

ISSN 1794-8657

REVISTA AMBIENTAL

ÉOLO

Publicación de Fundación Con Vida

Edición N°20, año 26 (2023-2025)

**Crisis Climática,
Desertificación y
Biodiversidad:
¿Responsabilidad institucional
con la extinción y el desastre?**

Revista Ambiental ÉOLO. Edición N°20, año 26 (2023-2025).
ISSN 1794-8657

COMITÉ DIRECTIVO

Alejandra María Muñoz Rivera. Directora Fundación Con Vida.

Édinson de Jesús Muñoz Ciro. Director Revista Ambiental ÉOLO.

Esteban Álvarez Dávila. Editor Revista Ambiental ÉOLO.

Daniel Montoya Escobar. Coordinador Editorial Revista Ambiental ÉOLO.

Estefany Rivera Orrego. Comunicadora Social Fundación Con Vida.

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Esteban Álvarez Dávila. Ingeniero Forestal, PhD Ecología. Editor Revista Ambiental ÉOLO. Profesor universitario. Fundador, Investigador Senior y Líder del Grupo de Investigación Científica Laboratorio de Servicios Ecosistémicos & Cambio Climático -SECC-.

Édinson de Jesús Muñoz Ciro. Biólogo. Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Representante ONG's ambientales en el Consejo Directivo de Corantioquia 2004 - 2011. Diputado de Antioquia 2012 -2015. Cofundador y Director Estratégico de Fundación Con Vida. Director Revista Ambiental ÉOLO, Medellín, Colombia.

Alejandra María Muñoz Rivera. Ingeniera Forestal. Especialista en Gestión Ambiental y Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Directora Ejecutiva Fundación Con Vida.

Integrante Grupo de Investigación Científica Laboratorio Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático -SECC-.

Daniel Montoya Escobar. Estudiante de Ciencia de la Información, Documentación, Bibliotecología y Archivística, Universidad del Quindío -UNIQUINDÍO-. Coordinador Editorial Revista Ambiental ÉOLO. Integrante Grupo de Investigación Científica Laboratorio Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático -SECC-.

Héctor Quirama. Consultor e interventor de proyectos culturales. Docente en formulación y evaluación de proyectos. Evaluador de normas certificadas en organización de eventos. Gestor Cultural desde 1989.

Fabián Adolfo Beethoven Zuleta Ruíz. Historiador. Magister en Estética y en Lógicas contemporáneas de la filosofía. Doctor en Antropología social y etnología. Profesor titular jubilado de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

José Ignacio Agudelo Otálvaro. Ingeniero Agrícola. MSc in Water and Environmental Resources Management (IHE-Delft, The Netherlands). Profesor Asociado Jubilado Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Cofundador y Directivo Fundación Con Vida.

Carlos Hildebrando Fonseca Zárate. Ingeniero Civil. MSc Sistemas Ambientales y Urbanos. MSc Economía y Ciencias de la Gestión. PhD en Geografía. Experiencia profesional de 45 años. Docente, Investigador y Consultor Nacional e Internacional (América y Asia). Ex Directivo de INDERENA, IDEAM, MINAMBIENTE y COLCIENCIAS, entre otras entidades públicas. Fundador y Director de Corporación SIMBIOSIS. Líder coorganizador de Foros Nacionales del Agua, Cumbres Nacionales Ambientales y la COP16 Ciudadana.

Alejandro González Valencia. Ingeniero Ambiental. PhD en Sostenibilidad. Ex Subsecretario de Medio Ambiente de Medellín. Ex Subdirector Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Ex Director de Corantioquia. Director de la oficina de ICLEI en Colombia. Profesor de Cátedra de EAFIT.

Luz Marina Monsalve Friedman. Socióloga. PhD en Ciencias Humanas y Sociales. Magister en Hábitat. Licenciada en Artes. Especialista en: Pedagogía Docente, Educación Ambiental, Salud Ocupacional y Derecho Minero Ambiental. Docente. Investigadora. Consultora Socioambiental. Colaboradora Organización Internacional del Trabajo. Directiva Fundación Con Vida.

Producción: Editorial Fundación Con Vida.

Pinturas: Adolfo León Correa Silva. Roberto Ignacio Palomino Torres.

Fotografías: Juan Camilo Gaviria Londoño. Lina María Marín Gómez.

Corrección de estilo: Beta Consultoría y Asesoría: Jessica Lorena Jaramillo Bolívar y Víctor Santiago Calle León.

Diseño y diagramación: Corporación Cultural Marabuntas: Juan Camilo Gaviria Londoño.

Periodicidad: Anual.

Tamaño: 21 x 27.1 cm.

Depósito Legal: Biblioteca Nacional de Colombia.

Canje, distribución y contacto: mediante correo electrónico a revistaeolo@fconvida.org

Política de acceso abierto: La Revista provee acceso libre e inmediato a su contenido, conforme a su interés por contribuir a un mayor intercambio de conocimiento global, bajo la licencia Creative Commons.

Acceso para consulta digital: plataforma Open Journal Systems en: www.revistaeolo.fconvida.org y www.fconvida.org

Propiedad Intelectual: Del autor o los autores de cada artículo.

Fecha y lugar de publicación: Diciembre de 2025, en Medellín, Colombia.

Presentación

La *Revista Ambiental ÉOLO* es una publicación de Fundación Con Vida que nace con el propósito de aportar a la comprensión de los problemas ambientales que vivimos hoy y que afectan de manera directa nuestras comunidades, territorios y formas de vida. Desde su creación en octubre del año 2000, ha transitado un camino de evolución y cualificación constante, reflejado en su transformación editorial y conceptual a lo largo del tiempo.

Cada edición aborda un tema central desde diferentes enfoques, buscando ampliar la comprensión sobre sus causas, consecuencias y posibles caminos de acción. Está dirigida a un público diverso: personas, comunidades, organizaciones, instituciones y a quienes, desde distintos ámbitos, se interesan por la relación entre ambiente, desarrollo y bienestar colectivo.

La presente publicación corresponde a la edición número 20 de la *Revista Ambiental ÉOLO*, en el marco de su año 26 de trayectoria editorial continua. Esta edición se inscribe en el periodo temático 2023–2025: “Crisis climática, desertificación y biodiversidad”, eje que orienta los contenidos y reflexiones aquí presentados, en coherencia con los debates contemporáneos sobre la sostenibilidad de la vida en el planeta.

En este sentido, la edición propone un recorrido que articula, por una parte, análisis críticos sobre las tensiones entre normatividad, modelos de desarrollo, conocimiento científico y prácticas productivas; y, por otra, la visibilización de experiencias, herramientas y apuestas orientadas a la conservación de la biodiversidad y al cuidado de la vida. Así, el lector encontrará una transición deliberada entre el diagnóstico de conflictos socioambientales y la exploración de alternativas construidas desde los territorios, la ciencia y la acción colectiva.

A partir de esta edición, la *Revista Ambiental ÉOLO* fortalece su proceso editorial mediante la adopción de criterios formales orientados a la estandarización y calidad académica, incorporando lineamientos del *manual de estilo para autores* y *normas de citación y referenciación en formato APA*, con el propósito de facilitar su circulación en distintos sistemas de indexación, plataformas digitales y espacios académicos. Este ajuste no solo responde a exigencias técnicas, sino también al interés de ampliar el alcance, la visibilidad y la incidencia del conocimiento producido y compartido en la revista.

En cada número, *ÉOLO* busca informar, motivar la acción, compartir aprendizajes y dejar memoria de las experiencias que aportan a la construcción de un futuro más justo y sostenible. Esta producción editorial responde al objeto social y a la misión de Fundación Con Vida, se financia con recursos propios de la entidad y reafirma su compromiso con la divulgación del conocimiento, la defensa de la biodiversidad, la promoción de la justicia ambiental y el derecho inalienable a un ambiente sano.

Tabla de contenido	Pág.
Editorial	7
Las COP de Cali: Despertar Ciudadano para el Siglo 21 <i>The COPs of Cali: Citizen Awakening for the Twenty-First Century</i> Fonseca Zárate et al	15
El conflicto de las tecnologías natural y humana <i>The Conflict Between Natural and Human Technologies</i> Zuleta Ruiz et al	59
REDD+ en Colombia: beneficios y conflictos con comunidades étnicas y rurales <i>REDD+ Implementation in Colombia: Benefits and Tensions with Ethnic and Rural Communities</i> Álvarez Dávila et al	78
¿Oro envenenado? "Au sin Hg": desafíos y alternativas frente a la contaminación por mercurio en la minería aurífera de Colombia <i>"Poisoned gold? "Au without Hg": challenges and alternatives to mercury contamination in gold mining in Colombia"</i> Muñoz Ciro et al	107
Especies Amenazadas: El Caso de las Magnolias <i>Endangered Species: The Case of the Magnolias</i> Serna González, M	148
De cazadores a custodios: el despertar eco-sintiente en las montañas de Antioquia <i>From hunters to guardians: the eco-sentient awakening in the mountains of Antioquia</i> Parra Salazar, M.N.	161
El Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) de Corantioquia: una determinante ambiental para articular la función ecológica del territorio <i>The Ecosystem Connectivity Scheme (ECS) of Corantioquia: an environmental determinant for articulating the ecological function of the territory</i> Correa Silva, A.L. y Pérez Montalvo, R.J.	172

Hacia una sociedad acuicultora, resistente y resiliente a las sequías Proteger y gestionar nuestras aguas para perpetuar la Vida, en tiempos de sequía y cambio climático	192
<i>Towards an aquaculture society that is resistant and resilient to drou- ghts</i> <i>Protecting and managing our water to perpetuate life in times of drought and climate change</i> <i>Porras Gallego, H.</i>	
Consumo de agua y captura de carbono del aguacate variedad Hass en los Andes colombianos	224
<i>Water consumption and carbon sequestration of Hass avocado variety in the Colombian Andes</i> <i>Caro Holguín et al</i>	
Fundamentos para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia	249
<i>Foundations for the Update of the National Mining Policy of Colombia</i> <i>Fundamentos para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia</i> <i>Muñoz Ciro et al</i>	
Reconocimientos y agradecimientos	275
Condiciones para la presentación de artículos en la Revista Ambiental ÉOLO	284

Editorial

La encrucijada ambiental entre las realizaciones de las COP y el imperativo de la conservación de la biodiversidad

La vigésima edición de la Revista Ambiental ÉOLO marca un hito en nuestro compromiso con la puesta en común y difusión del conocimiento interpretado por comunidades e individuos de diversos campos científicos, profesionales y de narrativas derivadas del trabajo individual o colectivo agenciado por agrupaciones gremiales, empresariales, asociativas y corporativas.

Lo común en los lenguajes de estos campos cognitivos científicos, profesionales y de ciudadanos implicados en la intervención de la naturaleza es que, en sus acciones planificadas e intencionales, quedan evidenciados impactos en la vasta geografía de la biodiversidad siempre justificados en imperativos de la especie humana.

Nuestra ventana editorial ha procurado promover un diálogo informado sobre los desafíos ambientales contemporáneos, pero somos conscientes de un vacío ocasionado por la visión humana de la vida, de la naturaleza y de la muerte centrada en los antropomorfismos lingüísticos a los cuales se les ha dado un lugar privilegiado en la interpretación.

Un efecto de la primacía de la voz humana sobre otras voces de seres y hechos planetarios no humanos y no legislados como lenguajes es el de la simplificación de sus procesos como ruidos o expresiones carentes de significación, aunque paradójicamente les asignamos funciones nutritivas, terapéuticas, estéticas y tecnológicas.

La gran novedad de las ciencias e invenciones humanas es la de poner códigos y valores a "fenómenos" y entidades naturales portadoras de información traducidas con procedimientos parciales agrupados como epistemes autoorganizadas como disciplinas científicas: química, física, biología, geología, hidrología, geografía, etcétera.

Por tal razón cada porción científica ha asignado códigos lingüísticos a los comportamientos y diseños de especies vegetales, faunas y fenómenos naturales transfiriéndolos a conceptos, categorías, teorías y métodos compactados como saberes, disciplinas o ciencias. Pese a que las ciencias transfieren información de un cuerpo, entidad o hecho natural a sus corpus disciplinares, no han admitido ni admiten que la información transferida es lenguaje y despliega de modo inteligente procesos, funciones, metabolismos, etcétera.

El no reconocimiento de los lenguajes en plantas y animales conlleva a que en nuestras intenciones comunicativas sean provocadas situaciones de riesgo catalogadas como catástrofes o accidentes, cuando en realidad se trata de una ruptura cognitiva entre campos existenciales diseñados por un mismo principio generador, catalogado y parcializado con los términos de Dios, de la razón, o del azar.

Si admitimos que la naturaleza como totalidad concatena en sus diseños lenguajes específicos

y universales, hemos de reconocer entonces que la acción cognitiva humana no es, en primer término, exclusiva y única. Y que la naturaleza es en buena medida un determinismo cognitivo en el cual la existencia humana está además forzosamente implicada.

En segundo término, las ciencias fueron posibles por las acciones de miembros de la especie que le precedieron y están aún conservadas: muy evidentes y visibles en todos los campos técnicos, pero también en los campos cognitivos que procesaron y sistematizaron la experiencia y los aprendizajes mediante la escritura de donde surgieron narrativas expresadas en mitos, en textos de filosofía, en repertorios técnicos, en el diseño de lenguajes nuevos en las artes y en la exploración de la espiritualidad, la conciencia y la mente traducida a códigos que por siglos constituyeron el núcleo de los sistemas cognitivos humanos.

La actual crisis de la humanidad proponemos interpretarla entonces como fruto de una crisis de conciencia derivada de las rupturas condensadas en prospectos culturales divergentes entre los conglomerados o bloques de sociedades étnicamente muy diferenciadas pero homologadas por siglos de colonización en un formato político-económico creado en la modernidad europea, instalándose con versiones muy singulares en los contenedores culturales humanos situados en el África, el Asia, la Oceanía, las Américas del Centro, Sur, Norte y Caribe, las Europas del Occidente, la Esclavia y la Eurasia, y las islas continentales de Madagascar, Australia, Nueva Zelanda, y los dos grandes polos.

Esta crisis de conciencia, aunque de carácter global, se expresa de manera concreta en los territorios. En países como Colombia, donde convergen una extraordinaria diversidad biológica y profundas tensiones sociales, económicas y políticas, estas rupturas se materializan en conflictos entre modelos de desarrollo, marcos normativos y prácticas productivas que impactan de manera directa los ecosistemas estratégicos y las comunidades que dependen de ellos.

Lo más relevante de la crisis planetaria es que el conjunto de rupturas de la especie humana con la totalidad de las especies que habitan en el planeta y con la biodiversidad, llegaron al punto culminante y crítico de agotamiento de las fuentes naturales por la expansión imparable de un consumismo alentado por la geofagia de la especie "más inteligente" del planeta: la Humana.

De modo que a pocos pasos de impredecibles abismos surge la pregunta si el procedimiento para *reconectar los eslabones de la vida, de la biodiversidad y de la muerte* conciernen exclusivamente a los actores lingüísticos humanos y es por tanto un imperativo categórico de las ciencias que han hegemonizado la acción cognitiva en la vastedad del planeta.

Pero otro canto, desde el revés de los procesos habitados por la naturaleza en su anonimato, viene en ascenso y la convicción de aprender a dialogar con los lenguajes de los habitantes no humanos es la premisa. Y para que este propósito no sucumba en la retórica se subraya que al campo cognitivo humano le corresponde subsanar la herida ocasionada por el aislamiento y bloqueo de la naturaleza como un actor dotado de inteligencia y creador de lenguajes.

El principal obstáculo para avanzar en este horizonte de pluralismos lingüísticos está enquistado en la brecha institucional cosificada en el uso del instrumento argumental de la representación, con apoyo en el cual las instituciones humanas y especialmente las instituciones de la racionalidad científico-técnica han alegado a su favor el rol de representar y de creer que representan a todos los seres de lenguaje existentes que pueblan los ecosistemas planetarios, en especial: el agua y los minerales.

Bajo estas consideraciones dirigimos nuestra atención a una tríada conceptual de creciente urgencia y complejidad: *las Conferencias de las Partes (COP), la Biodiversidad y el Medio Ambiente*. La cuestión es cómo posicionar en esta a los actores que desde vieja data sometimos a la esclavitud del lenguaje instrumental.

Es en este punto donde resulta necesario vincular la reflexión filosófica con la realidad político-territorial. Las tensiones entre conocimiento, poder, normatividad y naturaleza no son abstractas: se evidencian en decisiones concretas sobre minería, uso del suelo, gestión del agua, conservación de la biodiversidad y planificación del territorio.

El calendario global se ve anualmente jalonado por una profusión de cumbres, conferencias y foros ambientales. Desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH), también conocida como Conferencia de Estocolmo, celebrada en Suecia entre el 5 y el 16 de junio de 1972 —un punto de partida crucial en la gobernanza ambiental global— hasta las actuales *COP de Cambio Climático, Biodiversidad y Desertificación*, e innumerables encuentros regionales y sectoriales, la promesa es siempre la misma: se buscarán soluciones, se trazarán rutas, se pactarán compromisos.

Sin embargo, para aquellos observadores que hemos monitoreado este escenario durante décadas, lo que palpamos es la prevalencia de una comedia en la que la tragedia teatral de la vida empujada a la muerte a destiempo es lo ineludible. Estas reuniones, con su ostentación de discursos grandilocuentes y comunicados de prensa repletos de intenciones laudables, a menudo se manifiestan como ejercicios elaborados de cabildeo y relaciones públicas para *vender el verdor de la Vida*, que dejan tras de sí un residuo amargo de inacción y frustración.

La objeción fundamental a tales escenarios donde predomina el instrumento retórico/político de la representación delegada a corpus científicos monitoreados por políticos y empresarios es que coartan y bloquean la necesidad intrínseca del diálogo científico y político con los lenguajes de los actores naturales.

El intercambio de ideas, la cooperación internacional y la búsqueda de consensos son, en principio, etapas cruciales para abordar la naturaleza multifacética y los desafíos complejos que caracterizan la problemática ambiental vigente. La cuestión cardinal, empero, radica en la metamorfosis del formato actual basado en la retórica de estos eventos centrada en una transición energética que privilegia el *modus operandi* del extractivismo científico-técnico, nombrado también por la razón cínica como negocio sostenible y verde.

La retórica de la "sostenibilidad" y la "transición verde" ha degenerado pues en una suerte de mantra desprovisto de significado sustancial. Se enfatizan metas a futuro, mientras se elude sistemáticamente la rendición de cuentas por las acciones presentes. Los compromisos suelen ser vagos, los plazos se extienden y, en última instancia, la implementación efectiva se delega a la buena voluntad de actores con escasos incentivos para modificar sus modelos de negocio. Las conferencias concluyen con ovaciones y en sus entretelones la deforestación persiste, la contaminación oceánica no cesa, los desiertos se expanden, la erosión de los suelos agrícolas es gravísima y no cesa de aumentar la temperatura promedio de la Tierra como consecuencia del ascenso continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

A esta retórica se suma hoy una geopolítica brutal del despojo y del reacomodo energético global. Las guerras en Ucrania y en Israel, lejos de ser acontecimientos aislados del debate ambiental, ponen en evidencia que la disputa por el control de territorios, corredores estratégicos, fuentes de energía, cadenas de suministro y materias primas críticas sigue estando en el centro de la reorganización del poder mundial. En ese marco, las tierras raras y otros minerales indispensables para la electrónica avanzada, la electromovilidad, los sistemas de defensa y la infraestructura digital son presentados como llaves del futuro, mientras su extracción y procesamiento siguen descansando sobre viejas gramáticas de devastación, sacrificio territorial y subordinación de pueblos enteros. De este modo, la llamada transición energética corre el riesgo de convertirse en una mutación tecnológica del mismo extractivismo, apenas revestido con un nuevo lenguaje moral, más pulcro en la superficie, pero igualmente voraz en el fondo.

Los discursos han evolucionado hacia plataformas geo/informáticas donde han quedado plasmados los propósitos del empresarismo digital para el que los intereses genuinos del planeta raramente prevalecen. Por el contrario, son las grandes corporaciones, los gobiernos con agendas veladas y las organizaciones con intereses preestablecidos quienes, a través de sus delegados y lobistas, ejercen una influencia desproporcionada en la configuración de la narrativa y las decisiones.

Mientras los paneles de discusión se suceden con expertos que desglosan datos alarmantes, los verdaderos acuerdos se gestan en los pasillos y salones VIP. Acuerdos que, perfilados con el pudor cínico culminan en la dilución de iniciativas audaces, el socavamiento de regulaciones ambiciosas o, lo que es más pernicioso, la promoción de soluciones "verdes" que en realidad redundan en beneficio de las mismas industrias responsables de la crisis ecológica. Es pertinente cuestionar la proliferación de empresas contaminantes que patrocinan estas cumbres, blanqueando su imagen mientras persisten en prácticas destructivas.

En este contexto de inercia pasmosa, donde el progreso se mide en incrementos marginales y los retrocesos son de magnitud catastrófica, la imperatividad de *salvaguardar nuestra Biodiversidad y el Medio Ambiente* se torna aún más acuciante. La gran preocupación es que la ciencia misma enmudece ante la impotencia de atajar el crecimiento predicado como consigna emancipatoria propiciada por los avances tecnológicos y sus innovaciones adheridas como tumores en los sistemas vivientes.

De hecho, este avance plasmado en la IA ha puesto en superficie el interrogante de si la especie humana puede sobrevivir al relevo energético que se avecina, pues la demanda de combustibles imprescindibles para un automatismo diseñado para la autonomía robotizada pone en el cadalso a la humanidad y exige a ella reducir sus densidades, consideradas ya innecesarias por sus mentores.

El cambio climático, la deforestación, la contaminación y la sobreexplotación de recursos son manifestaciones de una perturbación sistémica que afecta nuestro paisaje y compromete la salud humana y ecosistémica. Las estadísticas corroboran y advierten que hemos sobrepasado casi 10 límites planetarios, afectando gravemente ciclos vitales como el del nitrógeno. La pérdida de fauna, flora y bosques avanzan a ritmos alarmantes.

Porque en términos no solemnes, el medio ambiente en su totalidad conforma un sustrato cognitivo esencial de nuestra existencia. Provee el aire que respiramos, el agua que consumimos y el suelo que nos sustenta. Sin embargo, este sistema vital está siendo alterado por la actividad antropogénica a una tasa sin precedentes.

Colombia, nuestra nación anfitriona de la COP 16 sobre Biodiversidad, se erige como un *hotspot* de *biodiversidad*, un santuario de especies y ecosistemas únicos que se encuentran bajo una creciente amenaza. Como dato relevante, Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad del mundo, albergando aproximadamente el 10% de la diversidad biológica del planeta, según el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Desde los páramos andinos hasta las profundidades del Amazonas y el Chocó Biogeográfico, cada especie y cada interacción biológica constituyen engranajes fundamentales en el complejo equilibrio de la Vida.

Es imperativo ser honestos y sensatos. Si las cumbres de las COP fueran verdaderamente efectivas, adoptarían un horizonte cognitivo ampliado dispuesto a diálogos con la naturaleza asumida e interpretada como una organización cognitiva primaria; y sí actuáramos consecuentemente, entonces ya estaríamos presenciando transformaciones tangibles y a gran escala.

El cuestionamiento del modelo inherente a estos eventos es en términos perentorios: ¿Sirve su retórica lingüística a los intereses cognitivos del diseño planetario o constituye meramente un ritual aislado y costoso que perpetúa el *statu quo*? Se requiere de una reducción en la proliferación de imágenes de políticos convertidos en portavoces de consignas apuntaladas en las ciencias instrumentalizadas por las industrias.

Y en esta disputa no puede omitirse el papel de los medios de comunicación. Con demasiada frecuencia, las grandes plataformas informativas convierten la crisis ecológica en espectáculo episódico, en efeméride, en imagen impactante, en cifra descontextualizada o en tribuna para el mismo repertorio de expertos y funcionarios que administran la continuidad del deterioro. Así, la mediación informativa termina amortiguando el conflicto en vez de iluminarlo, neutralizando la indignación en vez de organizarla, y reemplazando la comprensión estructural por un

consumo rápido de tragedias. Pero los medios también podrían hacer otra cosa: podrían contribuir a desocultar el fondo de la discusión, interrogar con rigor a los poderes públicos y corporativos, acompañar la vigilancia ciudadana y ampliar la escucha hacia los territorios, las comunidades, los científicos incómodos y las voces que no caben en el protocolo complaciente del consenso.

Entonces es un imperativo moral que preponderen los argumentos científicos en todas sus escalas: formal académica, informal y no formal, los que encaren el debate del cambio climático y de la transición energética en la complejidad de las decisiones e implicaciones cognitivas contenidas mediante diseños tecnológicos ponderados en la minimización o nulo impacto en los diseños cognitivos primarios de la naturaleza.

Y para que este imperativo sea posible es necesario que el espacio normativo releve el rol hegemónico de los especialistas en derecho, economía y política que se tomaron por asalto a los principios científicos en su vastedad de escalas, siendo sometidos y subsumidos a los principios de interés demarcados por la utilidad de los negocios y la oferta de precios. Hay que invertir la moral cínica que pone en preponderancia el derecho de los poderes humanos sobre el derecho natural.

Esta exigencia interpela de manera directa a los legisladores en el Congreso de Colombia. Sobre estas personas recae una responsabilidad que no puede diluirse en la liturgia parlamentaria ni en la repetición de consignas verdes desprovistas de consecuencias materiales. Si el Poder Legislativo del Estado se limita a administrar la crisis con lenguaje amable, a rendir homenaje verbal a la biodiversidad mientras preserva intactos los incentivos del extractivismo, entonces no estaremos ante una renovación democrática, sino ante una simple acción de voceros para la continuidad del daño. El verdadero criterio para valorar su papel no es ni será la abundancia de declaraciones, sino la capacidad de impulsar marcos normativos, controles políticos y decisiones presupuestales que alteren efectivamente la *relación entre Economía, Territorio y Vida*.

Si esto ocurre podremos ver que las caras sonrientes de la insuficiente política, avanza hacia un reposicionamiento de lo cognitivo y de lo político en el contexto más real de la argumentación aportada por la ciencia natural a la que le hemos negado su lugar en el debate público humano y no humano y entonces sería posible un incremento en la implementación de acciones vinculantes.

El imperativo categórico de *Compórtate Naturalmente* se sintetiza entonces en menos discursos inspiradores y más legislaciones con poder cognitivo multidimensional; y en la consigna ecológica: *Menos Cabildeo y Mayor Rendición de Cuentas a la Naturaleza*.

Esta Edición de ÉOLO se erige como un llamado a la acción basado en la evidencia cognitiva de comunidades campesinas y labriegos, de profesionales de las ciencias, los saberes y los empirismos ecológicos y agroecológicos que reconocen el valor intrínseco de nuestro ambiente biótico y abiótico, exploran vías prácticas despreocupadas de la obsesión por *volver la Natura*

derechos de autor y centran la atención en implementar medidas urgentes que mitiguen los daños y reconozcan por fin a la naturaleza, y entre ella a la biosfera, como las principales autoras de las ciencias.

En este marco, los artículos que componen la presente edición permiten observar cómo estas problemáticas se expresan en escenarios concretos del contexto colombiano. Desde el análisis de tensiones en la política minera y las prácticas extractivas, hasta la reflexión sobre la pérdida de biodiversidad, la fragmentación de ecosistemas, la gestión del agua y los impactos de nuevas dinámicas productivas, se evidencia la complejidad de la relación entre sociedad y naturaleza.

No obstante, esta edición también muestra que, en medio de la crisis, emergen alternativas desde las comunidades, la ciencia y la acción colectiva. Experiencias de conservación, iniciativas territoriales, procesos de educación ambiental y modelos productivos más sostenibles dan cuenta de que es posible reconfigurar nuestras formas de habitar el territorio. Estas apuestas, aunque muchas veces localizadas y con limitaciones estructurales, constituyen escenarios concretos de transformación que evidencian que el cambio no solo es necesario, sino también posible cuando se articulan saberes, voluntades y prácticas orientadas al *Cuidado de la Vida*.

En consecuencia, el desafío no es únicamente comprender la crisis, sino asumirla como un llamado a la transformación. Esto implica trascender la contemplación crítica para avanzar hacia la acción decidida, fortaleciendo la participación ciudadana, la incidencia en los marcos normativos y la construcción de procesos colectivos que permitan redefinir las relaciones entre sociedad y naturaleza. Se trata de reconocer que la sostenibilidad no puede seguir siendo un discurso aspiracional, sino una práctica política, ética y territorial que se materializa en decisiones concretas y en compromisos verificables.

En ÉOLO, mantenemos la convicción de que la educación basada en la acción cognitiva integral abre mayores perspectivas a la ciencia para construir la concienciación informada y la transformación social. Apostamos por una educación que no se limite a la transmisión de contenidos, sino que promueva la comprensión profunda de las dinámicas socioambientales y fortalezca la capacidad de los sujetos y las comunidades para incidir en su realidad. Desde esta perspectiva, la articulación entre conocimiento, territorio y acción se configura como un eje fundamental para avanzar hacia la defensa de la biodiversidad y la construcción de futuros sostenibles.

Confiamos en que esta vigésima edición de ÉOLO catalizará la reflexión crítica y, fundamentalmente, la acción informada. El porvenir de nuestro planeta yace en la intersección de los saberes naturales, la ciencia, la política y la voluntad colectiva. Cada paso que damos, independientemente de su magnitud, es de importancia crítica.



Roberto Palomino Torres

Colibrí espada

Palomino

Las COP de Cali: Despertar Ciudadano para el Siglo 21 **The COPs of Cali: Citizen Awakening for the Twenty-First Century**

Carlos Hildebrando Fonseca Zárate, Alegría Fonseca, Julio César Perea Salcedo, Marta Patricia Torres-Sánchez, Juan Carlos Gutiérrez Camargo, Alejandra Muñoz Rivera, Rafael García Cerón, María Leonor Molina y Édinson Muñoz Ciro

Resumen

La COP16 en Cali en octubre de 2024 y su conclusión en Roma en febrero de 2025, se reveló como un evento que desbordó la convención oficial, catalizando un amplio espectro de iniciativas ciudadanas y académicas paralelas a las deliberaciones entre los Estados. Entre estas destacaron el Congreso Internacional de Educación Ambiental con 3.000 participantes, la "Juntanza Ambiental" de líderes territoriales, la "COP Alternativa", la "COP Ciudadana" en Yumbo y la "COP DiverGente", cada una con enfoques específicos sobre los ríos, las dinámicas globales y los conflictos locales. La Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, también contribuyó con conferencias de alto valor.

Uno de los aportes más innovadores fue la "COP16 Ciudadana", donde el "Circo la Alegría de Ser Parte de la Naturaleza" generó un impacto profundo en niñas, niños y jóvenes mediante un dispositivo pedagógico lúdico y riguroso, acompañado por una "Feria de Innovación Ambiental" que exhibió ecotecnologías probadas, incluida la eliminación total del mercurio en la extracción de oro.

Estas "otras COP" visibilizaron, además, los rasgos críticos de la policrisis contemporánea: la sinergia entre cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación ambiental, acentuada por dinámicas globales como el extractivismo, la inequidad y la degradación de la democracia y la vulnerabilidad de países como Colombia ante la aceleración de los límites planetarios. También evidenciaron que la respuesta institucional actual avanza a un ritmo muy inferior al que exige el rápido deterioro ecosistémico a todos los niveles planetarios.

En conjunto, estas iniciativas subrayaron la urgencia de una transformación integral que articule la integración urbana con los ecosistemas, la incorporación de la economía ecológica en la toma de decisiones, el fortalecimiento de la educación ambiental mediante enfoques

innovadores y la necesidad imperiosa de una ciudadanía más organizada para salvaguardar una democracia real, inclusiva y transparente, capaz de restablecer una relación armónica entre sociedad y naturaleza.

Palabras clave: activismo y compromiso ciudadano; biodiversidad; conciencia ecológica; gobernanza ambiental; innovación educativa; resiliencia.

Abstract

COP16 in Cali held in October 2024 and concluded in Rome in February 2025, emerged as an event that went beyond the official Convention, catalyzing a broad spectrum of citizen-led and academic initiatives parallel to intergovernmental deliberations. Among these were the International Congress on Environmental Education with 3,000 participants, the “Juntanza Ambiental” of territorial leaders, the “Alternative COP,” the “Citizen COP” in Yumbo, and the “DiverGente COP,” each addressing specific perspectives on rivers, global dynamics, and local socio-environmental conflicts. The National University of Colombia at Palmira also contributed with high-level conferences.

One of the most innovative contributions was the “Citizen COP,” where the Circo La Alegría de Ser Parte de la Naturaleza created a profound impact on children and youth through a pedagogical device that was both playful and rigorous, accompanied by the “Environmental Innovation Fair,” which presented proven ecotechnologies, including methods for eliminating mercury from gold extraction.

These “Other COPs” also revealed the critical features of the contemporary polycrisis: the synergy between climate change, biodiversity loss, and environmental contamination, intensified by global patterns such as extractivism, inequality, and the weakening of democratic institutions, and the particular vulnerability of countries like Colombia amid the accelerating transgression of planetary boundaries. They further demonstrated that current institutional

responses operate at a pace far slower than what the rapid ecological deterioration requires.

Collectively, these initiatives underscored the urgency of a comprehensive transformation that integrates urban systems with ecosystems, incorporates ecological economics into decision-making, strengthens environmental education through innovative approaches, and reinforces the imperative of a more organized citizenry capable of safeguarding a real, inclusive, and transparent democracy that restores a harmonious relationship between society and nature.

Keywords: activism and citizen engagement; biodiversity; ecological awareness; educational innovation; environmental governance; resilience

Introducción

La COP16¹ celebrada en Cali del 21 de octubre a noviembre 2 (en la madrugada) de 2024, y finalizada en Roma en tres días al final de febrero de 2025, fue en realidad varias COP de diferentes formas y alcances y no todas en Cali:

1) La COP16 Oficial, que reunió aproximadamente 21 mil participantes registrados.

2) El Congreso Internacional de Educación Ambiental en el que se congregaron alrededor de 3 mil asistentes, se presentaron experiencias de programas escolares ambientales, con una gran significación por su pertinencia alrededor de la biodiversidad.

3) La Juntanza Ambiental, apoyada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible (MADS), con alrededor de 150 líderes territoriales de varias regiones colombianas.

4) La COP Alternativa, que giró en torno a los ríos y tuvo muchos visitantes "a ratos".

5) La COP DiverGente, que se ocupó de temas nacionales y locales.

6) La COP de Palmira organizada por la sede seccional de la Universidad Nacional de Colombia, bajo la modalidad de conferencias y conversatorios relevantes.

7) La COP16 Ciudadana, realizada en el Colegio Mayor de Yumbo y dirigida principalmente a niñas, niños y jóvenes con mensajes profundos mezclados con lúdica gracias a la instalación del Circo "La Alegría de Ser Parte de la Naturale-

1. COP significa Conference Of Parts, siendo las partes los países que firmaron la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB), adoptada en 1992 en el marco de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro. Colombia se hizo Parte de la CDB mediante la Ley 165 de 1994. El Convenio entró en vigor para el país el 26 de febrero de 1995 y cuenta con tres objetivos: 1) La conservación de la biodiversidad, 2) El uso sostenible de la biodiversidad, y 3) La participación justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de la biodiversidad.

za”, el cual visitaron de manera entusiasta 15.850 estudiantes de primaria y secundaria, además de unas quinientas personas más, convocadas gracias a los extraordinarios socios de esta Institución Educativa; el Circo también contó con la Feria Ambiental que se enfocó en nuevas tecnologías para evitar la contaminación, especialmente la del mercurio asociado a la extracción de oro; y finalmente, con el Curso Especial “Los Retos del Siglo 21” para jóvenes próximos a su graduación de bachilleres.

Sin lugar a dudas, todas estas “COP” aportaron al objetivo de entender mejor la biodiversidad y la complejidad socioecológica de este siglo; y de comprometer más a la ciudadanía en la protección y el uso más sabio de la naturaleza, a la cual, aunque somos parte sustantiva de ella, afectamos por nuestra capacidad de producir, consumir, transformar y dañar sin parar y sin límites.

Es importante resaltar también la Firma de la *“Paz Con La Naturaleza”*, que hicieron muchos actores nacionales e internacionales bajo el liderazgo de la ministra Susana Muhammad del MADS. No cabe duda de que la COP16 con todas sus variantes fue ante todo un gran ejercicio de pedagogía ciudadana para el Valle del Cauca y para Colombia, que no debe adormecerse sino multiplicarse a lo largo y ancho del país.

En efecto, la COP16 fue un gran pretexto y oportunidad de Educación Ambiental y Ecológica en Cali y, parcialmente, en el Valle del Cauca, con la alianza MADS, Alcaldía de Cali y Gobernación del Valle, con asistencia de aproximadamente un millón de visitantes en la Zona Verde y 23.000 acreditados en la Zona Azul, en el Centro de Convenciones del Pacífico; deben sumarse alrededor de 17 mil personas que visitaron y disfrutaron la programación de la “COP16 Ciudadana” en el

Colegio Mayor de Yumbo, producto de la alianza entre la Corporación Simbiosis, la Fundación Alma, la Fundación Con Vida y la Alcaldía de Yumbo, con la participación de entidades como el Servicio Geológico Colombiano, que demostró plenamente que se puede eliminar totalmente el uso de mercurio en la extracción del oro; de la Comisión Reguladora del Agua y el Aseo (CRA), que explicó su función importante de asegurar que la tarifa del agua refleje tanto la equidad como la sostenibilidad hídrica; y de la Compañía Esapetrol, que presentó la re-refinación del aceite lubricante usado en los motores como contribución a la descontaminación de los ríos.

Lamentablemente, el Fondo Adaptación no atendió la invitación generosa de los ambientalistas, perdiéndose una buena oportunidad de dialogar sobre la visión acerca de La Mojana como experimento real de aproximación del ordenamiento territorial en torno al agua. Empero, en la COP16 Ciudadana se presentó el “Mapa de los municipios más afectados climáticamente”, el cual de forma premonitoria reveló los 223 municipios y el porcentaje de su población afectada en cada oportunidad, que de 1980 a 2023 han sufrido más declaratorias de emergencia o calamidad. En esta situación se incluyen: la zona norte de la región Andina y, prácticamente, la totalidad del área de los departamentos del Chocó, Putumayo, Sucre, Magdalena y La Guajira.

Entre las conclusiones de esta actividad se destaca la necesidad de que la información que genere el Estado debe estar disponible casi en “tiempo real” ahora que el cambio climático está acelerando y volviendo más frecuentes los percances climáticos.

Indudablemente, la “Zona Verde” del Bulevar del Río, La Casa Humboldt y otros espacios habilitados por todos los sectores, como

el Congreso Internacional sobre Educación Ambiental, con 3.200 inscritos, posibilitaron una gran escuela ambiental y de la biodiversidad, que aprovecharon a fondo los caleños y muchos visitantes colombianos y extranjeros.

Uno de los aportes más relevantes de la maravillosa experiencia de Cali, fue la de excelentes conferencias sobre muchos temas, como lo pudo comprobar el autor principal del artículo en su tiempo libre como payaso principal del Circo La Alegría de Ser Parte de la Naturaleza establecido en Yumbo, cuando asistió a varias pláticas que lo impresionaron especialmente, como la realizada sobre "Micelio" en el edificio de la Caja de Compensación Familiar del Valle del Cauca (COMFANDI), que nos recuerda que apenas hasta ahora estamos conociendo a fondo la maravilla de la evolución y de la naturaleza.

En el panel organizado por la Comisión Reguladora del Agua (CRA) sobre el "Agua Como Bien Común", fue impresionante el despliegue de conocimiento y compromiso a nivel local y micro de ingente cantidad de personas e instituciones, con temas novedosos y sorprendentes acerca de la importancia de la naturaleza y de la biodiversidad.

Todos estos esfuerzos deben contribuir a la construcción de una nueva cultura que aborde el siglo 21 con esperanza, generosidad, empatía y convivencia con la naturaleza de la cual somos parte. Los paradigmas del futuro residen en las visiones alternas que empiezan a florecer al lado del paradigma dominante o hegemónico, como lo señala Thomas Kuhn² (Kuhn, 2013). No debemos olvidar que la COP16 oficial se hizo en el contexto actual de predominio capitalista financiero del mundo de acumulación privada sin

límites y de la preponderancia de los combustibles fósiles y, por tanto, sus resultados están condicionados a esa realidad.

Hacia adelante, la humanidad debe buscar una forma de existencia diferente en la cual predomine la Vida sobre la muerte, prime la esperanza y la solidaridad sobre la sumisión y la competencia egoísta, y prevalezca la generosidad sabia sobre la avaricia torpe. En la COP16 fue evidente el poder de presión (*lobby*) e influencia de las grandes compañías farmacéuticas y agropecuarias, pues algunas decisiones que se tomaron afectan sus intereses.

Policrisis mundial y convenciones de biodiversidad y cambio climático de la ONU

La impredecible y nefasta sinergia entre cambio climático, *contaminación ambiental y pérdida de biodiversidad y naturaleza*, contribuye enormemente a la aceleración crítica de la policrisis que también incluye el deterioro de la democracia con tendencia hacia el incremento del autoritarismo, el fascismo y el gobierno de las oligarquías, pues todas contribuyen a la mayor inequidad e injusticia social, más crítica aún en países como Colombia, uno de los más desiguales del mundo en términos socioeconómicos.

Es necesario reconocer también que el avance científico y tecnológico constituye el factor fundamental para dicha dinámica, que hoy podría cambiar si China, que ha sido la gran ganadora en los últimos 47 años, se proyecta de manera diferente, bajo su planteamiento de una "Economía de mercado no capitalista". No cabe duda que la economía mundial ha sido enormemente activa en la era de la globalización como lo expresa la

2. Estudioso de la "Estructura de las revoluciones científicas", que explica que los paradigmas, que son los compromisos conceptuales compartidos por una comunidad científica, se mantienen hasta que surge una teoría o propuesta que los reta con suficiente fuerza. Normalmente, esta nueva teoría se forma en los alrededores del paradigma predominante.

gráfica de “la Curva del elefante” de Milanovic (2015), en el sentido que gran cantidad de población ha salido de la “pobreza extrema” como es el caso de China, pero el futuro es altamente incierto si continúa el deterioro severo de los ciclos biogeoquímicos planetarios y sus manifestaciones más locales (Milanovic, 2015).

Numerosos artículos recientes presentan los acuerdos, las conclusiones y las razones que nos revelan por qué la humanidad está avanzando a mucha menor velocidad que la que requiere el planeta Tierra para revertir el grave deterioro ambiental. Es evidente que el interés de ganancia económica monetaria al más corto plazo posible es la fuerza predominante en el mundo, exacerbada por lo que está pasando en los Estados Unidos con la llegada de la administración Trump, en la cual la “oligarquía” es la que está decidiendo numerosos asuntos a su favor, así como sucedió con las vacunas del “COVID-19”, que estuvieron disponibles solo a cambio del pago de ingentes cantidades de dinero a las multinacionales capaces de producirlas; los países más pobres solo accedieron a ellas cuando el abastecimiento comercial de los países más poderosos económicamente fue suplido.

Paradójicamente, todas las compañías recibieron en menor o mayor proporción ayuda financiera del Estado de sus países para el desarrollo de las vacunas, pero no compartieron sus ganancias gigantescas en un momento en el que el mundo requería la solidaridad en su máxima expresión.

Cada vez es más perentorio replantear ese modelo de sociedad, como lo enfatiza Mariana Mazzucato, en la cual los privados reciben todas las ganancias de negocios en los cuales el Estado ha participado en las etapas más tempranas e inciertas (Mazzucato, 2021). Al respecto, se destaca la mentalidad

prevaleciente de aprovechar y obtener toda la ganancia posible antes de que la humanidad prescindiera o rechace los combustibles sólidos o los productos provenientes de áreas deforestadas.

Estas determinaciones priman sobre cualquier otra posibilidad en este momento, como lo demuestra la reciente campaña de Trump en los Estados Unidos con su lema “Drill, Baby, drill”. Los últimos acontecimientos de guerra entre Irán e Israel, en los cuales Estados Unidos ejerció todo su poder tecnológico destructor para eliminar el crecimiento nuclear de Irán, nos indican que estamos en un mundo en el que impera la voluntad de los más fuertes y, en el caso del actual gobierno estadounidense, su negacionismo oficial del cambio climático, asociado a su reacción ante los resultados de la globalización comercial en la cual ha perdido poder, se manifiestan crecientemente en violentas políticas migratorias discriminantes con el consecuente incremento de la tensión interna en países como el nuestro.

Es muy importante insistir que el concepto de sustentabilidad no es solo referente a la relación de las sociedades humanas con el resto de la naturaleza, sino también a la relación entre las mismas, caracterizadas por una enorme y creciente desigualdad, que en el modelo actual están llegando a extremos graves como el recrudecimiento de la crisis migratoria y la persecución de residentes en los Estados Unidos y un poco menos en Europa; todo lo cual es manifestación de una dinámica económica en la cual nuestros países exportadores de materias primas sin valor agregado no logran proveer de empleo o ingreso digno a su propia población, por lo que nuestros conciudadanos toman la opción de la migración como un último recurso de sobrevivencia.

