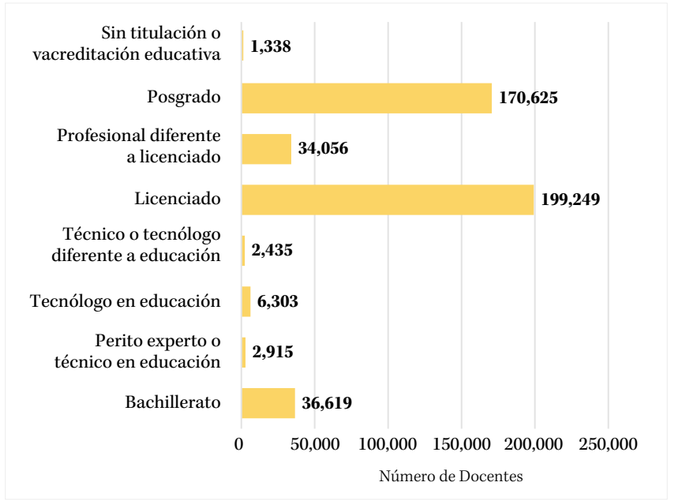
No obstante, esta definición amplia contrasta con los mecanismos tradicionales de medición. La calidad sigue siendo evaluada, predominantemente, mediante pruebas estandarizadas como Saber 11 y Saber Pro. Si bien estas ofrecen información valiosa sobre el desempeño académico, reducen la complejidad del fenómeno educativo a variables cuantitativas, invisibilizando factores contextuales, emocionales y sociales.

Estas pruebas arrojan cifras útiles para comparar colegios, universidades y regiones. Sin embargo, lo que no cuentan es igual de revelador. Por ejemplo, un estudiante de un colegio público de La Guajira puede obtener un puntaje bajo en razonamiento cuantitativo porque en su escuela nunca hubo un profesor de matemáticas estable durante los seis años de secundaria.

Un ejemplo de lo que sí funciona es el programa Maestros Empoderados. Ruiz Muñoz (2024) documentó que la cualificación docente transforma los procesos pedagógicos exitosos. En las instituciones donde se implementó este programa, los profesores más cualificados rediseñaron sus planes de estudio, incorporaron materiales locales y recuperaron la confianza de los estudiantes que estaban a punto de desertar.

Los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2023) que se muestran en la figura 1 cuentan una historia menos alentadora. Solo el 38 % de los docentes de básica y media en Colombia tienen estudios de posgrado. Y de ese porcentaje, el 96 % se ha especializado en Pedagogía, una formación valiosa, pero que a menudo excluye competencias en gestión, tecnología o educación inclusiva. Frente a ellos, el 44 % restante del cuerpo docente tiene apenas el nivel de licenciatura. Así, en muchas aulas del país, el profesor que enfrenta el reto de enseñar matemáticas a un adolescente con brechas de aprendizaje acumuladas desde primaria no ha tenido acceso a una actualización profunda en más de una década.

Figura 1. Distribución por nivel académico alcanzado del número de docentes de educación básica y media en Colombia (2023)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del DANE (2023).

Pertinencia: entre la empleabilidad y el reconocimiento cultural

La pertinencia es quizás uno de los conceptos que todos usan, sin que exista un acuerdo sobre su significado. El MEN (2017) la definió de manera amplia y generosa como la congruencia entre el proyecto educativo nacional, las necesidades sociales y la diversidad cultural de los estudiantes. En teoría, la pertinencia debía ser el puente entre el pupitre y la vida: que un adolescente del Cauca aprendiera algo que le sirviera para transformar su territorio, que una joven en San Andrés no tuviera que migrar a Bogotá para acceder a la educación superior.

Sin embargo, en la práctica, la pertinencia se ha dividido en dos trayectorias paralelas y cada tramo ha tomado un rumbo distinto. Un primer tramo quedó en la educación básica y media. Allí, la pertinencia se interpretó como adaptación curricular. Esto es, traducir los estándares nacionales al lenguaje de una escuela rural, de un territorio indígena o de un barrio marginal. Por ejemplo, un profesor en la sierra nevada de Santa Marta intenta que sus estudiantes aprendan Matemáticas midiendo las parcelas de sus familias o un docente en Chocó enseña Ciencias Naturales a partir de los ciclos del río que sus alumnos conocen mejor que cualquier libro. Son esfuerzos reales, pero aislados y sin continuidad.

> En teoría, la pertinencia debía ser el puente entre el pupitre y la vida: que un adolescente del Cauca aprendiera algo que le sirviera para transformar su territorio, que una joven en San Andrés no tuviera que migrar a Bogotá para acceder a la educación superior.

El segundo tramo, el de la educación superior, tomó un rumbo completamente distinto. La pertinencia allí se asoció con la empleabilidad. La pregunta dejó de ser "¿Esto le sirve a su comunidad?" y pasó a ser "¿Esto le consigue trabajo?". Está medida por las tasas de vinculación laboral y el ingreso promedio.

La tabla 1, con información del Observatorio Laboral para la Educación (OLE, 2025), muestra que los graduados de maestría y doctorado presentan tasas de empleo superiores al 92 % e ingresos que duplican los de técnicos y tecnólogos. Esta disparidad no solo refleja el valor económico del capital educativo, también evidencia una desconexión preocupante entre la oferta formativa de los niveles técnicos y tecnológicos y la demanda real del mercado laboral.