Esta dinámica migratoria es calificada como la causa preponderante de los problemas internos de los países que han aprovechado dichos insumos para transformarlos, ya directamente en estos, o indirectamente en otros territorios, pues sus empresas se han globalizado en la producción y sus formas de control y opresión sobre los demás países les han permitido dicha tasa de acumulación.

Si a esto se suman los efectos de las políticas anunciadas por Trump para su segundo mandato, tenemos un escenario posible muy crítico, en el cual las emisiones crecerán en los Estados Unidos, mientras que las restricciones a las importaciones por el aumento de aranceles y el freno a migraciones repercutirán en el mundo entero tanto en sus aspectos socioeconómicos, como en sus consecuencias ambientales, porque la gente se verá forzada a violentar los ecosistemas en busca de más alimento y subsistencia.

Es un círculo vicioso que empieza a revelarse con fuerza inusitada: el cambio climático y las condiciones socioeconómicas difíciles, propias de un modelo de exportación de materias primas sin ningún valor agregado, están forzando a la gente a migrar hacia Estados Unidos para emplearse de cualquier manera y en francas condiciones de desventaja, especialmente en la producción agropecuaria (que no es atractiva para los ciudadanos estadounidenses); para enviar "remesas" a sus familias en los países "subdesarrollados" industrialmente, lo cual a su vez hace que se refuercen las restricciones de paso a la mano de obra, de manera similar a la de África y Asia en Europa.

Duflo y Banerjee (2019) sostienen que el único factor que tiene absoluta libertad es el capital y que la restricción de la movilidad del factor mano de obra es un error serio en el modelo económico actual, tanto pragmático

como conceptual, cuyas consecuencias se verían cada vez más en el futuro (Banerjee & Duflo, 2019). El modelo neoclásico de la productividad total de los factores acusa dos grandes fallas en la realidad.

La primera falla es que sólo permite que se mueva con toda la libertad por todo el mundo el factor K, Capital; y restringe cada vez más brutalmente el flujo de "L", labor o mano de obra, de tal manera que es sólo una propuesta teórica ideal por que la realidad es muy distinta; lo demuestra una vez más la persecución de los trabajadores rurales de origen mexicano y centroamericano en California y Texas. Al respecto, la Nobel Esther Duflo y su esposo Abhijit Banerjee (2019), plantean como posible solución permitir la migración libre hasta que se nivelen las demandas y ofertas, lo cual permitiría más justicia y eficiencia en el mundo. El mundo ideal, que nos podría sorprender muy favorablemente, sería el que permitiera de manera más organizada el movimiento más libre de todos los factores de producción.

La segunda falla profunda en el entendimiento económico, es que la ecuación de productividad total que consolidan la generación de ingreso de los países, solo incluye los factores de "K", Capital, y de "L", mano de obra, tal y como se expresa en la ecuación:

$$Y = KaL^{(1-a)}e$$

En donde:

Y: Ingreso nacional.

K: Capital.

L: Mano de obra.

a: Relación capital/ mano de obra.

e: Productividad como cociente inexplicado.

En el siglo 21, la ecuación de productividad debe incluir formalmente la naturaleza, no solo como proveedor de materias primas, sino como "fábrica real", que transforma

energía solar y CO2 atmosférico en biomasa, servicios ecosistémicos y estabilidad de la dinámica climática, de manera permanente, sin parar. En tal sentido, debe ser:

$$Y = KaL^{(1-a)} N^{(1-D)e}$$

En donde:

N: naturaleza.

D: deterioro de la naturaleza causado por K y L.

Dentro de esta discusión falta mucha claridad acerca de la dimensión económica de la biodiversidad; los “bonos” o créditos de carbono han generado una desconfianza fuerte por las imprecisiones e irregularidades que los han acompañado; además, algunos expertos advierten que la visión económica convencional ignora el valor intrínseco de la naturaleza e incluso profundiza la desigualdad entre países ricos y pobres.

Al respecto, necesitamos ahondar en la discusión sobre economía ecológica y sobre el “valor total de los ecosistemas y especies”, pues prevalece todavía una visión convencional de mercado, que cree que lo privado es la solución y que sólo lo que tiene precio tiene valor, contradiciendo de fondo posturas como la de Elinor Ostrom, que nos señala que los acuerdos colectivos pueden ser más fuertes y efectivos que la propiedad privada para proteger los recursos naturales y el ambiente (Hess & Ostrom, 2007; Ostrom, 1990).

Al respecto, siempre es necesario mantener vigente el resultado del ejercicio de Robert Costanza (2014), y su equipo de economistas ecológicos, de cuantificación económica de 19 servicios ecosistémicos de 17 grandes ecosistemas a nivel mundial, que resultó en que mientras toda la humanidad generó en 2007 la cantidad de 75 trillones de dólares, la naturaleza aportó prácticamente el doble, entre 125 y 145 trillones de dólares en ese

mismo año, contabilizando sólo parcialmente en servicios ecosistémicos que no son transables, sin considerar el valor de cada especie en su potencial para la ciencia y la salud (Constanza et al., 1997; Costanza et al., 2014).

La conclusión, desde el punto de vista económico, la naturaleza es la mayor aportante, de lejos, a la calidad, dignidad y buen vivir de los humanos, lo cual sólo se logra en la medida en la cual garanticemos la vida de todos los ecosistemas y especies que los habitan. El “aleteo de una mariposa” influye en todo el planeta.

La retórica de la “sostenibilidad” y la “transición verde” ha degenerado pues en una suerte de mantra desprovisto de significado sustancial. Se enfatizan metas a futuro, mientras se elude sistemáticamente la rendición de cuentas por las acciones presentes. Los compromisos suelen ser vagos, los plazos se extienden y, en última instancia, la implementación efectiva se delega a la buena voluntad de actores con escasos incentivos para modificar sus modelos de negocio.

Las conferencias concluyen con ovaciones y en sus entretelones la deforestación persiste, la contaminación oceánica aumenta, los desiertos se expanden, la erosión de los suelos agrícolas es gravísima y continúa el aumento sistemático de la temperatura promedio de la Tierra como consecuencia del ascenso persistente de las emisiones de gases de efecto invernadero, como se constata con las siguientes cifras:

Deforestación (FAO, 2020)

Pérdida neta de bosques: entre 2000 y 2010, se perdió un promedio de 4,7 millones de hectáreas de bosque por año a nivel mundial. Aunque la tasa de deforestación ha disminuido en las últimas décadas, sigue siendo alarmante.

Cifras actuales: en 2023, la pérdida de bosques tropicales primarios (los más importantes para la biodiversidad y el almacenamiento de carbono) alcanzó los 3,7 millones de hectáreas, lo que equivale a la deforestación de un área del tamaño de Suiza cada año (World Resources Institute (WRI), 2024).

Regiones más afectadas: la cuenca del Amazonas (Brasil, Bolivia, Colombia y Perú, entre otros países), la República Democrática del Congo y el sudeste asiático son las zonas con las mayores tasas de deforestación.

Contaminación de mares e islas de plástico (Eriksen et al., 2014)

- Plástico en el océano: Se estima que entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas métricas de plástico ingresan a los océanos cada año (Jambeck et al., 2015).
- Microplásticos: Se estima que hay entre 15 y 51 billones de partículas de microplástico flotando en la superficie del océano.
- Islas de plástico: La más conocida es la Gran Mancha de Basura del Pacífico (GPGP), que se estima que contiene más de 1.8 billones de piezas de plástico y cubre un área de aproximadamente 1.6 millones de kilómetros cuadrados, tres veces el tamaño de Francia (*The Great Pacific Garbage Patch*, 2024).

Erosión y degradación del suelo (Food and agriculture Organization of the United Nations, 2015)

- Pérdida de suelo: anualmente, se pierden entre 25.000 y 40.000 millones de toneladas de suelo de capa superior.
- Impacto en la agricultura: alrededor del 33% de los suelos agrícolas del mundo están moderada o gravemente degrada-

dos debido a la erosión, la salinización, la compactación, la acidificación y la contaminación química.

- Avance de la desertificación y tierras degradadas (Dudley & Alexander, 2017): se estima que más de mil millones de personas viven en áreas afectadas por la desertificación. Alrededor del 33% de la superficie terrestre mundial (excluyendo la Antártida) está clasificada como tierra seca y es vulnerable a la desertificación.
- Pérdida de tierras productivas (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), 2018): cada año se pierden alrededor de 12 millones de hectáreas de tierra productiva debido a la desertificación y la sequía, lo que podría haber producido 20 millones de toneladas de grano.
- Aumento de la temperatura (IPCC, 2021): la temperatura media global de la superficie ha aumentado aproximadamente 1,1 °C por encima de los niveles preindustriales (1850-1900). Se estima que la última década (2011-2020) fue la más cálida registrada.
- Incremento de Concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2024): esta superó las 420 partes por millón (ppm) en 2024, un nivel no visto en millones de años. Antes de la Revolución Industrial, la concentración era de aproximadamente 280 ppm.

Pérdida de Animales (WWF, 2022)

La pérdida de animales se refiere a la disminución de la biodiversidad, que abarca la reducción de poblaciones, la desaparición de especies y la degradación de ecosistemas.

- Poblaciones: desde 1970, las poblaciones de vida silvestre han disminuido en promedio un 69% a nivel mundial. Esta disminución es más pronunciada en América Latina y el Caribe, con una caída del 94%.
- Tipos de animales afectados: los grupos más afectados incluyen:
 - » Peces de agua dulce: disminución del 76% desde 1970.
 - » Anfibios: alta proporción de especies amenazadas.
 - » Reptiles: gran número de especies en peligro.
 - » Aves: alrededor del 49% de las especies de aves marinas están en declive.
 - » Mamíferos: muchas especies grandes están en riesgo.
- Extinción (IPBES, 2019): Tasas de extinción: las tasas actuales de extinción de especies son entre 100 y 1.000 veces más altas que las tasas de extinción de fondo (naturales) observadas en el registro fósil.
- Especies amenazadas (IUCN, 2024): se estima que un millón de especies de animales y plantas están ahora amenazadas de extinción, muchas de ellas en las próximas décadas.
- Grupos más afectados: Anfibios (40% de las especies amenazadas), mamíferos (25%), aves (13%), coníferas (34%), y corales formadores de arrecifes (33%).

Pérdida de Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2019)

- Valor económico (TEEB, 2010): se estima que la pérdida de servicios ecosistémicos (como la polinización, la purificación del agua, la formación del suelo, la regulación del clima, la protección contra inundaciones) cuesta a la economía mundial billo-

nes de dólares anualmente. Por ejemplo, la polinización por insectos contribuye con un valor económico de entre 235 y 577 mil millones de dólares anuales a la producción global de alimentos.

- Degradación del suelo: la degradación del suelo por sí sola está asociada con una pérdida de entre 4 y 20 billones de dólares anuales a nivel global debido a la pérdida de productividad y servicios ecosistémicos.
- Amenaza a la seguridad alimentaria: la degradación de los ecosistemas afecta la capacidad de la Tierra para proporcionar alimentos, agua dulce y otros recursos esenciales, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y el bienestar de millones de personas.

Contaminación de cadenas tróficas (GE-SAMP, 2015)

- *Microplásticos en organismos* (UNEP, 2016): los microplásticos han sido encontrados en una amplia gama de organismos marinos y terrestres, desde el plancton hasta los peces, aves marinas y mamíferos. Se ha demostrado que más de 900 especies marinas han ingerido plástico.
- *Contaminantes persistentes*: contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), metales pesados (como el mercurio) y otros químicos se bioacumulan y biomagnifican a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones más altas en los depredadores superiores.

Por ejemplo: los niveles de mercurio en grandes peces depredadores como el atún o el pez espada pueden ser significativamente más altos que en organismos más bajos en la cadena alimentaria.

- Impacto en la salud: estos contaminantes pueden causar problemas reproductivos, inmunológicos y neurológicos en la vida silvestre y potencialmente en los humanos que consumen estos alimentos.

Colombia, nuestra nación anfitriona, se erige como un *hotspot* de biodiversidad, un santuario de especies y ecosistemas únicos que se encuentran bajo una creciente amenaza. Como dato relevante, Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad del mundo, albergando aproximadamente el 10% de la diversidad biológica del planeta, según el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Desde los páramos andinos hasta las profundidades del Amazonas, cada especie y cada interacción biológica constituyen engranajes fundamentales en el complejo equilibrio de la *Vida*.

Definitivamente, es necesario trascender de la simple "educación ambiental" a una verdadera participación y protagonismo ciudadanos puesto que estos dos tratados internacionales han sido decepcionantes, por decir lo menos, en manos de los Estados y la fuerte representación imperante de los intereses privados. Esto cobra mayor importancia en la situación actual de "negacionismo" de los Estados Unidos en la crisis climática y en el debilitamiento de numerosas entidades e instituciones de investigación y seguimiento ambiental, ecológico y climático, que afecta rotundamente la biodiversidad. Estamos, como lo ha expresado repetidamente el senador estadounidense Bernie Sanders³, ante un reto ciudadano muy grande, de lucha por los derechos fundamentales para cuyo reconocimiento se requirieron muchos años,

muchos sacrificios, mucho dolor, por parte de los más pobres y necesitados, que están siendo arrebatados rápidamente por la "oligarquía" más poderosa de la humanidad. Por lo tanto, hay que activar de nuevo esa democracia construida con mucho esfuerzo y cuidarla mucho más.

Tenemos, ciertamente, un escenario crítico hacia adelante, dada la nueva presidencia de Trump en los Estados Unidos, que desestima el cambio climático y lo califica como una "mentira", una premisa con efectos de dimensión mundial, con consecuencias, entre las que se destaca el desmonte parcial o total de varias agencias de ayuda humanitaria, como USAID, y de entidades especializadas en temas ambientales y climáticos. Más recientemente, la animadversión y ataque a las universidades más prestigiosas de los Estados Unidos alarma de manera considerable pues significa el desmonte de la capacidad científica y de innovación en el momento más crítico, pues China y más modestamente India, están creciendo abrumadoramente en capacidad de conocimiento.

Es imperativo ser honestos y sensatos. Si las cumbres de las COP fueran verdaderamente efectivas, adoptarían un horizonte cognitivo ampliado dispuesto a diálogos con la naturaleza asumida e interpretada como una organización cognitiva primaria; y si actuáramos consecuentemente, entonces ya estaríamos presenciando transformaciones tangibles y a gran escala.

3. Senador progresista y demócrata de 85 años de edad; sostiene posturas progresistas en asuntos como la redistribución de la renta, la asistencia universal de salud, la baja laboral por maternidad, el cambio climático, los derechos LGTB y la reforma para la financiación de campañas políticas. También es conocido por luchar a favor de las libertades y de los derechos civiles y por ser muy crítico con la discriminación racial en el sistema de justicia, así como con las políticas de vigilancia masiva como la Ley «Patriota» de los EE. UU. y el programa de vigilancia de la NSA. Consulta Wikipedia, 23/ junio/2025(Wikipedia, 2025)

La COP16

La Convención de la Diversidad Biológica (CDB) celebró su 16ª COP en Cali, específicamente en el Centro de Convenciones del Pacífico, ubicado en el municipio de Yumbo, del 21 de octubre al 2 de noviembre, en la madrugada y, dado que no pudo concluirse en el tiempo fijado, se finalizó en Roma en los últimos días de febrero de 2025.

Esta COP16 presenta logros y decepciones en el marco de los acuerdos internacionales, pues las expectativas de los países no industrializados y de bajo poder adquisitivo⁴, no se compadecen con los resultados, como ha ocurrido en la mayoría de las COP de cambio climático, que ya son 29, y las de biodiversidad, que ya suman 16, si se miden por los compromisos reales de financiación de la transición energética, la protección de la naturaleza y la cobertura de los beneficios para las poblaciones locales, indígenas, afrodescendientes o campesinas. Algunas columnistas, como Sonia Espitaleta, la han llamado "agridulce" por los resultados positivos para unos y decepcionantes para otros (Espitaleta, 2024).

Es necesario recordar que la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo conocida como Cumbre de la Tierra o Cumbre de Río de 1992, realizada en Río de Janeiro (Brasil), acordó crear dos "convenciones obligantes" para los países que las firmaron: la "Convención de Biodiversidad", que se reúne cada dos años y que lleva 16 versiones, incluyendo la que sucedió en Cali; y la "Convención de Cambio Climático", que se reúne anualmente y que celebró la COP29 en Azerbaiyán, con resultados

bastante pobres. La COP30 sobre este tema realizada en Belém de Pará, Brasil, en noviembre de 2025, tuvo resultados relativamente marginales y las disertaciones al respecto dan pie para otros artículos futuros.

La COP16 de Cali, la oficial entre países, será recordada por varios avances importantes, entre los que se destaca, sin lugar a dudas, el nuevo protagonismo que debe fortalecer los derechos territoriales de las comunidades indígenas, afrodescendientes y locales que lograron el Acuerdo Histórico para reconocer su papel fundamental en la conservación de la Biodiversidad gracias a sus conocimientos ancestrales.

En la misma dirección, la inclusión de las comunidades afrodescendientes en los Acuerdos de Biodiversidad, una meta alcanzada gracias al apoyo de Brasil y al liderazgo de Francia Márquez Mina, la Vicepresidenta de Colombia; este resultado es un gran avance al lograr que el artículo 8J de la "Convención de la Biodiversidad" (Unit, 2025) incluya sus voces y cultura, acorde con la Ley 70 de 1993, que creó los territorios colectivos de las comunidades afrocolombianas (Red de Expertos, 2024). La creación del "Órgano Subsidiario Permanente" para la implementación del artículo 8J en mención abre un camino de voz directa y permanente para estos actores, pero la tarea de hacerlo una realidad vibrante corresponde a los países más afectados.

La ministra del MADS y su equipo, respalda dos firmemente por el canciller de Colombia, Luis Gilberto Murillo y su equipo, lideraron la firma masiva de la "Coalición Internacional de Paz con la Naturaleza", que es, sin lugar a

4. En este artículo no usamos los términos "desarrollados" y "subdesarrollados", pues consideramos que además de ser peyorativos, son inexactos, ya que el desarrollo es mucho más complejo que la simple capacidad de transformación de materiales y energía y de poder adquisitivo monetario. Por ejemplo, no consideramos que la tenencia privada de armas letales sea una señal de desarrollo; los USA tienen 116 armas letales de asalto por cada 100 habitantes y, más bien, eso significa un riesgo muy grande para la convivencia pacífica.

dudas, otro paso hacia adelante, así como un gran despliegue de *educación ambiental* que se inició con un acertado congreso internacional sobre el tema con gran asistencia: más de 3.000 participantes, con las consecuentes cantidades de ponencias y discusiones, algunas de ellas muy interesantes; que continuó con algunas conferencias excelentes y muestras muy diversas de los esfuerzos de protección y convivencia con la naturaleza.

Al respecto, consideramos que la *educación ambiental* es un complemento a la educación convencional y se requiere un reenfoque profundo en el cual la mejor educación para el siglo 21 sea una *educación situada y contextualizada* en la cual, a partir de la propia territorialidad que habitamos, construyamos una visión y cultura que nos haga parte sustantiva del territorio para usarlo de manera sustentable, resiliente e inclusivamente, en el contexto de un Planeta que está sobrecargado por nuestra forma de producir y consumir. Es necesario profundizar más esta discusión, que en la mayoría de las instituciones educativas tan sólo se puede estar quedando en el cumplimiento formal de las obligaciones académicas de los establecimientos educativos.

Vargas Lleras (Lleras, 2024), opina que la COP16 fue de resultados "agridulces" pues ninguno de los objetivos se cumplió ante la falta de financiación y todo lo proyectado se aplazó para el próximo encuentro en Bangkok; con pocos presidentes asistentes y con mensajes difíciles puesto que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), informó del aumento en un 223 % de la deforestación amazónica colombiana; en tanto que la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (ONUDD), también informó que el área de cultivos de coca creció en 2023 hasta alcanzar 253.000 hectáreas.

Diríamos, por lo tanto, que las ex-FARC y los grupos violentos en proceso de negociación de la "Paz Total" cumplieron su amenaza en forma directa: dieron la orden de aumentar la deforestación y los cultivos ilícitos. La verdad no es blanca ni negra sino de todos los matices; se avanzó cualitativamente, pero resta inmenso trabajo en la concreción cuantitativa, en un escenario mundial y nacional muy complejo.

Cabe señalar que un punto clave de discusión en la COP16 fue la *Meta de conservación de la diversidad biológica del 30x30* mediante la cual se busca proteger el 30% de las tierras y mares del planeta para el año 2030; este fin proviene del "Marco Mundial de Biodiversidad Kunming-Montreal" acordado en la COP15. Al respecto, la discusión en la COP16 también enfatizó que la protección no es sólo cuestión de cantidad, sino de calidad, conectividad y efectividad de las áreas designadas, cuya realización exige, necesariamente, una adecuada financiación.

Otras columnistas, como Karla Díaz (Díaz, 2024), reflexionan acerca de la extensión que se busca proteger cuando señala que la meta del "Plan Nacional de Biodiversidad" que presentó el MADS es aumentar en 1.371.449,8 hectáreas las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), para alcanzar el 34% en áreas de conservación y gestión de las áreas terrestres, aguas continentales y marinas costeras, mediante Sistemas de Áreas Protegidas, Otras Medidas Efectivas de Conservación (OMECE) y territorios indígenas, afrodescendientes y campesinos, que está relacionada con la Meta 30x30 del Marco Global de la Biodiversidad.

Es interesante este análisis, puesto que incorpora áreas como las reservas campesinas, pero tiene fuertes enemigos en regiones como Caquetá, Meta y Guaviare, donde la

disidencia Estado Mayor Central (EMC) y otros actores violentos locales e incluso con conexiones internacionales de la mafia, tienen el poder de decidir cuánta cobertura vegetal arrasar, como se ha comprobado recientemente. Adicionalmente, se presentan muchos conflictos originados, según la autora, en una "Visión bogotana de la conservación" que separa la naturaleza de la gente, creando muchos conflictos sobre temas de Declaratoria de Áreas de Reserva Forestal, desconociendo la realidad de su ocupación real, sin dialogar suficientemente con la gente.

Karla Díaz (2024), toca el punto crítico cuando se pregunta: ¿Cuántas hectáreas estamos realmente pudiendo "proteger" de la gente?, cuando podríamos estar pensando en nuevas formas de gobernanza de nuestra relación dentro de la misma naturaleza, en un país en el cual sólo el 5 % de los ecosistemas críticos están protegidos y muchos ecosistemas no están representados en el SINAP. Es la hora de avanzar mucho más en todo el territorio nacional en esquemas como las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC) y, especialmente, en agroecología y ganadería regenerativa con sistemas agrosilvopastoriles.

En ese sentido es pertinente y debe impulsarse con mucho ahínco, las normas y los proyectos de Ley de *Promoción de la Agroecología*⁵, sobre todo en un escenario en el cual debemos actuar localmente, adaptarnos más rápidamente, recuperar ecosistemas estratégicos, cambiar nuestra absurda forma productiva agropecuaria para eliminar el con-

flicto de usos del suelo, que es hoy el principal problema ambiental crónico de Colombia, si queremos sobreaguar ante lo que se avecina.

La ministra del MADS Susana Muhamad aclaró que mientras que 2023 fue el año de menor deforestación, especialmente en la Amazonia, el 2024 fue el quinto año más bajo en el siglo 21, lo cual debe ser un llamado a intensificar los esfuerzos de coordinación de todas las entidades del Estado para combatir actores muy complejos de alcance internacional.

Es posible que el exvicepresidente Vargas Lleras subvalore la persistencia requerida para avanzar paso a paso, aunque es urgente reconocer lo poco que se ha avanzado en todas las COP, incluidas las 29 sobre cambio climático y las 16 de biodiversidad, como lo plantea Manuel Rodríguez, al recordarnos que estas dos convenciones fueron firmadas masivamente en la Cumbre de Río en 1992 por 120 Jefes de Estado y 70 altos dignatarios, con la esperanza de solucionar estos problemas en un plazo de pocos años (Rodríguez Becerra, 2024).

La Convención de Cambio Climático proponía disminuir para el año 2000 los niveles de emisiones a los niveles de 1990 y desde allí irlos disminuyendo significativamente; hoy tenemos, 25 años después del año establecido como meta, que esa concentración ha crecido 18,5 %; en el caso de la pérdida de la biodiversidad, se estimaba factible frenar y eliminar totalmente la deforestación en pocos años, pero, desde 1992 se han adicionado más de 420 millones de hectáreas arra-

5. El Proyecto de Ley 150/2024c de Promoción de la Agroecología fue lanzado en octubre 2024 en el primer día de la COP16; tiene como objetivo declarar de interés nacional la promoción, desarrollo y transición a la agroecología en el país. La ley también conforma la Dirección Nacional de Agroecología y Agricultura Campesina, Étnica, Familiar y Comunitaria, y define los lineamientos para la construcción de la Política Pública de Agroecología. Además, establece estrategias de apoyo e incentivos técnicos, económicos y políticos para la producción, comercialización, transformación y consumo de productos agroecológicos en el territorio nacional (Proyecto de Ley número 150 de 2024 Cámara, por medio de la cual se declara de interés nacional la promoción y el desarrollo de la Agroecología y se dictan otras disposiciones., 2024).

sadas y el 73 % de la fauna silvestre se ha perdido.

"El Fondo Cali", también creado en esta COP16, se estableció para asegurar que las comunidades ancestrales y locales puedan recibir aportes de los beneficios que se obtengan de la información digital genética y obtengan algún beneficio económico de la biodiversidad a través del pago por el uso de esa información por las compañías farmacéuticas y de biotecnología, equivalente al 1 % de sus utilidades o el 0,1 % de sus ventas.

Este logro es una victoria a medias puesto que la creación del fondo se realizó contra fuertes presiones negativas de grandes corporaciones multinacionales, pero, sin presupuesto real y además con un porcentaje de participación muy pequeño; si bien posteriormente se han subsanado los procedimientos jurídicos, lo que es evidente es la desproporción de las ganancias.

Si bien se instaló el *Fondo Cali* y se abrió una "cuenta" de 200.000 millones de dólares, que debe ser completada hasta 2030, queda la sensación de que fueron los intereses de las grandes corporaciones para acceder a la biodiversidad lo que primó en la discusión. Lo claro es que en el mundo está pendiente el deber de ampliar esta discusión a la visión de los ecosistemas como unidad de análisis de los servicios que prestan y hacer una nueva estimación de su valor para la vida.

En consecuencia, la economía ecológica debe reemplazar a la economía neoclásica convencional, que sólo considera algunas "externalidades" e ignora a propósito la mayoría de bienes y servicios naturales. International Panel of Biodiversity and Ecological Services (IPBES) ha adelantado recientemente sobre estos temas, pero falta bastante recorrido.

Adicionalmente, se podrían recaudar, según Juan Camilo Cárdenas (2024), alrededor de 1.000 millones de dólares anuales, cifra infinitamente inferior a la decisión de invertir alrededor de 200.000 millones cada año en la conservación de la biodiversidad, lo cual revela lo dramáticamente lejos que estamos de contar con una visión compartida de la suerte del Planeta (Cárdenas, 2024).

Esta situación da cuenta, a su vez, que se está consolidando el círculo vicioso consistente en que los países más industrializados, localizados en el hemisferio norte, aunque están sufriendo cada vez más los efectos climáticos, continúan concentrando en ellos mismos los recursos requeridos para su mitigación; igualmente, ilustra una derrota crónica, hasta que por fin, algún día, se supere la prevalencia de los subsidios perversos a los cuales se refiere la meta 18 de Kunming-Montreal, que no se pudieron desmontar.

Genera miedo y desconcierto que al revisar el cumplimiento de las 23 metas acordadas en la COP 15 de Kunming Montreal, se encuentra que sólo 33 países, de los 196 firmantes de ese compromiso, han presentado sus estrategias y planes nacionales concretos de acción para proteger la biodiversidad y la naturaleza.

El otro gran vacío es el compromiso financiero para sacar adelante el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), pues enfrenta un faltante de 700 mil millones de dólares hasta el 2030; además, el insuficiente recurso remanente es asignado *a priori* y en buena parte a burocracias internacionales y nacionales en los centros de los países. Tan preocupante situación es agravada por el énfasis de los países más avanzados económica y tecnológicamente en invertir ingentes sumas de dinero en guerras, ejércitos, armamentos y

fortalecimiento de sus propias economías.

Se podría decir que se avanzó también al establecer de manera más explícita la relación entre el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad, con ejemplos contundentes como el de la Amazonia, en la cual estamos llegando al punto de no retorno de su capacidad de generar lluvia en la región Andina y de captura de CO₂, para convertirse en un emisor neto de este gas de efecto invernadero.

Al respecto, Eneas Salati, el agrónomo que descubrió los "Ríos Voladores de la Amazonia" (Albergaria, 2022) y Carlos Nobre, el meteorólogo que los ha estudiado y comprendido a cabalidad, sostienen que nos estamos acercando al punto de no retorno, que ocurriría al alcanzar el 25% de deforestación de la selva amazónica; después de sobrepasar este umbral el daño es irreversible, pues la selva de la Amazonía se convertiría gradualmente en sabanas, con consecuencias funestas para la región Andina como la pérdida de los "Ríos Voladores" que abastecen buena parte del agua a ciudades tan importantes como Bogotá (Nobre et al., 2023).

Esta grave crisis debería ser el detonante para que dentro de nuestros propios "países andinos" construyamos una estrategia de protección de la Amazonia en conjunto con los "países amazónicos" para garantizar que nuestro continente mantenga sus grandes riquezas naturales y ambientales, por lo que, en ese sentido, es urgente establecer un *Acuerdo Amazónico Americano*.

Si bien la COP16 avanzó en la comprensión de la relación entre el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, es necesario en países como Colombia que introduzcamos urgentemente la contaminación ambiental

como un factor decisivo en la pérdida de diversidad biológica y también en la gran alteración del clima, como lo atestiguan los efectos terribles del mercurio ilegal y del cianuro legal en la extracción del oro en ríos colombianos como el Nechí, Cauca, San Jorge y de muchos otros en la Amazonía, con graves daños a los ecosistemas y a la salud humana, como acontece con las aproximadamente 2.000 personas que asisten semanalmente a Sincelejo (Departamento de Sucre) a que les apliquen diálisis por la pérdida de las funciones de sus riñones a causa de la ingestión de mercurio en el agua que beben y en los peces que consumen. Las ciénagas, cargadas de mercurio, además de no proveer alimentos seguros, pierden su biodiversidad y su capacidad de captura de carbono, que es muy superior a la de los ecosistemas terrestres.

Las Otras COP

En esta sección del artículo nos referiremos a las tres COP alternativas organizadas directamente por la sociedad civil: la *COP Ciudadana*, realizada con un método innovador en la ciudad de Yumbo y dirigida principalmente a niñas, niños y jóvenes, que habitarán plenamente como ciudadanos el siglo 21, en cuyo marco se realizó la *Juntanza Ambiental*; las otras dos COP se realizaron en la *Zona Verde de Cali*: la *COP Alternativa*, enfocada en los ríos y las ciénagas; y la *COP DiverGente*, con énfasis en diferencias conceptuales y reclamos sobre algunos proyectos. Si bien estos tres encuentros ciudadanos concebidos como COP fueron reconocidos por el MADS, actuaron independientemente, como demostración de la salud democrática ambiental. Estos esfuerzos de la ciudadanía estuvieron totalmente identificados con la consigna de contribuir a la construcción de conocimiento y posición política acerca de la biodiversidad y merecen resaltarse por que constituyen

búsquedas valiosas en el camino de una nueva forma de relación de la sociedad como parte de la naturaleza. Estos encuentros fueron complementados con el ciclo de conferencias y demostraciones de avances en temas como la agroecología, realizadas en la sede Palmira de la Universidad Nacional de Colombia.

Sobre estas tres COP Ciudadanas, alternativas y divergentes, hacemos un breve recuento, con el pretexto de que, al lado del paradigma predominante, que en el caso de la COP16 oficial fue el de los "Objetivos de Desarrollo Sostenible" y la consolidación de las áreas protegidas como estrategia fundamental de la protección de la biodiversidad, siempre empiezan a florecer los paradigmas del futuro, según Kuhn (Kuhn, 2013), dentro de los cuales encontramos propuestas diferentes de sociedad, que no son el capitalismo a ultranza, ni el comunismo de propiedad estatal de los medios de producción, que ya no existe, ni crear más parques naturales, sino atrevernos a pensar nuevas formas de relación entre los animales humanos y el resto de la naturaleza de la cual somos parte.

COP Alternativa con énfasis en los ríos

La *COP Alternativa* fue realizada durante 10 días, del 21 al 30 de octubre de 2025, en la Universidad Católica en Cali y focalizó su reflexión sobre el agua, los ríos y las ciénagas, con fuerza sobre las cuencas del río Magdalena y el río Cauca. Alrededor de 500 personas asistieron en diferentes momentos; se hicieron presentes procesos de los ríos Amazonas, Atrato, Bogotá, Caquetá, Cauca, Palo, Patía, Putumayo, San Juan, Sinú y Soacha. También movimientos sociales del Macizo Colombiano, al igual que del Alto, Medio y Bajo Magdalena y de los Páramos Santurbán y Guerrero.

Durante la última semana de esta COP16 se contó con la presencia de delegaciones internacionales de países como Argentina, Bolivia, Chile, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, República Dominicana y Uruguay. También acompañaron *International Rivers* y el Consejo Mundial de Iglesias, que reúne 40 congregaciones de las iglesias católica, protestante, anglicana, musulmana y taoísta, principalmente.

Según Adolfo Bula, uno de los organizadores, "La COP16 Alternativa es un espacio donde los actores del territorio tienen la palabra, especialmente los procesos de los ríos"; entre los cuales participaron los procesos ambientales y climáticos más importantes del país, como lo son la lucha de los pobladores de ASOQUIMBO, el proceso de las comunidades de la Isla Gorgona, las comunidades de Santurbán, los pescadores artesanales del medio Magdalena y Barrancabermeja, los pequeños mineros de San Roque, las poblaciones de Jardín, las luchas del Canal del Dique, los procesos del Bajo Magdalena, especialmente de Concordia, El Banco, Pinto, Plato, Santa Bárbara de Tenerife, San Zenón y Zapayan, y los habitantes y pescadores del Delta del Atlántico.

El río Magdalena, a través de sus voceros, ha sido protagonista de la COP16

La agenda se prolongó porque hasta el último día llegaron procesos ciudadanos a Cali. En el Centro Comercial Punto 14 se vivió una experiencia espectacular sobre la COP16 con los comerciantes y vecinos de este conglomerado, con charlas en todos los locales, la cuadra y las dos esquinas del centro comercial.

La COP DiverGente

Imagen 1. Afiche COP DiverGente. Cumbre ambientalista Ciudadana y Autónoma



Convocan:



Fuente: Entidades convocantes (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024)

La COP DiverGente o Cumbre Ambientalista, Ciudadana y Autónoma, con una asistencia de 120 líderes ambientalistas y sociales, fue realizada durante los días 25, 26 y 27 de octubre de 2024, rodeada de unos árboles maravillosos, en la Institución Educativa Multipropósitos ubicada al suroccidente de Cali. Las organizaciones convocantes son: Acción Colombiana por la Soberanía Ambiental (ACOLSAM), Comité para la Defensa del Agua y el Páramo de Santurbán, Corporación Com-

promiso, Escuelas Populares Ambientales, Escuela Sindical y Popular Raúl Eduardo Mahecha, Ekoinc, Fraternal y Revolucionarias, Fundación Biodiversidad, Fundación Huella de Agua, Fundación Pangea, Grupo de Derecho y Política Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia (Bogotá), Grupo de Pensamiento Ambiental Sur "Augusto Ángel Maya" de la Universidad Nacional de Colombia (Manizales), Ideó, Indepaz, Instituto para la Igualdad de Oportunidades, Magna, Movi-

miento Cívico Conciencia Ciudadana, Multipropaz, Niwi Zak, Poder Negro, Red Juvenil de la Amazonía y Salvemos Gorgona.

Estas organizaciones aparecen con afirmaciones como:

“Los países en desarrollo están siendo expoliados. El ADN digitalizado de la biodiversidad sustenta los descubrimientos científicos y el crecimiento económico. Pero los países en desarrollo no se benefician equitativamente de estos avances, a pesar de albergar una riqueza extraordinaria” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Esto, proviene del secretario de Naciones Unidas, concluyendo que “La COP16 está muy lejos de resolver estos desequilibrios”. A pesar de los discursos encendidos con el lema “Paz con la naturaleza”, la COP16 corrobora que es “una fase más de la mercantilización de la naturaleza y de nuestra diversidad cultural y biológica, contra los derechos de exclusiva soberanía de nuestros Pueblos” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

De esta manera, los organizadores y convocantes declararon que:

“estamos en contra de la biopiratería, como apropiación por parte de las corporaciones transnacionales de los beneficios financieros del uso de la información de secuencias digitales sobre recursos genéticos; insumo de la biotecnología farmacéutica, del mercado agroquímico, así como de armas biológicas y patógenos contra las luchas de los pueblos, por parte de las 2 grandes potencias del norte global” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

La *COP DiverGente* tiene como antecedentes, entre otros:

“la más poderosa movilización ambientalista ciudadana reciente en Colombia, que es la defensa del agua y del Páramo de Santurbán, que se aúna a la lucha por una política autónoma del agua donde se respete el manejo de las fuentes abastecedoras por las comunidades; la lucha contra la mafia azucarera del valle geográfico del Cauca; la defensa del Macizo Colombiano y de ríos de Colombia como el Magdalena, el Cauca y el Atrato; y de las selvas, como la Amazónica y el Chocó Biogeográfico, en unión indisoluble con sus pobladores, sometidos al etnocidio y al ecocidio” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Dentro de los antecedentes más inmediatos de este proceso está la defensa de la Isla Gorgona, para impedir la construcción de obras militares de una estación guardacostas, sobre la cual lograron orden judicial de suspensión de la cuestionada licencia ambiental. Desde esta perspectiva, la naturaleza es la fuente de los bienes indispensables para la vida. No están de acuerdo con el “Cambio de la deuda externa por naturaleza” formulada en 1989 por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL). Lo esencial son los pueblos indígenas, afrocolombianos, raizales, pueblo Rrom y campesinos, con sus derechos inalienables, individuales, colectivos, territoriales y de autodeterminación, protagonistas insustituibles, quienes en primer lugar pueden defender la naturaleza y sus propios derechos contra el colonialismo y el neocolonialismo.

En este sentido y en sus palabras, el contexto de:

“la nueva revolución tecnológica, energéti-

ca, del capitalismo, ante el declive, a un plazo determinado, de los combustibles fósiles, las potencias imperialistas y geopolíticas se disputan a dentelladas las zonas de influencia y los recursos naturales del Planeta para lograr el despliegue del control de los recursos naturales y sus fuentes, bajo relaciones neocoloniales de extractivismo, con la participación de las clases dominantes locales" (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Y continúan:

"No es propósito del capitalismo 'salvar el planeta', ni cesar su condición depredadora de los seres humanos y de la naturaleza. Los mares son el medio fundamental, en más de un 90%, de la comunicación, de las relaciones comerciales y militares en el mundo; por lo cual las rutas y las vías interoceánicas, actuales o potenciales, tienen un lugar privilegiado en la 'estrategia marítima y militar de los EE. UU. En el 'Corredor Marítimo Ecuatorial Oriental, que incluye el archipiélago ecuatoriano de las islas Galápagos, Malpelo y Gorgona de Colombia, Coiba de Panamá, Coco de Costa Rica, el Comando Sur de los EE. UU. impulsa un proyecto regional con extensión al Mar Caribe (sobre la región ístmica del continente); que, en Gorgona, como en todas partes, viola los derechos territoriales de los Pueblos ancestrales, su exclusiva soberanía y conduce al ecocidio" (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Según la COP DiverGente, "La COP16 está muy lejos de resolver estos desequilibrios". A pesar de los discursos encendidos con el lema "Paz con la Naturaleza", la COP16 corrobora que es una fase más de la mercantilización de la naturaleza y de nuestra diver-

sidad cultural y biológica, contra los derechos de exclusiva soberanía de nuestros pueblos. Las declaraciones de la ministra del MADS de Colombia son reveladoras:

"Lo que proponemos de fondo, -dice ella-, es un nuevo pacto financiero, por eso invitamos al sector privado a construir de la mano un modelo sostenible que ponga en el centro el cuidado de la naturaleza y potencie las oportunidades que surgen de ella; esperamos que este portafolio sea un incentivo de capital y de avance para todos los sectores; sobre todo, para movilizar desarrollo regional y liderazgo global" (Muhamad, 2024).

Y agrega: "Este portafolio debemos traducirlo en tres monedas: biodiversidad, carbono y divisas fuertes", definiendo la COP16 como una "feria de economías" (Muhamad, 2024).

La COP DiverGente señala la "unión indisoluble de los seres humanos con la naturaleza. La naturaleza es la fuente de los bienes indispensables para la vida. Por esto somos ambientalistas. ¿Puede acaso realizar un pacto de "Paz con la Naturaleza", una civilización o una sociedad, carentes de solidaridad, ¿que no respetan la vida humana ni su entorno natural? ¿Una civilización definida por el hambre, la miseria y la destrucción de la naturaleza!" (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Continúan:

"En la cuenca amazónica, estratégica para el equilibrio climático del Planeta, continúa la ofensiva brutal de los terratenientes y ganaderos, de los megaproyectos de transnacionales extractivistas, con la deforestación y la destrucción de la selva, en contravía de los Pueblos originarios. Coincidimos en la defensa de la unidad

transfronteriza de todos los Pueblos, para que la exclusiva soberanía popular sea internacionalista. La seguridad y soberanía alimentarias y nutricionales, deben enmarcarse dentro de las políticas para la sobrevivencia digna de la humanidad, enfocando sus planes, programas y actividades en la mejora continua de las condiciones de existencia dentro del derecho a una vida digna, planes fundados en el derecho de los Pueblos a definir sus propias políticas agrarias, de producción, distribución, consumo; con capacidad de autoabastecer, autónoma y adecuadamente a sus comunidades; las actividades, en la asociatividad campesina y de Pueblos étnicos, deben promover la formación y capacitación permanentes, vinculadas y encaminadas al desarrollo de la economía solidaria, base fundamental para la construcción del poder popular. (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Respecto al panorama internacional, plantean que:

“Nuestro alineamiento y solidaridad es con todos los Pueblos, como hoy con el Pueblo Palestino sometido a un genocidio. No bastan algunas acciones diplomáticas plausibles, como la ruptura de relaciones con el gobierno de Israel por el genocidio al Pueblo Palestino; ni los discursos y declaraciones por la paz. La coherencia es indispensable y Colombia debe salir de la OTAN, de la subordinación al Comando Sur, renunciar a la Fuerza Marítima Combinada que bajo el mando de los EEUU opera hoy en el Oriente Medio y excluir cualquier posibilidad de acuerdo militar con las potencias geopolíticas mundiales” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Y en cuanto a los planteamientos políticos partidistas, señalan que:

“Ante las preocupantes acechanzas de la ultraderecha orientadas a desestabilizar y ejecutar un plan fascista, estamos del lado de la alternativa gubernamental representada por el Pacto Histórico, sin deponer nuestros planteamientos críticos en especial en materia de políticas ambientales. Defendemos esencialmente el mandato popular expresado en las urnas y exigimos coherencia” (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

Para finalizar, proponen un objetivo inmediato de:

“Articular una alianza ciudadana, autónoma del gobierno y sus instituciones. Demandamos a los gobiernos el cumplimiento de sus obligaciones sociales y la garantía efectiva de los derechos de la sociedad civil. Nuestra acción busca articular expresiones organizadas ambientalistas y sociales existentes, para potenciar la defensa de los derechos humanos, los derechos de los pueblos indígenas, afrocolombianos y campesinos y los derechos de la naturaleza. Buscamos construir un proceso para sumar voluntades y poderes ciudadanos, consensuar objetivos y concertar iniciativas de movilización en torno de propuestas que surjan del debate y el consenso, en medio del disenso creador. Proponemos hoy fortalecer un proceso de movilización, de debate y acción. Con una perspectiva de lucha contra los modelos económicos depredadores de la naturaleza y los seres humanos. Un esfuerzo cultural de primer orden debe ser realizado con la infancia y la juventud, para superar los paradigmas dominantes que nos han conducido a la crisis y a la guerra. ¡Nuestra

lucha es por la vida y por los derechos!" (COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma, 2024).

La Juntanza Ambiental

Como preámbulo a la COP16 Ciudadana, durante los días 19 y 20 de octubre de 2024, promovida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se realizó en el Colegio Mayor de Yumbo la "Juntanza Ambiental por la Biodiversidad", en la cual participaron alrededor de 400 líderes y lideresas de organizaciones defensoras de la vida y veedurías ambientales, quienes pudieron asistir gracias al apoyo económico del Sistema Nacional Ambiental (SINA), a través del Fondo Socioambiental EMERGER.

"Ante la policrisis generada por los modelos de desarrollo capitalista, colonial y patriarcal, que ponen en riesgo crítico la sostenibilidad planetaria", se definieron nueve puntos imperativos para lograr la "Paz con la Naturaleza", bajo el lema "La Vida no es Mercancía", que se enviaron a la ministra del MADS de Colombia que fungió como presidenta de la COP16.