La pertinencia, entonces, no puede resolverse solo con currículos flexibles ni con estadísticas de empleo. Requiere algo más estructural: reconocer que el país tiene múltiples territorios, múltiples economías y múltiples formas de vida. Un título universitario es valioso en Bogotá, pero en un resguardo indígena del Vaupés lo valioso puede ser otra cosa. Mientras la educación superior siga midiendo la pertinencia casi exclusivamente por la empleabilidad de quienes logran graduarse, y no por la capacidad de transformar los territorios de quienes nunca llegarán a la universidad, el puente entre la escuela y la vida seguirá roto.

Tabla 1. Porcentaje de graduados e ingreso promedio según nivel de formación (2022)

Nivel de formación	% empleados	Ingreso promedio
Técnico profesional	59 %	$ 2.029.375
Tecnológico	70 %	$ 2.029.375
Universitario	77 %	$ 2.841.125
Especialización	91 %	$ 5.276.375
Especialización médico-quirúrgica	94 %	$ 13.799.750
Maestría	94 %	$ 6.898.875
Doctorado	92 %	$ 12.176.250

Fuente: Elaboración propia. Datos tomados de OLE (2025).

Equidad: el derecho fragmentado

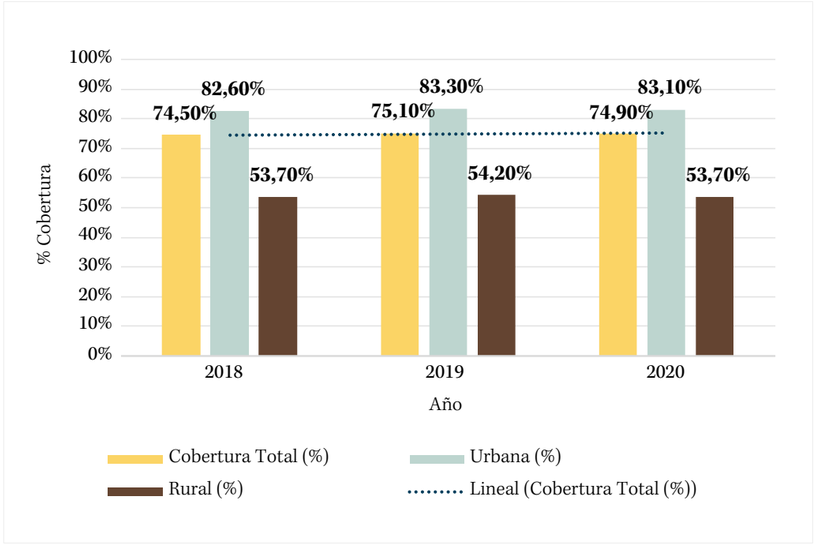
El principio de equidad atraviesa transversalmente la normativa colombiana. La Constitución de 1991 ordena al Estado promover las condiciones para que la igualdad sea real y efectiva. No obstante, la equidad ha sido interpretada de manera distinta según el nivel educativo al que se la aplica.

En la primera infancia, la Ley 1804 de 2016, conocida como el programa De Cero a Siempre, asoció la equidad con el acceso universal y la atención integral (salud, nutrición y cuidado). En cambio, la educación superior la concibe en términos de permanencia. Esta fragmentación conceptual genera trayectorias educativas discontinuas. Como documenta Bacca Contreras (2020), programas como Ser Pilo Paga beneficiaron a estudiantes con altos puntajes en Saber 11, pero profundizaron la desigualdad al privilegiar a quienes ya contaban con ventajas comparativas en el sistema escolar.

> La equidad, en suma, aparece como un principio invocado en la letra de la ley, pero sistemáticamente postergado en la asignación presupuestal y en el diseño de las políticas públicas.

La evidencia estadística respalda esta crítica. La figura 2 muestra que, si bien la cobertura bruta en zonas urbanas supera el 90 %, en zonas rurales descendió drásticamente durante la pandemia, lo que evidencia la fragilidad estructural del sistema. La Ley 30 de 1992, piedra angular de la educación superior, se queda corta en su aplicación al no contemplar mecanismos sólidos de inclusión territorial. La equidad, en suma, aparece como un principio invocado en la letra de la ley, pero sistemáticamente postergado en la asignación presupuestal y en el diseño de las políticas públicas.

Figura 2. Cobertura bruta en educación de población de 5 a 17 años por zona (2018-2020)



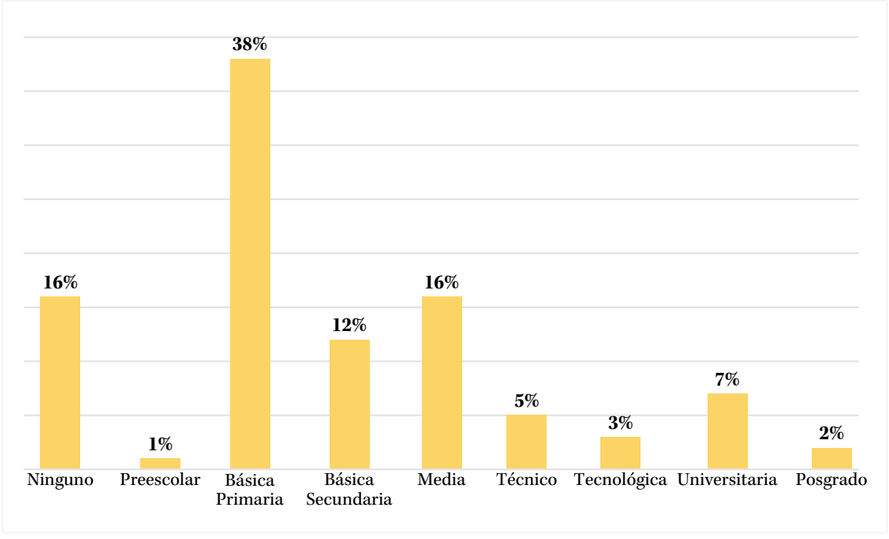
Fuente: Elaboración propia con base en datos del DANE (2022).