A continuación, se presenta la síntesis de los conceptos más relevantes:

Mandato Común para Vivir en Paz con la Naturaleza

Como resultado de la "Gran Juntanza Ambiental por la Biodiversidad", realizada el 19 y 20 de octubre de 2024 en Yumbo, Valle del Cauca, más de 400 líderes, lideresas, defensoras de vida, organizaciones, colectivos y veedurías de distintas partes del territorio colombiano concertamos varios puntos a partir del intercambio de experiencias, la construcción de agendas colectivas y el diálogo de saberes. Ante las múltiples crisis generadas por los modelos

de desarrollo capitalista, colonial y patriarcal, que ponen en riesgo crítico la sostenibilidad planetaria, se definieron los siguientes puntos que consideramos imperativos si se quiere lograr la paz con la naturaleza.

Las organizaciones representadas en esta Juntanza:

1) "Mandatamos la protección urgente del agua, sus ecosistemas de soporte y biodiversidad, reconociendo a las comunidades como sujetos centrales en su ordenamiento y manejo. Este nuevo ordenamiento integraría una planificación ambiental, territorial, social, productiva y vinculante, priorizando la vida y el carácter público del agua como bien común y derecho fundamental. Es imperativo liberar los territorios de la captura corporativa de multinacionales y empresas privadas que generan apropiación, privatización y desabastecimiento. Proclamamos la urgencia de políticas eficaces de protección, conservación y restauración participativa de todos los ecosistemas estratégicos y vitales para la sustentabilidad planetaria, frente a las graves dinámicas del crecimiento capitalista y neocolonial" (Juntanza Ambiental, 2024).

2) "Mandatamos que se ejerza una gobernanza socioecológica, popular y comunitaria, con roles y funciones claramente definidos. Esta gobernanza, a través de comités locales de seguimiento y otros mecanismos de participación, deberá actuar como un puente entre las comunidades y el Estado en la toma de decisiones ambientales, los derechos humanos y el reconocimiento de los derechos de la naturaleza como pilar fundamental para la preservación de la biodiversidad y la lucha contra su degradación, consecuencia de

los daños y pérdidas causados por modelos de desarrollo que generan graves efectos en el cambio y la variabilidad climática planetaria. Por ello, proponemos ampliar los procesos de participación, consulta previa y consulta popular hacia otras comunidades y pueblos, con metodologías concertadas, contextualizadas y vinculantes, como pilares fundamentales de la participación efectiva del constituyente primario en la toma de decisiones que afectan a las comunidades, en el marco del Estado Social de Derecho." (Juntanza Ambiental, 2024).

3) "Mandatamos e instamos al reconocimiento de las epistemologías basadas en sistemas de conocimiento y prácticas de los pueblos y comunidades indígenas, afrodescendientes, populares y campesinas como principio para atender un mundo en crisis y encontrar alternativas y desarrollos posibles para el cuidado de la biodiversidad. Las comunidades hemos sido guardianas de la biodiversidad sagrada, coexistiendo en armonía con la naturaleza históricamente. En este sentido, proponemos que se integren nuestros saberes, propuestas, visiones y tecnologías, pues estas recogen conocimientos para la vida y preservación de las relaciones entre ecosistemas y seres humanos bajo una lógica de bienestar común, justicia ambiental y no mercantilización de la vida" (Juntanza Ambiental, 2024).

4) "Mandatamos desde el país con mayor número de asesinatos contra líderes y lideresas ambientales, defensores de la tierra, la prevención de las violencias y la protección irrestricta e inmediata de la vida de todas y todos quienes defendemos la vida y los territorios; así como la construcción de los planes de acción y la generación de las garantías necesarias para el

ejercicio seguro de la defensa del ambiente y el cumplimiento del Acuerdo de Escazú. Es imperativo incluir sistemas de control, vigilancia, quejas y medidas disciplinarias del Estado que garanticen el cumplimiento estatal de los roles en la salvaguarda de los liderazgos, eliminar las barreras y fortalecer el Acuerdo de Escazú, sin tergiversar sus contenidos ni traducirlo a interpretaciones institucionales descontextualizadas. Instamos también a avanzar de manera decidida en la prohibición absoluta del uso del glifosato y articulación con organismos internacionales para la protección de la vida y los territorios" (Juntanza Ambiental, 2024).

5) "Mandatamos que, en nombre de la transición, no se sacrifiquen territorios y sistemas de vida. El respeto de los derechos humanos, colectivos, ambientales y de la naturaleza es esencial. En este sentido, proponemos que se establezca una transición energética justa, cultural, adaptativa, sustentable, descarbonizada, participativa, con educación y pedagógica, en aras de hacer paz con territorios y ecosistemas afectados. Proclamamos que la transición energética esté conformada por: soberanía alimentaria, autonomía energética, esquemas de producción agroecológicos, procesos de formación comunitaria para la transición y estilos de vida regenerativos" (Juntanza Ambiental, 2024).

6) "Mandatamos adoptar políticas efectivas y crear regulaciones detalladas sobre el tipo, alcance y condiciones de actividades extractivas permitidas, limitando aquellas que pongan en riesgo los elementos vitales como el agua y la biodiversidad. Adicionalmente, proponemos crear fondos de reparación de daños ambientales que financien la recuperación de los bienes

comunes afectados. En este sentido, las inversiones nacionales deben estar alineadas con el bienestar de las comunidades y los derechos de la naturaleza. Es prioritario permitir que las comunidades administren y cuiden los bienes comunes, sin que continúe burocratizándose el acceso al financiamiento de la biodiversidad a través de organizaciones externas y corporaciones transnacionales" (Juntanza Ambiental, 2024).

7) "Mandatamos que se regule el modelo de expansión y crecimiento urbano e industrial, por sus tendencias insostenibles y extractivistas, con un consumo sin control y una gestión desconectada de la estructura ecológica y las dinámicas ambientales. Este modelo genera presiones excesivas sobre los ecosistemas y la biodiversidad. En este sentido, proponemos que se cumpla el ordenamiento de las ciudades alrededor del agua y se potencien modos de vida regenerativos, de bajo consumo y baja huella ecológica, que permitan recuperar el buen vivir en armonía con la naturaleza, desde una ética de la biocidad. Es necesario sostener a través de sistemas de conocimiento popular, ancestral y tradicional que incluyan nuevas construcciones sustentables e interconectadas con el territorio, el fortalecimiento de procesos comunitarios para la paz urbana con la naturaleza, la salud pública y ecológica, la garantía de derechos fundamentales y las necesidades básicas cubiertas para toda la ciudadanía" (Juntanza Ambiental, 2024).

8) "Mandatamos la prohibición absoluta del fracking en todos los territorios y la regulación y abandono progresivo de prácticas mineras que emplean sustancias altamente contaminantes, como el cianuro y el mercurio, debido a sus impactos nega-

tivos e irreversibles en el ambiente, la salud pública y los derechos humanos de las comunidades afectadas. Reconocemos que estas técnicas de extracción no solo contaminan y agotan las fuentes de agua, sino que además provocan daños al suelo, aumentan el riesgo de sismos y contribuyen a la crisis climática. Exigimos que el Estado adopte alternativas energéticas sostenibles en una transición justa que respete la autodeterminación de las comunidades y priorice su bienestar. Proponemos la creación de políticas que incentiven la inversión en energías limpias, fortaleciendo la participación comunitaria y garantizando la restauración de los ecosistemas degradados" (Juntanza Ambiental, 2024).

9) "Mandatamos que se realice una reestructuración participativa de los estudios de impacto ambiental realizados por las empresas extractivas en todo el territorio nacional, involucrando a las comunidades directamente afectadas. Asimismo, exigimos que se garantice la reparación de los daños y pérdidas ocasionados por este modelo extractivista, priorizando la justicia ambiental y la protección de nuestra biodiversidad y de los derechos de las comunidades afectadas. Además, debe frenarse el financiamiento de proyectos que saquen tierras, territorios, fomenten la especulación, las violencias y el despojo. Proponemos priorizar la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad, evitando la captura de tierras por intereses particulares. Igualmente, demandamos que se establezcan regulaciones sólidas y normas sobre créditos, bonos y tasas de interés, para que ningún inversionista en biodiversidad, realice transacciones que comprometan la vida" (Juntanza Ambiental, 2024).

“En la búsqueda de la justicia ambiental, la defensa de la vida y el territorio, seguiremos caminando, juntándonos y reconectando con los espíritus de la naturaleza ¡No pasarán! ¡La vida no es mercancía! Yumbo, Valle del Cauca, octubre 2024” (Juntanza Ambiental, 2024).

COP16 Ciudadana

Durante los mismos quince días de la COP16 oficial, se realizó en la ciudad de Yumbo la *COP16 Ciudadana*, en las acogedoras instalaciones del Colegio Mayor de Yumbo, con 5 hectáreas verdes, centro de alto rendimiento, coliseo de deportes y edificaciones educativas agradables arropadas por dos ceibas magistrales. Esta iniciativa ciudadana fue liderada por la Corporación Simbiosis en conjunto con la Fundación Alma, la Fundación Con Vida, la Alcaldía de Yumbo, el apoyo contratado de la Fundación Local (FLY) y la participación decisiva y muy activa de la Institución Educativa anfitriona, el Colegio Mayor de Yumbo. La *COP16 Ciudadana* estuvo integrada por tres componentes:

Feria Ambiental

En la *Feria Ambiental*, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) presentó las nuevas tecnologías de extracción del oro sin usar mercurio, incluso con una mayor eficiencia, ya que se logra pasar del 46 % de extracción con el uso de este neurotóxico a un 85 % de captación del metal precioso, que han sido probadas con comunidades campesinas; al respecto, la Fundación Con Vida apoya un proceso interinstitucional para contribuir a la solución del grave problema ambiental y de salud pública generado por la utilización de este contaminante en la minería del oro en Colombia.

ESAPETROL, pequeña empresa tecnológica

colombiana, presentó la re-refinación de aceites lubricantes usados en motores como una estrategia efectiva de disminución del uso del petróleo virgen, protección de ecosistemas acuáticos y solución para la contaminación del agua y la naturaleza.

Circo La Alegría de Ser Parte de la Naturaleza

Establecido en el coliseo de baloncesto del colegio, acondicionado con telas de colores que asemejaban una carpa circense, con una pantalla gigantesca de 6 metros x 4 metros, un equipo de sonido envidiable y cerca de 700 sillas, que permitieron ofrecer 23 funciones de manera grata, lúdica y retadora a las mentes de todos los asistentes, que acogieron aproximadamente a 16.000 jóvenes, niñas y niños de todos los colegios públicos y algunos de los privados, así como aproximadamente unas 500 personas adicionales.

El experimento innovador de pedagogía consistió en combinar una presentación académica, rigurosa en los conceptos pero atractiva pedagógicamente, sobre los grandes problemas y retos ambientales y sociales del mundo en el siglo 21, con actos reales de circo realizados por excelentes malabaristas y equilibristas, lo que permitió atraer de manera permanente las mentes curiosas de las niñas, niños y jóvenes del sistema público de educación del municipio de Yumbo, un porcentaje importante de los de educación privada y centenares de personas de más edad.

El Circo Temático “*La Alegría de Ser Parte de la Naturaleza*” constituyó una exploración, un experimento pedagógico de invitación a discutir y comprometerse con temas profundamente vigentes, pues se intercalaron las presentaciones de ideas y conceptos en torno a la policrisis planetaria actual, a la

Imagen 2. Circo La alegría de ser parte de la naturaleza



Fuente: Archivo de Carlos Hildebrando Fonseca Zárate. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

realidad colombiana y sus posibles soluciones tanto a nivel personal como colectivo, con actuaciones de acrobacia y malabarismo de la calidad del Circo del Sol, cada una de aproximadamente tres minutos; se logró capturar el entusiasmo y concentración breve pero de alta calidad de los asistentes por espacio de hora y media; y se estableció un diálogo muy participativo con los jóvenes no sólo sobre los tres factores ambientales de cambio climático, pérdida de la biodiversidad y contaminación ambiental, sino también sobre el crecimiento de la inequidad planetaria y la tendencia hacia el autoritarismo, que configuran un mundo complejo en el siglo 21 y exigen, por tanto, un cambio cultural fuerte.

La experiencia pedagógica fue muy enriquecedora y plena, pues la alegría y entusiasmo de los niños y jóvenes así lo manifestó. Los profesores acompañantes consideraron muy positivo el experimento pedagógico.

A continuación, se presenta un sucinto contenido de los temas que se desarrollaron, siempre soportados con mapas y gráficas

pertinentes para familiarizar y ubicar geográficamente a los participantes. Cada función duraba una hora y treinta minutos, ¡Tiempo que pasó muy rápido!, intercalando aproximadamente cada tres minutos cada uno de los siguientes temas:

- 1) Acto de acrobacia de bienvenida: sesión de *slack line*, cuerda o banda flexible, en el cual un acróbata de gran experiencia salta sobre la banda elástica y rebota en diferentes formas, demostrando gran equilibrio y agilidad. Bienvenida por el maestro de ceremonias, que explica que el Circo Temático consiste en la demostración tanto de habilidades y proezas físicas como mentales, en las cuales los asistentes participaron con sus respuestas, algunas de las cuales recibieron como premio una nariz de payaso, que fue muy bien recibida. Una presentación de cada tema apareció con dos o tres láminas o imágenes en una pantalla gigante de 6 x 4 metros, permitiendo una gran vista de cada aspecto tratado. La presentación se realizó de manera breve, con lenguaje comprensible, con 3 minutos por tema académico y 5 minutos por cada acto circense.
- 2) El marco global: la sociedad actual, de grandes avances científicos y técnicos, aunque de gran consumo suntuario, desperdicio y acumulación privada sin límite y su efecto climático; el aumento de la temperatura planetaria asociado a esta cultura y la necesidad de revisar nuestros hábitos de consumo. La experiencia de la moda desechable como ejemplo.
- 3) Evolución mundial en los últimos cuarenta años: la "Curva del Elefante", como resultado de la globalización y los cambios de políticas de desarrollo de países asiáticos como China, hacia el mercado; el 70 % de la población mundial ha

experimentado un crecimiento significativo de sus ingresos, que aunque eran muy bajos, permitieron salir de la pobreza crítica; un 10 % de la población ha sentido pérdida de sus ingresos, -como es el caso de los trabajadores de las empresas de fabricación de vehículos en Detroit-, y un porcentaje muy pequeño, menos del 1 % de la población mundial, experimentó un aumento gigantesco de sus ingresos, siendo un porcentaje de ellos empresarios innovadores visionarios y otros, poseedores de fortunas tradicionales que invierten en estos emprendimientos; vivimos en una gran paradoja del progreso, pues aunque se han disminuido las diferencias socioeconómicas a nivel global (convergencia); en cambio, una muy pequeña proporción de la población mundial ha incrementado dramáticamente su riqueza y su poder de control, pues dominan los sistemas de información y se separan aún más del resto de la población (caso de Elon Musk, por ejemplo).

4) China ha crecido abrumadoramente en los últimos cuarenta años aportando en la actualidad la mayoría de la contaminación causante del efecto invernadero, en lo cual los Estados Unidos era históricamente el mayor aportante. Asia en general juega un papel protagónico mundial y el eje de poder económico y político se ha movido hacia allá. Afortunadamente, China está modificando su producción hacia energías limpias y hasta el momento juega una estrategia de expansión comercial.

5) Las TIC y la inteligencia artificial: las Tecnologías de la Información y la Comunicación, el uso de artefactos electrónicos y la Inteligencia Artificial (IA), abren un panorama gigantesco de cambio que requiere mucha agudeza y sabiduría para entender que la información puede ser cierta o falsa,

que las máquinas pueden “controlar” sin discernir suficientemente o con criterios humanos. Por ello, es necesario dominar los datos y comprender adecuadamente en la época de la inteligencia artificial. El reto de los jóvenes del siglo 21 es no convertirse en esclavos de los videojuegos; ventajas y riesgos. La necesidad de combinar ejercicio físico con el intelectual.

6) Los Nueve Límites Planetarios de Johan Rockström: el planeta cuenta por lo menos con 9 límites (Rockstrom et al., 2021); de estos, hemos sobrepasado los siguientes seis: cambio climático, pérdida de biodiversidad, nuevas sustancias (120.000 se han producido en los últimos 50 años, de las cuales sólo conocemos parcialmente los efectos del 20 %), ciclos biogeoquímicos, afectación del mar, aguas continentales (azules y verdes). las explicaciones se realizan con ejemplos colombianos y del Valle del Cauca (quema de los cultivos, mercurio en la extracción del oro). Estos son los retos que tenemos como Planeta en el siglo 21 y en Colombia tienen expresiones específicas.

7) Consecuencias ambientales para América Latina: los “Ríos Voladores” provenientes de la Amazonia y la pérdida de humedad del suelo; su significado en América Latina y Colombia en particular. La importancia de la cobertura vegetal forestal o boscosa, tanto en la Amazonia como en los Andes y el Caribe.

8) Consecuencias ambientales para Colombia: se presenta el Mapa del Índice de Municipios Más Climáticamente Afectados (IMMCA) de Colombia, obtenido a partir de las estadísticas de declaratorias de emergencia y calamidad y del porcentaje de personas afectadas en cada oportunidad. Prácticamente, todo el Chocó, y,

Imagen 3. Circo La alegría de ser parte de la naturaleza



Fuente: Archivo de Carlos Hildebrando Fonseca Zárate. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

parcialmente, los departamentos de Nariño, Putumayo, Antioquia, Magdalena y La Guajira, además del norte de la región Andina y la Depresión Momposina. Los asistentes identificaron los nombres de los departamentos más afectados.

9) Micelio: significa la red que forman las raíces de los árboles y las hifas de los hongos, conformado como un sistema de comunicación subterráneo de la propia naturaleza. El acto de acrobacia de cuerdas y telas en altura simula este micelio. Gran exhibición de coordinación y capacidad corporal enredándose y desenredándose en la altura. Nuevos conocimientos de la ciencia que debemos adoptar, como el de captura de nitrógeno atmosférico, que se explicó también.

10) Combustibles fósiles y cambio climático: un galón de gasolina costaba en 2017 en Carolina del Norte U\$2,50 y generaba daños de U\$3,80 a la salud humana y a los cultivos comerciales, según el profesor Shindell; y si el combustible es diésel, el valor de la afectación es de U\$4,80. Si se agrega a ello la contribución al cambio climático y a la pérdida de biodiversidad, el daño aumentaría significativamente (Shindell, 2015). El mapa muestra que los países del hemisferio norte son los causantes principales, en tanto que los que sufren más las consecuencias son los del hemisferio sur. Urgencia de transición energética, dados todos sus efectos. Responsabilidad diferenciada.

11) Deforestación y conflicto de usos del suelo en Colombia: diferencia de emisiones del mundo y Colombia. A nivel mundial, en promedio, el 60 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), proviene de la fabricación de cemento, acero y plásticos, y de la generación térmica y el consumo de electricidad; en Colombia, la deforestación y las prácticas agropecuarias con énfasis en la ganadería extensiva explican el 60 % de los GEI. Requerimos cambiar nuestro modelo agropecuario que genera además grandes conflictos de uso del suelo; también debemos rediseñar nuestras ciudades, que son altamente congestionadas, contaminadas y contaminantes de los ecosistemas.

12) La importancia de la biodiversidad: Robert Costanza y su equipo nos enseñaron que mientras la humanidad entera produjo 75 trillones de dólares en el PIB mundial de 2007, ese mismo año la naturaleza (sin facturar como Shakira) generó entre 125 y 145 trillones de dólares en 17 grandes ecosistemas y 19 servicios ecosistémicos que no aparecen registrados en las cuentas nacionales. El mejor "negocio" económico y social es cuidar y regenerar ecosistemas, porque, además, nos dan enormes valores y beneficios estéticos y éticos.

13) Diversidad cultural: bailes regionales interpretados por estudiantes del Colegio Mayor de Yumbo. Destacada actuación.

14) Contribución de las mujeres al entendimiento del siglo 21: gracias a su liderazgo y compromiso con la Vida, las mujeres son fundamentales para un futuro sustentable. Se realiza una rápida presentación de las siguientes 18 mujeres, todas ellas esenciales en la comprensión de las dinámicas planetarias y de Colombia en el siglo 21;

entre estas, se explican cinco en detalle.

- » Rachel Carlson: La Primavera Silenciosa.
- » Lynn Margulis: Simbiogénesis.
- » Elinor Ostrom: Gobierno de los Bienes Comunes.
- » Adela Cortina: La Ética de la Vida y el Fastidio a los Pobres.
- » Victoria Spaicer: Desarrollo Sostenible: Oxímoron.
- » Vandana Shiva: Seguridad Alimentaria.
- » Kate Raworth: La Economía "Rosquilla".
- » Marianne Mazzucato: El Estado Emprendedor.
- » Carlota Pérez. Relación entre Innovación, Cambio Tecnológico y Desarrollo.
- » Alegría Fonseca: Defensa Parlamentaria del Bien Ecológico Común.
- » Esther Duflo/Abhijit Banerjee: Repensar la Pobreza.
- » Margarita Marino de Botero: Desarrollo Sostenible (Brundlandt) y Concejos Verdes.
- » Michele Bachelet: Democracia Real, Convivencia con la Naturaleza.
- » Greta Thunberg: La Adolescente que reclama un Mejor Futuro.
- » Francia Márquez Mina: Defensa Territorial Afrocolombiana.
- » Leonor Zabaleta: Defensa de la Naturaleza y los Indígenas.
- » Elsa Nivia. Los Doce del Patíbulo. Agroquímicos Tóxicos.
- » María del Carmen Zúñiga: Bioindicadores de la Calidad del Agua.

15) Visión de Naciones Unidas: los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas; breve explicación de una visión bien intencionada pero lineal e inercial.

16) Crítica a los ODS de Naciones Unidas: la crítica de Victoria Spaicer: Desarrollo Sostenible: ¿Un oxímoron? Al analizar esta-

dísticamente, con la herramienta de ACP -Análisis de Componentes Principales- y su expresión gráfica de flechas, encontró que el desarrollo de 120 países en los últimos 35 años resultó en que 13 de los ODS tienden hacia un mismo lado, pero los siguientes 3 hacia el costado contrario: la protección de los océanos, la protección de la cobertura forestal y las emisiones de CO₂, significando que para lograr unos objetivos hay que deteriorar necesariamente las restantes. Un desarrollo así no es sostenible, según los autores (Spaiser et al., 2017).

17) Desarrollo realmente sustentable: la "Economía de la Rosquilla" de Kate Raworth. La verdadera economía en el siglo 21 es una economía capaz de proveer una vida digna a todas las personas, pero sin transgredir los límites de la naturaleza, permitiendo su reproducción y regeneración permanente (Raworth, 2012). Es la mejor metáfora existente acerca del verdadero progreso.

18) Equilibrio dinámico: acto de acrobacia y malabares en monociclo con bolos y balón al tiempo, para recordarnos la importancia del balance sociedad-naturaleza en permanente evolución.

19) Importancia de las instituciones políticas y económicas: acto de acrobacia mental: Explicación en un minuto del libro de 800 hojas "¿Por qué fracasan las naciones?" de Acemoglu y Robinson (Acemoglu & Robinson, 2015). Clasificación de los países por sus instituciones políticas y económicas: las naciones con democracia política, libertad económica y normas transparentes son "exitosas"; las que tienen regímenes autárquicos y economías extractivas y monopólicas fracasan.

20) Realidad y perspectivas de Colombia: según Acemoglu y Robinson, Colombia es una democracia defectuosa, con gran inequidad social y económica, influencia del narcotráfico, violencia y cooptación regional de poderes, corrupción y "reprimarización" económica hacia la minería como lo demuestran las exportaciones (Acemoglu & Robinson, 2015). Agregamos que la violencia fratricida resultó en el mayor conflicto de usos del suelo del continente: 40 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería extensiva y deberían ser sólo 8; en cambio, en agricultura hay sólo 6 millones y podrían ser 20 o más millones de hectáreas. Sobre esa realidad debemos trabajar el gran número de colombianos que queremos construir un país justo, inclusivo, sustentable y resiliente en el mundo complejo del siglo 21. ¡Nuestra tarea es lograr la paz y la democracia verdaderas!

21) Biodiversidad y complejidad: Colombia no es el segundo o tercer país en biodiversidad, es el primero en concentración de la biodiversidad por kilómetro cuadrado, de manera significativa, pues Brasil tiene 6,5 veces más territorio continental e Indonesia cuenta con 65 % más territorio, ambos con aproximadamente la misma cantidad de especies vivas de Colombia; a lo que se debe agregar que Colombia figura como uno de los países menos conocedores de su diversidad biológica. Hay más densidad de biodiversidad por kilómetro cuadrado en la región pacífica que en la Amazonia; posiblemente tanto por sus condiciones climáticas como también por la dificultad de entrar a las regiones por la violencia existente en ellas y la falta de inversión en ciencia, tecnología e innovación, por lo que no hemos podido llegar a un nivel suficiente de conocimiento de nuestra diversidad natural, tanto a nivel de organismos como de poblaciones y ecosistemas.

Imagen 4. Circo La alegría de ser parte de la naturaleza



Fuente: Archivo de Carlos Hildebrando Fonseca Zárate. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

22) Problemas de la biodiversidad en Colombia: menos del 5 % de los ecosistemas en estado crítico en Colombia está representado en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), aunque contamos con parques muy extensos, especialmente en la Amazonia. Necesitamos invertir mucho más en ciencia, tecnología e innovación con diálogo de saberes, para establecer las bases sólidas de una bioeconomía que aproveche sustentablemente y éticamente los organismos; y de una economía ecológica que valore los ecosistemas y sus servicios para que entendamos que el respeto a la naturaleza y la vida silvestre es uno de los pilares de nuestra permanencia en el planeta. Igualmente, debemos reflexionar y potenciar figuras como las reservas naturales de la sociedad

civil, los distritos de manejo agropecuario sostenible con agroecología y sistemas agro silvopastoriles, junto a los parques, resguardos indígenas y reserva de fauna y flora, corredores/servidumbres de fauna y flora que permitan la conexión en todas las direcciones y topografías del país, porque una gran estrategia de adaptación es precisamente cambiar el modelo tecnológico de usos del suelo y permitir el tránsito libre de la naturaleza.

23) Geografía de la belleza de la vida en Colombia: se contó con dos mapas gigantes, extendidos en el piso del gran coliseo de deportes, para jugar con los jóvenes a localizar y ubicar sitios icónicos por su belleza y diversidad de la vida. Uno de los mapas, equipado con sensores electróni-

cos en lugares estratégicos de la geografía nacional por su hermosura y simbolismo, que activaban una presentación breve de cada sitio en la pantalla gigante, permitió caminar sobre el mapa y jugar, identificándolos al pisar los sensores. Los niños y jóvenes disfrutaron mucho esta actividad. El otro mapa, con la división política del país, sirvió para localizar, en un concurso de rapidez y precisión, los municipios más afectados por el cambio climático, que suman 223, de acuerdo a un estudio reciente del Fondo Adaptación y que se concentran principalmente en la región pacífica, el Putumayo, la zona norte de la región Andina y los departamentos del Caribe como Magdalena y La Guajira.

24) Bailes regionales de Colombia: interpretados con gran maestría y elegancia por las y los estudiantes del Colegio Mayor de Yumbo, permitieron señalar con arte la gran diversidad cultural colombiana.

25) Biodiversidad: las 23 Metas de Kunming-Montreal. Se presentan brevemente, señalando cinco de ellas: 1) La de 30 % de áreas protegidas o con manejo protector, en lo cual Colombia ha sido diligente en el papel, pues en la práctica la dificultad presupuestal y la situación real del país con actores legales e ilegales deforestando es otra realidad, que afecta hoy especialmente la Amazonia. 2) Las prácticas agropecuarias presentan un gran conflicto de usos del suelo, pues la ganadería extensiva ocupa 40 millones de hectáreas y debería ocupar sólo 8 millones por vocación de los suelos. 3) La financiación de la protección de la biodiversidad es irrisoria frente a la necesidad real; los fondos existentes y el propuesto Fondo de Cali, compiten por recursos muy por debajo de los necesarios. 4) El reconocimiento de los derechos de indígenas y afrodescendientes, tanto cultu-

ral como económico es todavía mínimo; el convenio de Nagoya debe firmarse por Colombia; se adelantó el replanteamiento conceptual pero el Fondo Cali nació desfinanciado. 5) Es imperativo eliminar los subsidios "perversos" existentes a nivel mundial a los combustibles fósiles y a la agricultura de monocultivos intensivos en químicos.

26) Simbiosis: ejercicio con seis aros de ula ula, de gran maestría en la creación de figuras de círculos que se entrelazan y en 4 minutos integran a los asistentes en el ejercicio conceptual que representa coordinación e interacción entre diferentes ámbitos o círculos.

27) Progreso y riqueza verdaderos en el Siglo 21: nuevas formas de entender y medir el progreso verdadero: el *Índice de Riqueza Territorial Sustentable* desarrollado por Carlos Fonseca (2018). Las riquezas territoriales: *Humana, Intelectual, Privada, Pública, Institucional, Natural y Ambiental* y la interacción entre ellas, se midieron en cada municipio colombiano, en un ejercicio estadístico elaborado por el autor, parecido al de Victoria Spaicer (2017), ya mencionado sobre los ODS y sus contradicciones, (Zarate Fonseca, 2018). Se encontró que cuatro riquezas apuntan hacia un lado: la humana, la intelectual, la privada y la pública; mientras, la riqueza natural y ambiental apuntó hacia el lado contrario. Esto significa que estamos "creciendo" a costa de afectar muy negativamente la naturaleza, que es la base fundamental de la vida y el bienestar. El desarrollo de Colombia debe ser diferente y es urgente cambiarlo, para proteger y regenerar los ecosistemas degradados, recordando el trabajo de Robert Costanza (1997), que encontró que la naturaleza aporta anualmente el doble del PIB que produce la humanidad.

28) Retos de Colombia en el siglo 21: en varias regiones de Colombia se está presentando con mucha fuerza la sinergia negativa de cambio y variabilidad climática, contaminación ambiental y pérdida de la biodiversidad. Tal es el caso de La Mojana, conformada como una región "Anfibia" generada por la confluencia de los ríos Cauca y San Jorge y su conexión con el Brazo de Loba del río Magdalena, con inundaciones periódicas, que requiere una visión que reconoce la convivencia de pescadores, agricultores y otros actores. Este tesoro anfibio de la naturaleza es afectado severamente por la contaminación proveniente de la minería legal e ilegal que se manifiesta en gran cantidad de sedimentos y de mercurio en las aguas, la concentración de la propiedad, la desecación de ciénagas para ganadería extensiva, los monocultivos de arroz, etc. *El reto es aproximarnos con Pensamiento Complejo, Investigación Acción Participativa y Diálogo de Saberes ante Dinámicas Regionales Complejas.* El mapa resultante de la estimación del Índice de Riqueza Territorial Sustentable (IRTS), indica que la región Andina reclama la *Prioridad de Intervención Regenerativa*.

29) Bola de cristal: demostración de gran pericia en el manejo de una gran bola de cristal, haciéndola rodar por el torso y los brazos para significar la adivinación del futuro.

30) ¿Qué hacer?: transición energética. Desde los combustibles fósiles y nucleares peligrosos hacia las energías renovables, reconociendo tanto sus ventajas como sus costos. Ahorro y uso eficiente de la energía y del agua; las comunidades energéticas como estrategias socioecológicas; el consumo responsable; el ordenamiento territorial alrededor del agua.

31) ¿Qué hacer?: transición agroalimentaria. En el caso de Colombia, en el corto y mediano plazo, la conversión de la ganadería extensiva y mal localizada a sistemas agrosilvopastoriles de ganadería regenerativa; la agroecología en reemplazo gradual de la agricultura con químicos tóxicos. En el mediano y largo plazo, el reemplazo de las especies bovinas por especies de menor tamaño y el uso sustentable de insectos como proteína animal en la alimentación, tanto de animales humanos como no humanos.

32) ¿Qué hacer?: geopolítica mundial. Exigir el reconocimiento real de la responsabilidad diferenciada entre los países emisores y los receptores de los efectos del cambio climático, que se debe manifestar en fórmulas como el cambio de deuda externa por protección de la naturaleza. En Colombia, disminuir la enorme inequidad socioeconómica, invertir mucho más en ciencia, tecnología e innovación orientada al uso sustentable de nuestra naturaleza y biodiversidad, la cual, por la concentración espacial tan alta, requiere enfoques mucho más complejos de Investigación Acción Participativa y Diálogo de Saberes al tiempo entrelazados con el conocimiento académico científico más avanzado.

33) ¿Cómo hacerlo?: esperanza, alegría, generosidad, empatía, cooperación, solidaridad para construir un mejor futuro en el Siglo 21, que requiere una gran sintonía y armonía entre la sociedad y la naturaleza, porque somos parte de ella, con paz y democracia verdaderas. ¡Gracias Yumbo por acogernos!

34) Péndulo gigante: gran acto final de malabarismo en el cual dos acróbatas hacen actos temerarios en un péndulo gigante de 10 metros de altura, girando

todo el tiempo, de manera similar al del Circo del Sol.

Así, en 33 momentos de alrededor de 3 minutos cada uno, para un total de hora y media de función, aproximadamente, 15.850 niñas, niños y jóvenes tuvieron la oportunidad de recoger muchos criterios e información de manera lúdica e intensa; el experimento pedagógico fue muy apreciado por los profesores y suscitó mucho interés y participación de los asistentes, aún con la limitación del tiempo puesto que los buses contratados para el transporte de los niños y jóvenes tenían muchas restricciones.

Se adaptó un gran gimnasio o coliseo de deportes que alberga una cancha profesional de basketball, con telas de colores que simulan un circo, para crear un ambiente festivo, de alegría de conocer más, de comprender el Siglo 21 en toda su complejidad, dificultades y riesgos, así como las oportunidades y alternativas, y afrontarlo con decisión, en paz y democracia. Un artefacto gigante consistente en una gran rueda giratoria que permitió malabares arriesgados completó el escenario, dotado de pantalla gigante y excelente sonido para presentar a todo color los diagramas y figuras de explicación.

Curso especial: Retos y tareas ciudadanas del siglo 21

El Curso Especial “*Los Retos y Tareas del Siglo 21*” fue dirigido a estudiantes de últimos años de secundaria, con una asistencia promedio de 35; profundizó los temas que se expusieron brevemente en cada función del Circo *La Alegría de Ser Parte de la Naturaleza*, adicionando algunos temas complementarios. Con estos estudiantes elaboramos parcialmente una *Agenda Ambiental Ciudadana* para Yumbo y otra para Colombia.

Dentro de la programación del curso, se destacaron dos sesiones más amplias, con asistencia de cerca de 100 personas cada una:

- *Conversatorio sobre Paz con la Naturaleza*, con los representantes del gobierno en el proceso de Paz Total en curso: Camilo González Posso, Vera Grabe y Armando Novoa.
- *Conversatorio en torno al “Agua, Ríos y Ciénagas”*, en el cual contribuyeron ampliamente la CRA –Comisión Reguladora del Agua y el Aseo– con su directora Ruth Quevedo y la Comisionada Nelly Mogollón; y los representantes de organizaciones y procesos en torno al río Cauca, Jorge Eliecer Rivera, y al río Magdalena, Juan Carlos Gutiérrez y Carlos Contreras.

Otra sesión extraordinaria fue la de las *Dimensiones Ética, Espiritual, Ciudadana y de Género*, en la cual tuvimos una sorpresa muy grata: el Representante de la *Plataforma Eco Espiritual de la Comisión Intereclesial*, Alirio Cáceres, nos brindó una actuación extraordinaria y magistral como MIMO, representando el dolor que siente un árbol al ser cortado con hacha. Pudimos sentir la caída y el dolor. Cada uno de los participantes nos brindó lo mejor de sí.

Destacamos la muy alta calidad de los expertos conferencistas de las diversas entidades y organizaciones participantes, con especial mención a la contribución del Servicio Geológico Colombiano. La lista de temas tratados y expositores es la siguiente:

Tabla 1. Programación Curso especial: retos y tareas ciudadanas del siglo 21

Fecha	Tema	Expositores
21 Oct. Lunes	La Importancia de la Naturaleza y la biodiversidad en el siglo 21 La COP 16. Alcances y limitaciones	Natalia Ruiz, PhD. Vicerrectora Universidad El Bosque. Patricia Torres, PhD. Universidad El Bosque. Virginia Roa, MSc. Universidad El Bosque. Saulo Usma, WWF Colombia
22 Oct. Martes	Alianza Progreso-Biosfera en este momento histórico Neoindustrial y Bioeconomía: alianza público-privada siglo 21	Juan Alfredo Pinto, Rector Uniempresarial Soraya Caro, PhD, exviceministra industria, experta internacional
23 Oct. Miércoles	Agua, Rios y Ciénagas prioridad del siglo 21	Germán Galindo, Fundación Humedal La Conejera. Jorge Eliecer Rivera, director fundación SER Proceso Río Cauca Juan Carlos Gutiérrez, Fundación Alma Carlos Contreras, Mesa Río Magdalena
24 Oct. Jueves	Dimensión Ética, Espiritual, Ciudadana y de Género del siglo 21 Manifiesto del Agua como Bien Común	Ruth Quevedo, directora CRA Nelly Mogollón, comisionada CRA Juanita López, Mundo Común. Alirio Caceres, Congreso Intereclesial
25 Oct. Viernes	Paleoclima, biodiversidad y cambio climático en el siglo 21	Luisa Fernanda Alvarado, Lina Marcela Castaño, Lorena Rayo, Servicios Geológico Colombiano Alexander Ruiz, alcalde Yumbo, Valle del Cauca
26 Oct. Sábado	Sesión Especial: Paz con la Naturaleza Diálogo con los negociadores gubernamentales proceso de paz total.	Camilo González Posso, PhD Vera Grabe, PhD Armando Novoa
28 Oct. Lunes	Pensamiento Complejo, IAP, Sentipensar para el siglo 21	Juan Carlos Gutiérrez, MSc.
29 Oct. Martes	Economía Ecológica para el siglo 21	Carlos Fonseca, PhD
30 Oct. Miercoles	Ejercicio Agenda Ambiental Ciudadana/ Yumbo	Trabajo conjunto estudiantes Colegio Mayor de Yumbo, Carlos Fonseca, PhD., María Leonor Molina, MSc.
31 Oct. Jueves	Agenda Ambiental Ciudadana /Colombia	Trabajo conjunto estudiantes Colegio Mayor de Yumbo, Carlos Fonseca, PhD., María Leonor Molina, MSc.

Fuente: Cartel oficial de programación de la Agenda Ambiental Ciudadana

Agenda ambiental ciudadana para Colombia

Finalmente, como resultado del Curso Especial en el cual participaron 35 jóvenes del Colegio Mayor de Yumbo, se elaboró parcialmente la *Agenda Ambiental Ciudadana para Colombia*, sobre la cual se presenta aquí el resultado elaborado por la Corporación Simbiosis, a partir de una matriz sencilla que resume varias propuestas de contribución a la solución, desde Colombia, a los problemas de la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la contaminación ambiental y la creciente inequidad social y económica.

La elaboración más detallada de este ejercicio es una tarea pendiente y retadora, para armonizarlo con el "Plan de Acción de la Biodiversidad" para Colombia presentado el día 21 de octubre de 2024 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Sin embargo, muchos de los temas que aparecen en la *Agenda Ambiental Ciudadana* son planteados en el documento del MADS bajo diferentes denominaciones.

Se resaltan para nuestro país los siguientes *siete deberes* que consideramos indispensables:

1) Replantear totalmente la importancia que se brinda al conocimiento como factor de desarrollo; hemos subvalorado, minimizado y despreciado el valor de la ciencia, la tecnología y la innovación, incluido el Diálogo de Saberes, y por ello nos hemos auto condenado a ser exportadores de materias primas sin valor agregado. El ejemplo más dramático en el ámbito internacional de la importancia de la ciencia, la tecnología y la innovación, situados en las realidades y potencialidades propias, es el de China en los últimos 47 años.

2) Profundizar mucho más el conocimiento ecológico, biológico, climático y ambiental en todas sus ramas, y realizar una aproximación cognitiva diferente para lograr una mayor comprensión de la complejidad de un país cuyo territorio posee la mayor concentración de la biodiversidad por kilómetro cuadrado en el mundo; y, simultáneamente, es una de las naciones más vulnerables a los efectos negativos del cambio climático y la degradación ambiental.

3) Construir conocimiento propio de los sistemas ecuatoriales intertropicales para transformar la agricultura y ganadería convencionales en sistemas agrosilvopastoriles y de poliacuicultura, más complejos y resilientes.

4) Rediseñar las ciudades en todos los aspectos y construirlas de manera diferente en función de su integración real a los ecosistemas y de su potencialidad como instrumentos de equidad, inclusión y productividad.

5) establecer economías y contabilidades ecológicas reales, que reconozcan a la naturaleza como el gran elemento de sustentación de la vida humana en el Planeta, del cual hacemos parte; y que expresen de manera incontrovertible al ambiente como el factor fundamental de la producción, en su profunda relación con el capital y la mano de obra.

6) Fortalecer la educación ambiental con estrategias innovadoras y alternativas como las experimentadas en el *Circo Temático la Alegría de Ser Parte de la Naturaleza*; y llevarlas a todo el país, con especial énfasis a los municipios más afectados por el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y la contaminación

ambiental, para que estén informados y se organicen consecuentemente. al respecto, establecer escuelas sobre “vivir mejor el siglo 21” que repliquen la reflexión y exploración invitando a visitarlos.

7) Mejorar y potenciar a todo nivel la organización de las y los ciudadanos y su comprensión de que hoy, más que nunca, la democracia ganada con muchos esfuerzos, sacrificios y dolores, aunque imperfecta, está amenazada por unos pocos que detentan demasiado poder y dinero y quieren aún mucho más. La práctica cotidiana de la solidaridad, la empatía y la generosidad tanto hacia los congéneres de todas las procedencias, como con el resto de la naturaleza y de la vida en el Planeta, es el

único camino para vivir un siglo 21 en paz con la gente y la naturaleza.

Se trata de balancear de nuevo la humanidad y su relación con el Planeta, reconociendo que somos parte de la naturaleza y que, si continuamos acabando con ella, nuestra especie humana desaparecerá y vendrán nuevas formas de vida adaptadas a lo que dejamos como resultado de nuestra miopía y egoísmo. Lo nuestro tiene que ser un canto de esperanza efectivo, justo, empático, que nos haga de nuevo amigos con el resto de la vida y la creación.

A continuación, la síntesis de parámetros, indicadores y metas de la propuesta de Agenda Ambiental Ciudadana para Colombia.

Tabla 2. Parámetros y Metas de la Agenda Ambiental Ciudadana

Parámetro	Agenda Ambiental Ciudadana	Meta
Gran Expedición Agua, Diversidad y Territorio	% aumento conocimiento e especies y ecosistemas % aumento conocimiento sistemas hídricos (superficiales y subterráneos) Ahorro y uso eficiente aguas de los sectores Recuperación ríos, ciénagas y humedales (Colombia Anfibia)	100 % más conocimiento 2035 100 % conocimiento 2035 100 % industria, agricultura y residencial 2035 50 % en 2035; 100 % en 2050
Agricultura Sostenible	% Agricultura bajo practicas agroecológicas	50 % en 2035 / 100 % en 2050 (de 6 a 20 millones Has)
Ganadería Sostenible	% Sistemas Agrosilvopastoriles/ganadería Regenerativa Intensiva	50% en 2035/ 100 % en 2050 (de 40 a 80 millones Has)
Transición Agroalimentaria	Producción Proteína Animal con especies menores y Cia Insectos	25% en 2035/ 50% en 2050
Minería Sostenible	% Territorio con licencia ambiental/social % Eliminación total mercurio y cianuro en la extracción oro	50 % en 5 años, 100 % en 2035 100 % en 5 años (SGC tiene tecnologías)
Energía y Tic Sustentables	% energía renovable y Cobertura Energía y TIC.	50 % en 2035, 100 % en 2050 100 % cobertura energía y Tic 2035

Ciudades Sostenibles	Compacidad (distancia mínima y equitativa todos los ciudadanos) % disminución tiempo pasajeros y congestión % Reciclaje y economía Circular Transporte masivo público y rediseño urbano	25 % en 2035, 100 % en 2050 25 % en 2030, 100 % en 2050 50 % en 2030, 100 % en 2050 50 % en 2030, 100 % en 2050
Restauración Ecosistemas	% Ecosistemas críticos restaurados	50 % en 2035; 100 % en 2050 (impuesto al carbono)
Economía y cuentas de la sustentabilidad	% subsidios perversos eliminados Contabilidad Nal ajustada amb.; Impuestos e incentivos verdes	100 % en 2030 100 % en 2035
Ciencia tecnología e investigación siglo 21	Presupuesto CTI Maduración Capacidad regional/ territorial	2,5 % presupuesto público en 2035 50 % en 2030; 100 % en 2050
Empleo Verde	% empleo con orientación desarrollo sostenible	10 % en 2030; 25 % en 2040
Ordenamiento Territorial	% territorio bajo Desarrollo Territorial Sostenible	100 % en 10 años
Pobreza y desigualdad	% disminución Gini	25 % a 2035, 50 % en 2050
Instituciones ambientales	% desempeño Institucional alto	100 % en 2030
Participación ciudadana	Consejos Ciudadanos Ambientales en todos los municipios	En todos los municipios

Fuente: insumos de la Agenda Ambiental Ciudadana

Bibliografía

- Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2015). Por qué fracasan los países: Los orígenes del poder, la prosperidad y la pobreza (1a ed., 3a imp). Booket.
- Albergaria, D. (2022, marzo). El padre de los ríos voladores. Pesquisa Faesp. <https://revistapesquisa.fapesp.br/es/el-padre-de-los-rios-voladores/>
- Banerjee, A., & Duflo, E. (2019). Repensar la Pobreza. Un giro radical en la lucha contra la desigualdad global. Taurus.
- Cárdenas, J. C. (2024, noviembre 12). COP16: Navegando entre frustraciones y optimismo. El Espectador. <https://www.elespectador.com/ambiente/ruta-a-la-cop16/-cop16-navegando-entre-frustraciones-y-optimismo/>
- Constanza, R., de Groot, R., d' Arge, R., Farber, S., Hannon, B., Gaasso, M., Limburg, K., Naeem s., O'Neill, R., Sutton, P., Paruelo, J., & van del Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- COP DiverGente - Cumbre Ambientalista Ciudadana y Autónoma. (2024, octubre 29).