Inclusión y diversidad: los límites del reconocimiento

La inclusión educativa en Colombia ha experimentado un avance normativo significativo con la expedición del Decreto 1421 de 2017, que reglamenta la atención a los estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva. Este decreto reconoce la necesidad de ajustes razonables, de planes individuales y de formación docente especializada. No obstante, la realidad dista del ideal normativo.

La información de la *Encuesta nacional de calidad de vida* de 2020 evidencia la brecha: solo 17 de cada 100 personas con discapacidad ingresaron a la educación superior. Entre quienes no tienen discapacidad, la cifra es de 24. La brecha parece pequeña, pero es el final de un embudo que se estrecha cada vez más. De cada 100 niños con discapacidad en primaria, solo 16 (el 38 %) llegarán a la media (figura 3). Y de esos, unos pocos entrarán a una universidad.

Figura 3. Proporción de personas con discapacidad por nivel educativo



Fuente: Elaboración propia con base en datos de DANE (2020).

Evolución histórica: de la expansión a la inclusión inconclusa

La línea de tiempo normativa revela tres grandes etapas de la política educativa colombiana. La primera, durante la década de 1990, estuvo marcada por la expansión de la cobertura y la gratuidad, con énfasis en el acceso universal a la educación básica primaria. La segunda etapa, durante los gobiernos de Álvaro Uribe (2002-2010), priorizó la eficiencia y la calidad, medidas por resultados, e implementó las pruebas Saber y el Índice Sintético de Calidad Educativa (ISCE). La tercera etapa, a partir de 2010, ha estado signada por el reconocimiento de la diversidad y la inclusión, con hitos como la ratificación de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Ley 1346 de 2009) y el Decreto 1421 de 2017.

Pese a estos avances, la pandemia de COVID-19 evidenció las profundas brechas digitales y socioemocionales que persisten (Silva-Arias et al., 2024). Proyectos como Computadores para Educar y Centros Digitales intentaron responder a la emergencia, pero la conectividad en zonas rurales sigue siendo precaria: mientras el 98,5 % de los colegios privados tiene acceso a internet, solo el 56,2 % de las sedes oficiales cuenta con este servicio (Cruz-Carbonell et al., 2020). La historia reciente muestra que la incorporación de enfoques diferenciales en el discurso oficial no ha estado acompañada de la transformación estructural que requieren las regiones más apartadas.

Discusión final: logros, tensiones y vacíos

El contraste entre la norma y la práctica es particularmente agudo a nivel local. Programas como Todos a Aprender (PTA) han logrado avances en la cualificación docente (Silva-Arias et al., 2024), pero su sostenibilidad es frágil. El Decreto 1421 de 2017, si bien representa un hito en materia de inclusión, enfrenta obstáculos de implementación vinculados a la infraestructura, la financiación y el personal especializado. La Comisión de Seguimiento y Monitoreo del Cumplimiento del Decreto Ley 4634 de 2011 (2023) ha advertido que los talleres para víctimas del conflicto y poblaciones vulnerables carecen de una cobertura suficiente y de un seguimiento riguroso.

En el ámbito judicial, la Corte Constitucional ha desempeñado un papel determinante en la exigibilidad del derecho a la educación. Sentencias como la T-779 de 2011 han establecido que la calidad debe garantizar la disponibilidad, la accesibilidad, la adaptabilidad y la aceptabilidad. No obstante, la judicialización excesiva de la política educativa evidencia la incapacidad del ejecutivo para garantizar estos estándares por vía administrativa.

En contraste, la sociedad civil y las instituciones de educación superior han impulsado iniciativas relevantes. En la educación superior, algunas instituciones han creado observatorios de género y rutas de atención para estudiantes con discapacidad, mientras que fundaciones como la Fundación Saldarriaga Concha (2023) y la Fundación Sentiido (2024) han visibilizado las brechas en la inclusión de las personas con discapacidad y de la población LGTBI. Sin embargo, estas experiencias, valiosas en sí mismas, no logran suplir la ausencia de una política pública sistemática.

Así, este recorrido analítico permite identificar un patrón recurrente en la política educativa colombiana: la brecha entre el reconocimiento normativo de los derechos y las condiciones materiales para su ejercicio. Esta brecha no es coyuntural, sino estructural. Responde a la ausencia de una visión sistémica que articule los niveles educativos, a la precariedad fiscal de las entidades territoriales y a la debilidad de los mecanismos de seguimiento y evaluación con enfoque diferencial.

Este recorrido analítico permite identificar un patrón recurrente en la política educativa colombiana: la brecha entre el reconocimiento normativo de los derechos y las condiciones materiales para su ejercicio. Esta brecha no es coyuntural, sino estructural.

Así, mientras la Ley 115 de 1994 y la Constitución de 1991 prometen una educación de calidad para todos, Silva Arias et al. (2024) evidencian profundas desigualdades regionales y socioeconómicas entre niveles y a lo largo del territorio. Mientras la Ley 30 promueve la equidad en el acceso a la universidad, los jóvenes de estratos bajos continúan enfrentando barreras estructurales que van más

allá de la gratuidad. Mientras el Decreto 1421 ordena eliminar barreras para las personas con discapacidad, miles de estudiantes siguen sin recibir los apoyos requeridos y las plataformas virtuales, cuando existen, rara vez incorporan estándares de accesibilidad universal. La tecnología, prometida como gran igualadora, ha terminado siendo, en muchos casos, un nuevo filtro de exclusión.