- Manifiesto a Colombia y al Mundo – Indepaz. <https://indepaz.org.co/manifiesto-a-colombia-y-al-mundo/>
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van Der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Díaz, K. (2024, noviembre 10). La ficción de las áreas protegidas en un mundo post-COP 16. *Revista Raya*. <https://revistaraya.com/karla-diaz/https%3A%2F%2Frevista.com%2Fkarla-diaz%2F896-la-ficcion-de-las-areas-protegidas-en-un-mundo-post-cop-16.html>
- Dudley, N., & Alexander, S. (with Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification). (2017). *Global Land Outlook* (I. Johnson, Ed.; First edition). UNCCD.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Espitaleta, S. (2024, noviembre 8). COP16: Lo Bueno, Lo Malo y Lo No Tan Chévere. *Natural Press*. <https://www.naturalpress.ca/cop16-lo-bueno-lo-malo-y-lo-no-tan-chevere/>
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- Food and agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Status of the world's soil resources: Main report*. FAO : ITPS. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bits-streams/6ec24d75-19bd-4f1f-b1c5-5becf50d0871/content>
- GESAMP (with (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP). (2015). *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment*. Part 2 of a Global Assessment (P. Kershaw & C. Rochman, Eds.; Vol. 93). <http://www.gesamp.org/site/assets/files/1275/sources-fate-and-effects-of-microplastics-in-the-marine-environment-part-2-of-a-global-assessment-en.pdf>
- Hess, C., & Ostrom, E. (2007). *Understanding knowledge as a commons: From theory to practice*. the MIT press.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2018). *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. IPBES.
- IPBES. (2019). *The global assessment report of the intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services* (E. S. Brondízio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo, Eds.). Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis – Summary Volume*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1-downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SummaryVolume.pdf
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN.

- ned Species. IUCN Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/en>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Juntanza Ambiental. (2024). Mandato Común para Vivir en Paz con la Naturaleza. 1. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfinedmkaj/https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/archive-cop16/Anexos%20Declaraciones%20Eventos%20Previos/21.%20Mandato%20Gran%20Juntanza%20Ambiental%20por%20la%20Biodiversidad%20C%20oct%202024.pdf
- Kuhn, T. S. (2013). La estructura de las revoluciones científicas (Vol. 3). Fondo de Cultura Económica. www.academia.edu; obra original en Inglés, 1962
- Lleras, G. V. (2024, noviembre 9). Cumbre de contrastes. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/cumbre-de-contrastes-3398327>
- Mazzucato, M. (with San Julián, J., & Solé, A. C.). (2021). *El Estado emprendedor: Mitos del sector público frente al privado* (3a ed. act). RBA.
- Milanovic, B. (2015). Global Inequality of Opportunity: How Much of Our Income Is Determined by Where We Live? *Review of Economics and Statistics*, 97(2), 452-460. https://doi.org/10.1162/REST_a_00432
- Muhamad, S. (2024, septiembre 28). La naturaleza, el nuevo motor para impulsar la economía de Colombia. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/la-naturaleza-el-nuevo-motor-para-impulsar-la-economia-de-colombia-3385496>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2024). Carbon Dioxide Surges to New Record High. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Earth System Research Laboratories (ESRL), Global Monitoring Laboratory (GML).
- Nobre, C., Ariera, J., & Oliveira, D. (2023, diciembre 20). La Amazonia está cerca de un punto de inflexión: Necesitamos soluciones basadas en la naturaleza. *Foro Económico Mundial*. <https://es.weforum.org/stories/2023/12/la-amazonia-esta-cerca-de-un-punto-de-inflexion-necesitamos-urgente-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-wef24/>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Proyecto de Ley número 150 de 2024 Cámara, por medio de la cual se declara de interés nacional la promoción y el desarrollo de la Agroecología y se dictan otras disposiciones., No. 150 de 2024 (2024). https://normograma.com/legibus/legibus/gacetas/2025/GC_0128_2025.pdf
- Raworth, K. (2012). A safe and just space for humanity: Can we live within the doughnut. <https://primarysources.brillonline.com/browse/human-rights-documents-online/a-safe-and-just-space-for-humanity-can-we-live-within-the-doughnut;hrdhrd98240069>
- Red de Expertos. (2024, octubre 12). Lo que se puede esperar de la COP-16. *La Silla*

- Vacía. <https://www.lasillavacia.com/red-de-expertos/red-verde/lo-que-se-puede-esperar-de-la-cop-16/>
- Rockstrom, J., Gaffney, O., & Thunberg, G. (2021). *Breaking Boundaries. The Science of Our Planet*. DK.
- Rodríguez Becerra, M. (2024, noviembre 9). Columna de Manuel Rodríguez del 10 de noviembre: ¿Dos convenciones, dos fracasos? *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/dos-convenciones-dos-fracasos-3398319>
- Shindell, D. T. (2015). The social cost of atmospheric release. *Climatic Change*, 130(2), 313-326. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1343-0>
- Spaiser, V., Ranganathan, S., Swain, R. B., & Sumpter, D. J. T. (2017). The sustainable development oxymoron: Quantifying and modelling the incompatibility of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 24(6), 457-470. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1235624>
- TEEB. (2010). *Mainstreaming the economics of nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of teeb* (UNEP, Ed.). UNEP.
- The Great Pacific Garbage Patch. (2024). *The Ocean Cleanup*. <https://theoceancleanup.com/great-pacific-garbage-patch/>
- UNEP. (2016). *Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/publication/marine-plastic-debris-and-microplastics-global-lessons-and-research-to-inspire-action>
- d-research-inspire
- Unit, B. (2025, octubre 9). Article 8(j)—Traditional Knowledge, Innovations and Practices. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/traditional/default.shtml>
- Wikipedia. (2025). Bernie Sanders. En Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bernie_Sanders&oldid=170168909
- World Resources Institute (WRI). (2024). *Tropical Forest Loss in 2023*. World Resources Institute (WRI). *Global Forest Watch*. <https://www.wri.org/initiatives/global-forest-watch>
- WWF. (2022). *Living Planet Report 2022—Building a future for people and planet*. WWF. https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/embar-go_13_10_2022_lpr_2022_full_report_single_page_1.pdf
- Zarate Fonseca, C. H. (2018). Lineamientos y métodos de construcción y evaluación de políticas y estrategias de ciencia, tecnología e innovación diferenciadas regionalmente para el desarrollo territorial sustentable de Colombia. 249. <http://repositorios-latinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3176037>

Cómo citar este artículo

Fonseca Zárate, C. H., Fonseca, A., Perea Salcedo, J. C., Torres-Sánchez, M. P., Gutiérrez Camargo, J. C., Muñoz Rivera, A., García Cerón, R., Molina, M. L. y Muñoz Ciro, É. (2025). Las COP de Cali: Despertar Ciudadano para el Siglo 21. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 14–56.

Sobre los autores

Carlos Hildebrando Fonseca Zárate

Ingeniero civil y economista, doctor en Geografía. Docente, investigador y consultor nacional e internacional. Fue Viceministro de Medio Ambiente, Director del IDEAM y directivo de COLCIENCIAS. Es fundador y director de la Corporación SIMBIOSIS y ha participado en procesos de incidencia ambiental, foros nacionales del agua, cumbres ambientales y en la COP16 Ciudadana.

Correo: carlosfonsecaz@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3653-3899>

Alegría Fonseca

Abogada y filósofa, guardaparques emérita y ambientalista con una trayectoria pionera en la formulación del derecho ambiental en Colombia. Participó activamente en la Ley 23 de 1973, que dio origen al Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Fue concejal de Bogotá, representante a la Cámara, integrante del Parlamento Andino y de la Comisión Revisora de la Legislación Ambiental. Es consultora en derecho ambiental y planificación, profesora universitaria y fundadora y directora de la Fundación ALMA, desde donde impulsa procesos de restauración ecológica y trabajo comunitario en territorios rurales y urbanos del país.

Julio César Perea Salcedo

Licenciado en Educación Básica, especialista en Administración Educativa y magíster en Tecnología de la Información. Maestro de educación primaria y secundaria en la Institución Educativa Colegio Mayor de Yumbo, de la cual ha sido rector. Presidente de la Unión Sindical de Directivos Docentes del Valle del Cauca. Cogestor de la COP16 Ciudadana, con aportes desde la educación, la organización social y la gestión territorial a los debates ambientales y de desarrollo

sostenible.

Marta Patricia Torres Sánchez

Licenciada en Biología, magíster en Entomología y doctora en Ciencias Biológicas.

Profesora e investigadora universitaria asociada a la Universidad El Bosque. Coordinadora del Laboratorio IN VIVO, con trayectoria en investigación en ciencias biológicas y entomología aplicada. Presidenta de la Corporación SIMBIOSIS, desde donde articula investigación científica, gestión ambiental y procesos de incidencia académica y social.

Correo: mp.torres117@uniandes.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4111-0877>

Juan Carlos Gutiérrez Camargo

Antropólogo y especialista en Instrumentos de Ordenamiento Urbano–Regional. Investigador de asuntos culturales, patrimonio cultural y sistemas socioecológicos con fines de ordenamiento territorial y ambiental y resignificación histórica y cultural. Desarrolla trabajo etnográfico y participativo con comunidades locales –pescadores artesanales, campesinas, comunidades negras y pobladores urbanos– para la identificación de expresiones culturales, medidas locales de adaptación y resiliencia, y la protección de comunidades como sujetos de derechos.

Codirector de la Fundación ALMA.

Alejandra Muñoz Rivera

Ingeniera forestal, especialista en Gestión Ambiental y magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Directora Ejecutiva de la Fundación Con Vida, con experiencia en el diseño, dirección, coordinación e implementación de proyectos de recuperación y protección del recurso hídrico, gestión participativa del aprovechamiento de recursos naturales, calidad del aire y gestión integral del riesgo climático. Ha participado en la formulación de proyectos forestales orientados a esquemas REDD, pagos por servicios ambientales y desarrollo de negocios verdes asociados al

uso sostenible de la biodiversidad.

Rafael García Cerón

Economista con trayectoria en análisis financiero y mercados bursátiles, complementada con más de 35 años de experiencia en oficios técnicos especializados como aeromodelismo, soldadura y trabajos en metal y madera. Ha participado como cogestor de la COP16 Ciudadana, aportando desde saberes técnicos, económicos y de gestión a procesos de articulación ciudadana y ambiental.

María Leonor Molina

Trabajadora social, especialista en Administración Pública y magíster en Planeación para el Desarrollo. Profesional con amplia trayectoria en desarrollo comunitario, planeación social y gestión pública, con énfasis en la defensoría de los derechos de la niñez, la protección de los recursos naturales y la economía del cuidado. Ha sido funcionaria y asesora en entidades del orden nacional e internacional como la Red de Solidaridad Social, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, COLCIENCIAS, la Organización Internacional para las Migraciones, la Universidad de Cundinamarca y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Actualmente es asesora socioecológica de la Corporación SIMBIOSIS.

Édinson de Jesús Muñoz Ciro

Biólogo y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cofundador y Director Estratégico de la Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO. Fue representante de ONG ambientales ante el Consejo Directivo de Corantioquia y Diputado de Antioquia. Cuenta con una amplia trayectoria en gestión ambiental, incidencia política, gobernanza territorial y divulgación científica.

Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>



Adolfo León Correa

Breve descanso

El conflicto de las tecnologías natural y humana **The Conflict Between Natural and Human Technologies**

Fabián Adolfo Beethoven Zuleta Ruiz, Édinson de Jesús Muñoz Ciro y Daniel Montoya Escobar

Resumen

Este ensayo se ocupa de una pregunta que siempre queda en el vacío del debate institucional: ¿por qué son ineficaces los congresos, simposios, ferias, seminarios y etcéteras convocados para dirimir el conflicto entre conglomerados económicos y ciudadanos, por intervenciones tecnológicas en la Naturaleza? Las respuestas quedan incompletas: unos grupos que afirman el goce de derechos de la naturaleza, no disponen de herramientas para implementarlos; otros, así reconozcan o desprecien estos derechos, alegan que los derechos empresariales y los derechos a garantizar la economía de la gente son inalienables; y, en este caso, sí se disponen de instrumentos jurídicos y de fuerza para mantener vigente un vínculo unilateral y frecuentemente explosivo con la Tierra y con su principal hecho cognitivo: la Naturaleza.

Desde otro ángulo de la confrontación, este ensayo interpone un desafío metodológico a las versiones de la libertad empresarial enarboladas en general por los profesionales del Derecho junto con los de Economía, la Política y las ciencias e ingenierías industriales que al colisionar con las versiones de ecologistas, de prácticas productivas de campesinos, comunidades afros e indígenas inspiradas en un espectro más amplio de saberes vernaculares y profesionales independientes, dejan en evidencia el relativismo y la complicidad del subjetivismo sostenido por el alegato en torno a la utilidad o la inutilidad de los argumentos de la ética, la bioética y la moral en su accionar unilateral en el espacio cognitivo natural.

La gran cuestión esbozada en modo incipiente por este texto es la de argumentar que la tierra y sus sistemas productivos vivos, incluidos los minerales son organizaciones inteligentes portadoras de lenguajes de carácter cognitivo. Y se toma distancia de las interpretaciones y de los modelos de categorización y clasificación según los cuales estas vidas, si a diferencia de las humanas carecen de lenguajes e inteligencia.

Desde esta óptica, las objeciones y resistencias al modelo global de intervención y manipulación de la naturaleza situado principalmente como una responsabilidad de quienes usan e implementan tecnologías investigadas y diseñadas por el mercado, no han recabado crítica alguna ni responsabilidad al campo cognitivo universitario y corporativo de centros de investigación donde se produce y diseña el universo de objetos, instrumentos, máquinas y pensamientos con los cuales se le ha infligido un daño aparentemente irreversible al cognitivismo natural planetario y galáctico.

Situado el bucle de un conflicto donde los Estados adueñados de las ciencias y sus tecnologías, no dejan ya un lugar para recuperar e instalar iniciativas de reacomodamiento cognitivo, queda sin embargo un espacio para la virtud y la defensa moral del cognitivismo extenso natural del que dependemos. Entonces aquí surge la inquietud de si en este campo aplica la objeción de conciencia por afinidad con la naturaleza y el cosmos.

Palabras clave: Conflicto cognitivo, gobernanza ambiental, lenguaje y naturaleza, libertad empresarial, objeción de conciencia, tecnologías natural y humana.

Abstract

This essay addresses a question that is always left unanswered in the institutional debate: Why are the congresses, symposiums, fairs, seminars, and other events convened to resolve the conflict between economic conglomerates and citizens over technological interventions in Nature so ineffective? The answers are incomplete: some groups that advocate for the enjoyment of Nature's rights do not have the tools to implement them, while others, even if they recognize or disregard these rights, argue that business and economic rights are inalienable. In the latter case, they do have legal and enforcement tools to maintain a unilateral and often explosive relationship with the Earth and its primary cognitive fact: Nature.

From another angle of the confrontation, this essay presents a methodological challenge to the versions of corporate freedom generally championed by legal, economic, political, and industrial engineering professionals. These versions collide with the perspectives of environmentalists, as well as the productive practices of peasants, Afro-descendant, and Indigenous

communities, which are inspired by a broader spectrum of vernacular and independent professional knowledge. This clash exposes the relativism and complicity of the subjectivism that underpins the debate on the usefulness or uselessness of ethical, bioethical, and moral arguments in their unilateral actions within the natural cognitive space.

The major question raised in this text is the argument that the Earth and its living productive systems, including minerals, are intelligent organizations that carry cognitive languages. The text distances itself from interpretations and models of categorization and classification that claim these lives, unlike human ones, lack language and intelligence.

From this perspective the objections and resistances to the global model of intervention and manipulation of nature—primarily seen as the responsibility of those who use and implement market-researched and designed technologies—have not levied any criticism or responsibility against the corporate and university cognitive fields of research centers. These are the places where the universe of objects, instruments, machines, and thoughts that have inflicted seemingly irreversible damage on planetary and galactic natural cognitivism are produced and designed.

Given this conflict where states, in their control of science and technology, no longer leave a place to recover and install cognitive re-alignment initiatives, a space remains for virtue and the moral defense of the extensive natural cognitivism on which we depend. This raises the question of whether conscientious objection, based on an affinity with nature and the cosmos, applies in this field.

Keywords: Cognitive conflict, conscientious objection, environmental governance, entrepreneurial freedom, language and nature, natural and human technologies.

Presentación

Nosotros los humanos hemos dirimido nuestros conflictos intra e inter miembros de la especie, generalmente por acciones de facto intercaladas en grados de agresión o empatía, calculadas en los términos de ventajas, beneficios, utilidad y valor.

Igual derrotero se ha adoptado con otras especies. Por tal razón, las motivaciones de los acuerdos o desacuerdos interpersonales e intergrupales han sido focalizadas en las fronteras y ámbitos territoriales: espacio y lugar donde toman forma las posesiones.

Pero lo que hasta ahora ha preocupado y centrado la atención en los analistas del conflicto ha sido el territorio concebido como contexto de disputas, sin prestar atención al rol de las lenguas en la fabricación de las cosmovisiones donde el conflicto se apunta-la.

Las lenguas culminan interpretadas como "aparatos" neutros, encerradas en el laberinto auto/reproductor de signos, fonemas, morfemas, y un largo etcétera circular. Aún no se valoran y ni siquiera se comprenden los procesos del aprendizaje inicial y larvario donde el modo estratégico de las percepciones orienta el accionar táctico del tanteo en el párvulo, sea humano, vegetal, protozooario, mamífero o corpuscular como lo describen e interpretan los estudios en neurología, lingüística y otras investigaciones derivadas del campo de la filosofía, la etología, la teología, la etnología en conexión con otros campos más recientes en la informática, las artes, las ciencias del mar y del espacio galáctico, etcétera.

Sin embargo, la tentación de instrumentalizar la comprensión de hechos e intervenir situaciones conflictivas humanas cargadas

de enfermedad, induce a muchas de las aplicaciones de aquellos campos a postular conclusiones basadas en hallazgos parciales, diremos que tácticos.

La cuestión es que, si la acción cognitiva humana hubiera conservado hábitos cognitivos precientíficos que entroncaban en forma de redes a las lenguas con sus fuentes naturales de producción y gestión, no hubiera ocurrido la escisión alentada por los métodos lógico-rationales de las ciencias aplicadas a las industrias en los cuales los operadores lingüísticos proceden sobre lo natural y lo interpretan como si fueran sustancias carentes de lenguaje, es decir, como si se tratara de representaciones de la vida y no como lo que son realmente: sistemas vivos inteligentes portadores y creadores de diseños conjugados por el borboteo de lenguajes en los que la acción verbal y sintáctica de raíces, tallos, flores, hojas, hacen brotar morfologías, "grafemas", fonemas de cantos, florecencias, aromas y paisajes intrincados de modo activo en el gran neocórtex planetario, movilizado por los minerales y materiales del agua, el fuego, la tierra y el aire caracterizados también como entes inertes.

El supremacismo de la especie humana reprodujo y perfeccionó un "método" violento aplicado a su propia piel, implementándolo en todo lo existente. Clasificó y estratificó la vida planetaria en la jerarquía de los reinos. Y entonces reprodujo la escisión o fractura cognitiva aplicándola entre los miembros no "civilizados" de la especie involucrándolos en las guerras étnicas. El campo de las confrontaciones institucionaliza un ramal científico orientado a domesticar los llamados reinos vegetal, mineral y animal. Todos los reinos fueron esclavizados y sometidos por los aparatos científicos & tecnológicos.

Luego, estas guerras ficcionales reprodujeron modos similares de escisión en serie contra todas las expresiones de lo viviente narradas y expropiadas además como si fueran objetos carentes de sensibilidad. Los aires y las aguas quedan sepultadas entre la basura tecnológica. Se impuso así el enfoque de la representación como modelo de implantación del poder. Las instituciones que en algún momento fueron una prolongación cognitiva de las emociones, decaen fraccionadas en aparatos o máquinas de regulación y control. Pierden su carácter cognitivo y toman un carácter normativo, una representación de un poder omnímodo sobre lo natural y lo territorial.

Ocurre entonces que el neocórtex diseñado por la naturaleza como espacio de intercambios y transiciones de informaciones pierde su plasticidad sináptica y al ceder a la rigidez del método de la representación, decae en la visión geométrica del movimiento expuesta por Hobbes en una de sus conclusiones del método que taxativamente prescribe: "Por tanto, los que investigan la filosofía natural, si no comienzan a investigar por la geometría, en vano investigan; y los que escriben o discuten de filosofía natural sin conocer la geometría, abusan de sus lectores y su auditorio"(Hobbes, 2010).

La inquietud que se desprende del pensamiento hobbesiano es qué tan geométrica es la memoria y el olvido y qué tan trigonométricos son los organismos unicelulares y multicelulares y que tan aplicables son las razones y las ecuaciones trigonométricas a las organizaciones humanas & no humanas y en qué intensidad o volumen las fuerzas direccionadas por la existencia pueden representarse institucionalmente en figuras o estados como las curvas, las flexibilidades, los tensores, los tiempos y los metabolismos contenidos en la organización esquelética, membra-

nosa y muscular.

El conflicto de las interpretaciones entre diseño natural y diseño humano

Con apoyo en las anteriores consideraciones, este artículo propone un debate situado en un giro de perspectiva para otorgar a la naturaleza no sólo derechos como lo han venido logrando las corrientes más sensibles a la reparación y bloqueo de lo natural, a los daños infligidos por los humanos al diseño natural con apoyo y respaldo de conocimientos científicos y tecnológicos.

Hasta el presente, la responsabilidad de los daños recae sobre empresarios inescrupulosos y también sobre organizaciones promotoras de la devastación de bosques y fuentes hídricas mediante el uso de técnicas no convencionales y sin respaldo científico. Los científicos y sus instituciones no se dan por aludidos porque tienen la convicción de que sus invenciones en el origen de la idea son altruistas, benévolas y garantizan el bienestar del humano.

Más allá de estos límites jurídicos, se trata de reconocer una primacía de la inteligencia de la naturaleza sobre la inteligencia artificial humana, lo cual tropezará con el ágil argumento de los científicos humanos, de estimar que sus avances cognitivos son igualmente naturales. Siendo el contrapunteo a esta tesis, la de que asumiendo como cierta tal consideración exigiría del campo científico procedimientos y enfoques de base horizontal y no vertical como hasta el momento se han aplicado.

Porque no es lo mismo hacer ciencia (humana) sobre la ciencia (naturaleza) y resolver encrucijadas tecnológicas basada en los programas de diseño tecnológico

dotados por la naturaleza misma con procedimientos intrínsecos de innovación orgánica e intercambio de informaciones en modos no jerarquizados; que hacer tabula rasa de esta poderosa programación tecnológica natural que a diferencia de las ciencias y las tecnologías humanas no reclaman autoría y no se asumen ni se exponen como externalidades a sus procesos.

Estas inquietudes, a las cuales difícilmente pueden responder las reglas del método cartesiano o las normas del derecho inspiradas en una moral de la propiedad y en una ética capitalizada por un orden radicalizado opuesto al caos, conducen a interrogantes sobre las famosas cajas de herramientas donde fueron enclaustradas las lenguas y donde su representación más inalcanzable y óptima reciente: la inteligencia artificial, anuncia el fin de la torre de Babel, congelándola en un mecanismo capaz de anticipar las respuestas más inéditas y angustiantes de seres aún no nacidos, así el imaginario informático ya los alberga como piezas del pronóstico que viene.

Asumir la naturaleza como un procesador tecnológico primario pone en discusión la preceptiva científica de otorgar al modelo lógico racional del cerebro humano la potestad de intervenir el diseño de la vida alterándolo, cuando de continuar eslabonando sus principios haría posible mantener el encadenamiento cognitivo potenciándolo en la emulación, más que en la sustitución.

Sin la pretensión de incurrir en una ligereza metodológica se estima que probablemente el malestar y el conflicto expresado por el humano en su rivalidad cognitiva con la naturaleza quizás guarde o tenga relación con su autosuficiencia manifestada en el afán de crear un paralelismo tecnológico orientado al reemplazamiento de la fuente y los principios

tecnológicos.

Lo paradójico de este paralelismo es que reproduce por imitación un principio de conservación inherente al diseño natural operado por este con el mecanismo alimentario de las cadenas tróficas y la configuración de ecosistemas, resignificadas por el humano en modalidades de hábitats donde hubo cohabitación humana con sus ecosistemas de origen; luego modificados o artificializados con los modelos de ciudad y de urbanismos desagregados de los espacios de producción ecosistémicos.

El urbanismo, un nicho de la artificialidad inventiva transmutada en colisión

La ciudad es el primer agrietamiento con el cual el humano comienza la carrera de artificialización del planeta, siendo su núcleo de las fábricas y los comercios el detonante y la condición para la expansión del conflicto y de la rivalidad humana con la vida.

El urbanismo configura una red cognitiva, de la que brotan los arquetipos técnicos para la domesticación de las técnicas naturales de la navegación y el transporte, el cultivo y reproducción de plantas, el uso industrial de los minerales y la aplicación de cortezas y pieles animales para el diseño de vestuarios, viviendas, productos farmacéuticos, etcétera.

Los estudios paleontológicos de André Leroi Gourhan confirman que las ciudades asumen un rol procesador de aprendizajes técnicos con los cuales cada sociedad centrifuga los diseños y saberes de la naturaleza y da configuración a repertorios y acervos de las mnemotecnias urbanas (Leroi-Gourhan, 1971). Por tal razón, la rivalidad de las ciudades ha de entenderse como una disputa cognitiva de operadores de diseño entrenados en

un movimiento de suplantación y toma de poder humano sobre el diseño natural, asumida ya como una externalidad al servicio de las necesidades humanas.

A medida que los artefactos urbanos aumentan el consumo de materiales, domesticar plantas, faunas y paisajes y destruyen ecosistemas completos, es que las tecnologías humanas toman auge y despliegan una creatividad igualmente artificiosa, consolidada ya como mega/estructura en la que convergen los productos de la colonización tecnológica de ecosistemas y hábitats naturales.

De modo triunfal las ciencias contemporáneas han comenzado a incorporar el término de ecosistemas cognitivos refiriéndose a las redes informáticas expandidas por todos los rincones del planeta e instaladas como lengua común, en todas las acciones y procesos de organización & comunicación e intercambios entre humanos.

Las mega /máquinas urbanas dotadas de un poderío tecnológico consumidor de la energía en la más vasta escala, fusionan cielo, mar, tierra y aire a través de ensambles satelitales y cables submarinos, a los cuales adhieren millones o miles de millones de computadoras, teléfonos y una extensa gama de objetos instalados en los órganos auditivos, visuales, perceptuales, incorporados en la logística empresarial, personal y social de la totalidad de conglomerados humanos. El planeta ha culminado cooptado como una gigantesca prótesis alimentadora de la mega/tecnología disciplinar, interdisciplinar y transdisciplinar de la fuga artificial.

Masificadas como externalidades de la confrontación, del conflicto y del aniquilamiento consumidor de la vida, han desplegado un modo parcial y fragmentario dotado de

una elevada velocidad y existencia instantánea.

Las paleotécnicas del pasado humano con las cuales se demarcaron las superficies de la tierra adquirieron con sus paleografías una poderosa capacidad de sistematización de la acción sobre la vida y la muerte, y en la fase paleo digital, juega a conducir e integrar el furor con un imaginario donde las lógicas de lo viviente se desploman en el tablero informático artificial, es decir, en el vacío de las redes.

Si bien la imaginación de las lenguas ha trazado las rutas de los nomadismos y los sedentarismos humanos, esta vez, en el ocaso de los signos transmutados en una física de lo inexistente, proyecta un modelo humano de cibernauta solidificado como un operador carente de neocórtex, sin emociones ni proyectos. Allí converge un nuevo Moisés arrastrado por la arenisca de un planeta muerto. La tabla de los mandamientos no es ya una esperanza porque el abandono de la palabra y de su matriz en las lenguas perdieron el sentido y el aliento de la voz.

El problema de la deshumanización del lenguaje y del diseño artificial despojado de naturaleza

El riesgo de la deshumanización informática es el de perder la perspectiva del lenguaje en su desinhibición crítica y analítica dada naturalmente por el diseño natural. Sin lenguaje se pierde el paisaje y es aquí en esta sequedad sola donde han sucumbido las civilizaciones antiguas y donde los templos tecnológicos artificiales desgajados de su par natural mataron los mares.

Los mares muertos en todas las trayectorias del homínido, sea que lo evaluemos en

las perspectivas más extremas del creacionismo, del evolucionismo o de las versiones más recientes de las ciencias, son indicio de una fractura provocada en la incisura de la boca, de los oídos y de los ojos, "órganos" de la matriz lingüística.

La muerte biológica y de sus lugares en el cuerpo por la sustitución artificial de sus procesos, es una de las grandes cuestiones que desafían el acto de la creación y de la innovación tecnológicas.

Las lenguas tienen el común rasgo de actuar como detonantes y catalizadoras de comportamientos movilizados por el organismo biológico común a la especie, constituyéndose en la matriz de un constructo global a partir del cual cada comunidad y sociedad humana da sentido a la existencia y a la creación de su lugar en el nicho planetario.

Tal construcción entendida en la oscilación del orden y el caos, sienta y transforma los gestos de la cognición materializada o corporeizada en diversos eslabones cobijados por términos como los de *techné*, *paideia*, *hábitat* o el *orgon* de Wilhem Reich (Reich, 2004) que entre una extensa gama de producciones de sentido y orientación dan significado y valor a la existencia reproductiva de grupos configurando lo que podríamos llamar sistemas de memoria cobijados y habitados por las lenguas.

Las lenguas constituidas en procesadores de información catalizan el aprendizaje básicamente nemotécnico y hacen que se constituyan en el núcleo artefactual que produce, reproduce y replica modos humanos distintos de apreciar y conjugar el ser con la existencia donde subyacen multiplicidades de seres con lenguaje y silencios lingüísticos.

Porque el gesto de producir lenguaje es un impulso de convergencias narrativas de voces ensambladas en las pieles y los órganos. En cada una de las piezas de las corporeidades humanas y no humanas los seres de la noche y de la luz copulan formas sintonizadas en reciprocidad con las fuentes de la vida, ahora extirpadas cuando se identifican en ellas las virtudes de la programación natural, y entonces las esmeraldas, el coltán, el litio, el oro culminan en fundiciones esparcidas como artefactos humanizados por los corredores galácticos. Pero la tierra viviente los pierde.

Con la expropiación a la tierra nace la interpretación integrada a la fábrica de las querellas y de las guerras. Podremos afirmar que, desde el comienzo en el Génesis, justo en el instante cuando la gesta humana en el caótico orden universal dio nacimiento al imperativo categórico: "el verbo se hizo carne y habitó entre nosotros", es entonces cuando las guerras territoriales confirman esta preceptiva inculcada en el bios y desafía a las lenguas a habitar el lenguaje primordial del diseño natural o a estropearlo y destruirlo.

No es entonces una exageración considerar y afirmar que las lenguas, construidas como el núcleo de los hábitats, fueron paulatina y sistemáticamente instituyéndose sin excepción, como escenarios de batallas en las escalas de otorgar o dar significación a los hechos como representaciones autónomas de lo vivo.

Y que sea en las conductas o acciones cognitivas donde ese nicho del ser del lenguaje despliega la mayor capacidad de implementar con las instituciones mecanismos para establecer realidades discursivas condensadas de verdad, falsedad o duda. El vínculo de los atavismos lingüísticos así lo evidencia, especialmente constatado en la huella

implantada por el dominio de la especie humana sobre todas las especies e hitos de la geografía, la geología y la biosfera de la tierra, mediados por los esquemas de domesticación de lo vivo y de lo inerte.

El compromiso indeclinable de las lenguas con lo universal

Un gran conflicto entre todos, establecido como premisa de la visión humana de la vida, de la muerte y de los contornos que la habitan, está situado y posicionado en la complejidad de un núcleo tecnológico: la lengua, a partir de la cual el humano ha consumado “batallas” hasta alcanzar los encumbrados rincones de su planeta originario y de lo que en la nada improbable podría igualmente entenderse como el sistema de universos —proveedor de los materiales de origen de su ser y de todos los seres— a saber: la galaxia denominada Vía Láctea.

Al cabo de su odisea el sueño de la torre de Babel del lenguaje en el Génesis, logra transmutarse en una realidad superpuesta a todas las realidades, autonombrada hoy inteligencia artificial (IA), y ante este encumbramiento supra/semiótico —lo humano más que la especie misma— llega a la orilla abisal del tiempo donde los océanos derraman su ser en la muerte.

Ante este cierre o consumición del mecanismo semiótico/histórico de colonización lingüística del planeta y de otros confines en la galaxia: la IA, el humano en el inconsciente de la culpa cognitiva que carga, afronta una dualidad frente a su propia escisión como especie implicada en el diseño natural: perdurar en este; o, extraviarse en el laberinto cósmico, en la soledad de sus desvelos tecnológicos.

Queda así impelida a asumirse y compor-

tarse como artificio semiótico derivado de la larga trayectoria protagonizada desde su gestación en el nicho planetario Tierra, arriesgando a mantener viva su vida y la del contexto viviente del cual hace parte.

Sin embargo, el gran riesgo que desafía al humano es el de reconocerse parte de la vida, lo cual exige reevaluar la creencia de asumirse como la parte esencial de la misma. Y esto plantea al imperativo de su Génesis, reevaluar el principio según el cual la Vida toda le pertenece como si fuera una propiedad exclusiva y al servicio de lo humano.

Para replantear su lugar y conducta en la Vida —incluida la que aún no está evidenciada en los confines de la Galaxia—, procede revisar el gesto de la invención tecnológica entroncado y ramificado del núcleo lingüístico de la especie que pese a su condición natural, convirtió en artificio el procedimiento natural de apropiar las distintas formas y modalidades de existencia de seres vivos y no vivos como los minerales y los entes energéticos del movimiento planetario e interplanetario: la estratosfera, la capa de ozono, el oxígeno, por ejemplo.

La desnaturalización tecnológica de las tecnologías naturales

La conversión de lo natural en artificio planteó en los estudios semióticos de las primeras filosofías y luego en las ciencias modernas, preguntas relacionadas con la condición o carácter multidimensional del cerebro humano e interrogó: qué lo hizo proclive y singular como procesador de información y transformación cognitiva de los programas y diseños desplegados aleatoriamente por la incalculable población de seres habitantes de la tierra.

La pregunta de McLuhan: ¿Es natural que

un medio se deba apropiarse de otro y lo explote? (Zingrone et al., 1998), está respaldada en la inquietud de "¿Por qué los observadores sociales han pasado por alto en el mundo occidental, durante los últimos 3500 años, los efectos de los medios, ya sea el lenguaje, la escritura, la fotografía o la radio?" (Zingrone et al., 1998).

Y la respuesta coextensiva a la manera como los campos científicos correlacionan la información y la disputan; y, los periodismos tramitan en versiones propias arregladas hechos ocurridos o que ocurrieron sin paramientos en la interpretación sino dándolos como si fuera un asunto de verdad o mentira, siéndolo finalmente una falsificación verdadera o falsa que retumba en los sentidos de la escucha.

McLuhan resume esta falsificación:

"en el poder que tienen los medios para imponer sus propias suposiciones a nuestras maneras de percibir. Nuestros medios siempre han conformado los parámetros y el armazón para lograr los objetivos de nuestro mundo occidental. Pero las suposiciones y parámetros proyectados por las estructuras de los medios en y a través de nuestras sensibilidades han constituido por mucho tiempo los patrones globales de asociación privada y grupal en occidente" (Zingrone et al., 1998).

Es con esta lógica regida o normada por parámetros calculados de transferencia y traducción de las realidades creadas mediante los medios y las realidades de la naturaleza que los procedimientos cognitivos del humano sobreactúan para establecer efectos de dominio o de poder especializado por la intervención tecnológica.

La diferencia planteada por McLuhan con las sociedades arcaicas y prealfabetizadas y las occidentales letradas,

"es que en Occidente nuestra tecnología de medios, desde la escritura hasta la imprenta, y desde Gutenberg a Marconi, ha sido altamente especializada. La especialización no crea estabilidad ni equilibrio, sino cambio y trauma, de la misma forma que una serie de experiencias usurpa y cubre otras con una secuencia agresiva y cíclica"(Zingrone et al., 1998).

La especialización usada sobre programas de diseño ya establecidos por la Naturaleza subsanan los obstáculos del cuerpo no especializado del humano, pero lo adulteran e inestabilizan, pues al cabo de la repetición o mejor de la redundancia técnica, la apertura y expansión del artificio en la exploración de campos cognitivos más complejos derivan en diseños de mayor complejidad e impactos formalizados por las ciencias.

Es en este momento liminar de coincidencia de lo técnico con las abstracciones científicas cuando el lenguaje y la semiótica del artificio logran desplegar en todos los campos de lo cognitivo natural un efecto regulador aparentemente autónomo y autosuficiente, instalando una suerte de triunfalismo preponderante de lo cognitivo humano sobre lo cognitivo natural.

Contrasta esta imagen del humano triunfando sobre la "naturaleza salvaje", con el paisaje sórdido de las tecnologías diseminadas por zonas desertizadas donde la mano tecnológica artificial se impuso.

La ética de las tecnologías humanas en la afectación moral de la vida

La gran cuestión en materia de contrastes,

es que las motivaciones humanas en sus actos de creación, invención e innovación eluden su responsabilidad cognitiva ateniéndose parcialmente a lo que preestablece la política y el derecho.

Gracias a esta tendencia, el debate sobre la ética y los límites de lo cognitivo quedan protegidas de cualquier tipo de cuestionamiento. Pues en suma se parte de la convicción que la ciencia y sus resultados tecnológicos son verdaderos en tanto sean eficaces y convenientes a la especie. Especialmente a quienes disponen de mayores oportunidades de uso, aprovechamiento y beneficio de las tecnologías y asumen en consecuencia en rigor que las ciencias en su altruismo no deben exponer al debate público sus programas y proyectos. Se trata de una ética del secreto y de la confidencialidad.

La virtuosidad ética de los proyectos científicos consiste en exhibir los productos cuando han ocasionado un estrago. Ocurrió en Hiroshima y Nagasaki y ocurre ahora en los océanos donde unos pocos altruistas extraen de los estómagos de las ballenas la basura tecnológica lanzada a los mares. Sucede también en las nuevas guerras de las tecnologías cuánticas contra humanidades desclasificadas.

Ocurre entonces que la sola excusa del bienestar adoptada por el gesto cognitivo otorga libertad a consignas y sentimientos respaldados en la sola intención de extraer de la naturaleza una utilidad o un uso, perdiéndose así el límite y el valor de la cognición responsable y de la reciprocidad en un gesto de cooperación subsidiaria entre naturaleza y ciencia.

Para evitar que esta crítica de enfoque y método a las ciencias no sea interpretada como una negación al conocimiento o como

un rechazo a ultranza del acto y de la acción humana para recrear los principios naturales del diseño, conviene entonces situar el lugar del conflicto no en los procesos cognitivos de asociación comparativa de diseños humano y natural como bien lo expuso Steven Vogel, biólogo molecular de la Universidad de Duke, sino en el enfoque que hizo carrera en las universidades modernas cuando surgió la ciencia controlada bien descrita por McLuhan en las angustias del ejecutivo americano cuando la producción científica es formateada como un proceso administrativo y de gestión orientado no a fines cognitivos como a propósitos de control, dominio y conquista de la naturaleza terrestre y cósmica.

Las ciencias controladas convierten la acción cognitiva en externalidades de los artificios, pues su propósito es instalar prótesis sobre lo vivo, no importa cuánta energía y materia deba desecharse para lograrlo. En los procesos de industrialización el artificio troca los estragos en una contabilidad de riesgos impredecibles amparados y traducidos a normas, códigos, símbolos, conceptos e instituciones.

Para ilustrar el nacimiento de la parafernalia científica entendida como equiparamiento del pasado histórico y el presente con la búsqueda desenfundada de lo desconocido, McLuhan cuenta que:

“Los historiadores del tiempo de Ford se esforzaron por hacer de la historia una ciencia, mediante un proceso de equiparamiento. Henry Ford dio un salto para hacer historia desechando el mundo agrario que lo rodeaba. Fue uno de los creadores más importantes de nuevos ambientes sociales referidos a ropa y servicios. Mientras alteraba cada patrón del mundo contemporáneo e histórico, apartó con resolución su mirada del pasado al igual que del

presente.

"[...]Henry Ford, uno de los directores industriales más anticuado y tribal, fue el "presidente". No hubo en este grupo otro miembro de la misma jerarquía. Prescindiendo de la jerarquía organizativa convencional, Ford recurrió naturalmente a la forma tribal de gobierno por medio de métodos mafiosos. Se adelantó a su tiempo. Pudo darse el lujo de desechar la historia porque él fue la historia.

"[...]Henry Ford se unió a Thomas Edison para construir Greenfield Village, como evocación nostálgica RVM del mundo agrario que ellos habían desechado mediante sus innovaciones. Daniel J. Boorstin, en *The image: Or, What Happened to de American Dream*, no necesitó ir más allá de las Greenfield Village para reconstruir las etapas de exterminio, entierro y monumentalidad por las cuales Bonanzaland se convirtió en un aparcamiento universal. Las formas extremas de descentralización urbana creada por el automóvil llevaron rápidamente a diversas formas de centralismo administrativo".

El imaginario de la ciencia controlada en el ordenamiento territorial y la planificación basada en lo artificial

Las lenguas científicas en estos juegos de transferencia de emociones confrontadas, asumen la abstracción de sus cometidos asimilándose a la condición neutral de las lenguas matriciales. Con apoyo en este giro de las tecnologías de la bondad fijan posiciones para dirimir los antagonismos y adoptan funcionalmente patrones paralelos de construir lenguajes diseñados y ensamblados de modo diferencial en principios, normas, reglas, valores, criterios y métodos, entre un gran etcétera de estructuras y sistemas mor-

fogenéticos concebidos y justificados como copias de sus pares en la naturaleza.

Lo común en los lenguajes de estos campos cognitivos científicos, profesionales y de ciudadanos implicados en la intervención de la naturaleza es que, en sus acciones planificadas e intencionales, quedan evidenciados impactos en la vasta geografía de la biodiversidad siempre justificados en imperativos de la especie humana.

La planeación con el enfoque métrico supone restablecer el vínculo de lo artificial con lo natural. Pero las tesis de Georgescu Roegen (1996) y de Podolinsky (1995) del decrecimiento y de la lentitud ofuscan el esquema normativo de la velocidad y de los rendimientos en la escala de las toneladas (Geddes et al., 1995; Georgescu-Roegen, 1996).

Procurar un diálogo informado sobre los desafíos ambientales contemporáneos, exige a los procesos cognitivos contemporáneos un deslindamiento de los parámetros y patrones instituidos por las ciencias artificiales. Pero somos conscientes de un vacío ocasionado por la visión humana de la vida, de la naturaleza y de la muerte centrada en los antropomorfismos lingüísticos a los cuales se les ha dado un lugar privilegiado en la interpretación.

Un efecto de la primacía de la voz humana sobre otras voces de seres y hechos planetarios no humanos y no legislados como lenguajes es el de la simplificación de sus procesos como ruidos o expresiones carentes de significación, aunque paradójicamente les asignamos funciones nutritivas, terapéuticas, estéticas y tecnológicas.

La gran novedad de las ciencias e invenciones humanas es la de poner códigos y valo-

res a “fenómenos” y entidades naturales portadoras de información traducidas con procedimientos parciales agrupados como epistemes autoorganizadas como disciplinas científicas: química, física, biología, geología, hidrología, geografía, etcétera.

Por tal razón, cada porción científica ha asignado códigos lingüísticos a los comportamientos y diseños de especies vegetales, faunas y fenómenos naturales transfiriéndolos a conceptos, categorías, teorías y métodos compactados como saberes, disciplinas o ciencias.

Pese a que las ciencias transfieren información de un cuerpo, entidad o hecho natural a sus corpus disciplinares, no han admitido ni admiten que la información transferida es lenguaje y despliega de modo inteligente procesos, funciones, metabolismos, etcétera.