Frente a este panorama, se proponen tres líneas de acción prioritarias. Primero, es necesario avanzar hacia una definición operativa y multidimensional de la calidad educativa que incorpore variables de equidad, bienestar y diversidad, superando el reduccionismo de las pruebas estandarizadas. Segundo, resulta imperativo formular una política nacional de educación inclusiva que abarque todos los niveles educativos y establezca estándares mínimos de infraestructura, de formación docente y de ajustes razonables. Tercero, se requiere fortalecer los sistemas de información y monitoreo con enfoque territorial que permitan identificar tempranamente prácticas de segregación y desigualdad y asignar recursos con criterios de equidad compensatoria.

La educación en Colombia cuenta con un marco normativo sólido. Sin embargo, mientras la retórica de la calidad, la equidad y la inclusión no se traduzca en presupuestos, en capacitación situada para los docentes de zonas rurales y en currículos que realmente reflejen la diversidad del país, la brecha entre el deber ser y la realidad educativa continuará siendo el principal obstáculo para construir equidad en las oportunidades educativas. La garantía del derecho a la educación no depende únicamente de nuevas leyes, sino de la voluntad política para hacerlas cumplir.

Referencias

Asamblea Constituyente. (1991, 7 de julio). *Constitución política de la República de Colombia.* Gaceta n.o 114. https://www1.funcionpublica.gov.co/documents/418537/37742455/constitucion-politica-de-colombia-91.pdf/10e1ba89-82ef-4c36-543d-447d99a6a17d

Bacca Contreras, R. E. (2020). Un análisis del programa de becas Ser Pilo Paga: apuntes sobre desigualdades y fronteras de clase social en Colombia. *Revista Educación, 45*(1), 20-35. https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.40902

Comisión de Seguimiento y Monitoreo al Cumplimiento del Decreto Ley 4634 de 2011. (2023). *11º Informe de seguimiento y monitoreo a la implementación del decreto Ley No. 4634 de 2011 "Por el cual se dictan medidas de asistencia, atención, reparación integral y restitución de tierras a las víctimas pertenecientes al pueblo Rrom o Gitano*". https://www.camara.gov.co/wp-content/uploads/2025/09/11o-INFORME-DE-SEGUIMIENTO-Y-MONITOREO-A-LA-IMPLEMENTACION-DEL-DECRETO-LEY-N.o-4634-DE-2011-PROCURADURIA-DEFENSORIA-Y-CONTRALORIA.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1992, 29 de diciembre). *Ley 30 de 1992. Por la cual se organiza el servicio público de la educación superior.* Diario Oficial n.o 40.700. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=253

Congreso de la República de Colombia. (1993, 27 de agosto). *Ley 70 de 1993. Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política: La presente ley tiene por objeto reconocer a las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico*. Diario Oficial n.o 41.013. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=7388

Congreso de la República de Colombia. (2016, 2 de agosto). *Ley 1804 de 2016. Por la cual se establece la política de Estado para el Desarrollo Integral de la Primera Infancia de Cero a Siempre y se dictan otras disposiciones.* Diario Oficial n.o 49.953. https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30021778

Corte Constitucional de la República de Colombia. (2011). *Sentencia T-779/11. Legitimación en la causa del personero para promover acción de tutela - Caso en que se interpone en representación de menores para la protección del derecho a la educación.* https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/t-779-11.htm

Cruz-Carbonell, V., Hernández-Arias, Á. F. & Silva-Arias, A. C. (2020). Cobertura de las TIC en la educación básica rural y urbana en Colombia. *Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro, 13*(13), 39-48. https://doi.org/10.22463/24221783.2578

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta de Calidad de Vida - 2020* [Base de datos]. https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/718

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2022). *Nota estadística: Análisis de accesibilidad a centros educativos.*

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Educación Formal - 2017* [Base de datos]. https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/786

Fundación Saldarriaga Concha. (2023). *La educación en Colombia para la población con discapacidad: realidades y retos.* https://www.saldarriagaconcha.org/wp-content/uploads/2023/03/2023-03-Marzo-EducacionCOParaPersonasConDiscapacidad_RealidadesyRetos-2.pdf

Laboratorio de Economía de la Educación. (2024). *La etnoeducación en Colombia 1994-2024: una forma de visibilizar y fortalecer las identidades culturales de los grupos étnicos.* https://lee.javeriana.edu.co/w/lee-informe-132

Martínez, J., Gardner, A. & Gómez, V. (2024). *Sí a la educación sexual y a los derechos de las personas LGBT: Encuesta sobre las actitudes de padres y madres de familia en Colombia sobre la Educación Sexual Integral (ESI) y la diversidad sexual y de género.* https://sentiido.com/wp-content/uploads/2024/03/Sentiido_InformeEncuesta_ESP.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026. El camino hacia la calidad y la equidad.* https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-392871_recurso_1.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2018). *Educación inclusiva.* https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-preescolar-basica-y-media/Direccion-de-Calidad/Gestion-Institucional/374740:Educacion-inclusiva

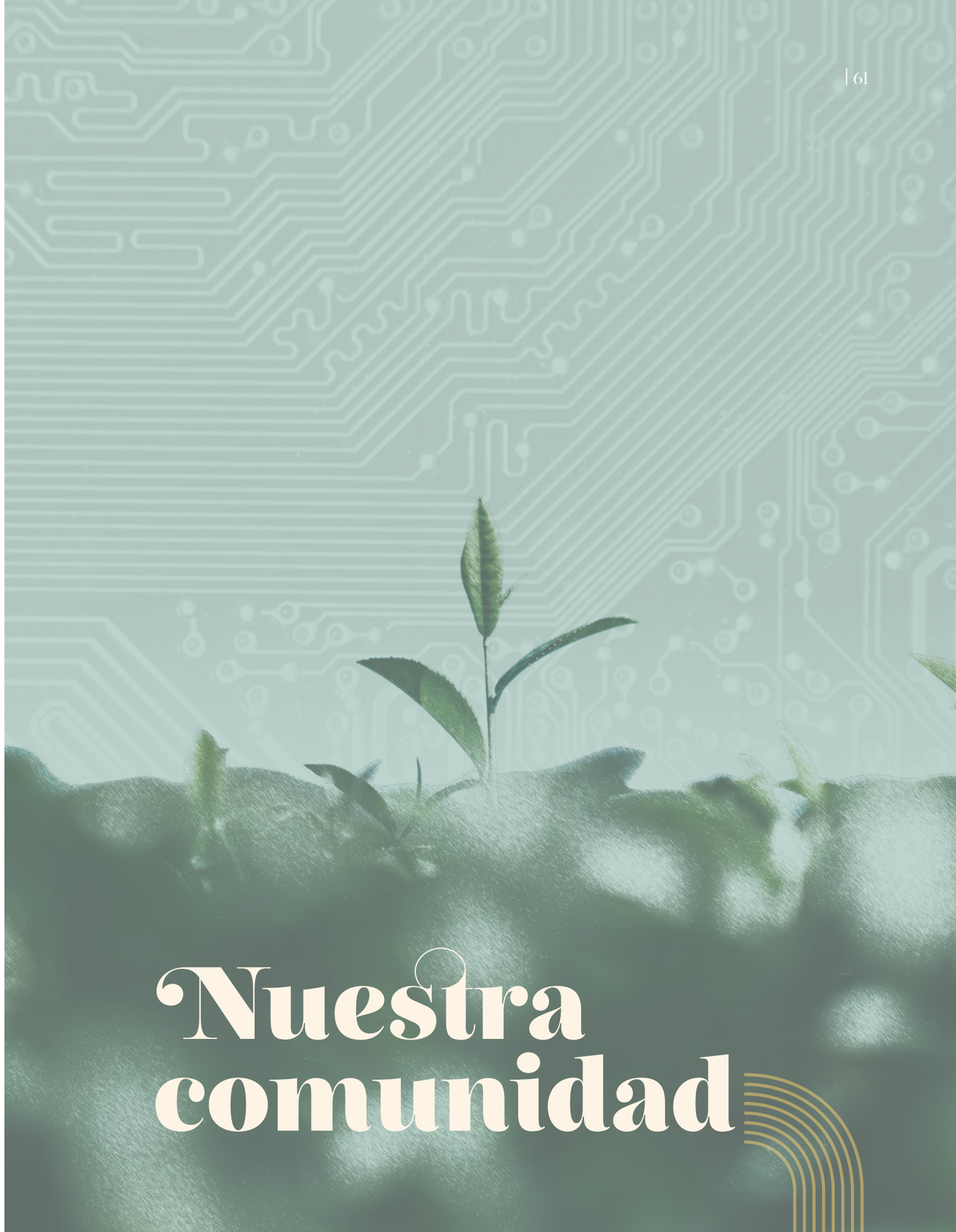
Observatorio Laboral para la Educación. (2025). *Tasa de cotizantes recién graduados.* https://hecaa.mineducacion.gov.co/consultaspublicas/ole/tasavinculacion#-none

Presidencia de la República de Colombia. (1995, 18 de mayo). *Decreto 804 de 1995. Por medio del cual se reglamenta la atención educativa para grupos étnicos.* https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=1377

Presidencia de la República de Colombia. (2017, 29 de agosto). *Decreto 1421 de 2017. Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad.* https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30033428

Ruiz Muñoz, G. F. (2024). Políticas educativas para el fortalecimiento de sociedades democráticas en América Latina y el Caribe: desafíos, experiencias y estrategias innovadoras. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 54*(3), 15-38. https://doi.org/10.48102/rlee.2024.54.3.664

Silva Arias, A. C., Ortiz Riaga, M. C. & Sarmiento Espinel, J. A. (2024). *El mismo mar, distinto bote: desigualdad de oportunidades educativas en Colombia.* Editorial Neogranadina. https://doi.org/10.18359/9789585103849



Nuestra comunidad



Foto de Dogancan Ozturan en Unsplash

Del laboratorio a la sociedad:
el viaje de una patente

/ Daissy Julieth Paredes Guerrero

Química y Magíster en Química de la Universidad de Industrial de Santander. Actual Jefe de la división de Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Cada año, investigadores de la Universidad Militar Nueva Granada desarrollan tecnologías que buscan resolver problemas reales. Pero antes de llegar a las empresas, a las comunidades o a la industria, esas innovaciones recorren un largo camino de evaluación, protección y transferencia. En Huichyká conversamos con Daissy Paredes para conocer cómo funciona este proceso y por qué las patentes son una herramienta clave para que el conocimiento trascienda las aulas y los laboratorios.