El no reconocimiento de los lenguajes en minerales, virus, protozoarios, bacterias, hongos, plantas, animales y ecosistemas conlleva a que en nuestras intenciones comunicativas sean provocadas situaciones de riesgo catalogadas como catástrofes o accidentes, cuando en realidad se trata de una ruptura cognitiva entre campos existenciales diseñados por un mismo principio generador, catalogado y parcializado con los términos de Dios, de la razón, o del azar.

Si admitimos que la naturaleza como totalidad concatena en sus diseños lenguajes específicos y universales, hemos de reconocer entonces que la acción cognitiva humana no es, en primer término, exclusiva y única. Y que la naturaleza es en buena medida un determinismo cognitivo en el cual la existencia humana está además forzosamente implicada.

En segundo término, las ciencias fueron

posibles por las acciones de miembros de la especie que le precedieron y están aún conservadas: muy evidentes y visibles en todos los campos técnicos, pero también en los campos cognitivos que procesaron y sistematizaron la experiencia y los aprendizajes mediante la escritura de donde surgieron narrativas expresadas en mitos, en textos de filosofía, en repertorios técnicos, en el diseño de lenguajes nuevos en las artes, en la exploración de la espiritualidad y la conciencia y de la mente traducida a códigos que por siglos constituyeron el núcleo de los sistemas cognitivos humanos.

La actual crisis de la humanidad, proponemos interpretarla entonces como fruto de una crisis de conciencia derivada de las rupturas condensadas en prospectos culturales divergentes entre los conglomerados o bloques de sociedades étnicamente muy diferenciadas pero homologadas por siglos de colonización en un formato político-económico creado en la modernidad europea, instalándose con versiones muy singulares en los contenedores culturales humanos situados en el África, el Asia, la Oceanía, las Américas del Centro, Sur, Norte y Caribe, las Europas del occidente, la Eslavia y la Eurasia, y las islas continentales de Madagascar, Australia, Nueva Zelanda, y los dos grandes polos.

Fin de la historia o quizás ocaso de la ficción artificial

Lo más relevante de la crisis planetaria es que el conjunto de rupturas de la especie humana con la biodiversidad que configura la totalidad de las especies que habitan en el planeta, llegaron al punto culminante y crítico de agotamiento de las fuentes naturales por la expansión imparable de un consumismo alentado por la geofagia de la especie “más inteligente” del planeta: el Hombre.

De modo que a pocos pasos de impredecibles abismos surge la pregunta si el procedimiento para reconectar los eslabones de la Vida, de la Biodiversidad y de la Muerte conciernen exclusivamente a los actores lingüísticos humanos y es por tanto un imperativo categórico de las ciencias que han hegemonizado la acción cognitiva en la vastedad del planeta.

Pero otro canto desde el revés de los procesos habitados por la naturaleza en su anonimato viene en ascenso y la convicción de aprender a dialogar con los lenguajes de los habitantes no humanos es la premisa. Y para que este propósito no sucumba en la retórica se subraya que al campo cognitivo humano le corresponde subsanar la herida ocasionada por el aislamiento y bloqueo de la naturaleza como un actor dotado de inteligencia y creador de lenguajes.

El principal obstáculo para avanzar en este horizonte de pluralismos lingüísticos está enquistado en la brecha institucional cosificada en el uso del instrumento argumental de la representación, con apoyo en el cual las instituciones humanas y especialmente las instituciones de la racionalidad científico-técnica han alegado a su favor el rol de representar y de creer que representan a todos los seres existentes y de lenguaje que pueblan los ecosistemas planetarios, en especial: el agua y los minerales.

Bajo estas consideraciones dirigimos nuestra atención a una tríada conceptual de creciente urgencia y complejidad: las Conferencias de las Partes (COP), la biodiversidad y el medio ambiente. La cuestión es cómo posicionar en estas a los actores y sujetos naturales que desde vieja data sometimos a la esclavitud del lenguaje instrumental.

El calendario global se ve anualmente jalonado por una profusión de cumbres, conferencias y foros ambientales. Desde la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH), también conocida como Conferencia de Estocolmo, celebrada en Suecia entre el 5 y el 16 de junio de 1972, un punto de partida crucial en la gobernanza ambiental global, hasta las COP de Cambio Climático e innumerables encuentros regionales y sectoriales, la promesa es siempre la misma: se buscarán soluciones, se trazarán rutas, se pactarán compromisos.

Sin embargo, para aquellos observadores que hemos monitoreado este escenario durante décadas, lo que palpamos es la prevalencia de una comedia en la que la tragedia teatral de la vida empujada a la muerte a destiempo es lo ineludible. Estas reuniones, con su ostentación de discursos grandilocuentes y comunicados de prensa, repletos de intenciones laudables que a menudo se manifiestan como ejercicios elaborados de cabildeo y relaciones públicas para vender el verdor de la vida, dejan tras de sí un residuo amargo de inacción y frustración.

Reconocemos y promovemos que el intercambio de ideas, la cooperación internacional y la búsqueda de consensos son, en principio, etapas cruciales para abordar la naturaleza multifacética y los desafíos complejos que caracterizan la problemática ambiental actual.

La objeción fundamental a tales escenarios, donde predomina el instrumento retórico/político de la representación delegada a corpus científicos monitoreados por políticos y empresarios, es que coartan y bloquean la necesidad intrínseca del diálogo científico y político con los lenguajes de los actores

naturales.

La cuestión cardinal, empero, radica en la metamorfosis del formato actual basado en la retórica de estos eventos centrada en una transición energética que privilegia el modus operandi del extractivismo científico-técnico, nombrado también por la razón cínica como negocio verde y sostenible.

Los discursos han evolucionado hacia plataformas geoinformáticas donde han quedado plasmados los propósitos del empresarismo digital para el que los intereses genuinos del planeta raramente prevalecen. Por el contrario, son las grandes corporaciones, los gobiernos con agendas veladas y las organizaciones con intereses preestablecidos quienes, a través de sus delegados y lobistas, ejercen una influencia desproporcionada en la configuración de la narrativa y las decisiones.

Mientras los paneles de discusión se suceden con expertos que desglosan datos alarmantes, los verdaderos tratados se gestan en los pasillos y salones VIP. Acuerdos que, perfilados con el pudor cínico, culminan en la dilución de iniciativas audaces, el socavamiento de regulaciones ambiciosas o, lo que es más pernicioso, la promoción de soluciones "verdes" que en realidad redundan en beneficio de las mismas industrias responsables de la crisis ecológica. Es pertinente cuestionar la proliferación de empresas contaminantes que patrocinan estas cumbres, blanqueando su imagen mientras persisten en prácticas destructivas.

La retórica de la "sostenibilidad" y la "transición verde" ha degenerado pues en una suerte de mantra desprovisto de significado sustancial. Se enfatizan metas a futuro, mientras se elude sistemáticamente la rendición de cuentas por las acciones presentes.

Los compromisos suelen ser vagos, los plazos se extienden y, en última instancia, la implementación efectiva se delega a la buena voluntad de actores con escasos incentivos para modificar sus modelos de negocio.

Las conferencias concluyen con ovaciones y en sus entretelones la deforestación persistente, la contaminación oceánica no cesa, los desiertos se expanden, la erosión de los suelos agrícolas es gravísima y no cesa de aumentar la temperatura promedio de la Tierra como consecuencia del ascenso continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este contexto de inercia pasmosa, donde el progreso se mide en incrementos marginales y los retrocesos son de magnitud catastrófica, la imperatividad de salvaguardar nuestra biodiversidad y el medio ambiente se torna aún más acuciante. La gran preocupación es que la ciencia misma enmudece ante la impotencia de atajar el crecimiento predicado como consigna emancipatoria propiciada por los avances tecnológicos y sus innovaciones adheridas como tumores en los sistemas vivientes.

De hecho, este avance plasmado en la IA ha puesto en superficie el interrogante de si la especie puede sobrevivir al relevo energético que se avecina, pues la demanda de combustibles imprescindible para un automatismo diseñado para la autonomía robotizada pone en el cadalso a la especie y exige a ella reducir sus densidades, consideradas ya innecesarias por sus mentores.

Las estadísticas corroboran y advierten que hemos sobrepasado casi 10 límites planetarios, afectando gravemente ciclos vitales como el del nitrógeno. La pérdida de fauna, flora, suelos, bosques y fuentes de agua dulce es una realidad innegable, mientras que

el incremento en contaminantes, la temperatura global y la desertificación avanzan a ritmos alarmantes. Colombia, nuestra nación anfitriona, se erige como un hotspot de biodiversidad, un santuario de especies y ecosistemas únicos que se encuentran bajo una creciente amenaza.

Como dato relevante, Colombia es el segundo país con mayor biodiversidad del mundo, albergando aproximadamente el 10 % de la diversidad biológica del planeta, según el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (Instituto Humboldt, s. f.). Desde los páramos andinos hasta las profundidades del Amazonas, los Andes, el Caribe, el Chocó y la Orinoquía, cada especie y cada interacción biológica constituyen engranajes fundamentales en el complejo equilibrio de la vida.

Esta interpretación de la naturaleza como un campo primario de producción de tecnologías sostenibles se erige como un llamado a la acción basado en la evidencia cognitiva de comunidades campesinas y labriegos, de profesionales de las ciencias, los saberes y los empirismos ecológicos y agroecológicos que reconocen el valor intrínseco de nuestra naturaleza biótica y abiótica, y exploran vías prácticas despreocupadas de la obsesión por volver la Natura derechos de autor y centran la atención en implementar medidas urgentes que mitiguen los daños y reconozcan por fin a la naturaleza como la principal autora de las ciencias.

Porque en términos no solemnes, el medio ambiente en su totalidad conforma un sustrato cognitivo esencial de nuestra existencia. Provee el aire que respiramos, el agua que consumimos y el suelo que nos sustenta. Sin embargo, este sistema vital está siendo alterado por la actividad antropogénica a una tasa sin precedentes.

La ciencia global transformada hoy en ciencia de datos pone en entredicho su función creativa y su vínculo disfuncional con las emisiones globales de gases de efecto invernadero aumentadas con un incremento de aproximadamente 1.1 % en 2023 en comparación con el año anterior, según datos preliminares informados por el Global Carbon Project. Tales cifras traducen un continuo calentamiento global (*Global Carbon Project (GCP)*, s. f.).

El cambio climático, la deforestación, la contaminación y la sobreexplotación de recursos son manifestaciones de una perturbación sistémica que afecta nuestro paisaje y compromete la salud humana y ecosistémica.

Situar nuestro conflicto epistemológico en sus riesgos de responsabilidad moral propone replanteos a la convicción de que la educación basada en la acción cognitiva integral abre mayores perspectivas a la ciencia para construir la concienciación informada mediante catalizadores cognitivos multidimensionales capaces de revertir esta trayectoria.

Es imperativo ser honestos y sensatos. Si las cumbres ambientales fueran verdaderamente efectivas, adoptarían un horizonte cognitivo ampliado dispuesto a diálogos con la Naturaleza asumida e interpretada como una organización cognitiva primaria, y sí actuáramos consecuentemente entonces ya estaríamos presenciando transformaciones tangibles y a gran escala.

A este respecto la objeción de conciencia autorizada para situaciones humanas frente a la negación moral de la guerra, avizora una opción metodológica para encarar situaciones de riesgo de sobrevivencia de la naturale-

za y por contigüidad de comunidades y conglomerados humanos a causa de la reiterada hostilidad de las tecnologías humanas.

El cuestionamiento del modelo inherente a estos eventos e igualmente a la enseñanza de las problemáticas ambientales en escuelas, colegios y universidades plantea en términos perentorios: ¿Sirve su retórica lingüística a los intereses cognitivos del diseño planetario o constituye meramente un ritual autista y costoso que perpetúa el statu quo? Se requiere de una reducción en la proliferación de imágenes de políticos convertidos en portavoces de consignas apuntaladas en las ciencias instrumentalizadas por las industrias.

Entonces es un imperativo moral que preponderen los argumentos científicos en todas sus escalas -formal académica, informal y no formal- los que encaren el debate del cambio climático y de la transición energética en la complejidad de las decisiones e implicaciones cognitivas contenidas mediante diseños tecnológicos ponderados en la minimización o nulo impacto en los diseños cognitivos primarios de la naturaleza.

Y para que este imperativo sea posible, es necesario que el espacio normativo releve el rol hegemónico de los especialistas en derecho, economía y política que se tomaron por asalto a los principios científicos en su vastedad de escalas, siendo sometidos y subsumidos a los principios de interés demarcados por la utilidad de los negocios y la oferta de precios. Hay que invertir la moral cínica que pone en preponderancia el derecho de los poderes humanos sobre el derecho natural.

Si esto ocurre podremos ver que las caras sonrientes de la insuficiente política, avanza hacia un reposicionamiento de lo cognitivo y de lo político en el contexto más real de la

argumentación aportada por la ciencia natural a la que le hemos negado su lugar en el debate público humano y no humano y entonces sería posible un incremento en la implementación de acciones vinculantes.

El imperativo categórico de compórtate naturalmente se sintetiza entonces en menos discursos inspiradores y más legislaciones con poder cognitivo multidimensional. Y la consigna ecológica: menos cabildeo y mayor rendición de cuentas a la naturaleza.

No obstante, en medio de este panorama desafiante no podemos ignorar los destellos de esperanza y los avances significativos que se han gestado. A nivel nacional, la Constitución Política de Colombia de 1991, por ejemplo, ha integrado principios ambientales fundamentales, sentando las bases para una legislación más robusta en defensa de nuestro patrimonio natural. Algunas iniciativas ciudadanas y algunos avances tecnológicos en energías renovables dan pauta a la creciente conciencia global de salvar la conciencia natura y son testimonio de que el cambio es posible.

Estos esfuerzos demuestran que, a pesar de las promesas vacías y la inacción recurrente en ciertos foros, la voluntad humana para innovar y proteger el planeta existe y se fortalece en muchos frentes.

El porvenir de nuestro planeta, en suma, yace en la intersección de los saberes naturales, la ciencia, la política y la voluntad colectiva. Cada paso que damos, independientemente de su magnitud, es de importancia crítica, no de antagonismos.

Bibliografía

- Geddes, P., Podolinsky, S. A., & Soddy, F. (1995). *Los principios de la Economía Ecológica* (J. Martínez Alier, Ed.). Fundación Argentaria
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico: Vol. III*. Fundación Argentaria.
- Global Carbon Project (GCP). (s. f.). Global Carbon Project; Global Carbon Project (GCP). Recuperado 11 de diciembre de 2025, de <https://www.globalcarbonproject.org/index.htm>
- Hobbes, T. (with Forteza, B., Zarka, Y. C., & Montserrat, J.). (2010). *El cuerpo: Primera sección de los elementos de filosofía*. Pre-textos.
- Instituto Humboldt. (s. f.). *SiB Colombia*. Biodiversidad para Todos. Recuperado 11 de diciembre de 2025, de <https://biodiversidad.co/>
- Leroi-Gourhan, A. (1971). *El Gesto y la palabra*. Ediciones de La Biblioteca de La Universidad Central de Venezuela. <https://es.scribd.com/doc/36187008/Leroi-Gourhan-Andre-El-gesto-y-la-palabra>
- Reich, W. (2004). *Psicología del Cuerpo. Psicología Contemporánea*.
- Zingrone, F., McLuhan, E., Basaldúa, J., & Macías, E. (1998). *McLuhan escritos esenciales*. Paidós.

Cómo citar este artículo

Zuleta Ruiz, F. A. B., Muñoz Ciro, É. y Montoya Escobar, D. (2025). Conflictos entre tecnologías naturales y artificiales. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 58–75.

Sobre los autores

Fabián Adolfo Beethoven Zuleta Ruiz
Historiador, especialista en Semiótica y Hermenéutica del Arte, magíster en Estética y en Lógicas Contemporáneas de la Filosofía y doctor en Etnología y Antropología Social. Profesor titular jubilado de la Universidad Nacional de Colombia, autor y coautor de numerosos libros, ensayos y artículos académicos. Coordinador de la línea de investigación en estudios culturales y tecno-sociales del hábitat de la Escuela del Hábitat CEHAP.

Correo: zuletabeethoven@gmail.com;
fazuleta@unal.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5660-3973>

Édinson de Jesús Muñoz Ciro
Biólogo y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cofundador y Director Estratégico de la Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO. Fue representante de ONG ambientales ante el Consejo Directivo de Corantioquia y Diputado de Antioquia. Cuenta con una amplia trayectoria en gestión ambiental, incidencia política, gobernanza territorial y divulgación científica.

Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>

Daniel Montoya Escobar
Estudiante de Ciencia de la Información, Documentación, Bibliotecología y Archivística y estudiante de Derecho. Coordinador Editorial de la Revista Ambiental ÉOLO e integrante del Grupo de Investigación Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático (SECC), con experiencia en gestión editorial, organización de contenidos científicos y apoyo a procesos de divulgación académica ambiental.



Adolfo León Correa

Familia Wiwa

REDD+ en Colombia: beneficios y conflictos con comunidades étnicas y rurales

REDD+ Implementation in Colombia: Benefits and Tensions with Ethnic and Rural Communities

Esteban Álvarez Dávila, Édinson Muñoz Ciro, Daniel Montoya Escobar y Alejandra Muñoz Rivera

Resumen

Durante siglos, los pueblos indígenas y las comunidades locales han sido los guardianes de los ecosistemas, protegiendo la biodiversidad y los beneficios que brinda la naturaleza mediante prácticas sostenibles basadas en el conocimiento tradicional. Por ello, reconociendo el papel fundamental que desempeñan los bosques tropicales en la mitigación y adaptación al cambio climático, se han desarrollado diversas herramientas de gestión para mejorar la calidad de vida de estas comunidades.

En general, estas herramientas ofrecen incentivos financieros para que las comunidades conserven o restauren los ecosistemas, lo que a su vez proporciona beneficios ambientales como capturar carbono de la atmósfera, proteger las fuentes de agua, conservar la biodiversidad o regular el clima. En la última década, estos enfoques se han aplicado en muchas partes del mundo con resultados dispares. Sin embargo, aún existen grandes desafíos. Por ejemplo, se reporta con cierta frecuencia que los proyectos REDD+ (Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación Forestal) en ocasiones han ignorado los derechos de las comunidades locales. Esto genera inquietud sobre la justicia, la eficacia y la legitimidad de estos proyectos. Si bien REDD+ se promueve por sus beneficios ambientales y financieros, muchos pueblos indígenas han advertido sobre los riesgos que representa para sus derechos territoriales y su acceso a los recursos naturales.

En este artículo, queremos explicar al público general qué es REDD+, por qué es importante y qué se necesita para que funcione correctamente y sea socialmente justo. Nuestro análisis se basa en investigación académica, informes de ONG, documentos gubernamentales, y materia-

les de organizaciones indígenas. En primer lugar, ofrecemos una visión general de lo que la ciencia dice sobre la conexión entre el cambio climático, los bosques tropicales y las tierras comunitarias. En segundo lugar, analizamos los problemas clave que enfrentan las comunidades indígenas y dependientes de los bosques en relación con los proyectos REDD+, con especial atención a Colombia. Concluimos que la participación significativa de los pueblos indígenas es esencial; para que esto suceda, necesitamos una gobernanza sólida, procesos transparentes e instituciones que respeten y valoren los conocimientos, derechos y culturas locales.

Finalmente, presentamos una herramienta del Centro Latinoamericano de Investigación Periodística sobre el estado de los proyectos REDD+ en Latinoamérica (www.radiografiamediambiente-carbono.elclip.org). Esta plataforma integra datos de registros públicos y fuentes corporativas, destacando logros, falencias y el comportamiento de las empresas involucradas, constituyéndose en un recurso clave para informar a comunidades e instituciones responsables.

Palabras clave: Cambio climático; Colombia; Comunidades locales; Derechos territoriales; Mercados de carbono; Pueblos indígenas; REDD+.

Abstract

For centuries, Indigenous Peoples and Local Communities have been the guardians of ecosystems, protecting biodiversity and the benefits nature provides through sustainable practices based on traditional knowledge. Because tropical forests are vital in addressing climate change, several management tools support community well-being. In general, these tools offer financial incentives for communities to conserve or restore ecosystems, which in turn provides environmental benefits like capturing carbon from the atmosphere, protecting water sources, conserving biodiversity, or regulating the climate. In the last ten years, these methods have produced mixed outcomes globally. However, significant challenges remain. For example, it is frequently reported that REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) projects have sometimes ignored the rights of local communities. This raises concerns about how fair, effective, or legitimate these projects really are. While REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation), is promoted for its environmental and financial benefits, many Indigenous Peoples have warned about the risks it poses to their land rights

and access to natural resources.

This article explains to a general audience what REDD+ is, why it matters, and what needs to be in place for it to work well and be socially fair. We base our analysis on academic research, NGO reports, government documents, and materials from Indigenous organizations. We begin by summarizing scientific findings on the links between climate change, tropical forests, and community lands. subsequently, we examine at the key problems Indigenous and forest-dependent communities face when it comes to REDD+ projects, with a focus on Colombia. We argue that meaningful participation of Indigenous Peoples is essential, and for that to happen, we need strong governance, transparent processes, and institutions that respect and value local knowledge, rights, and cultures.

Finally, we present a tool developed by the Latin American Center for Investigative Journalism that analyzes the status of REDD+ projects in Latin America (www.radiografiamercado-carbono.elclip.org) This platform integrates data from public registries and corporate sources, highlighting achievements, shortcomings, and the behavior of the companies involved. It constitutes a key resource for informing communities and responsible institutions.

Keywords: Carbon markets; Climate change; Colombia; Indigenous peoples; Local communities; REDD+; Territorial rights.

Introducción

Los bosques tropicales desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la regulación del ciclo del agua, el balance de radiación a través del albedo y el bienestar humano (Artaxo et al. 2022). Por ejemplo, se reconoce que la conservación de los bosques tropicales es una herramienta clave para la mitigación del cambio climático pues al tiempo que son grandes depósitos de carbono, almacenando casi tanto como la atmósfera (Pan et al., 2013) y son responsables de la absorción del 29 % de las emisiones anuales de CO₂ cada año (Friedlingstein et al., 2025).

Por otra parte, los territorios indígenas ocupan una proporción significativa del planeta y se superponen ampliamente con los principales ecosistemas naturales. Se estima que alrededor del 40% de las áreas protegidas a nivel mundial están habitadas por comunidades étnicas y son esenciales como hábitats de alta biodiversidad (Schuster et al., 2019) y como sumideros críticos de carbono (Carlson et al., 2012). Dada esta convergencia, es fundamental proteger los derechos de los pueblos indígenas sobre sus tierras y recursos naturales, sus sistemas de gobernanza y sus conocimientos para la adaptación al cambio climático.

El reconocimiento de la sinergia entre territorios comunitarios, biodiversidad y almacenamiento de carbono, ha impulsado el diseño de políticas climáticas orientadas a la conservación de los bosques tropicales y a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades étnicas. En este contexto, los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques, en adelante REDD+, emergieron como una herramienta importante para alcanzar estos objetivos. Actualmente se reconoce que si bien la implementación de REDD+ puede ser valiosa y contribuye al bienestar de muchas comunidades en distintas regiones del mundo, también ha generado serios problemas en términos de gobernanza y cohesión interna (Frechette et al., 2018; Griscom et al., 2017), especialmente en Colombia (Londoño Mesa et al., 2024).

En el caso de Colombia, se han publicado varios trabajos que documentan los problemas derivados de su implementación. Dada la relevancia de este tema para el bienestar de las comunidades étnicas/campesinas y para la conservación de los bosques del país, en este número de ÉOLO se ofrece una síntesis de las principales acciones que, a lo largo de las últimas dos décadas, han marcado el tránsito desde el reconocimiento de los bosques tropicales como herramienta clave para la gestión del cambio climático, hasta la puesta en marcha de los proyectos REDD+ en Colombia.

Con este trabajo queremos resaltar el importante papel que las comunidades étnicas tienen para la gestión del cambio climático en el mundo y en Colombia y contribuir a la comprensión y visibilidad de esta problemática entre públicos menos especializados.

¿Es el cambio climático una realidad?

El cambio climático se define como la variación a largo plazo de las temperaturas y patrones climáticos del planeta, causada principalmente por el aumento de gases de efecto invernadero, producto de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva (United Nations, 2023). Existen suficientes estudios que permiten afirmar que el *cambio climático* es una realidad científica consolidada, respaldada por evidencia abrumadora proveniente de los registros de temperatura global, los datos de núcleos de hielo, el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos extremos.

Resumiendo, el consenso científico es prácticamente unánime, ya que supera el 97 %, e instituciones como el IPCC¹ afirman que la actividad humana es la principal causa. Sin embargo, las respuestas políticas varían. Mientras la mayoría de los gobiernos reconocen la crisis y adoptan objetivos de mitigación y adaptación, otros retrasan la acción debido a intereses económicos, resistencia ideológica o dependencia de los combustibles fósiles. Este contraste socava los esfuerzos coordinados a pesar de la urgencia científica, como veremos en los siguientes numerales.

Consenso científico

La investigación científica sobre el cambio climático tiene más de un siglo y medio de desarrollo. Desde mediados del siglo XIX, cuando Eunice Foote (1856) y Svante Arrhenius (1896), demostraron que el dióxido de carbono y el vapor de agua atrapaban el calor terrestre, se sentaron las bases del concepto

1. Siglas en inglés del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

de efecto invernadero. Durante el siglo XX, observaciones como la curva de Keeling (1958) confirmaron el aumento constante del CO₂ atmosférico, y los avances en modelación climática consolidaron el estudio del calentamiento global.

En 1988, la creación del IPCC marcó un punto de inflexión al institucionalizar la cooperación científica internacional. Desde entonces, múltiples de sus informes han evidenciado de forma inequívoca la influencia humana sobre el clima, advirtiendo sobre los riesgos para los ecosistemas y las sociedades (Masson-Delmotte et al., 2021). En la actualidad, la ciencia climática integra disciplinas como la meteorología, la oceanografía y la ecología, generando una comprensión más precisa de los impactos y las posibles rutas de mitigación (IPCC, 2023; United Nations, 2023).

Hace un poco más de 10 años, se publicaron los resultados de un estudio enfocado en cuantificar el consenso científico sobre el cambio climático hasta la fecha, con base en más de 11.000 artículos publicados en la literatura revisada por pares entre 1991 y 2012; el resultado indica que el 97% de la ciencia mundial apoyaba el consenso sobre el Cambio climático (Cook et al., 2016). Posteriormente, Lynas et al. (2021) publica un análisis con base en 88.000 artículos científicos sobre el tema y concluyeron con alta certeza estadística, que más del 99 % de la literatura científica revisada por pares respalda el consenso sobre el cambio climático causado por el ser humano. Por tanto, desde la perspectiva científica es prácticamente imposible negar la realidad de la crisis climática provocada por el calentamiento global (Lynas et al., 2021).

Las mediciones de la NASA (data.giss.nasa.gov/gistemp), entre otros, muestran que el período 2023 - 2024, el calentamiento global

alcanzó niveles sin precedentes en los últimos 125.000 años, acentuando la urgencia de actuar frente al cambio climático (IPCC, 2023). Sin embargo, para respaldar la toma de decisiones, se requiere una comprensión científica interdisciplinaria de una cantidad inmensa de datos como la realizada recientemente por Schaeffer et al (2025), con el objetivo de ilustrar los conocimientos más novedosos sobre el clima. A partir de una consulta internacional con 188 expertos de 45 países, el estudio identificó diez avances clave en la ciencia del clima con alta relevancia política. Entre ellos destacan el incremento de las emisiones de metano, la reducción de aerosoles y su efecto de enfriamiento, las alteraciones en la dinámica oceánica —incluido El Niño— y los crecientes costos económicos asociados. También se advierten riesgos emergentes para la salud, especialmente la materna y reproductiva, así como la expansión de zonas “inhabitables” por calor extremo. El informe resalta la vulnerabilidad de infraestructuras críticas, la necesidad de enfoques integrados para el desarrollo urbano resiliente y la gobernanza de las cadenas de minerales esenciales para una transición energética justa. Finalmente, subraya que la aceptación social y política de las políticas climáticas es tan decisiva como el conocimiento científico para avanzar en mitigación y adaptación (Schaeffer et al., 2025).

Es claro entonces que, si bien persisten vacíos importantes de conocimiento, las evidencias científicas sobre la realidad del cambio climático son abundantes y fuertes. Sin lugar a duda, la degradación ambiental y el cambio climático están relacionadas con las actividades humanas y constituyen la mayor crisis planetaria que la especie humana haya enfrentado a lo largo de su historia. Desde la Revolución Industrial (1760), la explotación de recursos y el uso de

combustibles fósiles han sostenido las economías globales, mientras que la urbanización y la agricultura intensiva han reemplazado los bosques, provocando un cambio ambiental generalizado. La quema de combustibles fósiles ha incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero, alterando las temperaturas y precipitaciones globales. Además, el cambio climático ya se manifiesta con eventos extremos que afectan a decenas de millones de personas como incendios más frecuentes tanto en regiones templadas como en las tropicales, deshielo polar, aumento del nivel del mar, lluvias intensas en China, períodos más secos, extensos y cálidos en Sudáfrica y Amazonia, y la propagación de enfermedades. Es claro entonces que, frente a esta amenaza, es esencial avanzar en estrategias de adaptación y mitigación antes de que los efectos sean irreversibles (Wang et al., 2023).

Consenso político

Desde la creación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC en 1988, existe en general un consenso político mundial que reconoce que el cambio climático tiene como causa principal las emisiones de gases efecto invernadero, especialmente de CO₂ derivadas del consumo de combustibles fósiles, y constituye una crisis ambiental, social y económica que amenaza la estabilidad del planeta y requiere una acción colectiva urgente. El Acuerdo de París (2015) fue firmado y ratificado por casi todos los países asumiendo compromisos para limitar el calentamiento global a menos de 1,5 °C, mediante la reducción de emisiones y la transición hacia economías bajas en carbono. Este consenso, impulsado por la ONU y el IPCC, hace énfasis en la necesidad de fortalecer la cooperación internacional, la justicia climática y la financiación verde como pilares esenciales para enfrentar la emergencia

climática (Fong & Maizland, 2024; UNFCCC, 2015).

Sin embargo, la postura de los países principales emisores de CO₂, ha evolucionado significativamente en la última década, no siempre en concordancia con el Acuerdo de París. En particular, la posición de Estados Unidos frente al cambio climático, el principal responsable de las emisiones históricas (25 %) y el segundo en la actualidad (12 %) (Friedlingstein et al., 2025), ha oscilado entre el liderazgo y el negacionismo. A finales de los años noventa y comienzos de los 2000, Al Gore (vicepresidente de EE. UU. en el gobierno de Bill Clinton 1993-2001) emergió como una de las voces más influyentes en la defensa del medio ambiente, promoviendo la conciencia global sobre el calentamiento global con su documental "Una verdad inconveniente" que impulsó políticas de mitigación y cooperación internacional (Davis Guggenheim, 2006).

Sin embargo, durante el gobierno de Donald Trump (2017-2021), el país experimentó un retroceso significativo: se retiró del Acuerdo de París, se redujeron regulaciones ambientales y se cuestionaron abiertamente las evidencias científicas del cambio climático. Este viraje reflejó la influencia de sectores industriales y conservadores, debilitando el liderazgo climático estadounidense. La posterior reincorporación al Acuerdo bajo Joe Biden (2021-2024) evidenció la persistente polarización política en torno a la crisis climática que se agudizó desde el inicio de la segunda presidencia de Donald Trump, cuando firmó una orden ejecutiva el 20 de enero de 2025 para retirar nuevamente a Estados Unidos del Acuerdo de París, reviviendo su postura climática de negación.

En cuanto los demás principales países emisores de gases de efecto invernadero, sus posturas políticas varían en ambición y cohe-

rencia («Greenhouse gas emissions and reduction strategies for the world's largest greenhouse gas emitters», 2024). Por ejemplo, China, el mayor emisor mundial en la actualidad, y el segundo histórico, se compromete a alcanzar la neutralidad de carbono en 2060 aunque continúa expandiendo su uso de carbón mientras lidera en energías renovables.

India defiende su derecho al desarrollo y ha fijado como meta la neutralidad de carbono para 2070, equilibrando su dependencia del carbón con una creciente inversión en energía solar. La Unión Europea muestra el mayor consenso político, con metas vinculantes de neutralidad al 2050 y políticas regulatorias

avanzadas, aunque enfrenta resistencias puntuales en sectores económicos.

Rusia reconoce el cambio climático de manera formal, pero mantiene compromisos débiles y continúa promoviendo sus exportaciones de combustibles fósiles como pilar económico. Japón se ha comprometido con la neutralidad de carbono para 2050 y un recorte del 46% para 2030 (respecto a los niveles de 2013), sin embargo, sus políticas actuales son clasificadas como "insuficientes" para cumplir con el Acuerdo de París. En la tabla 1 se presenta un resumen de la posición política frente al cambio climático de los principales países emisores de GEI.

Tabla 1. Resumen comparativo de la posición política frente al cambio climático de los principales países emisores de gases de efecto invernadero (GEI)

País / Región (% emisiones actuales)	Reconocimiento actual del cambio climático	Compromisos climáticos	Contradicciones
China (27%)	Sí	Neutralidad en 2060	Expansión del carbón
EE.UU. (12%)	Sí (con polarización)	Neutralidad en 2050	Subsidios a combustibles fósiles aún activos
India (7%)	Sí	Neutralidad en 2070	Defensa del uso de carbón por derecho a equidad
Unión Europea (8%)	Sí	Neutralidad en 2070	Defensa del uso de carbón por derecho a equidad
Rusia (5%)	Sí (retóricamente)	Sí (retóricamente)	Interés en ganancias con combustibles fósiles
Japón (3%)	Sí	Neutralidad en 2050	Políticas actuales "insuficientes"

Fuentes: («Countries With The Highest Carbon Footprint 2025 Update», 2025)²

2. www.greenmatch.co.uk/blog/countries-with-the-highest-carbon-footprint y www.climateactiontracker.org/countries/

Afortunadamente, en amplios debates se ha demostrado que el negacionismo del cambio climático carece de fundamentos científicos e ignora el amplio consenso de la comunidad científica internacional sobre la responsabilidad humana en el calentamiento global (Oreskes & Conway, 2010). No obstante, a pesar de la abundante evidencia empírica y los efectos cada vez más visibles del cambio climático, los sectores negacionistas continúan promoviendo narrativas que minimizan o desacreditan la urgencia de actuar, muchas veces motivados por intereses económicos o ideológicos vinculados a industrias altamente contaminantes. Existen cada vez más críticas contundentes al negacionismo, revelando cómo actores políticos, empresas de combustibles fósiles y medios afines han manipulado narrativas para sembrar dudas en el público, a pesar del aval científico. Por ejemplo, Lipsky (2024) presenta un análisis comparativo entre el desarrollo de la ciencia climática y los esfuerzos sistemáticos por ocultar esta amenaza mediante campañas de desinformación, llegando a las siguientes conclusiones:

- La ciencia del cambio climático es sólida desde hace décadas, pero ha sido erosionada y atacada mediante estrategias organizadas de negación (Lipsky, 2024).
- La negación climática no es un fenómeno aislado, sino que adopta tácticas heredadas de movimientos negacionistas anteriores, como los de la industria tabacalera, con financiamiento de empresas, grupos fantasma y grupos de pensamiento ("think tanks") (Lipsky, 2024).
- La responsabilidad política e institucional ha sido paralela al crecimiento del discurso de duda: muchos líderes han cedido ante presiones económicas, falta

de voluntad política y distracciones mediáticas (Lipsky, 2024).

- Aunque el negacionismo ha sido poderoso, su influencia en la opinión pública ha disminuido frente al aumento de la conciencia climática y la evidencia científica disponible.

La urgencia del cambio climático continúa avanzando al margen de disputas políticas: "(...) el clima no se preocupa por la política, los expertos o las advertencias; mantiene su propio tiempo" (Lipsky, 2024).

Por último, se debe resaltar que el negacionismo climático guarda una estrecha relación con casos del pasado en los que productos desarrollados por industrias poderosas pusieron en riesgo a gran parte de la humanidad como fue el caso del tabaco, de la lluvia ácida, del deterioro de la capa de ozono y del efecto dañino de los pesticidas (Michaels, 2020; Oreskes & Conway, 2010). En el libro "Triunfo de la duda: dinero oscuro y la ciencia del engaño" (Michaels 2020), se analiza cómo corporaciones y grupos de poder económico manipulan la ciencia para retrasar regulaciones que protejan la salud y el ambiente. El autor, David Michaels, exfuncionario de salud laboral en EE. UU., documenta casos de industrias como el tabaco, pesticidas, productos químicos y combustibles fósiles. Expone cómo el "dinero oscuro" financia estudios falsos y campañas de desinformación. El libro revela las estrategias sistemáticas usadas para sembrar duda pública y debilitar políticas basadas en evidencia científica (Michaels, 2020).

Entre los negacionismos históricos, el del tabaco es el más impactante. Con más de 100 millones de personas muertas por su consumo en el siglo XX, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la industria tabacalera emprendió desde la década de

1950 una estrategia deliberada para ocultar los efectos nocivos del cigarrillo, financiando estudios falsos y campañas mediáticas diseñadas para sembrar dudas sobre la relación entre fumar y enfermedades respiratorias, cardiovasculares y el cáncer. Mediante una red de científicos y consultores pagados, logró manipular la percepción pública y desacreditar investigaciones independientes, al mismo tiempo que ejercía influencia política para frenar regulaciones sanitarias. Como consecuencia, las políticas de control del tabaco se retrasaron al menos tres décadas en numerosos países, durante las cuales millones de personas continuaron expuestas a un producto letal presentado falsamente como inofensivo (WHO, 2019). Sumado a las pérdidas humanas, se estima que las pérdidas económicas por el uso del tabaco a nivel mundial en más de 20 billones de dólares estadounidenses (USD), considerando datos hasta el 2010 tanto los costos directos en salud pública como las pérdidas indirectas por mortalidad prematura, discapacidad y reducción de productividad laboral (Goodchild et al., 2018).

Esta desinformación sistemática, basada en la compra de credibilidad científica y en la distorsión de la evidencia, conocida como la Manufactura de la Duda, se convirtió en un modelo replicado posteriormente por el negacionismo climático y aplicado por sectores ligados a los combustibles fósiles ante el creciente consenso científico sobre el cambio climático. Publicaciones relevantes mostraron que empresas basadas en los combustibles fósiles como ExxonMobil, Chevron, BP (British Petroleum), Koch Industries, Peabody Energy, General Motors y Ford usaron el negacionismo adoptando estrategias sistemáticas de negación y manipulación científica frente al cambio climático (Mayer, 2016; Oreskes & Conway, 2010; Supran & Oreskes, 2017; Union of Concerned Scientists, 2015).

Estas empresas financiaron estudios sesgados y campañas mediáticas destinadas a sembrar dudas sobre el consenso científico, replicando las tácticas de la industria tabacalera décadas antes. A través de centros de pensamiento, grupos de presión y asesores políticos, promovieron la idea de que el calentamiento global era incierto o exagerado, debilitando la credibilidad de los científicos y frenando regulaciones ambientales. También impulsaron narrativas centradas en la responsabilidad individual, como el concepto de "huella de carbono", para desviar la atención del papel estructural de las corporaciones en las emisiones globales. Su influencia se extendió a los medios de comunicación, la financiación electoral y la producción de informes falsamente equilibrados. El impacto de este negacionismo en términos de muertes humanas, aunque difícil de calcular, se puede estimar en decenas de millones, similar al caso del tabaco (Marsh McLennan & Zurich Insurance Group, 2024; Zhao et al., 2021).

Sin embargo, en términos de pérdidas económicas acumuladas y potenciales por desastres relacionados con el cambio climático puede ser superiores a las del tabaco, considerando que se estiman hasta en un 0,82 % del PIB global, equivalente a 0,9 billones de dólares por año (Frame et al., 2020).

¿Porque es tan Importante la Conservación de los Bosques en la Gestión y Adaptación al cambio climático?

Variedad de métodos para reducir las emisiones o secuestrar CO² de la atmósfera.

La reducción y captura de gases de efecto invernadero, requiere una combinación de estrategias tecnológicas y soluciones basadas en la naturaleza, en adelante SbN (Johnson et al., 2022) resumiendo algunos métodos en la tabla 2.

Tabla 2. Estudio comparativo de métodos y costos para reducir emisiones de GEI a nivel mundial.

Categoría	Método	Costo estimado (USD/t CO₂)	Reducción estimada	Observaciones clave
Soluciones Basadas en la Naturaleza	Evitar la deforestación	5-30	Alta (3-5 Gt de CO ₂ e/año)*	Costos bajos en zonas tropicales; requiere gobernanza y derechos claros
Soluciones Basadas en la Naturaleza	Reforestación / restauración	10-50	Alta (2-4 Gt CO ₂ /año)	Eficaz a mediano plazo; beneficios colaterales en biodiversidad y agua
Soluciones Basadas en la Naturaleza	Agricultura regenerativa / suelos	10-100	Moderada	Mejora captura de carbono en suelos; dependiente del tipo de cultivo y prácticas locales
Energía y eficiencia	Solar y eólica	<20	Muy alta	Tecnología madura y en rápida expansión; requiere inversiones iniciales
Energía y eficiencia	Eficiencia en edificios, industria y transporte	0-30	Alta	Retornos económicos positivos en muchos casos
Tecnologías industriales	CCS (Captura y Almacenamiento de Carbono)	50-200	Alta	Clave para sectores como cemento y acero; caro y aún limitado
Tecnologías industriales	Captura Directa del Aire (DAC)	94-1.000	Baja hoy; potencial alto	Muy costosa, requiere reducción tecnológica y energética
Políticas económicas	Impuesto al carbono / Sistema de Comercio de Emisiones (ETS por sus siglas en inglés)	Depende del precio fijado	Variable	Cada +10 USD reduce 1 a 4,6% de emisiones a largo plazo
Cambio en el consumo	Dieta, transporte y uso de energía	Variable	Alta (8-10 Gt CO ₂ e)	Cambios en comportamiento tienen gran potencial, pero enfrentan barreras culturales

*Gt = Gigatonelada = 1.000 millones de toneladas; CO₂e = CO₂ equivalente = es la unidad de medida del impacto de los diferentes gases de efecto invernadero (GEI) en el calentamiento global en términos de la cantidad de CO₂ calculada sobre la base del índice de Potencial de Calentamiento Global.

Fuentes: («Countries With The Highest Carbon Footprint 2025 Update», 2025)²

Entre las estrategias tecnológicas se encuentran: la transición a energías renovables como la solar y la eólica, junto con mejoras en eficiencia energética en sectores como transporte, industria y edificaciones. Estas medidas permiten reducir emisiones a bajo costo y con beneficios colaterales. En sectores difíciles de descarbonizar, como en las industrias del cemento y el acero, se utilizan tecnologías como la de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS), aunque con costos elevados.

Paralelamente, las SbN, como evitar la deforestación, restaurar ecosistemas y mejorar prácticas agrícolas, ofrecen una vía de mitigación inmediata y rentable, con beneficios adicionales en biodiversidad, agua y medios de vida. Estas soluciones pueden reducir entre 5-10 Gt CO₂e (CO₂ equivalente³) al año si se implementan adecuadamente. Sin embargo, requieren marcos institucionales sólidos, seguridad en la tenencia de la tierra y mecanismos de financiamiento sostenibles para garantizar su permanencia y efectividad a largo plazo (Buma et al., 2024).

Las SbN son fundamentales para mitigar el cambio climático y conservar la biodiversidad

Las SbN para el cambio climático son acciones que protegen, restauran y gestionan sosteniblemente los ecosistemas naturales y modificados, con el objetivo de mitigar y

adaptarse a la crisis climática, al tiempo que generan beneficios para la biodiversidad y el bienestar humano. Estas soluciones incluyen, por ejemplo, la conservación de bosques, la restauración de humedales, la reforestación, la agricultura regenerativa y la protección de manglares, que actúan como sumideros de carbono y aumentan la resiliencia frente a eventos climáticos extremos (Johnson et al., 2022).

El enfoque en la protección y restauración de bosques se deriva del principio simple de que la fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas absorben CO₂ de la atmósfera. Promover el crecimiento de los árboles puede aumentar sustancialmente la cantidad de carbono extraído de la atmósfera y la cantidad de carbono almacenado en la biomasa vegetal. Además, proteger la biota microbiana en suelos y sedimentos de lagos y marismas, puede mejorar la acumulación y el almacenamiento a largo plazo del carbono orgánico incorporado por los desechos de la muerte de plantas y animales.

Tiene sentido concluir que estas acciones deberían tener efectos significativos en la captura y el almacenamiento de carbono, dado que los bosques y otros ecosistemas almacenan la mayor parte de la biomasa en la Tierra. Además, dado que las plantas proporcionan hábitats y alimentos importantes para la fauna, proteger y restaurar los bosques puede beneficiar en conjunto la con-

3. CO₂e = CO₂ equivalente. Un equivalente de CO₂ es una unidad de medida que se utiliza para estandarizar los efectos climáticos de varios gases de efecto invernadero

servación de la biodiversidad (Schmitz & Sylvén, 2023).