Del laboratorio a la sociedad: el camino que recorre una patente en la UMNG

Cuando pensamos en investigación universitaria, solemos imaginar laboratorios, experimentos, trabajo de campo o largas jornadas analizando datos. Sin embargo, el recorrido de una investigación no siempre termina con la publicación de un artículo científico. En algunos casos, ese conocimiento da origen a una tecnología capaz de resolver un problema concreto y de generar un impacto directo en la sociedad.

En esos casos comienza una historia diferente: la de la innovación.

En la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG), ese proceso es acompañado por la División de Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Vicerrectoría de Investigaciones. Su labor consiste en tender un puente entre la investigación y la sociedad para que las soluciones desarrolladas por profesores e investigadores no permanezcan únicamente dentro de los laboratorios, sino que puedan convertirse en herramientas útiles para empresas, instituciones y comunidades.

> "La idea también es buscar cómo esas tecnologías no se queden solamente en el ámbito de la Universidad, sino que justamente puedan ser de provecho para la sociedad"

Según explica Daissy Paredes, jefe de esta división, el trabajo se desarrolla alrededor de tres grandes ejes: la innovación, el emprendimiento y la transferencia tecnológica.

Por un lado, la División impulsa convocatorias y estrategias para que profesores y estudiantes desarrollen soluciones innovadoras. También acompaña a quienes desean transformar esas ideas en emprendimientos de base tecnológica. Finalmente, trabaja para que las tecnologías desarrolladas dentro de la Universidad encuentren oportunidades de llegar al sector productivo y, en últimas, a la sociedad.

Actualmente, la UMNG cuenta con **36 tecnologías patentadas**, resultado de años de investigación y desarrollo. Detrás de cada una de ellas existe un proceso mucho más complejo de lo que suele imaginarse.

Cuando una investigación da un paso más

No todas las investigaciones terminan en una patente.

La mayoría generan nuevos conocimientos que posteriormente se publican en artículos científicos, libros o ponencias. Sin embargo, algunas producen además un desarrollo tecnológico capaz de resolver un problema específico.

Puede tratarse de una nueva herramienta, un dispositivo, un procedimiento o un sistema que ofrece una solución diferente a las existentes.

Muchas de estas tecnologías surgen de proyectos de investigación de alto impacto, orientados a responder necesidades de la región o del país. Otras nacen dentro del trabajo cotidiano de un grupo de investigación. En cualquiera de los casos, el primer paso consiste en identificar que el desarrollo posee un verdadero potencial de innovación y realmente novedoso.

Cuando un investigador considera que ha obtenido una tecnología con estas características, informa al centro de investigación de su facultad y, a partir, de ese momento, comienza un proceso institucional para evaluar si vale la pena iniciar el camino hacia una patente.

Para explicar este proceso durante la entrevista, Paredes usó un ejemplo sencillo: Imaginemos que un grupo de investigación de la Universidad desarrolla un tanque capaz de almacenar y purificar agua utilizando un sistema completamente nuevo. Si ese tanque ofrece una solución que no existe en ninguna otra parte del mundo y resuelve un problema técnico de manera novedosa, podría convertirse en un candidato para obtener una patente. A partir de este ejemplo es más fácil entender el recorrido que sigue una innovación dentro de la Universidad. (podría ir en un recuadro de color o algo, más adelante vuelvo sobre el ejemplo entonces así el lector sigue la novela del tanque)

El primer filtro: ¿es realmente una innovación?

La propuesta llega al Comité de Propiedad Intelectual de la Universidad.

Allí no solo se analiza si la tecnología es novedosa, sino también si posee posibilidades de aplicación y si podría generar un impacto fuera del ámbito académico, es decir si eventualmente podría tener algún tipo de explotación comercial o posibilidad para posicionarse en el mercado

Si el concepto del Comité es favorable, la Universidad inicia una de las etapas más importantes del proceso: la búsqueda de anterioridades. Con la ayuda de una firma especializada en propiedad intelectual, la Universidad busca responder una pregunta fundamental: **¿Existe ya una tecnología igual o muy parecida en alguna parte del mundo?**

> Volviendo al caso del tanque, la búsqueda no se limita a revisar artículos científicos. También se consultan bases de datos internacionales de patentes, catálogos de empresas, documentos técnicos y cualquier evidencia que permita determinar si ya existe un desarrollo con características similares. (el mismo recuadro de color)

La respuesta a esta pregunta determina buena parte del futuro de la invención.

Un silencio que también hace parte de la ciencia

Paradójicamente, uno de los mayores desafíos aparece precisamente porque los investigadores están acostumbrados a divulgar pronto sus resultados.

En la ciencia, publicar es una práctica fundamental. Sin embargo, cuando existe la posibilidad de obtener una patente, presentar la tecnología en un congreso, incluirla en un artículo científico o incluso mostrarla en un póster académico antes de radicar la solicitud podría afectar el requisito de novedad exigido para obtener la protección.

Por eso, uno de los principales acompañamientos que realiza la Universidad consiste en orientar a los investigadores sobre el momento adecuado para compartir públicamente sus resultados. Como explica Paredes, si un investigador presenta su tecnología antes de radicar la solicitud, **"la SIC me puede citar, refiriéndose a que ya hay algo existente... y con eso, pierde novedad"**, razón por la cual la Universidad acompaña cuidadosamente este momento del proceso.