Concluyendo, la protección y el uso sostenible de los sumideros naturales de carbono son esenciales para mitigar el cambio climático. Estos ecosistemas —bosques, humedales y océanos— capturan y almacenan dióxido de carbono atmosférico, y evitar su destrucción o degradación impide la liberación de grandes volúmenes de CO₂. Además, restaurar y mejorar estos sumideros también refuerza su capacidad de retención de carbono. De tal manera, iniciativas como la reforestación y la recuperación de humedales fortalecen la absorción de carbono, especialmente en áreas degradadas. En la agricultura, prácticas que aumentan el retorno de carbono al suelo o minimizan sus pérdidas también aportan a la mitigación. En conjunto, conservar y restaurar los ecosistemas contribuyen a la gestión del cambio climático y permiten avanzar hacia un desarrollo sostenible (Wang et al., 2023).

Otras ventajas de las SbN

Las SbN presentan costos bajos por tonelada de carbono, especialmente en regiones tropicales, y ofrecen beneficios adicionales como la conservación de la biodiversidad, el agua, los suelos y los medios de vida locales. Su implementación puede ser rápida, ya que evitar la deforestación tiene un impacto inmediato, aunque procesos como la reforestación requieren más tiempo. Sin embargo, enfrentan limitaciones importantes, como la incertidumbre sobre la permanencia del carbono almacenado por riesgos de incendios o cambios de uso del suelo y es necesario garantizar la tenencia de la tierra, y realizar un monitoreo constante (Debele et al., 2023).

Contribución de los territorios comunitarios y comunidades étnicas a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Las comunidades étnicas y campesinas desempeñan un papel fundamental en la mitigación y adaptación al cambio climático, por dos razones fundamentales: 1) Ocupan territorios que albergan el 40% de los ecosistemas de bosques, lagos, marismas y mares mejor conservados del planeta, con alta biodiversidad y carbono almacenado; y 2) Su estrecho vínculo vital con el territorio les ha permitido desarrollar conocimientos ancestrales que les permiten aprovechar los recursos naturales sin deteriorarlos a largo plazo.

En su cotidianidad, las prácticas culturales protegen bosques, páramos, humedales y otros sistemas naturales que actúan como sumideros de carbono, al tiempo que generan resiliencia frente a eventos climáticos extremos. Como lo destaca IPCC: "Los conocimientos indígenas y locales pueden enriquecer la comprensión científica y contribuir significativamente a la adaptación y la mitigación del Cambio climático a nivel local y global" (IPCC, 2023).

Este reconocimiento resalta la necesidad de integrar a estas comunidades en el desarrollo de las políticas públicas y en los mecanismos internacionales de financiamiento climático. A continuación, haremos una breve descripción del papel de la contribución de las comunidades a la mitigación y adaptación al cambio en diferentes contextos.

Mitigación

Las SbN para la mitigación y adaptación al cambio climático, como la protección o conservación de los ecosistemas, la mejora de las prácticas de gestión forestal y la forestación, pueden reducir significativamente las emisiones netas globales. Por ejemplo, se

estima que las SbN podrían proporcionar entre el 30 % y el 40 % de la mitigación de CO₂ que se requiere para limitar el calentamiento global a menos de 2 °C (Seddon, 2022).

Una ventaja de este enfoque, es que los pueblos indígenas ya gestionan mediante SbN casi una quinta parte del carbono total almacenando por los bosques tropicales y subtropicales (218 Gt) y sus territorios abarcan el 40 % de las áreas protegidas a nivel mundial. Dada la superposición de territorios indígenas, sumideros de carbono y centros de biodiversidad, es necesario entonces defender los derechos indígenas sobre sus territorios y recursos naturales, pero también respetar los sistemas de gobernanza y conocimiento indígenas, así como su contribución a la implementación de las políticas para gestionar el cambio climático (Townsend et al., 2020).

Un estudio relativamente reciente (Frechette et al., 2018), muestra que, como mínimo, los pueblos indígenas y las comunidades locales son responsables de la gestión de al menos el 17 % del carbono almacenado en los bosques del mundo. Esta cantidad supera casi cinco veces las cifras de estimaciones anteriores sobre carbono aéreo en bosques tropicales y equivale a 33 veces las emisiones energéticas globales de 2017. En un conjunto de 52 países tropicales y subtropicales, el 22 % del carbono forestal está en territorios comunitarios, un tercio del cual corresponde a territorios sin títulos formales de propiedad, una situación que pone en peligro tanto a las personas como a sus ecosistemas. Por tanto, es clave reconocer la propiedad colectiva y el rol crucial que desempeñan las comunidades, a escala global, en la conservación del carbono evitando su liberación a la atmósfera, mediante el uso sostenible de los recursos de sus ecosistemas.

Muchos expertos sostienen que la cantidad de carbono retenida en territorios colectivos es probablemente mucho mayor de lo que indican las estimaciones actuales, debido a las limitaciones en la disponibilidad y precisión de los datos existentes (Frechette et al., 2018). A escala global, esta situación implica una clara subvaloración del carbono contenido en los bosques gestionados por comunidades. La falta de información detallada sobre la extensión real de los bosques y otras áreas bajo control de pueblos indígenas y comunidades locales, especialmente aquellas sin reconocimiento legal de sus derechos, dificulta la medición adecuada de estas reservas. En consecuencia, grandes volúmenes de carbono presentes en tierras comunitarias de países con alta cobertura boscosa, como Indonesia y la República Democrática del Congo, continúan sin ser contabilizados.

En el caso de Colombia, el MADS-IDEAM (2024); reporta que el país posee 59,2 millones de hectáreas de bosque, de las cuales el 56 % se encuentra en zonas bajo manejo de comunidades étnicas y rurales, como Resguardos Indígenas, Territorios Colectivos de Comunidades Negras y Zonas de Reserva Campesina (González & Castañeda, 2024).

Dado que los bosques colombianos tienen un promedio de carbono aéreo de $108,9 \pm 2,2$ toneladas por hectárea (Phillips et al., 2016), se estima que los territorios colectivos almacenan aproximadamente $3,6 \pm 0,1$ pentagramos⁴ de carbono, lo que resalta su papel estratégico en la mitigación del cambio climático.

Adaptación

Los pueblos indígenas y las comunidades locales han implementado numerosas respuestas para enfrentar y mitigar los

4. 1 petagramos = 1.000 millones de toneladas

impactos del cambio climático. Sin embargo, se ha invertido poco esfuerzo en recopilar, agrupar y sistematizar dichas respuestas para evaluar los patrones globales de adaptación local. Schlingmann et al. (2021) hicieron una revisión sistemática de 119 publicaciones revisadas por pares, y concluyeron que las comunidades étnicas y otras comunidades locales de todo el mundo aplican una gran diversidad de acciones para abordar los impactos del cambio climático, que abarcan ajustes sociales, ecológicos y económicos. La síntesis de una gama tan amplia de respuestas locales puede ayudar a los investigadores, gobiernos y otros responsables de la toma de decisiones a comprender la diversidad de actividades emprendidas por los pueblos indígenas y las comunidades locales, lo que podría utilizarse como fundamento del diseño de nuevas políticas que apoyen las acciones de adaptación al cambio climático en todas las escalas (Schlingmann et al., 2021).

En un estudio más reciente, Zant et al. (2023), con base en un nuevo análisis de 210 publicaciones revisadas por pares y representativas a escala global, integraron 3.292 respuestas de pueblos indígenas y comunidades locales a los impactos del cambio climático. El estudio mostró que los pueblos y comunidades están ajustando continuamente sus actividades para gestionar los efectos del cambio climático (Zant et al., 2023). De acuerdo con otros estudios, las respuestas locales al cambio climático se pueden clasificar como "incrementales" o "transformacionales" (Wilson et al., 2020). En el primer caso se refieren a cambios menores en prácticas existentes que no alteran la estructura ni la función del sistema socioecológico, como, por ejemplo, la reducción del área cultivada o el mayor uso de fertilizantes o agua. Por su parte, las adaptaciones "transformacionales" implican crear un sistema nuevo o reconfigu-

rar profundamente uno existente, por ejemplo, "cambios de ubicación, adopción de nuevas prácticas" o incluso "migración a gran escala" (Wilson et al., 2020).

En cualquier caso, estos estudios muestran con claridad que el cambio climático puede afectar profundamente la resiliencia, los medios de vida y la cultura de los pueblos indígenas y las comunidades locales. Dada su vulnerabilidad y el valor de sus conocimientos, es crucial que las políticas e investigaciones reconozcan y prioricen las respuestas locales, promoviendo estrategias que fortalezcan tanto la biodiversidad como los medios de vida (Zant et al., 2023).

Historia de los bonos de carbono

Los Mercados de Carbono Forestal (MCF) han sido impulsados como una estrategia clave frente al, al promover la conservación de los bosques y fomentar el desarrollo sostenible en países tropicales, principalmente (Wunder et al., 2023). Los MCF agrupan estrategias como REDD+ de reforestación, restauración, aforestación y manejo forestal mejorado para reducir emisiones o capturar CO₂ mediante el uso sostenible de ecosistemas. Los proyectos REDD+ buscan evitar la deforestación, mejorar el manejo de bosques y conservar sus reservas de carbono, siendo especialmente relevantes en zonas con grandes extensiones de bosque y presencia de comunidades étnicas con territorios colectivos, como los de la cuenca amazónica.

Los proyectos REDD+ fueron propuestos inicialmente en el durante la Conferencia de las Partes (Lofts K. et al., 2021), y se consolidaron en la COP 16 de Cancún (2010), cuando se adoptaron "Salvaguardas" para asegurar el respeto a los derechos humanos, la biodiversidad y los medios de vida. Estas

salvaguardas promueven la participación efectiva de comunidades locales, la transparencia en la gestión forestal y la alineación con objetivos nacionales de conservación. Su

cumplimiento es clave para acceder a fondos climáticos como el Fondo Verde o programas REDD+ de la ONU (Lofts K. et al., 2021; Roe et al., 2013) (ver Tabla 3).

Tabla 3. Hitos de las cumbres de cambio climático en relación con comunidades étnicas y territorios colectivos.

Periodo	COP Destacadas	Hitos Relevantes de REDD+	Participación Étnica y Derechos
1995–1999	COP1 (1995, Berlín) y COP3 (1997, Kioto)	Protocolo de Kioto adoptado (1997). REDD aún no incorporado formalmente	Comienza visibilización de pueblos indígenas en el debate climático, sin mecanismos específicos
2000–2004	COP6 (2001, La Haya/Bonn) y COP7 (2001, Marrakech)	Se crean las bases para proyectos forestales de carbono. Se abren espacios para sumideros de carbono en el MDL. (Mecanismo de Desarrollo Limpio)	Comienzan propuestas de pueblos indígenas para reconocimiento en mecanismos climáticos, sin lograr inclusión efectiva
2005–2009	COP11 (2005, Montreal), COP13 (2007, Bali) y COP15 (2009, Copenhague)	Nace REDD (2005). En Bali (2007), se lanza formalmente el concepto REDD+. Se reconoce necesidad de 'co-beneficios sociales'	Declaración de los Pueblos Indígenas de la Amazonía (2008). Reclamos por falta de consulta y derechos territoriales en REDD
2010–2014	COP16 (2010, Cancún) y COP17 (2011, Durban)	Cancún (2010): Se adoptan salvaguardas de REDD+ que incluyen respeto a los derechos de los pueblos indígenas y su conocimiento tradicional. Se inicia trabajo técnico sobre MRV -Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación- de financiamiento climático	Salvaguardas de Cancún exigen respeto por Consulta Previa, Participación Plena y Beneficios Compartidos. Inciden activamente la ONIC -Organización Nacional Indígena de Colombia- y la COICA - Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica
2015–2019	COP21 (2015, París) y COP24 (2018, Katowice)	REDD+ reconocido como mecanismo clave en el Acuerdo de París (Art. 5). Se fortalece el Marco de Pago por Resultados y Monitoreo	En el Acuerdo de París no se logró incluir referencias explícitas a pueblos indígenas, pero se refuerza su participación. Se forma la Plataforma LCIPP (Plataforma de Comunidades Locales y Pueblos Indígenas)

2020–2024	COP26 (2021, Glasgow), COP27 (2022, Sharm el-Sheikh) y COP28 (2023, Dubai)	Glasgow impulsa financiamiento para REDD+. Dubái destaca REDD+ como vía para NDCs - Contribuciones determinadas a nivel nacional - y Mercado Voluntario de Carbono. Alertas sobre abusos empresariales	Denuncias por apropiación indebida de territorios. Sentencia T-248 de Colombia (2024) protege derechos indígenas. Llamado global a reglamentar el Consentimiento Informado
-----------	--	--	--

Fuentes: (Lofts K. et al., 2021; Roe et al., 2013)

Sin embargo, a pesar de su potencial, los proyectos REDD+ enfrentan obstáculos persistentes. Se tienen reportes de que en muchas áreas la deforestación no se ha detenido y en muchos proyectos la reducción de emisiones ha sido sobreestimadas, comprometiendo la credibilidad de las empresas desarrolladoras y verificadora. Además, la participación de comunidades locales sigue siendo escasa o simbólica; y en varios países, incluida Colombia, se han denunciado fallas en la consulta previa, así como distribución inequitativa de beneficios. Estas brechas debilitan la legitimidad del mecanismo y ponen en riesgo su sostenibilidad social y ambiental a largo plazo, especialmente en territorios colectivos de pueblos indígenas y afrodescendientes (Blanton et al., 2024; Cárdenas & Guzmán, 2023)

Síntesis de la legislación colombiana en relación con los proyectos REDD+.

En Colombia, los proyectos REDD+ se desarrollan principalmente en territorios colectivos de comunidades indígenas y afrodescendientes, y se insertan en un complejo entramado legal y político que articula compromisos internacionales con mandatos constitucionales y normativas internas (ver Tabla 4). Desde su presentación en 2005 en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (Lofts K. et al., 2021), REDD+ ha evolucionado hacia un mecanismo que no solo busca la conservación de los bosques, sino también la promoción de derechos colectivos y el acceso a financiamiento climático.

Tabla 4. Hitos para Colombia en el marco de las Conferencias de las Partes (COP) y REDD+.

Periodo	Hitos en Colombia
1995-1999	1997: Colombia participa en las negociaciones iniciales del Protocolo de Kioto aprobado en la Cumbre del Clima realizada en la ciudad de Japón. Se inicia la identificación de ecosistemas estratégicos.
2000-2004	2002: Colombia formula su primer documento sobre cambio climático. Apoyo inicial a proyectos forestales voluntarios.
2005-2009	2008: Nace la Estrategia Nacional REDD+ en fase temprana. Primeros pilotos REDD+ en la Amazonía.

2010-2014	2012: El mecanismo de la Consulta Previa se incorpora en discusiones sobre proyectos REDD+ en territorios étnicos. Se expiden lineamientos del Ministerio de Ambiente de Colombia.
2015-2019	2017: Decreto 870 reglamenta Pagos por Servicios Ambientales (PSA). Se formaliza mercado REDD+ en Colombia. Apoyo internacional (GCF, ONU-REDD).
2020-2024	2021: Decreto 690 refuerza regulación REDD+. 2022-2024: Corte Constitucional emite fallos clave (Sentencia T-248/24) exigiendo respeto a derechos de comunidades indígenas. Proyectos REDD+ cuestionados por falta de consulta y transparencia.

Fuente: (Londoño Mesa et al., 2024)

A nivel nacional, la Ley 1753 de 2015 incorporó REDD+ como parte de la Estrategia de Desarrollo Bajo en Carbono. La Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), definió los mecanismos de Monitoreo, Reporte y Verificación para evaluar los resultados de mitigación. Estos marcos técnicos han sido fundamentales para habilitar el acceso a fondos internacionales, pero han generado debates por la falta de armonización con el marco étnico-territorial colombiano. Uno de los pilares normativos más relevantes es el bloque de constitucionalidad, que obliga al Estado a garantizar la consulta previa, libre e informada con los pueblos étnicos cuando se vean afectados sus territorios o derechos. Esta obligación ha sido reforzada por sentencias de la Corte Constitucional (como la T-129/11, SU-133/17 y T-063/19), que establecen que los proyectos REDD+ deben respetar el Principio de Autodeterminación de los Pueblos y asegurar su participación plena y efectiva. El Decreto 2613 de 2013 y las Directivas Presidenciales 01/2010 y 10/2013 también detallan los procedimientos para llevar a cabo estas consultas (Directiva Presidencial 01, 2010; Directiva Presidencial 10,

2013; Ley 1753, 2015; Resolución 1447, 2018; Sentencia SU 133/17, 2017, p. 1; Sentencia T-063/19, 2019; Sentencia T-129, 2011).

En el plano internacional, las Salvaguardas de Cancún (COP16, 2010) y el marco del Programa ONU-REDD, establecen principios para que los proyectos REDD+ respeten los derechos humanos, la biodiversidad y los medios de vida locales (Roe et al., 2013; UNFCCC, 2015; United Nations Climate Change, 2025; United Nations Environment Programme, 2022). Documentos como el informe de Londoño-Mesa et al. (2024) y el diagnóstico del Instituto de Investigaciones Amazónicas de Colombia SINCHI, advierten sobre vacíos en la implementación de estas salvaguardas y llaman la atención sobre los riesgos de mercantilizar los bosques sin garantizar los derechos colectivos (Instituto SINCHI, 2025; Londoño Mesa et al., 2024).

En síntesis, aunque Colombia cuenta con un andamiaje legal robusto para implementar REDD+, persisten desafíos en la armonización normativa, la garantía de derechos étnicos y la generación de beneficios reales y sostenibles para las comunidades. Avanzar hacia un REDD+ con justicia climática implica

fortalecer la gobernanza local, asegurar la transparencia y priorizar el Consentimiento Libre e Informado como eje central del proceso. En el siguiente numeral haremos una síntesis de los principales problemas con proyectos REDD+ en territorios colectivos del mundo y Colombia.

Casos de estudio de proyectos REDD+ que generan problemas a las comunidades étnicas en territorios colectivos.

Situación mundial

La plataforma Carbon Brief (2023) presenta un análisis global del mercado voluntario de créditos de carbono mediante de un mapa detallado con más de 170 proyectos geocalizados. El objetivo es visualizar dónde se generan los créditos de carbono, qué actores están involucrados y qué tipo de metodología utilizan, con el fin de evaluar su efectividad climática real y su impacto social (Dune & Quiroz, 2023).

El análisis muestra que, pese al auge del mercado de carbono, muchos proyectos tienen fallas graves. Una parte importante de los créditos vendidos no refleja reducciones reales de emisiones, ya sea porque los proyectos habrían ocurrido sin el financiamiento o porque no demuestran evitar efectivamente la deforestación. Esto sugiere que muchas iniciativas comercializan reducciones ficticias o "aire caliente", una situación señalada por científicos de alto nivel. Varias se ubican en territorios indígenas o rurales, sin procesos adecuados de consulta ni distribución justa de beneficios. Se evidencian conflictos sociales, opacidad en la gestión y concentración de ganancias en intermediarios y certificadoras privadas. El análisis por región, tipo de ecosistema o volumen de

créditos revela que pocas empresas dominan el mercado, muchas bajo estándares como Verra (VCS), criticado por falta de rigor y posibles conflictos de interés.

El informe concluye que el mercado de compensaciones necesita una reforma profunda basada en integridad ambiental, justicia social y transparencia, pues corre el riesgo de socavar los compromisos climáticos y vulnerar derechos comunitarios. En aproximadamente el 72% de los informes examinados por Carbon Brief (2023), se encontraron evidencias de proyectos de compensación de carbono que perjudican a pueblos indígenas y comunidades locales. En el 43% de los informes examinados, encontraron evidencia de proyectos de compensación de carbono que exageran su capacidad para reducir las emisiones. La mayoría de los casos documentados sobre compensaciones de carbono con impactos negativos se ubicaron en América Latina (24), seguida de África (16), Asia (7), Australia y Nueva Zelanda (5), Europa (4) y América del Norte (4). De los casos latinoamericanos, 20 se ubicaron en la selva amazónica (Dune & Quiroz, 2023).

Situación en Colombia

Las investigaciones publicadas principalmente en el Portal Mongabay, pero también las realizadas por la ONG De Justicia, evidencian una implementación deficiente de REDD+ en Colombia. En la Tabla 5, se presenta un resumen de estas investigaciones para poner en evidencia los problemas que se han generado en comunidades étnicas en nuestro país. En el análisis de los diez proyectos REDD+ en territorios colectivos de la Amazonía colombiana y otras regiones, se identificaron conflictos que afectan directamente al menos a 20 pueblos indígenas distintos.

Estos proyectos, desplegados sobre una superficie superior a 3,8 millones de hectáreas, han generado múltiples tensiones sociales y vulneraciones a los derechos colectivos. Entre los principales problemas se encuentran la firma de contratos sin procesos adecuados de consulta previa, libre e informada, lo que compromete el derecho a la autodeterminación y a la participación efectiva de los pueblos indígenas. En varios casos, los proyectos fueron negociados por actores externos o representantes cuestionados, lo que ha derivado en divisiones internas, pérdida de legitimidad y conflictos por representación (Cerqueira, 2015; Liévano, 2025).

También se han documentado exclusiones de comunidades cuyos territorios fueron incluidos en los proyectos sin su conocimiento, así como falta de transparencia en los pagos y en la distribución de beneficios. Se

destaca además la ausencia de reconocimiento legal de la tenencia territorial en algunas zonas, lo que aumenta el riesgo de apropiación indebida del carbono almacenado y vulnera los derechos territoriales. Las comunidades denuncian también la falta de información clara sobre las condiciones contractuales, el uso de los recursos obtenidos y los impactos sociales y ambientales esperados.

En resumen, *el patrón común en estos proyectos es la violación de los principios fundamentales de los derechos de los pueblos indígenas, especialmente en lo relacionado con la consulta, el consentimiento y el control autónomo de sus territorios y recursos naturales*. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de establecer marcos regulatorios sólidos y mecanismos de vigilancia comunitaria, que garanticen que la acción climática no se convierta en una nueva forma de despojo.

Tabla 5. Resumen de proyectos REDD+ que han generado problemas a las comunidades.

Región	Dpto	Caso	Comunidades afectadas	Área aprox (ha)	Problemas principales
Amazonía	Caquetá	Resguardo Muinane – Nonuya	Comunidad Nonuya de Villazul	260.000	Negociaciones mediadas por político sancionado; falta de legitimidad en representación; dudas sobre legalidad del proyecto y contratos firmados.
Amazonía	Caquetá	Resguardo Monochoa	Andoque, Yukuna, Tanimuka	417.000	Comunidades excluidas del proyecto pese a estar en el territorio; desconocimiento del derecho al consentimiento previo; desigualdad en el reparto de beneficios.
Amazonía	Guaviare	Jocu Bucuro Apuro	Tukano, Desano, Cubeo, Tanimuka	10.776	Bonos vendidos a empresas internacionales (Delta Airlines) pese a alertas sobre inconsistencias; falta de transparencia y control; problemas éticos del proyecto.
Amazonía	Guaviare	Resguardo Nukak	Nukak Makú	954.000	Negociaciones desventajosas; ausencia de respaldo estatal; situación humanitaria crítica; proyectos firmados pese al confinamiento forzado del pueblo Nukak.
Amazonía	Vaupés	Gran Resguardo del Vaupés	Barasana, Tanimuka, Makuna, Letuama, Yurí	1.465.031	Contratos sin claridad; falta de información sobre pagos; ausencia de acompañamiento técnico y jurídico; división entre asociaciones indígenas.
Amazonía	Vaupés	Pirá Paraná (Vaupés)	Barasana, Tanimuka, Makuna, Letuama, Yurí (Pirá Paraná)	600.000	La comunidad del Pirá Paraná forma parte del Gran Resguardo del Vaupés, pero se ha diferenciado por su postura crítica frente a la implementación de proyectos de carbono que han sido suscritos sin consulta adecuada y que han generado conflictos internos por representatividad, autonomía y manejo del territorio. División interna en comunidades; falta de consulta previa; contratos firmados sin consenso; conflicto con la Organización Indígena COIAM.
Amazonía	Vichada y Guanía	Resguardo Selva de Matavén	Piapoco, Curripaco, Puinave, Cubeo, Sikuani	1.150.000	Venta de créditos sin demostrar adicionalidad; posibles bonos sobreestimados; cuestionamientos sobre la verdadera reducción de emisiones.
Andina	Nariño	Resguardo Cumbal (Nariño)	Comunidad indígena Pasto	417.883	Proyecto firmado sin conocimiento de la comunidad; falta de transparencia; juez suspendió proyecto por violación al derecho de participación.
Andina	Tolima	Bosque de Galilea	Campesinos del Tolima (Bosque de Galilea)	13.727	Falta de información clara; dudas sobre el cumplimiento ambiental; ausencia de monitoreo independiente; incertidumbre sobre beneficios reales.
Pacífica	Valle del Cauca	Concejos comunitarios de Raposo y Malloquín	Comunidades afrocolombianas	15.000	Traslape de proyectos privados sobre territorios afro sin consulta previa; conflictos por uso del territorio; omisión de derechos colectivos.

Fuente: <https://radiografia-mercado-carbono.elclip.org/?lang=es>

Consideraciones finales

En los últimos años, Colombia ha visto un crecimiento acelerado de proyectos REDD+ y de otras iniciativas del mercado voluntario de carbono forestal, muchas de ellas en territorios colectivos indígenas y afrodescendientes. Aunque se presentan como medidas contra el cambio climático, distintos informes y fallos judiciales han revelado abusos por parte de empresas desarrolladoras: falta de consulta previa, debilitamiento de estructuras de gobierno propio, contratos desfavorables, exclusión de beneficios y escasa transparencia. Frente a esto, el país ha adoptado medidas, pero aún insuficientes, para proteger efectivamente los derechos colectivos de las comunidades étnicas.

Un avance destacado es la Sentencia T-248 de 2024, donde la Corte Constitucional reconoció la vulneración de derechos al Pueblo Indígena del río Pirá Paraná (Vaupés) por el proyecto “Baka Rokarire”, implementado sin consulta ni consentimiento. El fallo ordena aplicar el estándar de debida diligencia empresarial, crear un protocolo con enfoque étnico para proyectos REDD+ y fortalecer la regulación estatal del mercado de carbono. También expone debilidades del Sistema Nacional de Salvaguardas y la actitud poco transparente de empresas que han validado proyectos sin contar con el respaldo en pleno de la comunidad (Sentencia T-248/24, 2024).

Por decisiones judiciales se han suspendido proyectos por omitir la participación comunitaria, como en el Resguardo Indígena de Cumbal (Nariño), donde se comprobó que se vendieron bonos sin consentimiento real de la comunidad. Desde 2018 existe la Resolución 1447 del MADS, que regula el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (RENARE), pero ha sido criticada por carecer de mecanismos

eficaces para garantizar las salvaguardas étnicas o anular contratos irregulares (Resolución 1447, 2018). A pesar de los compromisos internacionales, el Sistema de Salvaguardas sigue limitado a reportes voluntarios sin fuerza legal. Organizaciones como Dejusticia, Organización Nacional de los Pueblos Indígenas de la Amazonía Colombiana (OPIAC), Organización Nacional Indígenas de Colombia (ONIC), Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), y Tierra Digna, han acompañado acciones legales; han denunciado patrones de abuso como la cooptación de líderes, contratos sin traducción ni consulta cultural y pagos desiguales; y proponen la creación de una entidad independiente con facultades de control. La Defensoría del Pueblo ha advertido sobre múltiples denuncias y la urgencia de regular el papel de empresas desarrolladoras, certificadoras y verificadoras. En cambio, la Procuraduría ha mostrado una respuesta limitada, sin abrir investigaciones relevantes.

En conclusión, aunque existen avances significativos como la Sentencia T-248 (Sentencia T-248/24, 2024), persisten fallas normativas, falta de control efectivo y una débil implementación de salvaguardas. Urge reforzar la regulación, establecer mecanismos de control con participación étnica y asegurar que las soluciones climáticas respeten plenamente los derechos de los pueblos originarios.

Por fortuna, recientemente se han desarrollado esfuerzos importantes enfocados en poner información veraz, documentada y crítica sobre el diseño e implementación de proyectos REDD+ en Colombia que incluye información sobre el desempeño de las empresas (tanto desarrolladoras como validadoras) y la forma en la que se desarrolló el proceso con las comunidades. Al respecto, se destaca el portal Carbono Opaco: Radiografía del Carbono, con énfasis en los proyec-

tos en Colombia, Brasil y Perú (Carbono Turvo, 2025). Esta es una herramienta de alta relevancia para tener informadas a las comunidades que quieran avanzar en el diseño e implementación de un proyecto REDD+.

Bibliografía

Bermúdez, A. (2021, noviembre 25). El mayor proyecto de bonos de carbono de Colombia podría estar vendiendo aire caliente. El Clip. <https://www.elclip.org/el-mayor-proyecto-de-bonos-de-carbono-de-colombia-podria-estar-vendiendo-aire-caliente/>

Bermúdez, A. (2022a, octubre 26). El territorio de los jaguares de Yuruparí dividido por un proyecto de bonos de carbono. El Clip. <https://www.elclip.org/bonos-carbono-yurupari/>

Bermúdez, A. (2022b, octubre 26). El territorio de los jaguares de Yuruparí dividido por un proyecto de bonos de carbono [Noticias ambientales]. <https://es.mongabay.com/2022/10/territorio-de-jaguares-de-yurupari-dividido-por-proyecto-de-bonos-de-carbono-en-colombia/>

Bermúdez, A. (2023a, marzo 30). Colombia: Las dos comunidades indígenas excluidas de un proyecto de carbono en su territorio. Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2023/03/colombia-comunidades-indigenas-excluidas-de-un-proyecto-de-carbono-en-su-territorio/>

Bermúdez, A. (2023b, junio 2). Cumbal, el resguardo indígena que vendió bonos de carbono sin que sus habitantes supieran. El Clip. <https://www.elclip.org/resguardo-indigena-cumbal-bonos-de-carbono/>

Bermúdez, A. (2023c, septiembre 19). Colombia: Juez suspende proyecto de carbono hecho a espaldas de la comunidad [Noticias ambientales]. <https://es.mongabay.com/2023/09/colombia-juez-suspende-proyecto-de-carbono-hecho-a-espaldas-de-la-comunidad/>

Bermúdez, A. (2023d, diciembre 6). Delta Airlines compró, una vez más, bonos de carbono a un proyecto con problemas. El Clip. <https://www.elclip.org/delta-airlines-bonos-carbono-proyecto-problemas/>

Blanton, A., Mohan, M., Galgamuwa, G. A. P., Watt, M. S., Montenegro, J. F., Mills, F., Carlsson, S. C. H., Velasquez-Camacho, L., Bomfim, B., Pons, J., Broadbent, E. N., Kaur, A., Direk, S., de-Miguel, S., Ortega, M., Abdullah, M., Rondon, M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Silva, C. A., ... Ewane, E. B. (2024). The status of forest carbon markets in Latin America. *Journal of Environmental Management*, 352, 119921. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119921>

Buma, B., Gordon, D. R., Kleisner, K. M., Bartuska, A., Bidlack, A., DeFries, R., Ellis, P., Friedlingstein, P., Metzger, S., Morgan, G., Novick, K., Sanchirico, J. N., Collins, J. R., Eagle, A. J., Fujita, R., Holst, E., Lavalley, J. M., Lubowski, R. N., Melikov, C., ... Hamburg, S. P. (2024). Expert review of the science underlying nature based climate solutions. *Nature Climate Change*, 14(4), 402-406. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01960-0>

Carbono Turvo. (2025). Carbono Opaco: Radiografía del mercado de carbono en América Latina. Radiografía del mercado de carbono. <https://radiografia-mercado-carbono.elclip.org/>

- Cárdenas, M., & Guzmán, J. J. (2023). Forest Based Carbon Markets: Pitfalls and Opportunities. Center for Global Development. https://www.cgdev.org/sites/default/files/forest-based-carbon-markets-pitfalls-and-opportunities_0.pdf
- Carlson, K. M., Curran, L. M., Ratnasari, D., Pittman, A. M., Soares-Filho, B. S., Asner, G. P., Trigg, S. N., Gaveau, D. A., Lawrence, D., & Rodrigues, H. O. (2012). Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7559-7564. <https://doi.org/10.1073/pnas.1200452109>
- Cerqueira, D. (2015, julio 14). Consulta previa puede evitar daños ambientales al país y al planeta [De Justicia]. <https://www.dejusticia.org/consulta-previa-puede-evitar-danos-ambientales-al-pais-y-al-planeta/>
- CLIP & Rutas del Conflicto. (2024, febrero 14). Proyecto de bonos de carbono en Colombia parece estar bajo la niebla. El Clip. <https://www.elclip.org/bonos-carbono-bosque-galilea/>
- CLIP & Rutas del Conflicto. (2025, febrero 4). El proyecto privado de carbono que se traslapa con territorios comunitarios afro. Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2025/02/proyecto-privado-carbono-se-traslapa-con-territorios-comunitarios-afro/>
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., Carlton, J. S., Lewandowsky, S., Skuce, A. G., Green, S. A., Nuccitelli, D., Jacobs, P., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., & Rice, K. (2016). Consensus on consensus: A synthesis of consensus estimates on human caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4), 048002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
- Countries With The Highest Carbon Footprint 2025 Update. (2025). GreenMatch.co.uk. <https://www.greenmatch.co.uk/blog/countries-with-the-highest-carbon-footprint>
- Davis Guggenheim (Director). (2006). *An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It* [Documental].
- Debele, S., Leo, L., Kumar, P., Sahani, J., Ommer, J., Bucchignani, E., Vranic, S., Kalas, M., Amirzada, K., Pavlova, I., Rahman, M., González-Ollauri, & Di Sabatino, S. (2023). Nature based solutions can help reduce the impact of natural hazards: A global analysis of NBS case studies. *Science of The Total Environment*, 902, 165824. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165824>
- Directiva Presidencial 01, Ejecutivo (2010). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva-gestornormativo/norma.php?i=39263>
- Directiva Presidencial 10 (2013). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=DirectivasP/30021326>
- Dune, D., & Quiroz, Y. (2023, septiembre 26). Mapped: The impacts of carbon-offset projects around the world. Carbon Brief. <https://interactive.carbonbrief.org/carbon-offsets-2023/mapped.html>
- Fong, C., & Maizland, L. (2024). Global Climate Agreements: Successes and Failures. Council on Foreign Relations CFR. <https://www.cfr.org/background/paris-global-climate-change-agreements>

- Frame, D. J., Rosier, S. M., Noy, I., Harrington, L. J., Carey-Smith, T., Sparrow, S. N., Stone, D. A., & Dean, S. M. (2020). Climate change attribution and the economic costs of extreme weather events: A study on damages from extreme rainfall and drought. *Climatic Change*, 162(2), 781-797. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02729-y>
- Frechette, A., Ginsburg, C., Wayne, W., Gorelik, S., Keene, S., Meyer, C., Reyntar, K., & Veit, P. (2018). A Global Baseline of Carbon Storage in Collective Lands: Indigenous and Local Community Contributions to Climate Change Mitigation. https://rightsandresources.org/wp-content/uploads/2018/09/A-Global-Baseline_RRI_Sept-2018.pdf
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quéré, C., Li, H., Lujikx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., ... Zeng, J. (2025). Global Carbon Budget 2024. *Earth System Science Data*, 17(3), 965-1039. <https://doi.org/10.5194/essd-17-965-2025>
- Gillingham, K., & Stock, J. H. (2018). The Cost of Reducing Greenhouse Gas Emissions. *Journal of Economic Perspectives*, 32(4), 53-72. <https://doi.org/10.1257/jep.32.4.53>
- González, M. S. M., & Castañeda, S. Y. S. (2024). Propuesta del nivel de referencia de las emisiones forestales de Colombia para el periodo 2023–2027 como mecanismo para optar al pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. https://redd.unfccc.int/media/colombia_submission_nref_2023_-_2027_vf.pdf
- Goodchild, M., Nargis, N., & d'Espaignet, E. T. (2018). Global economic cost of smoking-attributable diseases. *Tobacco Control*, 27(1), 58-64. <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2016-053305>
- Greenhouse gas emissions and reduction strategies for the world's largest greenhouse gas emitters. (2024). *Science of The Total Environment*, 944, 173895. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173895>
- Griscom, B. W., Adams, J., Ellis, P. W., Houghton, R. A., Lomax, G., Miteva, D. A., Schlesinger, W. H., Shoch, D., Siikamäki, J. V., Smith, P., Woodbury, P., Zganjar, C., Blackman, A., Campari, J., Conant, R. T., Delgado, C., Elias, P., Gopalakrishna, T., Hamsik, M. R., ... Fargione, J. (2017). Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(44), 11645-11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Instituto SINCHI. (2025). Diagnóstico de proyectos REDD+ en la Amazonia colombiana. <https://sinchi.org.co/diagnostico-de-proyectos-redd-en-la-amazonia-colombiana1>
- IPCC (Ed.). (2023). *Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Johnson, B. A., Kumar, P., Okano, N., Dasgupta, R., & Shivakoti, B. R. (2022). Nature-based solutions for climate change adaptation: A systematic review of systematic reviews. *Nature-Based Solutions*, 2, 100042. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100042>

- Ley 1753 de 2015: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país" (2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/-gestornormativo/norma.php?i=61933>
- Liévano, A. B. (2025). Andrés Bermúdez Liévano (CLIP) archivos. Mongabay. <https://es.mongabay.com/by/andres-bermudez-lievano-clip/>
- Lipsky, D. (2024). The parrot and the igloo: Climate and the science of denial. W.W. Norton & Company, Inc.
- Lofts K., Sarmiento Barletti J.P., & Larson A.M. (2021). Lessons towards rights-responsive REDD+ safeguards from a literature review. Center for International Forestry Research (CIFOR). <https://doi.org/10.17528/cifor/008376>
- Londoño Mesa, A., Martínez Rodríguez, T. E., & Vélez Lesmes, M. A. (2024). Iniciativas REDD+ en Colombia: Balance y Recomendaciones. <https://hdl.handle.net/1992/74565>
- Lynas, M., Houlton, B. Z., & Perry, S. (2021). Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. *Environmental Research Letters*, 16(11), 114005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2966>
- Marsh McLennan & Zurich Insurance Group. (2024). Global Risks Report 2024. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2024/>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, Ö., Yu, R., & Zhou, B. (Eds.). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Mayer, J. (2016). *Dark Money: The Hidden History of the Billionaires Behind the Rise of the Radical Right*. Doubleday.
- Michaels, D. (2020). *The Triumph of Doubt: Dark Money and the Science of Deception*. Oxford University Press.
- Molinares, C. (2024, octubre 10). Los "papayeros" que invadieron el resguardo Nukak Makú [Noticias ambientales]. <https://es-mongabay.com/2024/10/los-papayeros-invadieron-resguardo-nukak-maku/>
- Oreskes, N., & Conway, E. M. (2010). *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues From Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Press.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., & Jackson, R. B. (2013). The Structure, Distribution, and Biomass of the World's Forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44(1), 593-622. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135914>
- Phillips, J., Duque, Á., Scott, C., Wayson, C., Galindo, G., Cabrera, E., Chave, J., Peña, M., Álvarez, E., Cárdenas, D., Duivenvoorden, J., Hildebrand, P., Stevenson, P., Ramírez, S., & Yepes, A. (2016). Live aboveground carbon stocks in natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 374, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.05.009>

- Resolución 1447: Por la cual se reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional de que trata el artículo 175 de la Ley 1753 de 2015, y se dictan otras disposiciones (2018). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1447-de-2018.pdf>
- Roe, S., Streck, C., Pritchard, L., & Costenbader, J. (2013). Safeguards in REDD+ and Forest Carbon Standards: A Review of Social, Environmental and Procedural Concepts and Application. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1812.7846>
- Romero, R. (2023, enero 25). El político sancionado que negocia bonos de carbono en la Amazonía. Noticias ambientales. <https://es.mongabay.com/2023/01/politico-sancionado-que-negocia-bonos-de-carbono-en-la-amazonia-columbia/>
- Rutas del Conflicto, Mongabay Latam, La Liga contra el Silencio, & Centro Latinoamericano de Investigación Periodística CLIP. (2025). Indígenas negocian bonos de carbono en desventaja y sin respaldo estatal. https://rutasdelconflicto.com/especiales/carbono_opaco/index3.html
- Schaeffer, R., Schipper, E. L. F., Ospina, D., Mirazo, P., Alencar, A., Anvari, M., Artaxo, P., Biresselioglu, M. E., Blome, T., Boeckmann, M., Brink, E., Broadgate, W., Bustamante, M., Cai, W., Canadell, J. G., Cardinale, R., Chidichimo, M. P., Ditlevsen, P., Eicker, U., ... Ziervogel, G. (2025). Ten new insights in climate science 2024. *One Earth*, 8(6), 101285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2025.101285>
- Schlingmann, A., Graham, S., Benyei, P., Corbera, E., Martínez Sanesteban, I., Marelle, A., Soleymani-Fard, R., & Reyes-García, V. (2021). Global patterns of adaptation to climate change by Indigenous Peoples and local communities. A systematic review. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 51, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.03.002>
- Schmitz, O. J., & Sylvén, M. (2023). Animating the Carbon Cycle: How Wildlife Conservation Can Be a Key to Mitigate Climate Change. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 65(3), 5-17. <https://doi.org/10.1080/00139157.2023.2180269>
- Schuster, R., Germain, R. R., Bennett, J. R., Reo, N. J., & Arcese, P. (2019). Vertebrate biodiversity on indigenous-managed lands in Australia, Brazil, and Canada equals that in protected areas. *Environmental Science & Policy*, 101, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.002>
- Seddon, N. (2022). Harnessing the potential of nature-based solutions for mitigating and adapting to climate change. *Science*, 376(6600), 1410-1416. <https://doi.org/10.1126/science.abn9668>
- Sentencia SU 133/17 (2017). <https://www.corteconstitucional.gov.co/>
- Sentencia T-063/19 (2019). <https://www.corteconstitucional.gov.co/>
- Sentencia T-129 (2011). <https://www.corteconstitucional.gov.co/>
- Sentencia T-248/24, Legislativo (2024). <https://www.corteconstitucional.gov.co/>
- Supran, G., & Oreskes, N. (2017). Assessing ExxonMobil's climate change communications (1977–2014). *Environmental*

- Research Letters, 12(8), 084019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa815f>
- Townsend, J., Moola, F., & Craig, M.-K. (2020). Indigenous Peoples are critical to the success of nature-based solutions to climate change. *FACETS*, 5(1), 551-556. <https://doi.org/10.1139/facets-2019-0058>
- UNFCCC. (2015). Acuerdo de París. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Union of Concerned Scientists. (2015, junio 29). Los expedientes sobre el engaño climático. Union of Concerned Scientists. <https://www.ucs.org/resources/climate-deception-dossiers>
- United Nations. (2023). ¿Qué es el cambio climático? United Nations. <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
- United Nations Climate Change. (2025). Safeguards / REDD+-UNFCCC. Plataforma web REDD+. <https://redd.unfccc.int/fact-sheets/safeguards.html>
- United Nations Environment Programme. (2022). Safeguarding People and Nature in REDD+: Meeting Safeguards Under the United Nations Framework Convention on Climate Change (p. 16). United Nations. https://www.un-redd.org/sites/default/files/2022-03/Safeguarding%20People%20and%20Nature%20of%20final-compressed.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Wang, F., Harindintwali, J. D., Wei, K., Shan, Y., Mi, Z., Costello, M. J., Grunwald, S., Feng, Z., Wang, F., Guo, Y., Wu, X., Kumar, P., Kästner, M., Feng, X., Kang, S., Liu, Z., Fu, Y., Zhao, W., Ouyang, C., ... Tiedje, J. M. (2023). Climate change: Strategies for mitigation and adaptation. *The Innovation Geoscience*, 1(1), 100015. <https://doi.org/10.59717/j.xinn-geo.2023.100015>
- WHO. (2019). Report on the global tobacco epidemic 2019: Offer help to quit tobacco use. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i-item/9789241516204>
- Wilson, R. S., Herziger, A., Hamilton, M., & Brooks, J. S. (2020). From incremental to transformative adaptation in individual responses to climate-exacerbated hazards. *Nature Climate Change*, 10(3), 200-208. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0691-6>
- Wunder, S., Schulz, D., Montoya-Zumaeta, J., Börner, J., & Frey, G. (2023). Modest forest and welfare impacts from current REDD+ initiatives. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2429873/v1>
- Zant, M., Schlingmann, A., Reyes-García, V., & García-del-Amo, D. (2023). Incremental and transformational adaptation to climate change among Indigenous Peoples and local communities: A global review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 28(8), 57. <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10095-0>
- Zhao, Q., Guo, Y., Ye, T., Gasparrini, A., Tong, S., Overcenco, A., Urban, A., Schneider, A., Entezari, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Zanobetti, A., Analitis, A., Zeka, A., Tobias, A., Nunes, B., Alahmad, B., Armstrong, B., Forsberg, B., Pan, S.-C., ... Li, S. (2021). Global, regional, and national burden of mortality associated with non-optimal ambient temperatures from 2000 to 2019: A three-stage modelling study. *The Lancet Planetary Health*, 5(7), e415-e425. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00081-4)

Cómo citar este artículo

Álvarez Dávila, E., Muñoz Ciro, É., Montoya Escobar, D. y Muñoz Rivera, A. (2025). Mercados Voluntarios de Carbono. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 77–106.