> ”es un derecho de protección de uso exclusivo”

Una vez la solicitud ha sido radicada ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), la situación cambia. Esa fecha marca oficialmente el inicio del proceso de protección y, desde ese momento, el investigador puede divulgar la tecnología sin poner en riesgo la solicitud.

¿Qué es realmente una patente?

> ”soy yo la que puede decidir si lo quiero vender internamente en Colombia, si deseo transferir los derechos de explotación o si lo quiero licenciar a un tercero que es el que lo va a empezar a producir”.

En términos sencillos, una patente es un derecho de protección sobre una invención. En palabras de Paredes, "es un derecho de protección de uso exclusivo".

Ese derecho reconoce quién desarrolló una tecnología y le otorga la posibilidad de decidir cómo será utilizada, comercializada o licenciada. Su titular puede fabricar el producto, comercializarlo directamente, licenciarlo a una empresa o autorizar que terceros lo utilicen bajo determinadas condiciones o incluso optar porque pueda ser dominio público.

Más que impedir el acceso al conocimiento, la patente reconoce el trabajo creativo y científico que hizo posible la innovación y facilita su transferencia a la sociedad.

Sin embargo, no todo puede patentarse. La protección está reservada para desarrollos tecnológicos concretos, tangibles, capaces de resolver un problema técnico mediante una solución nueva y verificable.

> Siguiendo el ejemplo del tanque, si la tecnología obtiene una patente, la Universidad, como titular, podrá decidir si la fabrica directamente, si licencia su uso a una empresa o si autoriza que un tercero la comercialice.

"soy yo la que puede decidir si lo quiero vender internamente en Colombia, si deseo transferir los derechos de explotación o si lo quiero licenciar a un tercero que es el que lo va a empezar a producir".

Escribir una patente también es un ejercicio de investigación

Cuando la búsqueda de anterioridades confirma que la tecnología tiene posibilidades de protección, comienza una etapa poco conocida: la redacción de la patente.

Aunque los investigadores están acostumbrados a escribir artículos científicos, una patente responde a una lógica completamente distinta.

> La patente no consiste únicamente en decir que existe un tanque nuevo. El documento debe explicar detalladamente cómo funciona, cuáles son sus componentes, qué características técnicas lo hacen diferente y por qué representa una innovación frente a otras tecnologías existentes.

El documento debe describir con precisión la tecnología, explicar su funcionamiento, incluir las ilustraciones necesarias y definir las **reivindicaciones**, es decir, los aspectos específicos sobre los que recaerá la protección jurídica.

> Es precisamente en las reivindicaciones donde se describen los elementos específicos que serán protegidos. En el ejemplo del tanque, allí quedarían consignadas las características técnicas que lo hacen único y que no podrían ser utilizadas por terceros sin autorización.

Por esta razón, la Universidad trabaja junto a firmas especializadas en propiedad intelectual. Mientras los investigadores aportan el conocimiento técnico de la invención, los expertos ayudan a traducir esa información al lenguaje requerido para el trámite de patentamiento.

El examen de la Superintendencia

Una vez presentada la solicitud, comienza el proceso ante la Superintendencia de Industria y Comercio. La evaluación puede tardar entre cuatro y seis años y se desarrolla en varias etapas: primero un examen de forma, que verifica que la documentación esté completa, y luego un examen de fondo, en el que la Superintendencia analiza la tecnología misma.

Para que una patente sea concedida, la invención debe cumplir tres requisitos fundamentales: ser **nueva (novedosa)**, es decir que no exista nada igual; poseer **nivel inventivo**, y tener **aplicación industrial**, es decir que sea reproducible y que pueda resolver un problema concreto y no quedarse solo en el papel.

El **nivel inventivo** es el requisito más difícil de lograr, pues significa que la solución no pueda deducirse fácilmente a partir de desarrollos ya conocidos. No puede ser una combinación evidente de conocimientos existentes.

> Por ejemplo, si ya existiera un tanque con determinadas características y otro documento describiera un sistema muy parecido, la autoridad evaluaría si un experto podría llegar fácilmente a la nueva tecnología simplemente uniendo ambas ideas. Si la respuesta es sí, probablemente la patente no sería concedida.

La protección no termina en Colombia

Otro aspecto poco conocido es que las patentes tienen un carácter territorial.

Obtener una patente en Colombia no implica que la tecnología quede protegida automáticamente en otros países. Si la Universidad desea extender esa protección, deberá iniciar nuevos trámites ante las autoridades correspondientes en cada territorio donde quiera ejercer ese derecho.

Cuando la patente es concedida, su protección suele mantenerse durante **20 años**, tiempo en que el titular conserva el derecho exclusivo de explotación. En el caso de los modelos de utilidad, otra modalidad de protección para ciertas innovaciones, el plazo es de **10 años**. Estas fechas empiezan a contar a partir de la radicación de la solicitud ante la SIC.

El verdadero objetivo: que la innovación llegue a la sociedad

Aunque obtener una patente representa un logro importante para cualquier universidad, Paredes insiste en que ese no es el destino final.

El verdadero propósito es lograr que las tecnologías desarrolladas en la UMNG encuentren organizaciones, empresas o instituciones capaces de convertirlas en soluciones para la sociedad.

Por ello, desde las primeras etapas del proceso, la Universidad busca identificar el potencial de transferencia de cada desarrollo, establecer alianzas y facilitar que las innovaciones salgan del laboratorio para convertirse en herramientas útiles en el mundo real.

> **"La idea es buscar ese tercero que pueda hacer un uso real, un uso en una comunidad o transferirla a quien la necesite y esté interesado."**

"La idea es buscar ese tercero que pueda hacer un uso real, un uso en una comunidad o transferirla a quien la necesite y esté interesado."

Después de todo, una patente es el resultado de años de investigación, creatividad y trabajo colaborativo, pero también el punto de partida para que el conocimiento generado en la Universidad Militar Nueva Granada pueda transformar la vida de las personas.

A lo largo de este artículo seguimos el recorrido de un tanque imaginario para explicar cómo funciona el proceso de patentamiento. Sin embargo, en la Universidad Militar Nueva Granada existen tecnologías reales que ya han transitado ese mismo camino.

Una de ellas es **el árbol fractal**, una disposición específica de paneles solares, desarrollada por el profesor Luis Llano y su equipo de investigadores de la Universidad para **captar eficientemente más energía solar**. Al igual que el ejemplo del tanque, comenzó como una investigación, fue evaluada por el Comité de Propiedad Intelectual, superó la búsqueda de anterioridades y posteriormente obtuvo la protección de patente.

Hoy este desarrollo representa una oportunidad para que el conocimiento generado en la Universidad llegue al sector productivo mediante procesos de transferencia tecnológica, demostrando que una patente no constituye el punto final de la investigación, sino el comienzo de su impacto en la sociedad

Preguntas que, frecuentemente, muchos nos hacemos:

- **¿Puedo patentar una idea?**
  No. Tiene que ser algo tangible, un producto real y medible.
- **¿Una patente dura para siempre?**
  No. La patetne de nvención dura 20 años desde radicación yde utilidad 10 años.
- **¿Todas las investigaciones pueden patentarse?**
  Depende, pero no. En Colombia podemos proteger productos y procesos, sistemas e invenciones implementadas por computador.
- **¿Un artículo científico puede convertirse en patente?**
  Debería ser al revés. Una patente puede dar lugar a un artículo científico.
- **¿Quién es dueño de una patente universitaria?**
  Los derechos patrimoniales son de la Universidad, pero los derechos morales son siempre de los inventores.



El camino de una patente en la UMNG

Así es el recorrido que sigue una investigación desde que nace en el laboratorio hasta que puede convertirse en una solución para la sociedad.

1 Un grupo de investigación desarrolla una idea o tecnología que resuelve un problema técnico real.

NACE LA INVESTIGACIÓN





¿PUEDE CONVERTIRSE EN UNA PATENTE?

2 No toda investigación llega a ser patente. Debe tratarse de un desarrollo tecnológico nuevo, con aplicación práctica y potencial de impact.



EVALUACIÓN INTERNA

3 La propuesta se presenta al Comité de Propiedad Intelectual de la Universidad, que analiza si vale la pena protegerla.

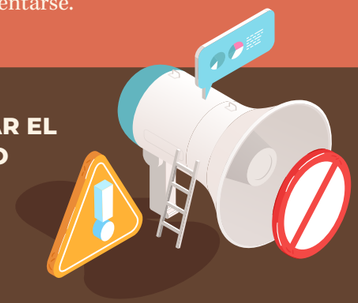


BÚSQUEDA DE ANTERIORIDADES

4 Especialistas buscan en bases de datos internacionales si ya existe una tecnología igual o similar en el mundo.

Si existe, no puede patentarse.

GUARDAR EL SECRETO



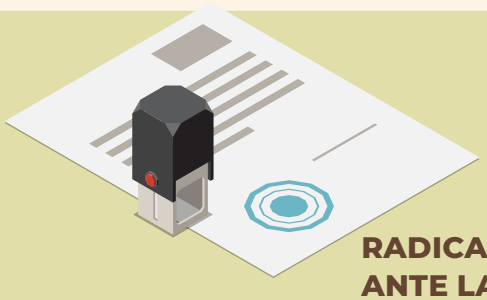
5 No se debe divulgar la tecnología antes de radicar la solicitud. Publicarla o presentarla en eventos podría afectar la posibilidad de obtener la patente.



REDACCIÓN DE LA PATENTE

6 — Se describe la tecnología en tres partes: **descripción** (cómo funciona), **figuras** (ilustraciones) y **reivindicaciones** (qué se quiere proteger).

La UMNG trabaja con expertos en propiedad intelectual para redactarla.



RADICACIÓN ANTE LA SIC

7 — Se presenta la solicitud de patente ante la Superintendencia de Industria y Comercio. Desde esta fecha, el investigador ya puede divulgar su invención.



EXAMEN DE LA SIC

8 — La SIC realiza dos evaluaciones:

DECISIÓN Y PROTECCIÓN



9 — Si la invención cumple los requisitos, la patente es concedida.

En Colombia dura 20 años.

(Los modelos de utilidad duran 10 años).



TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

10 — La meta no es solo obtener la patente, sino que la tecnología llegue a empresas, instituciones o comunidades para resolver problemas reales.

Ese es el verdadero impacto.

¿QUÉ ES UNA PATENTE?

Es un derecho que reconoce el esfuerzo de los inventores y les permite decidir cómo se usará su tecnología.

¿DÓNDE PROTEGE?

Las patentes son territoriales. Obtenerla en Colombia no la protege automáticamente en otros países.

¿QUIÉN ES EL TITULAR?

La Universidad, como titular, decide si la tecnología se fabrica, se vende o se licencia a terceros.

LA UMNG EN CIFRAS

36 tecnologías patentadas hasta la fecha.

EL OBJETIVO FINAL

que el conocimiento generado en la Universidad Militar Nueva Granada trascienda las aulas y los laboratorios para transformar la vida de las personas.