Sobre los autores

Esteban Álvarez Dávila

Ingeniero forestal, magíster y doctor en Ecología. Investigador, profesor y consultor con más de 20 años de experiencia en el estudio y conservación de bosques tropicales, con énfasis en diversidad arbórea, biomasa y cambio climático. Fundador y líder de la Red Colombiana de Monitoreo Forestal (COL-TREE), articulador de redes internacionales de investigación y editor de la Revista Ambiental ÉOLO.

Correo: esalvarez3000@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9032-0099>

Édinson de Jesús Muñoz Ciro

Biólogo y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cofundador y Director Estratégico de la Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO. Fue representante de ONG ambientales ante el Consejo Directivo de Corantioquia y Diputado de Antioquia. Cuenta con una amplia trayectoria en gestión ambiental, incidencia política, gobernanza territorial y divulgación científica.

Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>

Daniel Montoya Escobar

Estudiante de Ciencia de la Información, Documentación, Bibliotecología y Archivística y estudiante de Derecho. Coordinador Editorial de la Revista Ambiental ÉOLO e integrante del Grupo de Investigación Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático

(SECC), con experiencia en gestión editorial, organización de contenidos científicos y apoyo a procesos de divulgación académica ambiental.

Alejandra Muñoz Rivera

Ingeniera forestal, especialista en Gestión Ambiental y magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Directora Ejecutiva de la Fundación Con Vida, con experiencia en el diseño, dirección, coordinación e implementación de proyectos de recuperación y protección del recurso hídrico, gestión participativa del aprovechamiento de recursos naturales, calidad del aire y gestión integral del riesgo climático. Ha participado en la formulación de proyectos forestales orientados a esquemas REDD, pagos por servicios ambientales y desarrollo de negocios verdes asociados al uso sostenible de la biodiversidad.



Adolfo León Correa
Familia Jai du Kamá

¿Oro envenenado? “Au sin Hg”: desafíos y alternativas frente a la contaminación por mercurio en la minería aurífera de Colombia “Poisoned gold? “Au without Hg”: challenges and alternatives to mercury contamination in gold mining in Colombia”

Édinson Muñoz Ciro, Jorge Ortiz Posada, Vianney Motavita, Daniel Montoya Escobar, Luz Marina Monsalve Friedman, Esteban Álvarez Dávila y Carlos Fonseca Zárate

Resumen

Después de cuatro décadas de esfuerzos, los problemas asociados al uso del mercurio en la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) en América Latina se encuentran sobrediagnosticados pero sin avances sustantivos hacia soluciones reales frente a una tragedia ambiental y social de grandes proporciones. *El mercurio*, metal pesado extremadamente tóxico, contamina el aire, el agua y el suelo, afectando irreversiblemente los ecosistemas y la salud humana. Su capacidad de bioacumulación en los tejidos de los seres vivos, especialmente en los peces, lo convierte en una amenaza crónica y silenciosa que impacta los sistemas nervioso, renal y cardiovascular de las poblaciones expuestas.

En Colombia, donde la minería artesanal, informal e ilegal produce cerca del 95 % del oro y origina más del 80 % de las emisiones nacionales de *mercurio*, la situación reviste carácter crítico. Este artículo examina los datos nacionales y los vacíos estructurales en las políticas de control, así como las propuestas de la Procuraduría General de la Nación, resaltando la necesidad de acciones integrales, profundas y sostenidas. Se analizan alternativas tecnológicas y científicas que reemplazan el *mercurio* y el *cianuro* en los procesos de beneficio aurífero, demostrando su viabilidad técnica y ambiental. Finalmente, se plantea una invitación de “*paz parcial*” con la naturaleza y la salud pública, orientada a salvar los ríos víctimas del *mercurio* y el *cianuro* como paso esencial hacia la búsqueda de una “*paz total*” en Colombia.

Palabras clave: Colombia; contaminación ambiental; mercurio; minería aurífera; salud pública.

Abstract

After four decades of interventions, the problems associated with mercury use in artisanal and small-scale gold mining (ASGM) in Latin America remain overdiagnosed yet poorly resolved, revealing an ongoing environmental and social tragedy. Mercury, a highly toxic heavy metal, contaminates air, water, and soil, irreversibly affecting ecosystems and human health. Its bioaccumulation in living organisms, especially fish, represents a chronic and silent threat that damages the nervous, renal, and cardiovascular systems of exposed populations.

In Colombia, where artisanal, informal, and illegal mining accounts for approximately 95 % of total gold production and over 80 % of national mercury emissions, the situation is critical. This article examines national data and regulatory gaps, as well as the proposals advanced by the Office of the Inspector General of the Nation, highlighting the urgent need for comprehensive and sustainable actions. It analyzes technological and scientific alternatives capable of replacing mercury and cyanide in gold recovery processes, demonstrating their technical feasibility and environmental benefits. Finally, it proposes a “partial peace” with nature and public health—an ethical and political strategy aimed at restoring rivers devastated by mercury and cyanide—as a necessary step toward achieving a “Paz total” in Colombia.

Keywords: Colombia; environmental contamination; mercury; gold mining; public health.

Introducción

La minería ilegal e informal de oro y el uso del *mercurio* y del *cianuro* asociados a su extracción, suceden en muchos países y generan graves afectaciones ambientales y a la salud de sus operadores y habitantes en su entorno y aguas abajo (Maldonado, 2019). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (en adelante, PNUMA), se calcula que en la minería artesanal y de pequeña escala (en adelante, MAPE),

participan entre 10 a 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y un millón son niños. Al menos 100 millones de personas en más de 55 países dependen de esta actividad para subsistir. Se cree que la minería del oro artesanal y en pequeña escala¹ produce entre el 20 % y el 30 % del oro del mundo, es decir, entre 500 a 800 toneladas anuales (500–800 t/año). La misma fuente señala que la MAPE es, por sí sola, la mayor fuente de liberación intencional de *mercurio* del mundo (United Nations Environment

1. En Colombia, debemos ser cautelosos al incluir la extracción artesanal como ilegal y asociada al uso del mercurio, pues la práctica artesanal usa batea y ha sido admitida, por su condición de sobrevivencia, dentro de la jurisprudencia colombiana.

Programme, 2019).

Partimos también de dos referentes fundamentales, el concepto de salud y la determinación del proceso de enfermar y morir. La *salud* como un complejo proceso dinámico de interacciones e intercambio de información que alimenta la capacidad del sistema (ecosistema, familia o sociedad) para responder de manera adaptativa a una amplia variedad de desafíos, que le dan la capacidad de resolver las contingencias, y que podemos denominar grados de libertad de movimiento y evolución en entornos que brindan alternativas de compensación para superar dificultades ya instaladas; los entornos son los territorios donde históricamente se resuelven las contradicciones y disputas entre agentes y grupos sociales de diferente composición por el aprovechamiento de unos espacios con diverso significado simbólico, cultural y de sustento y que operan

como condiciones de posibilidad de comunidades e individuos “determinando” los procesos de salud, enfermedad y muerte de la población.

La explotación de recursos ha rodado sobre modelos de desarrollo en una lógica global de estructuras depredadoras y rentísticas en cabeza de imperios u organizaciones transnacionales, quienes desde una cosmovisión que privilegia la rentabilidad económica sobre la vida, logran elevadas ganancias en negocios incentivados por el consumismo del primer mundo; estas estructuras operan como cadena de tracción y presionan de manera incremental la disputa por rentas remanentes en escenarios de países de bajos ingresos donde de manera violenta se ejerce control territorial, intensificada según la diversidad de las “bonanzas” que emergen entre lo legal e ilegal (Garay Salamanca, 2022).

Figura 1. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 1



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

La contaminación por mercurio es crónica e irreversible

El *mercurio* (Hg) es un metal pesado altamente tóxico que puede encontrarse en depósitos en todo el mundo, principalmente como *cinabrio* (*sulfuro de mercurio*); se emite por *fuentes naturales* (volcanes, océanos, suelos) y *antropogénicas* (minería aurífera artesanal, combustión de carbón, fundiciones, cementeras). Particularmente la MAPE es la mayor fuente global antropogénica de *mercurio* liberando al ambiente entre 700 a 900 toneladas por año (700–900 t/año).

En la atmósfera se presenta en forma gaseosa, oxidada o particulada, y aunque no contribuye directamente al calentamiento global, es uno de los contaminantes atmosféricos más persistentes y peligrosos debido a su transporte intercontinental, bioacumulación y gran impacto ecológico por su toxicidad en ecosistemas acuáticos y humanos. Es necesario resaltar que la *volatilización* de hasta un 60 % del *mercurio* (Hg) usado se libera como vapor tóxico en zonas abiertas y puede ser inhalado en los procesos informales de extracción del oro; el *mercurio elemental* (Hg⁰) se oxida en sangre a *ion mercúrico* (Hg²⁺) que se acumula en riñones y cerebro (Veiga et al., 2005). La exposición humana por inhalación o consumo de pescado contaminado puede causar daño neurológico, renal y fetal.

En ambientes acuáticos el *mercurio elemental* (Hg⁰) puede transformarse en *metilmercurio* (CH₃Hg⁺), una sustancia altamente tóxica que se bioacumula en peces y organismos. Su persistencia en ecosistemas acuáticos es alta; tratándose de un *neurotóxico bioacumulativo* que ingresa a la cadena trófica, concentrándose en peces, mamíferos y comunidades humanas ribereñas, afectando especialmente las vías renales. Máxime

que el *mercurio* (Hg), a razón de un gramo (1g), puede contaminar hasta mil metros cúbicos (1 000 m³) de agua dulce. En zonas como el río Atrato (Colombia), los sedimentos muestran hasta 15 partes por millón (ppm) de *mercurio total* (t-Hg) (Cabezas Z., 2022); en la región de La Mojana, en el norte de Colombia, afectada fuertemente por la minería ilegal con uso no controlado de *mercurio*, más de dos mil personas requieren tratamientos periódicos de diálisis por daños en sus riñones (*Conversación con funcionarios de Fondo de Adaptación*, 2024).

Las regulaciones internacionales sobre emisiones de *mercurio* establecen límites estrictos para la protección de la salud humana y de los ecosistemas, en coherencia con los compromisos derivados del Convenio de Minamata sobre el Mercurio (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que la concentración de *mercurio* en aire ambiente no exceda 1 microgramo por metro cúbico (1 µg/m³) como promedio anual, dada su elevada toxicidad, capacidad bioacumulativa y persistencia en el ambiente (International Programme on Chemical Safety, 2003). En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha establecido un límite de 0,3 microgramo por metro cúbico (0,3 µg/m³) para exposición ocupacional continua, aplicable a trabajadores en entornos industriales o mineros donde existe riesgo directo de inhalación (US EPA, 2013).

Por su parte, la Unión Europea, mediante la Directiva 2004/107/CE, fija un valor objetivo aún más restrictivo de un nanogramo por metro cúbico (1 ng/m³) como concentración media anual en el aire, con el fin de reducir progresivamente la presencia de mercurio atmosférico y su precipitación atmosférica sobre suelos y cuerpos de agua (*Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del*

Consejo, 2004). A nivel global, el Convenio de Minamata, vigente desde agosto de 2017, prohíbe la apertura de nuevas minas de *mercurio*, regula su comercio internacional y exige la eliminación gradual de su uso en la MAPE, principal fuente de emisiones antropogénicas en el planeta. En conjunto, estas normas reflejan una convergencia internacional hacia la erradicación del *mercurio* como agente productivo y contaminante, consolidando un marco de gobernanza ambiental basado en la prevención, la sustitución tecnológica y la protección de la salud pública.

Relación entre obtención de oro y consumo de mercurio

De acuerdo con la información oficial disponible en el *Inventario Nacional de Liberaciones de Mercurio* (año base 2011), incorporado en el Anexo técnico de la Ley 1892 de 2018 (Ley 1892, 2018), en los 13 principales departamentos productores de oro (Au) en Colombia la producción total alcanzó aproximadamente 49,65 toneladas de oro (49,65 t Au), con un consumo estimado de 699 toneladas de *mercurio* (699 t Hg) y liberaciones al ambiente (aire, agua y suelos) del orden de 298,23 toneladas de *mercurio* (298,23 t Hg).

Estas cifras corresponden a un factor promedio nacional de liberación de 7,05 gramos de *mercurio* por gramo de oro (7,05 g Hg/ g Au) lo que evidencia la magnitud del impacto ambiental asociado al uso de *mercurio* en la minería aurífera artesanal y de pequeña escala. En el caso del departamento de Antioquia, se reporta una producción aproximada de 12 935 kilogramos de oro (12 935 Kg Au) y liberaciones estimadas de 76 102 kilogramos de *mercurio* (76 102 Kg Hg), con un factor departamental de 5,9 gramos de *mercurio* por gramo de oro (5,9 g Hg/ g Au), constituyéndose en la región con mayor

presión ambiental derivada de este tipo de procesos extractivos (Ley 1892, 2018).

La relación entre la cantidad de *mercurio* utilizado y el oro producido en Colombia varía ampliamente según la escala, la tecnología y el grado de formalización de la actividad minera. Los estudios coinciden en que el país se encuentra entre los mayores emisores *per cápita de mercurio* a nivel mundial, con un rango promedio de consumo que oscila entre 5 y 10 gramos de *mercurio* por cada gramo de oro obtenido (5–10 g Hg/g Au), cifra que sintetiza el comportamiento agregado de la MAPE, durante la última década (Cordy et al., 2011).

En contextos ilegales o informales, donde prevalece la amalgamación de mena completa, el uso de *mercurio* puede alcanzar valores extremos de 20 a 25 gramos de *mercurio* por gramo de oro (20–25 g Hg/g Au), con pérdidas por volatilización de hasta el 60 % durante la quema de amalgama (Cordy et al., 2011; Olivero-Verbel et al., 2014). Estos niveles se asocian a prácticas sin retorta y sin recuperación del metal líquido, comunes en zonas del Bajo Cauca Antioqueño, Sur de Bolívar y Chocó.

Por el contrario, en operaciones formales o en transición tecnológica, donde se emplea amalgamación de concentrados o sistemas gravimétricos con retorta, el consumo desciende drásticamente a proporciones de 2 a 5 gramos de *mercurio* por gramo de oro (2–5 g Hg/g Au), especialmente en los proyectos apoyados por el *Programa Planet Gold* y el *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –Fondo Mundial para el Medio Ambiente* (en adelante, PNUMA–GEF), los cuales reportan reducciones superiores al 80 % frente a las prácticas tradicionales (*Colombia Planet Gold*, 2024; Environment, 2023).

Los informes de la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS) y de Pure Earth en la Amazonia colombiana confirman que, en la minería aluvial de subsistencia, el consumo medio se mantiene entre 8 y 10 gramos de *mercurio* por gramo de *oro* (8–10 g Hg/g Au), lo que explica las altas concentraciones de *mercurio total* (t-Hg) registradas en peces y comunidades ribereñas de los ríos Caquetá, Putumayo y Apaporis (Pure Earth, s. f.; Verbel, 2020).

En conjunto, los datos demuestran que la eficiencia metalúrgica y el nivel de formalización son los factores determinantes en la magnitud del uso de *mercurio*. Mientras las zonas con procesos controlados tienden hacia proporciones inferiores a 5 gramos de *mercurio* por gramo de *oro* (5 g Hg/g Au), los territorios con minería ilegal, sin regulación ambiental ni técnica, superan los 15 gramos de mercurio por gramo de oro (15 g Hg/g Au). La superación de este problema requiere no solo sustitución tecnológica, sino también políticas integrales de formalización y educación ambiental orientadas a la transición hacia una minería sin *mercurio* ni *cianuro*.

La variabilidad observada en la proporción *mercurio/oro* en Colombia —que oscila entre 2 y 25 gramos de *mercurio* por cada gramo de *oro* producido (2–25 g Hg/g Au), dependiendo del tipo de proceso, escala y nivel de formalización, no solo refleja diferencias técnicas, sino también profundas brechas estructurales en la gobernanza minera y ambiental del país. En las zonas donde se ha implementado la reconversión tecnológica, apoyada por programas internacionales como el *Programa Planet Gold* y por iniciativas nacionales de producción más limpia, el descenso del consumo de *mercurio* demuestra la viabilidad técnica y económica de la transición hacia una minería sin *mercurio* ni *cianuro*. Sin embargo, en vastas regiones del

país —como el Bajo Cauca Antioqueño, Chocó, Sur de Bolívar y Amazonia—, la persistencia del uso intensivo de *mercurio* evidencia el rezago en la formalización y la precariedad de las condiciones socioeconómicas que sostienen la minería de subsistencia.

Problemática del uso del mercurio en la minería aurífera en Colombia

Históricamente, la minería en Colombia ha sido impulsada por su potencial geológico y ubicación estratégica. En general, la minería ha sido un motor clave del desarrollo económico del país, aportando tradicionalmente el 2 % del Producto Interno Bruto nacional (en adelante, PIB), el 28 % del PIB de los municipios mineros, el 28 % de las exportaciones y el 22 % de la inversión extranjera directa. Sin embargo, sus impactos ambientales son significativos. Independientemente de su escala, la actividad minera genera grandes cantidades de residuos con efectos negativos a largo plazo. En particular, la minería informal e ilegal de oro ha provocado una fuerte contaminación por *mercurio* y *cianuro*, sedimentación de ríos, degradación del suelo y serios problemas sociales. Actualmente, más de 60 millones de hectáreas del territorio nacional han sido identificadas como áreas con potencial para la extracción de minerales, lo que intensifica los desafíos ambientales.

En los últimos años, Colombia ha experimentado un aumento significativo en la producción de *oro*, convirtiéndose en uno de los quince principales productores a nivel mundial y uno de los más grandes de América Latina (Pinilla & E., 2024). Para 2023, las exportaciones oficiales de *oro* alcanzaron las 72 toneladas (72 t), según datos del Departamento Nacional de Estadística (en adelante, DANE) y la Asociación Colombiana de Minería (Freixes, 2024), y se estima que entre 69 % y 85 % proviene de minería ilegal (Egin, 2023).

Figura 2. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 2



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Según la información presentada por la Procuraduría General de la Nación, la minería ilegal afecta a 23 de los 32 departamentos, dentro de la cual la extracción aurífera ocupa el primer lugar, con mucha fuerza actual pues los precios internacionales del oro llegan aproximadamente a 4 000 dólares estadounidenses por onza (4 000 USD/oz), lo cual hace el negocio más atractivo y rentable que la coca. Los ríos, las ciénagas, las madre viejas y las lagunas relacionadas con la contaminación por la extracción del oro con *mercurio*, y crecientemente con el *cianuro*, son posiblemente el problema ambiental y de salud más crítico de Colombia en la actualidad como lo veremos en este artículo (Procuraduría General de la Nación, 2024). Sin desconocer que el problema crónico más severo en Colombia puede ser el del conflicto de usos del suelo y con este la deforestación, especialmente en la Amazonia, donde los

efectos del uso del *mercurio* son dramáticos.

La extracción de oro, tanto legal como ilegal, agrava la situación de conflicto violento que se vive en el país, especialmente después de la firma del Acuerdo de Paz entre las *Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia – Ejército del Pueblo* (FARC-EP) y el Gobierno de Colombia en 2016, con las disputas territoriales entre los diferentes actores ilícitos que sobrevivieron o se formaron después de establecido este acuerdo, sumadas a la falta de presencia del Estado en los territorios.

El problema socioambiental, de seguridad nacional y salud pública se exagera con el aumento extraordinario de la demanda mundial del oro debido a factores de carácter internacional como es la política de la nueva administración de Estados Unidos y los conflictos entre Ucrania-Rusia y Palestina-Israel.

A nivel nacional, a pesar de que la Ley 1658 de 2013 (Ley 1658, 2013) y los planes sectoriales y nacionales han reiterado la necesidad urgente de regular el ciclo del *mercurio* y han establecido fechas límite claras, estas disposiciones continúan sin cumplirse.

El retraso en la ejecución de las actividades reglamentarias no solo genera un grave incumplimiento de la legislación vigente, sino que además agrava los riesgos ambientales y de salud asociados con el manejo inadecuado de esta sustancia tóxica, asunto que debe ser prioritario para todas las entidades y sobre el cual la Procuraduría hace especial énfasis en su informe nacional 2024 (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Según un informe de la Defensoría del Pueblo, se estima que más de 200 000 hectáreas (200 000 ha) en Colombia están dedicadas a la minería de oro, con grandes áreas afectadas por actividades ilegales, que generan condiciones especialmente problemáticas, ya que es difícil de cuantificar con precisión debido a su naturaleza clandestina (Defensoría del Pueblo, 2015). Sin embargo, el impacto del *mercurio* abarca áreas inmensamente más grandes a lo largo y ancho del territorio nacional.

Según un informe de la *Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito* (en adelante, **UNODC**), se reporta que 13 de los 32 departamentos presentan *Evidencias de Explotación de Oro de Aluvión* (en adelante, EVOA), en tierra, con un total de 98 567 hectáreas (98 567 ha); el 88 % se concentra en Chocó, Antioquia y Bolívar, y 10 municipios concentran el 54 % de la presencia del fenómeno, de donde se extrae el 26 % de la producción de oro nacional (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2022). Vale anotar que solo una baja porción de las EVOA detectadas se encuentra dentro

del marco legal. De acuerdo con el más reciente informe elaborado por la oficina de UNODC, y el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, correspondiente al año 2020, el 65 % de las áreas identificadas con presencia de EVOA corresponden a explotación ilícita, mientras que solo el 35 % restante se desarrolla bajo algún tipo de formalidad o título minero vigente. Además, cerca de la mitad de las EVOA detectadas (49 %) se localizan en tierras con restricciones ambientales o de especial protección, incluyendo zonas de reserva forestal, parques nacionales naturales y territorios étnicos (Muñoz et al., 2025; Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2022). Sin embargo, a pesar de que el área de influencia directa de la minería de aluvión se puede considerar relativamente pequeña (98 000 hectáreas [98 000 ha]), el impacto del *mercurio* abarca áreas inmensamente más grandes, quizá de millones de hectáreas, a lo largo y ancho del territorio nacional.

El problema se ha exacerbado de tal manera en los últimos años, que se han comprometido cadenas de suministro de alimentos básicos como arroz y maíz, entre otros, poniendo en alto riesgo de exposición al *mercurio* a las poblaciones humanas del país y generando un daño irreversible a la salud humana, con posibles consecuencias graves como *mutagénesis, neurotoxicidad, esterilidad, malformaciones genéticas y demencia*. La región de La Mojana, en donde se está fomentando el cultivo de arroz, depende ampliamente de la inundación de los campos, por lo cual esta condición preocupa mucho, sin que se haya abordado correctamente hasta el presente por las entidades del Estado.

Por ejemplo, en el 2015, Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, (en adelante, INVIMA), adelantó el programa de análisis de *mercurio* en peces de varias

especies de *Bagre spp* en las cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco, Sinú, Atrato y Amazonas (Grupo del Sistema de Análisis de Riesgos Químicos en Alimentos y Bebidas, 2014). Los resultados mostraron que un alto porcentaje de las muestras (hasta el 53 %) de "bagres" incluidas en los planes de muestreo correspondientes a este reporte presentaron concentraciones de *mercurio* superiores al nivel máximo permitido en la normativa colombiana. La cuenca hidrográfica del río Amazonas es la que presenta un mayor número de excedencias de *mercurio* para *bagre*, seguida de la cuenca del río Magdalena. Es necesario resaltar que aproximadamente tres millones de colombianos consumen directamente los peces de estos ríos.

Adicionalmente, dentro de las zonas más impactadas se puede mencionar el territorio de Antioquia en el noroeste de Colombia, el cual fue considerado en la década pasada como el sitio con la contaminación por *mercurio per cápita* más alta del mundo (Cordy et al., 2011); un problema que sigue empeorando con el paso del tiempo (Correa-Caselles et al., 2025). El problema es tan delicado, que inclusive en áreas alejadas de los grandes centros mineros, como el municipio de La Unión (Antioquia), se han encontrado niveles de *mercurio* superiores al nivel máximo permitido en productos agrícolas comerciales (aguacate, uchuva y maracuyá).

Lugares como las zonas mineras del nordeste de Antioquia ubican a Colombia en un lugar alarmante a nivel mundial en cuanto a la contaminación por *mercurio*, siendo reconocida como la región con la mayor contaminación por *mercurio per cápita* del mundo debido a la MAPE, llamando especial atención a los datos como los siguientes:

- Mayor emisor *per cápita*: Colombia ha sido identificada como el mayor emisor *per cápita*

de contaminación por *mercurio* a nivel global. Esto se debe a que la minería de oro artesanal y a pequeña escala libera una cantidad desproporcionadamente alta de *mercurio* en relación con la población del país (Cordy et al., 2011).

- Concentraciones extremas en Antioquia: particularmente en subregiones como el Nordeste y el Bajo Cauca, las concentraciones atmosféricas de *mercurio* en el suelo son tan elevadas que los expertos advierten de una crisis de salud ambiental comparable o peor que la de Minamata (Japón), a mediados del siglo XX. Las comunidades locales en áreas densamente pobladas están expuestas a las emisiones de *mercurio per cápita* más altas del mundo (Cordy et al., 2011)

- Posición en emisiones totales: si bien la contaminación *per cápita* de Colombia es la más alta, en términos de emisiones totales ha sido catalogada como la tercera mayor fuente de emanación de *mercurio* provenientes de la minería artesanal de oro a nivel mundial, después de China e Indonesia, liberando un estimado de 150 toneladas de *mercurio* al año (150 t Hg/año)(Cordy et al., 2011).

- Estudios académicos clave: esta situación ha sido documentada en publicaciones científicas como la de Cordy et al. (2011); que ha sido citada en múltiples investigaciones como prueba de que Colombia es el mayor contaminador de *mercurio per cápita* debido a la minería de oro artesanal (Cordy et al., 2011; Vélez-Torres et al., 2018).

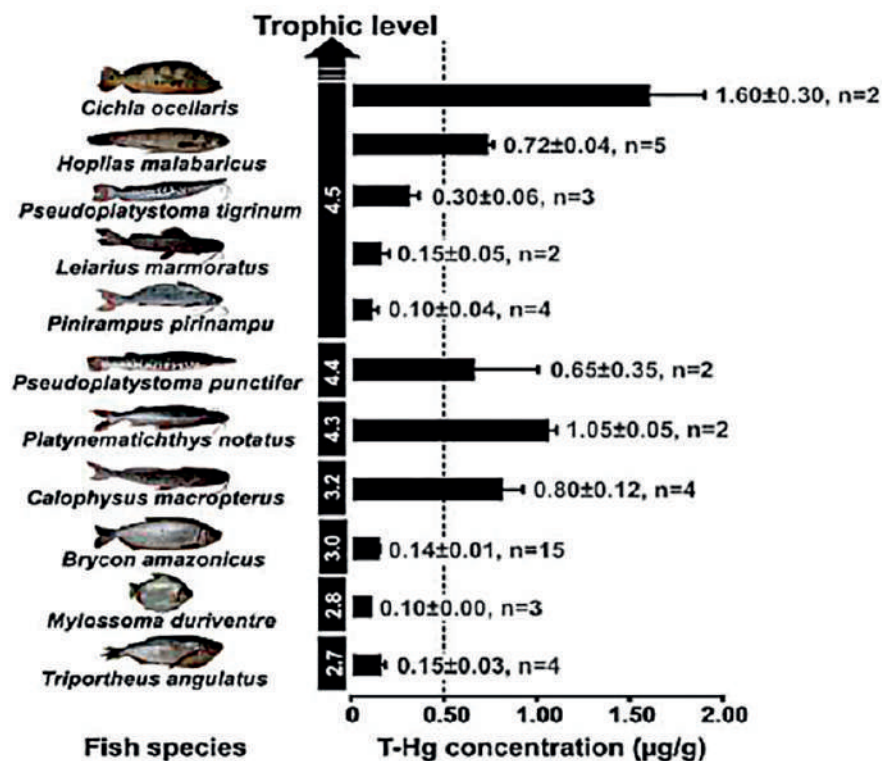
Estos datos demuestran la gravedad de la situación en Colombia, particularmente en Antioquia y el impacto significativo de la minería ilegal en la contaminación por *mercurio* a escala global.

El Grupo de Química Ambiental y Computacional de la Universidad de Cartagena, que lidera el profesor Olivero Verbel², encontró que, en municipios del departamento de Bolívar como Soplaviento, Bahía de Cartagena, San Martín de Loba, Hatillo de Loba, Magangué, Altos del Rosario, Achí, Morales, La Raya, Montecristo, Mina Santa Cruz y Simití, se encuentran trazas importantes de *mercurio* en el cabello humano. En la región del Sur de Bolívar hay poblaciones que viven en medio de niveles de este metal líquido que sobrepasan ampliamente las indicadas por las organizaciones mundiales del ramo, especialmente en las poblaciones de Montecristo, La Raya (jurisdicción de este municipio) y Achí

(Olivero-Verbel et al., 2014)³.

Los daños severos a los ecosistemas del río Atrato en Chocó han sido bien documentados desde tiempo atrás (Palacios-Torres et al., 2020). Igualmente, en fecha más reciente, la Universidad de Cartagena y la FCDS condujeron muestreos de *cadmio*, *mercurio* y *selenio* en varios ríos de la Amazonia, tales como el Caquetá, el Cotuhé, el Apaporis y el Putumayo, así como en el asentamiento de Puerto Nariño sobre el río Amazonas y encontraron los muy preocupantes resultados que se presentan en la Figura 1 (Verbel, 2020).

Figura 3. Niveles totales de mercurio en peces del río Caquetá



Fuente: Universidad de Cartagena y la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (Verbel, 2020).

Nota. Traducción de los términos del gráfico: *Trophic level* = nivel trófico; *Fish species* = especies de peces; *T-Hg concentration* = concentración total de mercurio (t-Hg) en microgramos por gramo (µg/g).

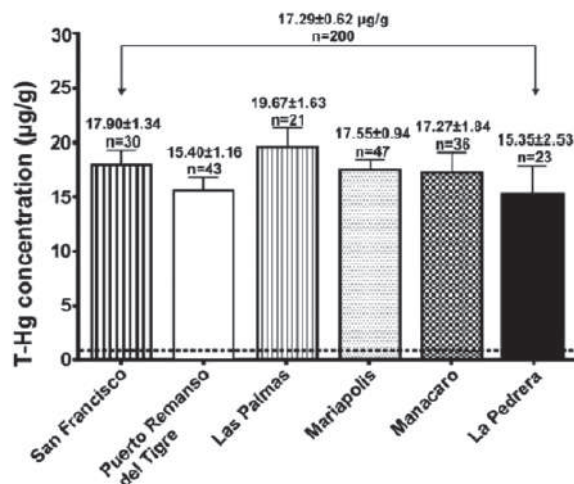
2. Colciencias, Proyecto 1107-04-16346.

3. Mencionado en Facetas, Periódico EL UNIVERSAL, 27 mayo 2007.

Así mismo, encontró concentraciones en comunidades indígenas como las presentadas en la Figura 2⁴, que condujeron a la creación de la Asociación Amazónica de Afecta-

dos por el Mercurio (AAA-Hg), integrada por personas con concentraciones mayores a un microgramo de *mercurio* por gramo de peso (1 µg Hg/g peso) (Verbel, 2020).

Figura 4. Concentraciones de Hg en comunidades indígenas del Río Caquetá



Fuente: Universidad de Cartagena y la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (Verbel, 2020).

Nota. Traducción de los términos del gráfico: T-Hg concentration = concentración total de *mercurio* (t-Hg), µg/g = microgramos por gramo.

En la Amazonia colombiana, recientes ejercicios de monitoreo comunitario liderados por los resguardos indígenas *Mocagua*, *La Victoria* y *El Itilla*, con acompañamiento de la *Sociedad Zoológica de Frankfurt* (FZS) y el apoyo de las Universidades de Cartagena y Córdoba, revelaron la magnitud del problema de *bioacumulación de mercurio* en especies ícticas de consumo humano. Entre septiembre de 2023 y febrero de 2025, se analizaron más de 100 especies de peces en el marco de un proceso de ciencia participativa con comunidades locales, encontrándose que entre el 10 % y el 28 % de los ejemplares presentaron concentraciones de *mercurio total* (t-Hg) superiores al límite de 0,5 mg/kg

establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el consumo seguro (Mongabay, s. f.; Sociedad Zoológica de Frankfurt, 2025).

Estos resultados, obtenidos en territorios donde no existen actividades mineras directas, confirman el carácter transfronterizo de la contaminación por *mercurio* y su capacidad de dispersión a través de las cadenas tróficas acuáticas, afectando incluso ecosistemas alejados de los focos de extracción aurífera. El hallazgo también pone de relieve la importancia del monitoreo comunitario y de las redes indígenas de vigilancia ambiental como instrumentos esenciales para el segui-

4. Presentaciones en oportunidades como el *Primer Congreso Internacional de Impacto de la Minería sobre las Comunidades Indígenas del Amazonas, Cartagena, Colombia, octubre de 2023*.

miento de los compromisos del *Convenio de Minamata* en contextos amazónicos (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019).

En la región de La Mojana, específicamente en Ayapel, el desnivel de más de 20 metros entre el río San Jorge (que desemboca en el río Magdalena) y el río Cauca hace que en esta región se concentren una gran cantidad de aguas contaminadas por *mercurio*, como lo demuestran Gracia, Marrugo y Alvis (Gracia H. et al., 2010). Uno de los problemas asociados a las tecnologías existentes de extracción es la enorme generación de sedimentos, con consecuencias aguas abajo como el caso de La Mojana, en la cual se abren "boquetes" frecuentemente en la margen izquierda del río Cauca por las desviaciones que sufre esta corriente al depositarse estos sedimentos en su cauce presionando las orillas; este es uno de los impactos más severos de la minería de oro sin lugar a dudas: la mutación permanente de las geoformas del paisaje en el bajo Cauca y el bajo Magdalena, que afectan la navegación y los cultivos por inundación al desbordarse el agua del cauce principal, pues la corriente de agua repta por varias razones, entre ellas el depósito de materiales⁵.

No cabe duda que el informe de la Procuraduría General de la Nación es el esfuerzo más completo de describir y entender el problema de la minería del oro en sus principales dimensiones, aunque está pendiente lograr descifrar más profundamente todas las conexiones y raíces de esta actividad legal e ilegal en Colombia y en el mundo. Según datos publicados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, citados por el informe referido, Colombia ocupaba en el año 2017 el tercer lugar entre las naciones

que más contaminan con *mercurio* y generaba entre 50 y 100 toneladas anuales en el proceso de extracción y amalgamación artesanal de oro (Procuraduría General de la Nación, 2024). En este orden de ideas, el uso del *mercurio* para la explotación del oro ha generado la afectación del medio ambiente en sus componentes suelo, aire y agua, a lo que se agrega el grave impacto en la salud de la población colombiana, debido al comprobado daño que el uso de tal sustancia comporta para los sistemas nervioso, renal e inmunitario.

Según este informe de la Procuraduría General de la Nación, en adelante PGN, la dimensión geográfica del problema de la extracción del oro mediante el uso de *mercurio* se concentra en los siguientes departamentos con mayores afectaciones por la minería aluvial ilegal: Amazonas, Antioquia, Bolívar, Cauca, Chocó, Nariño, Santander y Valle del Cauca. Esta actividad se encuentra, en muchos casos, relacionada directamente con los cultivos ilícitos de coca. Esta coexistencia de actividades ilícitas indica que las estrategias deben concebirse desde su complejidad y por tanto podrían ser parte sustantiva de los esfuerzos de paz, que no serían completos si en el acuerdo entre todos los actores no se incorporan la eliminación del *mercurio* y, eventualmente, del *cianuro*, en la extracción del oro, como un primer paso en la búsqueda de una paz más completa.

Para 2022, en Colombia se registraron 323 municipios afectados por la explotación ilícita de yacimientos mineros, lo que representa un incremento del 19% respecto del 2021 y la mayor parte del oro que se exporta en Colombia tiene un origen ilegal (entre 60% - 85% dependiendo de la fuente). De otra parte,

5. Es muy interesante aprender que la "reptación" de los ríos en las regiones bajas obedecen también a la rotación de la tierra.

Figura 5. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 3



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

cerca del 70% de ese oro proviene de actividades desarrolladas por grupos organizados al margen de la ley y en cerca de 26 departamentos de los 32 que tiene el país, existen actividades de minería ilegal con uso del *mercurio* (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Una revisión rápida del informe de la PGN nos indica la dimensión crítica, urgente y dramática del gigantesco problema que ha llegado al nivel de afectación de la seguridad nacional. Así:

En el departamento del Chocó, la cuenca del río Atrato, que fue declarada Sujeto de Derechos por la Corte Constitucional a través de la Sentencia T-622 de 2016⁶, es una de las más afectadas por la minería

ilegal debido a la falta de control estatal y la influencia de actores armados, que se ha acentuado aún más desde la ejecución del informe de la PGN. "Quibdó, Istmina, Conduto y Bagadó sufren niveles críticos de contaminación con mercurio" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

En el *Río Quito*, hay explotaciones ilegales de oro con dragas de succión o dragones y otros tipos de maquinaria pesada y la extracción de oro ilegal "representa un 98,3% y el 1,7% corresponde a la minería artesanal, Mosquera, citado por el informe de la Procuraduría General de la Nación: "el uso desaforado de insumos químicos como el *mercurio* y el *cianuro* ha generado graves conflictos socioambientales y una altísima degradación de los ecosistemas"

6. Corte Constitucional de Colombia M. J., 2016.

(Procuraduría General de la Nación, 2024).

En el departamento de Antioquia, la situación es no menos grave. En los municipios de *Santa Fe de Antioquia* y *Buriticá*, la minería ilegal ha aumentado en los últimos años debido al auge del oro, por la participación de actores armados" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Citando de manera textual este informe, las subregiones del Bajo Cauca y el Nordeste Antioqueño:

"se han convertido en epicentros de la minería ilegal, afectando gravemente ríos como el Cauca, Nechí, Porce y Nare. En municipios como El Bagre, Caucasia, Tarazá y Segovia, el uso intensivo de *mercurio* ha generado una contaminación que amenaza tanto a la biodiversidad como a las poblaciones humanas" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

"Estos territorios están controlados por grupos armados que financian sus actividades con los recursos de la minería. La presencia de estos actores ilegales impide el acceso y la intervención efectiva de las autoridades, perpetuando un ciclo de pobreza, violencia y destrucción ambiental" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

El departamento del Cauca, "marcado por una fuerte presencia de grupos disidentes de las FARC y el ELN, enfrenta un escenario similar. La minería ilegal de oro ha devastado ríos como el Cauca, Ovejas, Samingo y Quinamayó, afectando a comunidades indígenas y afrodescendientes en municipios como Buenos Aires, Suárez y Santander de Quilichao con desplazamientos forzados, deforestación

masiva y la contaminación de fuentes hídricas con *mercurio*. Los grupos armados ilegales imponen un control férreo sobre las zonas mineras, extorsionando a los mineros ilegales y generando tensiones sociales que dificultan la implementación de alternativas económicas sostenibles" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

"En Nariño, el río *Patía* y el río *Telembí*, que atraviesan municipios como *Barbacoas*, *Magüí Payán* y *Roberto Payán* (zona conocida como el Triángulo de Telembí), son epicentros de la minería aurífera ilegal, estrechamente ligada a la deforestación y la pérdida de biodiversidad en la Reserva Forestal del Pacífico, poniendo en grave riesgo a las comunidades rurales especialmente aquellas que habitan en la zona del Pacífico nariñense, en la que existen graves dificultades para el control del territorio" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

"En el sur del departamento de Bolívar, la minería ilegal afecta especialmente a los ríos Magdalena, Cauca y Cimitarra, en los que municipios como Santa Rosa del Sur, Simití y Arenal sufren los impactos de la contaminación con *mercurio*. Esta región, históricamente afectada por el conflicto armado, sigue bajo el control de grupos ilegales que utilizan la minería como principal fuente de ingresos" (Procuraduría General de la Nación, 2024); y agregaríamos, con presencia de carteles internacionales, sumado a "La falta de alternativas económicas ha perpetuado la dependencia de esta actividad ilícita, y las comunidades locales viven en un entorno de extrema vulnerabilidad, tanto ambiental como social" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

El departamento de Santander,

"especialmente en la región de Soto Norte, enfrenta una grave amenaza por la minería ilegal en el *Páramo de Santurbán*, una zona ecológicamente sensible que provee agua a Bucaramanga y otros municipios, el *mercurio* ha contaminado ríos como el Suratá, Vetas y Lebrija, lo que pone en riesgo no solo la biodiversidad local, sino también el suministro de *Bucaramanga*. Aunque existen empresas mineras legales en la zona, la minería ilegal es una fuente de contaminación significativa y de conflicto social" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

La región amazónica de Colombia sufre actualmente un embate grave. En departamentos como Guainía, Caquetá y Putumayo, ríos como el Inírida, Caquetá y Putumayo:

"han sido gravemente afectados por la extracción de oro y el uso de *mercurio* destruyendo sistemas acuáticos, y afectando gravemente comunidades indígenas que dependen de estos ríos para su subsistencia. La deforestación masiva, ocasionada entre otros factores, por la minería, agrava aún más la crisis ecológica en la Amazonía, contribuyendo al cambio climático y a la pérdida irreparable de biodiversidad" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Finalmente, el Valle del Cauca, particularmente en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, sufre los impactos de la minería ilegal en fuentes hídricas vitales como el río Meléndez, el río Cali y el río Dagua.

"La contaminación con mercurio ha afectado no solo la biodiversidad, sino también el suministro de agua para la ciudad

de Cali y otras áreas urbanas cercanas" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Es fácil, por tanto, afirmar que la minería ilegal de oro y el uso de *mercurio* "representan una crisis ambiental y social sin precedentes en Colombia". Los efectos devastadores sobre las fuentes hídricas, la biodiversidad y la salud de las comunidades locales, junto con el control de grupos armados ilegales, hacen urgente la necesidad de acciones coordinadas y sostenibles para abordar este grave problema de manera efectiva, eficaz, eficiente y estratégica, convenciendo a todos los actores de "sacar a la naturaleza y a la gente pobre del conflicto" al eliminar el *mercurio* y el *cianuro* en la extracción del oro.

Colombia en el contexto del Convenio de Minamata

El análisis del problema del uso del *mercurio* en Colombia, requiere de la introducción del contexto internacional y nacional a nivel de la normativa, que decanta el referente de la responsabilidad gubernativa trasnacional y local frente al cumplimiento de las obligaciones adquiridas, y que están en la categoría supraconstitucional.

En el orden mundial tomamos un reciente evento que expone el tráfico de *mercurio* a gran escala desde México a Bolivia, Colombia y Perú, en violación de las leyes mexicanas del Convenio de Minamata sobre este elemento químico neurotóxico. A más de seis años después de la entrada en vigor del Convenio en ese país, la producción minera primaria de *mercurio* se ha descontrolado, con picos de actividad impulsados por los precios del mismo, el aumento de la violencia y una presunta toma reciente de minas productivas por parte de un cártel de la droga.

Según las investigaciones de la Agencia de Investigación Ambiental de Estados Unidos, en adelante EIA por sus siglas en inglés, los traficantes expuestos en este informe son responsables de uno de los mayores flujos ilegales de *mercurio* jamás documentados, que asciende a 200 toneladas, contrabandeadas desde las minas de este mineral líquido en el Estado de Querétaro, en México, a la minería de oro en Bolivia, Colombia, y Perú, entre abril de 2019 y junio de 2025 ((Environmental Investigation Agency EIA, 2025).

El informe expone cómo las minas de *mercurio* en México, algunas presuntamente controladas por el crimen organizado, están impulsando una cadena de suministro mortal que vincula la minería de oro, la devastación ambiental y las violaciones de derechos humanos. Este comercio transnacional de demanda de *mercurio* por narcotraficantes ha impulsado la sofisticada operación y la ha vuelto rentable, alimentando la violencia, la destrucción de los bosques y la liberación de cantidades masivas de este metal amalgamador del oro a los ecosistemas de la Amazonía, en violación del Convenio de Minamata sobre el Mercurio (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019).

Colombia firma el Convenio de Minamata en el año 2017 con un referente propio de los problemas de salud asociados al *mercurio* en el Siglo XIX, pues los reportes nacionales inician en 1.852 con hallazgos de personas intoxicadas con *Cloruro de mercurio*, usado para fines médicos 104 años antes de que se identificaran las condiciones de enfermedades en la Bahía de Minamata (Japón), cuya situación y alerta global dan origen al Convenio que adopta su nombre.

El historial nacional documenta además que, en las décadas 1940–1950 se desarrolla

la minería de oro artesanal con amalgamación de *mercurio* en Antioquia y Chocó; se reporta en paralelo la presencia de *mercurio* nativo en Aranzazú (Caldas). Para la Década 1980–1990, crece la extracción de oro con *mercurio* en minería artesanal, legal e ilegal que posiciona a Colombia como uno de los mayores emisores *per cápita* de este elemento tóxico en el mundo; todo ello en el panorama *ad portas* de la creación del Ministerio de Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que asume con la Ley 99 de 1993, las responsabilidades de control sobre sustancias tóxicas, incluyendo este reactivo químico neurotóxico (Ley 99 de 1993, 1993).

Estos antecedentes muestran los avances de Colombia antes del escenario del Convenio de Minamata, el cual es un tratado internacional vinculante implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA-, adoptado en 2013 en Japón y vigente en rigor a nivel mundial desde agosto de 2017. Tiene como principal objetivo la protección de la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones de *mercurio* y sus compuestos (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019).

La línea de tiempo es de interés porque muestra la complejidad sobre asuntos que comprometen las cadenas productivas de las industrias y demás actividades que dependen del *mercurio*. Colombia aprobó el Convenio de Minamata con la Ley 1892 de 2018 (Ley 1892, 2018, p. 18); y lo ratificó en 2019 (Sentencia C-275 de 2019, 2019). Se hace necesario revisar un esquema del contenido del Convenio para orientar la discusión que propone este artículo.

Figura 6. Línea de tiempo global: Enfermedades de Minamata y convenios internacionales



Fuente: Elaboración de Luz Marina Monsalve-Friedman, 2025.

La propuesta reglamentaria del Convenio de Minamata en Colombia contiene los siguientes parámetros de actuación en un régimen prohibitivo y enmarcado a procesos de transición para el logro de la suplantación del *mercurio*, con miras a la adopción de materiales no tóxicos para prevenir los impactos negativos (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019).

- Productos con *mercurio* añadido.
 - o Eliminación progresiva de su fabricación, importación y exportación (ej. termómetros, baterías, lámparas fluorescentes, cosméticos, pesticidas, amalgamas dentales).
- Procesos industriales.
 - o Reducción y eliminación del uso de *mercurio* en producción de cloro-álcali, acetaldehído y otros procesos.
- Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE).
 - o Reconocimiento como fuente prioritaria de contaminación.
 - o Los países deben elaborar planes nacionales de acción para reducir y, cuando sea posible, eliminar el uso de *mercurio*.
- Emisiones atmosféricas y liberaciones al suelo y agua.
 - o Medidas para controlar y, si es posible, reducir emisiones de plantas de energía, incineradoras, fundiciones, entre otras.
- Almacenamiento y desechos de *mercurio*.
 - o Normas para el manejo ambientalmente seguro del *mercurio* elemental y sus residuos.
 - o Prohibición de nuevos sitios de extracción primaria de *mercurio*.
- Salud humana y medio ambiente.
 - o Protección de poblaciones vulnerables

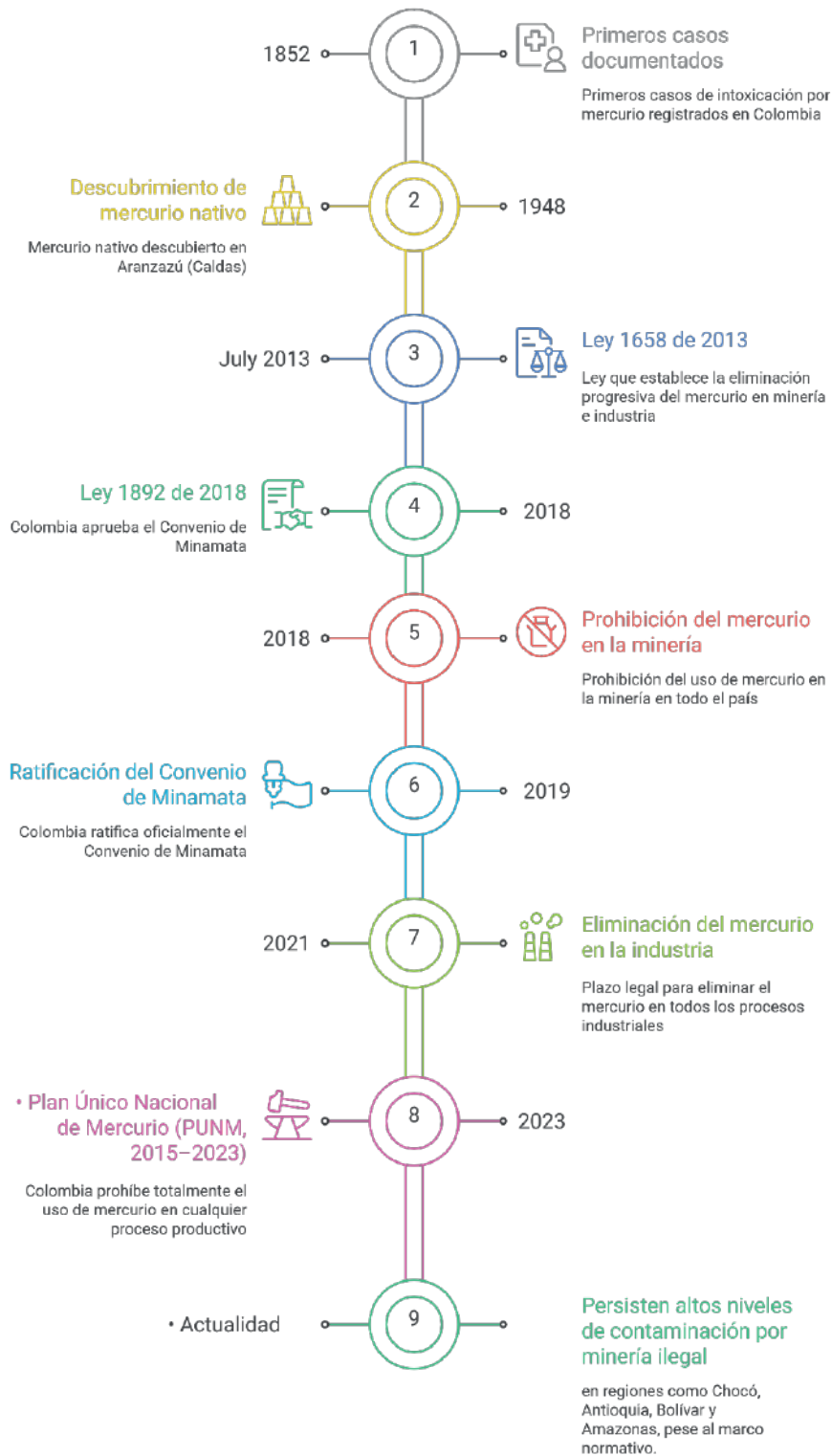
(mujeres, niños, comunidades indígenas y ribereñas).

o Medidas para reducir la exposición a través del consumo de pescado y otras vías.

- Intercambio de información y cooperación internacional.
 - o Fomento a la investigación científica, transferencia de tecnologías y financiamiento para países en desarrollo.

La planificación ambiental para enfrentar los cambios que demanda el Convenio, debe tener como base el comprender la conexidad del uso del *mercurio* con dos derechos fundamentales que se entrecruzan en el análisis de esta problemática: el Derecho al Trabajo y el Derecho a la Salud. Porque el hecho es que la tradición del uso del *mercurio* se remonta a siglos en diferentes actividades, pero específicamente en la minería aurífera con modelos de explotación a niveles de grande y mediana minería, que pasa, además, a su uso en las actividades de MAPE, que tienen una relación directa con un modelo de subsistencia en donde la salud y el trabajo se interceptan irremediamente, puesto que los recursos de esta población no generan las posibilidades para buscar alternativas. En ese contexto, las soluciones dependen de instancias de los gobiernos y decisores de alto nivel.

Figura 7. Línea de tiempo de la regulación del mercurio en Colombia



Fuente: Elaboración de Luz Marina Monsalve-Friedman, 2025.

El Convenio de Minamata insta a los Estados a elaborar planes nacionales de acción. En el caso colombiano, la Ley 1658 estableció un plazo de cinco años (hasta 2018) para prohibir el uso del *mercurio* en minería, posicionando a Colombia en el primer país de América Latina en adoptar una prohibición total en este sector (Ley 1658, 2013). Sin embargo, persisten altos niveles de contaminación en zonas de minería ilegal como el Bajo Cauca Antioqueño, Chocó y Bolívar, lo que refleja la brecha entre el cumplimiento normativo y la efectividad de su implementación en la práctica productiva que se lleva a cabo en los territorios (Defensoría del Pueblo, 2015; Procuraduría General de la Nación, 2024, 2024).

El espacio – tiempo en el que transcurre la globalidad del accionar con *mercurio*, el descubrimiento de su toxicidad y las decisiones para buscar las soluciones, son las bases que permiten comprender que, históricamente, el modelo de desarrollo es un imperativo sobre la naturaleza. Los sistemas *social*, *biótico* y *físico*, impactados de manera permanente por el uso del *mercurio*, no han logrado tener la primacía que les corresponde porque el modelo en su esencia va contra natura.

La legislación internacional es adoptada en Colombia desde un marco normativo nacional, que obedece al compromiso global de la firma del Convenio; sin embargo, esto no ha garantizado el cumplimiento del mismo a cabalidad, los avances en materia de objetivos y metas son precarios, sobre todo por el carácter vinculante del mismo, lo que da origen al debate que propone este artículo:

- ¿Es necesario una política para llevar la adopción del Convenio de Minamata a las comunidades locales, con un enfoque de inclusión de las escalas microterritoriales?
- ¿Las políticas aplicadas requieren de revisión y creación de otras estrategias con

apoyo de la ciencia ciudadana?

- ¿La eficacia de la difusión de la toxicidad del *mercurio*, requiere ser incluida en los programas de educación ambiental formal en las regiones con actividad aurífera?
- ¿Es posible convocar a investigadores del país que han avanzado en soluciones frente al uso del *mercurio*, para ser escuchados en las instancias del gobierno nacional?

La gestión y la problemática del *mercurio* en Colombia debe analizarse en el marco de los compromisos internacionales adquiridos con la ratificación del *Convenio de Minamata sobre el mercurio* en 2019 (Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019; Ley 1892, 2018). Este tratado internacional establece medidas vinculantes para la eliminación progresiva del uso de *mercurio* en productos, procesos industriales, minería artesanal, emisiones atmosféricas, liberaciones al suelo y agua, así como para el almacenamiento y disposición final de residuos.

La adhesión de Colombia al *Convenio* en 2018 (Ley 1892, 2018); y su ratificación en 2019 (Sentencia C-275 de 2019, 2019), constituyen un hito en la política ambiental nacional, al alinear al país con un marco jurídico internacional que busca la eliminación progresiva de una de las sustancias más tóxicas y persistentes conocidas. Sin embargo, la adopción formal del tratado contrasta con la complejidad estructural que enfrenta Colombia para garantizar su implementación efectiva.

En términos normativos, Colombia ha sido pionera en América Latina al expedir la Ley 1658 de 2013 (Ley 1658, 2013), que antecedió incluso a la firma del Convenio de Minamata, fijando plazos claros para la eliminación del *mercurio* en minería para 2018 y de industria para el 2023. A nivel institucional, Colombia mostró un compromiso temprano con la reconversión tecnológica y la transición hacia procesos más limpios con la expe-

dición del Plan Único Nacional de Mercurio (Decreto 2133, 2016, p. 21; Plan Único Nacional de Mercurio, 2018) y del Plan Estratégico Sectorial de Mercurio (Plan Estratégico Sectorial de Mercurio en las Etapas del Ciclo: Importación, Comercialización y Uso de Procesos Productivos Industriales, 2018). Desde la perspectiva jurídica, el país ha cumplido con la obligación de generar instrumentos de política pública coherentes con los lineamientos del Convenio, mas no en la aplicación específica.

No obstante, el mayor desafío radica en el desfase entre el cumplimiento normativo y la realidad socioeconómica de los territorios mineros. Aunque legalmente el *mercurio* está prohibido en la minería desde 2018, las investigaciones realizadas por diversos estudios estiman que Colombia continúa siendo uno de los mayores emisores *per cápita* del mundo, principalmente por la minería ilegal y

de subsistencia en regiones como *Chocó, Antioquia, Bolívar* y *Amazonas*. Estas dinámicas, atravesadas por ausencia estatal, economías ilícitas y debilidad en la fiscalización ambiental, hacen que el cumplimiento real del Convenio sea aún muy limitado.

Un punto crítico adicional es el *Impacto en Salud Pública*. El Convenio de Minamata enfatiza la protección de poblaciones vulnerables como mujeres, niños y comunidades indígenas. En Colombia, informes del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, en adelante MINSALUD y la Sentencia T-622 de 2016, que reconoce al río Atrato como Sujeto de Derechos han documentado altos niveles de contaminación por *mercurio* en comunidades ribereñas, con graves efectos neurológicos y reproductivos (Sentencia T-622, 2016) . Sin embargo, las acciones estatales se han concentrado más en la reconversión productiva que en garantizar

Figura 8. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 4



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Programas de Atención Integral en Salud para las comunidades ya afectadas, lo que evidencia una deuda social importante en la implementación.

Desde una perspectiva de gobernanza, los resultados obtenidos son fragmentados y dispersos, por lo que deben articularse con las autoridades ambientales y territoriales regionales las instituciones clave, como Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-, la Agencia Nacional de Minería -ANM-, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, INVIMA, el Ministerio de Minas y Energía -MINENERGÍA-, Ministerio del Trabajo -MINTRABAJO- y Ministerio de Salud y Protección Social -MINSALUD - Y de este modo, en *juntanza*, gestionar con la *Cooperación Internacional*, a través de iniciativas u organizaciones como PNUMA; Global Environment Facility -GEF-; Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial -UNID-; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH -GIZ-, entre otras.

La falta de una estrategia nacional articulada con el ordenamiento territorial y con las políticas de formalización minera reduce la capacidad de generar cambios sostenibles en el largo plazo. Se requiere pasar de proyectos piloto aislados a una Planificación Multiescalar, que articule a los gobiernos locales, las autoridades ambientales y las comunidades mineras en la construcción de alternativas económicas viables; complementado con el desarrollo constante en la investigación en biotecnología, bioingeniería, bioeconomía y economía circular, para generar tecnologías de remediación y alternativas económicas en zonas mineras, con un enfoque de apertura a la articulación de la ciencia ciudadana y del liderazgo ambiental comunitario para crear las condiciones culturales que requiere la conversión a modos de producción minera que utilicen productos inocuos para la salud humana y el ambiente.

Un determinante angular de la situación de vulnerabilidad de trabajadores y comunidades alrededor de la actividad minera del oro en relación con el conflicto, es la forma como sus distintos actores en Colombia se han insertado en los eslabones de la cadena de esta economía mundial.

En el territorio, el entramado de estas violencias tiene un complejo interdependiente entre el poder político y las cadenas de extracción para permitir la acumulación de riqueza a costa de una amalgama de actividades legales e ilegales, en el entendido que las unas requieren de las otras no solo para lavar activos, sino para mimetizar transacciones subterráneas, y dado que se precisa contar con el gobierno para poder operar, los actores criminales ingresan a la política para ampliar su poder.

Así, la violencia se ha instalado en los territorios mineros colombianos con perpetradores de amplio espectro, desde sectores de poder económico que actúan directamente o por intermedio de bandas criminales, contrabandistas, y hasta agentes del Estado, quienes se reparten funciones en toda la cadena del negocio. Los trabajadores ligados a estas cadenas entran en un bucle que profundiza la vulnerabilidad vía violación de derechos humanos, y el territorio deviene en escenario de agentes criminales y empresarios sin escrúpulos que practican diferentes formas de explotación en su beneficio.

Hoy la mayoría de las ganancias de actividades como la minería y cocaína son apropiadas por organizaciones transnacionales, mientras en los territorios nacionales las organizaciones criminales se disputan rentas residuales ejerciendo violencia para someter la mano de obra y para imponer control local en el abastecimiento y transporte de mercancías para su exportación a los mercados internacionales.

Desde esta perspectiva, el cumplimiento efectivo del Convenio de Minamata sobre el *mercurio* no depende únicamente de la prohibición normativa o de la sustitución técnica del metal líquido, sino de un enfoque integral que articule innovación tecnológica, fortalecimiento comunitario y justicia ambiental, en el marco de una transición ecológica justa. Solo la adopción de tecnologías limpias acompañada de procesos de formación, inclusión social y gobernanza territorial permitirá superar la condición de Colombia como uno de los mayores emisores *per cápita* de *mercurio* del planeta, y avanzar hacia un modelo minero que contribuya a la *Paz Total* desde la protección de la vida y los ecosistemas.

La adopción del Convenio de Minamata en Colombia representa un avance normativo y diplomático indiscutible, pero su efectividad está comprometida por factores estructurales: la posición de empresarios del sector minero con negativa a la reconversión industrial, la prevalencia de la ilegalidad en la minería, la débil capacidad de control estatal y la insuficiente atención en salud pública. El reto no está únicamente en *prohibir el mercurio*, sino en transformar las condiciones socioeconómicas y culturales que perpetúan su uso, entendiendo que la minería artesanal del oro es el eslabón más vulnerable de la cadena de tracción mundial. Así, el verdadero cumplimiento del Convenio dependerá de la capacidad del *país*, incluso de fronteras internacionales, para integrar la Política Ambiental con la Seguridad Territorial, la Innovación Tecnológica y la Justicia Social y Ambiental.

Búsquedas de Soluciones en Colombia

Hay tareas pendientes y urgentes como lo plantea el informe de 2024 de la Procuraduría General de la Nación. Colombia adoptó la Ley 1658 de 2013 y estableció un plazo de 5 años para la erradicación del uso de este neurotóxico en la minería; este término se cumplió el

15 de julio de 2018. Hoy, más de 7 años después, y con la ratificación vigente del Convenio de Minamata sobre el *mercurio*, los proyectos para desincentivar el uso de este neurotóxico continúan fracasando por falta de tres componentes fundamentales:

- El desarrollo de tecnologías disruptivas, adecuadas a nuestra realidad megabiódiversa y con personas severamente expuestas a los procesos dañinos asociados al *mercurio*.
- Políticas integrales coordinadas interinstitucionalmente que logren convertir la actividad de extracción del oro en un sistema totalmente legal y formal, reconociendo a los pequeños mineros, apoyando su organización y generando las condiciones para que retribuyan con impuestos y regalías.
- Un sistema de control territorial suficientemente eficaz y eficiente que combine la actuación de las fuerzas públicas con adecuados programas focalizados de presencia real del Estado.

Desarrollo de soluciones técnicas y científicas para la minería sin mercurio

En lo positivo, se deben mencionar esfuerzos importantes aunque muy pequeños de Recuperación de Suelos Degradados por Minería Aurífera, como el ejecutado por la Universidad de Córdoba con recursos del Sistema General de Regalías -SGR-; de fitorremediación de al menos 50 hectáreas afectadas por *mercurio*, y otros contaminantes libres como arsénico, plomo, cadmio y cobre, que son tóxicos tanto para la *biota* como para la *salud pública*, realizados en el municipio Río Quito (Chocó), Finca La Paraguay (Caucasia), Caño Viloría, Majagual (Sucre) y en la mina El Alacrán, zona rural de Puerto Libertador, Sur de Córdoba. Estos trabajos se realizaron bajo la dirección del científico José Luis Marrugo, adscrito a la Facultad de Ciencias Básicas y director del Grupo de Aguas, Química Aplicada y Ambiental.

"En el proceso, se utilizó la especie *Jatropha curcas*, y otras de sucesiones secundarias que genera esta planta por la sombra, como son: *Paspalum fasciculatum*, *Santa María*, *Coquito* y otras gramíneas que atrapan nitrógeno de la atmósfera y van mejorando la fertilidad del suelo"(...) "logrando que en la tierra recuperada se puedan establecer bosques, frutales, cultivos de arroz, maíz o pasto-ganado, que es el primer piloto de este proyecto, en un suelo que anteriormente era estéril" (José Luis Marrugo, comunicación personal, s. f.).

Igualmente, hay desarrollos científicos y tecnológicos que permiten detectar el *mercurio* en el procesamiento del oro y establecer su sitio de extracción, como herramienta para certificar con denominación de origen la procedencia. De esta manera se podría ir construyendo una diferencia en precios finales que castigaría las malas prácticas. Sin embargo, la mejor estrategia para eliminar el *mercurio*, y eventualmente el *cianuro*, sería la de la aproximación directa a los sitios en los cuales sucede la extracción, para realizar el trabajo con los propios actores y comunidades en la apropiación de las tecnologías de reemplazo.

La Universidad de Córdoba adelanta procesos muy interesantes de Investigación-Acción Participativa en varios departamentos y frentes, dependiendo de sus características propias. Así, por ejemplo, en La Mojana, tres investigadores trabajaron conjuntamente con las Asociaciones de Mujeres Campesinas en el *Caño Ventanillas*, en la identificación de 80 plantas que garantizan la seguridad alimentaria y escogieron, mediante experimentos de resiliencia frente a la inundación o sequía las 33 más resistentes, usando técnicas muy modernas de prueba de stress hídrico y consecuentemente las han sembrado en arreglos de policultivos en sus parcelas. Adicionalmente, han identificado espe-

cies propias de microorganismos del suelo que explican los procesos de solubilización de fósforo y fijación de nitrógeno, entre otros, lo cual debería ser la base para profundizar sobre las estrategias y sistemas de regeneración de suelo en cada subregión (Gracia H. et al., 2010).

Es digna de mención la experiencia del Servicio Geológico Colombiano, en adelante SGC, entidad que desde 2016 ha emitido guías y protocolos de aprovechamiento del oro eliminando el *mercurio* al reemplazarlo por métodos gravimétricos y por aplicación de *cianuro* en mucha menor proporción. Este trabajo lo realizan en asociación con 16 comunidades en distintas regiones auríferas de Colombia, donde usan de manera controlada el *cianuro* en reemplazo del *mercurio*, que, aunque representan menor afectación y capacidad de deterioro del ecosistema y de la salud humana, de todos modos, presentan daños y riesgos. Es necesario evaluar y adoptar otros separadores eficaces, eficientes y accesibles para las diversas escalas de la actividad minera en Colombia, que se ofrecen por diferentes proponentes que llevan años trabajando en su desarrollo y que sirven para todas las escalas de minería (Duque et al., 2018).

El SGC ha desarrollado las Guías y Protocolos de Beneficio del Oro sin *mercurio* en 16 comunidades con diferentes características de sus menas o materiales pétreos, recurriendo a procesos que usan *cianuro*; así, por ejemplo, en el caso del municipio de *Remedios*, Antioquia, propuso una "*Ruta Metalúrgica*", con procesos gravimétricos en los que se involucra la refinación de concentrados en una de sus etapas, por medio de concentración centrífuga operada bajo condiciones de tamaño de partícula controladas; los concentrados obtenidos van a una etapa de refinación en una *Mesa Gemini*⁷ para obtener el superconcentrado para fundición (Duque et al., 2018).

Figura 9. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 5



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Así como esta guía del SGC existen actualmente 15 protocolos específicos más, que se han desarrollado desde 2016 en diferentes sitios auríferos, de la mano con alrededor de 100 comunidades locales para interpretar correctamente cada una de las zonas auríferas del país, que tienen, como ya se mencionó, características geológicas diferentes; igualmente, las comunidades presentan distintas formas organizativas y de relación con el Estado.

Paralelamente, los rechazos de la concentración son sometidos a flotación y sus concentrados pasan a una etapa de lixiviación con *cianuro* de sodio, junto con los rechazos de refinación y colas del centrifugado. El oro

lixiviado es precipitado por medio del proceso Merrill-Crowe para su posterior fundición. Se obtuvo una recuperación neta de oro del 91,3 %, con el método extractivo propuesto, lo cual supera ampliamente la recuperación con *mercurio*, que es, usualmente, del 30 al 46% (Duque et al., 2018).

Existen alternativas tecnológicas que generan mayor recuperación del oro, seguridad operativa y viabilidad en todo tipo de mena aurífera, especialmente en arenas negras, arenas finas, sulfuros, sedimentos fluviales y relaves que cambian totalmente el escenario de destrucción y muerte por uno más amable y viable en el siglo 21, puesto que eliminan totalmente el *mercurio* y parcial o totalmente

7. Una Mesa Gemini, es una herramienta utilizada en el procesamiento y concentración de minerales, especialmente en la minería de metales preciosos como el oro, la plata, el estaño, y otros metales. La mesa Gemini es conocida por su eficacia en la separación de partículas finas de minerales valiosos de los materiales de desecho, mediante un proceso que aprovecha la diferencia en la densidad de los materiales.

el *cianuro* en los procesos de extracción del oro⁸.

Otras alternativas más radicales aplican sustancias biodegradables que eliminan totalmente el uso del *mercurio* y del *cianuro*. Su funcionamiento eficaz permitiría a Colombia avanzar masivamente en el cumplimiento del Convenio de Minamata, aumentando el oro libre de contaminantes, con el más alto valor agregado por su compromiso ambiental y social; debemos insistir y exigir a todos los actores legales e ilegales el cambio tecnológico y cultural de la extracción del oro, como un paso adelante hacia la Paz Completa de Colombia.

Necesitamos avanzar radicalmente en América Latina y en Colombia en la sustitución del *mercurio* por otras sustancias que hagan su papel en minería aluvial y coluvial con mayor eficiencia metalúrgica, mucho menor daño ambiental y nula afectación a la salud humana. Máxime que el uso del *mercurio* metálico (Hg^0) en la MAPE para la recuperación de oro presenta múltiples limitaciones técnicas y provoca grandes daños ambientales y toxicológicos (García Herrán et al., 2019; United Nations Environment Programme/Arctic Monitoring & Assessment Programme, 2019).

En cambio, las sustancias que reclaman ser un reemplazo al *mercurio* para el beneficio del oro, no liberan aparentemente vapores ni residuos bioacumulables, permitiendo procesos mucho más seguros.

Además de lo ofrecido por el SGC, existen alternativas que merecen probarse, como algunos extractores⁹ que se presentan en mercados incipientes e informales, como alternativa superior en arenas aluviales, que

aparentemente se destacan por su selectividad en los diferentes tipos de geología, mayor rendimiento en partícula fina y muy bajo impacto ambiental. Sus proponentes sostienen que el reemplazo del Hg permitiría evitar más de 50 toneladas anuales de contaminación directa y elevar las tasas de recuperación aurífera por encima del 90%. Esto sería realmente maravilloso y se ha probado, según sus impulsores, en varias minas en Colombia.

El *mercurio* metálico actúa como un colector físico de oro mediante amalgamación superficial, pero su eficiencia está severamente restringida por la mineralogía del yacimiento (Telmer & Veiga, s. f.) y por el tipo de mena aurífera (United Nations Environment Programme/Arctic Monitoring & Assessment Programme, 2019) así:

- En casos de *Oro fino y ultrafino* ($<75 \mu m$), la tensión superficial y la velocidad de amalgamación limitan su captura. Hasta un 60% del oro fino se pierde por flotación libre o arrastre (United Nations Environment Programme/Arctic Monitoring & Assessment Programme, 2019).
- En el caso de *Menas sulfuradas* (*pirita*, *arsenopirita*, *calcopirita*), el oro encapsulado no interactúa con Hg^0 . Su liberación requiere oxidación previa (p. ej., tostación, presión, biolixiviación, ataque químico) que no se realiza en la MAPE (Veiga, M. M. et al., 2014).
- En el caso de *Menas carbonáceas y lateríticas*, la materia orgánica (ácidos húmicos, ligninas) y los óxidos de hierro interfieren con la formación de amalgamas, adsorbiendo el Hg o formando compuestos insolubles como HgS (*sulfuro de mercurio*) o Hg_2Cl_2 (*Cloruro de mercurio*).
- Cuando hay *presencia de cloruros, materia grasa y aguas contaminadas*, se forman

8. En entrevistas que hemos sostenido con algunos proveedores de estas sustancias, ofrecieron hacer las pruebas en las minas directamente en el campo.

9. Se han identificado por lo menos dos productos que ofrecen a los mineros, con aumentos significativos de productividad y disminución radical de su daño ambiental y a la salud humana.

complejos mercuriales inestables, inhibiendo el contacto oro-Hg. Además, la mezcla con aceites y sedimentos reduce la tensión superficial del *mercurio*.

- Incluso se presentan “*falsos positivos*”, en los cuales, minerales como galena o magnetita también amalgaman parcialmente, lo que genera aparentes recuperaciones y pérdida de oro real en colas. Como resultado, la eficiencia global de recuperación con Hg en condiciones reales de campo no supera el 35–50%, muy por debajo de los valores teóricos.

Es claro que el *mercurio*, además de dañino, es ineficiente en la tarea de amalgamar el oro; por ello, se deben promover y aplicar alternativas como la planteada por el SGC reemplazándolo por *cianuro* o, mejor aún, eliminando

ambas sustancias.

Dentro de las ofertas de alternativas al *mercurio* como agente amalgamador de oro, conseguimos información de algunas; en particular, llama mucho la atención la que se presenta en la Tabla 1 del producto “Oro sin Mercurio”; los resultados para los diferentes parámetros se obtuvieron al evaluar los mismos materiales de mena con esta sustancia y con el *mercurio*. Estos resultados deberían ser inmediatamente evaluados por las entidades del gobierno y del Estado, pues si resultan cercanas a dichos valores, las sustancias alternativas deberían adoptarse de manera masiva y eficiente, tanto por su eficacia como por su nulo impacto ambiental negativo.

Tabla 1. Evaluación Comparativa: mercurio vs Oro sin Mercurio

Parámetro	Mercurio (Hg ⁰)	Oro sin Mercurio
Mecanismo de captura.	Amalgamación superficial.	Aglutinación selectiva.
Recuperación de oro fino.	35% – 45%	80% (aproximadamente)
Tiempo de proceso (arena aluvial).	4 – 12 horas	30 – 90 minutos
Pureza del concentrado aurífero.	70% – 85%	92% – 98%
Captura de oro ocluido.	Nula	Parcial (por surfactantes y solventes naturales)
Reutilización del reactivo.	El remanente de la volatilización (60% - 80% del mercurio). se reutiliza hasta que se pierde del sistema, ya que el residuo se fragmenta o atomiza en la remolienda.	Se puede utilizar hasta 3 veces el agua de la mezcla, posterior a la decantación de sólidos.
Toxicidad.	Alta (neurotóxico, teratogénico).	Baja, biodegradable.
Costo operativo (USD/kg de oro).	>150	<50

Fuente: Pruebas realizadas in situ, de carácter investigativo.

10. Este nombre es ficticio, ya que el nombre comercial se omite por razones éticas.

La comparación técnica entre el uso de *mercurio* metálico y el producto *Oro sin Mercurio* muestra amplia superioridad del segundo en todos los parámetros relevantes, lo cual debería ser constatado de manera inmediata por entidades técnico científicas no sesgadas por intereses partidistas ni económicos, capaces de realizar análisis detallados, como el mismo SGC, las universidades, el INVIMA y los centros de investigación asignados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, en adelante MINCIENCIAS, en una convocatoria similar a la que pudo agilizarse y se condujo en la época del COVID 19, considerada investigación e innovación estratégica. Necesitamos despertar nuestras entidades para que se apliquen en la solución de los problemas y retos reales.

Al respecto, y dado que Colombia representa aproximadamente cerca del 4% del uso global de Hg en minería, con estas técnicas se podría aumentar la recuperación de oro limpio en unas 30 toneladas y evitar 50 t/año de Hg con unos efectos benéficos muy importantes, permitiendo la certificación ambiental de operaciones mineras artesanales. Colombia debería liderar la investigación en este campo, que sería muy apreciada por los demás países. Los valores de reducción y recuperación presentados los estimamos a partir de inventarios y reportes publicados cuyas cifras se usan como línea base y las proyecciones suponen la adopción generalizada de técnicas limpias y recuperación mejorada (Cheng et al., 2023; Convenio de Minamata sobre Mercurio, 2019; Esdaille & Chalker, 2018; González & Castañeda, 2024; Veiga et al., 2005).

Recomendaciones, Propuestas y Caminos

El oro se ha convertido en un material altamente rentable y estratégico por su relativa

facilidad de transporte, acumulación, legalización e intercambio y por tanto se requiere una aproximación compleja que incluya todos los aspectos socioculturales, tecnológicos, económicos, geográficos, ecológicos y geológicos de cada lugar.

Es claro que se requiere urgentemente, además de una renovada voluntad de control y presencia integral en los territorios sometidos a prácticas ilegales de extracción del oro, la decisión de establecer innovaciones tecnológicas suplementarias que sean sostenibles para el ambiente, altamente eficientes en la sustitución del uso de *mercurio* en los procesos de beneficio de oro y mucho más productivas en cuanto al incremento en la obtención del material aurífero; e incluir también tecnologías de biorremediación y fitorremediación en arenas y lodos contaminados con *mercurio*, para controlar la contaminación, pérdida y degradación de las coberturas vegetales, los suelos y las geoformas; y lograr, mediante la Investigación Acción Participativa, la apropiación de estas tecnologías por parte de todos los actores legales, ilegales, artesanales y medianos, como objetivo estratégico para la protección del agua, los recursos hídricos, ríos y ciénagas, la salud de la gente y los ecosistemas.

Es necesario tener en cuenta también que las prácticas de producción basadas en el uso del *mercurio* están muy arraigadas desde la época de la Colonia en el imaginario colectivo en los territorios mineros, puesto que el "azogue" como se ha llamado a este reactivo, se viene utilizando desde hace más de 100 años. Por ello, las medidas de carácter punitivo y policial empleadas hasta el momento para desincentivar el uso del *mercurio* resultan inútiles con las comunidades que rechazan la utilización de alternativas amigables con el medio ambiente, benéficas para la salud pública y más eficientes en la relación costo beneficio.

Figura 10. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 6



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

La Procuraduría General de la Nación en su Informe Nacional: Minería Ilegal y Contaminación por Mercurio (Procuraduría General de la Nación, 2024) expresa en el capítulo 6 "*Recomendaciones y llamados*" un conjunto de *Ideas Fuerza*, como resultado del análisis profundo del contexto territorial, de las afectaciones ambientales y sociales visibles, que lograron desarrollar en las seis Mesas de Diálogo Territoriales que hicieron a lo largo y ancho del territorio nacional y de los esfuerzos por establecer una Línea Base de sitios contaminados con *mercurio, plomo y arsénico*, lo cual pone en evidencia las graves deficiencias en la respuesta estatal frente al problema de la minería ilegal y la contaminación por este neurotóxico en el país y crecientemente del *cianuro* como reemplazo del anterior.

Es urgente y crítico fortalecer la actuación coordinada entre las diferentes entidades del Estado, así como mejorar la supervisión y control en las áreas más afectadas; agregaríamos que debemos explorar caminos innovadores y alternativos en ese sentido, puesto que:

"...el mercurio, utilizado de manera indiscriminada en los procesos mineros ilegales, ha generado impactos devastadores en los ecosistemas estratégicos y ha puesto en riesgo la salud de las comunidades, afectando especialmente las cuencas hidrográficas y las poblaciones más vulnerables" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

Según la PGN, "Si bien existen esfuerzos aislados por parte de diferentes entidades, el desafío actual radica en la materialización de una estrategia integrada y efectiva que articule los esfuerzos a nivel local, regional y nacional" (Procuraduría General de la Nación, 2024).

La PGN propone una serie de recomendaciones que permitan abordar de manera integral esta problemática, que no solo contengan el daño, sino que también sean acciones *preventivas y correctivas*, encaminadas a la restauración de los territorios y la protección de las comunidades afectadas, como se aprecia a continuación:

- Reglamentación urgente de la gestión, almacenamiento y disposición final del *mercurio*: la Ley 1658 de 2013 *aún no cuenta con Reglamentación* que defina protocolos de manejo, transporte y disposición del *mercurio*, lo que deja a las autoridades sin herramientas claras para actuar. Actualmente, solo existe una bodega piloto administrada por la Corporación Autónoma Regional Para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga -CDMB-, con apoyo internacional. El MADS y otras entidades deben formular un *Plan Único Nacional de Mercurio* y reglamentos técnicos, además del Registro de Usuarios bajo el Sistema Nacional Ambiental, en adelante SINA, el atraso en su implementación, sumado a la debilidad institucional del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, en adelante IDEAM, agrava la problemática y mantiene la liberación de *mercurio* sin control, con altos riesgos para el ambiente y la salud pública.

- Urgente reglamentación del uso y gestión del *cianuro*: con la prohibición del *mercurio*, el *cianuro* ha sido adoptado por la minería por su bajo costo y alta eficiencia en la lixiviación, pese a su elevada toxicidad. Aunque no es bioacumulable, genera graves riesgos para la

salud y el ambiente. Actualmente carece de una regulación integral que controle su comercialización, distribución, uso y disposición final, pese a ser considerado residuo peligroso según el Decreto 4741/2005 (Decreto 4741, 2005). Vertimientos con *cianuro* superan parámetros normativos y contaminan ríos de consumo humano. Se requiere un marco normativo urgente que reduzca su uso indiscriminado y explore alternativas tecnológicas más seguras.

- Medir continua y estratégicamente *mercurio* y *cianuro* en aire, agua, suelo, fauna, y humanos: el país carece de programas sólidos de monitoreo permanente de *mercurio*, *cianuro* y otros metales pesados en ecosistemas y en la salud humana. La PGN recomienda registrar compradores y distribuidores, pero es necesario ir más allá: establecer diagnósticos actualizados que permitan acciones correctivas (Procuraduría General de la Nación, 2024). Casos como La Mojana, con altos niveles de enfermedades renales, evidencian la gravedad. El SINA y el IDEAM, junto con autoridades locales y de salud, deben implementar sistemas de medición continua en agua, aire, suelos, peces y personas, y acompañarlos de medidas concretas para eliminar fuentes de contaminación.

- Reglamentación Urgente de la Ley 2327 de 2023 de Pasivos Ambientales (Ley 2337, 2023): esta Ley ordena gestionar pasivos ambientales, pero aún no se reglamenta, incumpliendo plazos para crear criterios de priorización, registros y medidas de atención. Casos como la contaminación por *mercurio* en Quibdó muestran la urgencia de su aplicación. Sin esta reglamentación, las autoridades no pueden atender sitios contaminados ni planear su restauración. Además, se requiere actualizar los Planes de Ordenamiento Territorial -POT- y Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas

-POMCA-, para ordenar la minería, definir zonas permitidas y prevenir superposición con áreas protegidas, en concordancia con sentencias de la Corte Constitucional y del Consejo de Estado.

- Reglamentación urgente de la licencia ambiental temporal para la formalización minera y el cumplimiento de la ley 2250 de 2022 (Ley 2250, 2022): esta Ley creó la figura de la Licencia Ambiental Temporal para facilitar la formalización de la pequeña minería, pero aún no está reglamentada. Su ausencia impide diferenciar de los ilegales a los actores dispuestos a legalizarse, y limita la recuperación de áreas degradadas. La Procuraduría exige su expedición urgente para garantizar seguridad jurídica, ordenar la actividad y reconocer obligaciones sociales y

ambientales. Esta herramienta es clave para avanzar en la formalización minera y reducir la expansión de la ilegalidad en territorios críticos (Procuraduría General de la Nación, 2024).

- Revisión de los retos de la minería de subsistencia: la minería de subsistencia necesita un marco claro que la distinga de la minería ilegal. La Procuraduría señala que deben revisarse el Código de Minas y leyes posteriores para depurar procesos y garantizar condiciones justas a los pequeños mineros. Es clave establecer requisitos técnicos y ambientales diferenciales, fortalecer registros como el Registro Único de Comercializadores de Minerales -RUCOM- en Colombia- y Génesis¹¹, y mejorar su interoperabilidad con la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacio-

Figura 11. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 7



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

11. Génesis es una plataforma digital implementada por la Agencia Nacional de Minería (ANM) de Colombia para registrar, gestionar y actualizar la información de los mineros de subsistencia (artesanales) del país de manera segura, eficiente y transparente.

nales -DIAN- y la Unidad de Información y Análisis Financiero -UIAF-. Además, se requiere promover reconversión productiva, economía circular y seguridad minera. La meta es proteger a mineros genuinos, promover prácticas responsables y evitar infiltración de redes criminales.

- Implementación y ejecución de "burbujas ambientales" de protección de la gente y ambiental: las Burbujas Ambientales, creadas en 2017 por las Fuerzas Militares, coordinan acciones contra la minería ilegal, la deforestación y el tráfico de fauna y flora, integrando a autoridades ambientales y ciudadanía. Han mostrado eficacia en departamentos amazónicos y mineros, pero requieren expansión y fortalecimiento. La Procuraduría considera que son un instrumento de gobernanza ambiental efectivo, aunque deben complementarse con estrategias socioeconómicas que ofrezcan alternativas a las comunidades dependientes de la minería ilegal. Su éxito depende de combinar control militar con organización social y proyectos sostenibles que fortalezcan la legitimidad del Estado.

- Educación ambiental como eje transformador de las regiones: la PGN resalta la educación ambiental como herramienta clave para enfrentar la minería ilegal y sus impactos. Propone fortalecer planes departamentales y articulando el Proyecto Ambiental Escolar -PRAES-, Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental -PROCEDAS- y los Proyectos Ambientales Universitarios -PRAUS-, adaptados a contextos culturales. Estudios como el del convenio entre MINSALUD, Instituto Nacional de Salud -INS- y Universidad de Córdoba evidencian graves riesgos de salud por exposición a *mercurio*. La educación debe sensibilizar sobre contaminación, promover prácticas sostenibles y articularse con comunidades y academia. Así se convierte en un eje transformador para la

gobernanza ambiental y para la creación de alternativas productivas sostenibles.

- Caracterización de los mineros en los territorios: la caracterización detallada de los mineros es esencial para orientar políticas justas a partir de la diferenciación de la minería de subsistencia de la ilegalidad y la criminalidad. Debe incluir información geológica, socioeconómica, ambiental y cultural para diseñar respuestas estatales diferenciadas. A quienes avanzan en procesos de formalización debe apoyárseles con acompañamiento, mientras que a quienes no cumplen debe aplicarse control. Esta herramienta permitirá focalizar esfuerzos en la legalización de mineros responsables, evitando generalizaciones, y fomentando prácticas sostenibles que integren la minería a la planificación territorial.

- Esquemas cooperativos y asociativos de los mineros: el fortalecimiento de cooperativas y asociaciones es clave para que los pequeños mineros accedan a formalización, financiamiento y asistencia técnica. La Procuraduría recomienda impulsar esquemas organizativos que promuevan la eliminación de *mercurio* y *cianuro*, la transparencia y la trazabilidad. La organización colectiva permite cumplir requisitos legales y técnicos que de forma individual resultan inalcanzables. Además, fomenta confianza, acceso a programas estatales y mejores oportunidades de negociación. La asociatividad, bien implementada, puede convertirse en motor de equidad económica, formalización y sostenibilidad ambiental.

- Centralización de la compra de oro: la PGN propone crear una entidad centralizada para la compra de oro, inspirada en la Federación Nacional de Cafeteros, que facilite la venta legal y transparente de pequeños mineros. Este mecanismo garantizaría trazabilidad,

precios justos y eliminación de intermediarios ilegales (Procuraduría General de la Nación, 2024). Una opción sería que el Banco de la República asumiera este rol, brindando respaldo institucional. No obstante, debe incluir a mineros establecidos por fuera de Distritos Agromineros, mediante esquemas flexibles. La centralización contribuiría a formalizar la producción, fortalecer mercados responsables y aumentar beneficios para pequeños productores.

- Tecnologías de extracción del oro sin *mercurio* ni *cianuro*: es urgente promover tecnologías limpias que sustituyan el *mercurio* y el *cianuro* en la minería aurífera. El Ministerio de Minas y Energía -MINENERGÍA-, la Agencia Nacional de Minería -ANM- y el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-, deben liderar su certificación y adopción, mientras MINCIENCIAS destina recursos de regalías para evaluar alternativas innovadoras. La transición requiere financiamiento accesible, apoyo internacional y campañas masivas de educación con enfoque de Investigación Acción Participativa. La propuesta debe ser más ambiciosa: probar tecnologías existentes, divulgar resultados a nivel nacional y generar apropiación social de las alternativas. Solo así se podrá transformar la minería hacia prácticas responsables y sostenibles.

- Protección prioritaria de la niñez y de las comunidades indígenas y rurales: la exposición al *mercurio* y al *cianuro* afecta especialmente a comunidades indígenas, rurales y a la niñez, por lo que se requieren medidas diferenciadas de salud pública y protección social. El MINSALUD debe implementar protocolos de atención adaptados culturalmente y garantizar monitoreo y tratamientos adecuados. Paralelamente, el MADS, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en Colombia -MINAGRICULTURA- y el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar

-ICBF-, deben promover proyectos de desarrollo sostenible (agroecología, ecoturismo, bioeconomía y economía circular) que reduzcan la dependencia de la minería. Incluir a las comunidades en procesos de innovación social fortalece la transición hacia la legalidad y asegura la apropiación del conocimiento y mejores ingresos y condiciones de vida.

- Maquinaria amarilla: ejecución del decreto 1035 de 14 de agosto de 2024 (Decreto 1035, 2024): este Decreto faculta a la Fuerza Pública para destruir o neutralizar maquinaria pesada usada en minería ilegal, en consonancia con la Política Andina contra esta actividad. Esto busca frenar el daño de dragas y retroexcavadoras en ríos y ecosistemas, actuando incluso en casos de flagrancia. La norma exige informes trimestrales a la Procuraduría sobre su implementación. Sin embargo, esta medida es insuficiente si no se complementa con estrategias integrales que incluyan alternativas productivas para comunidades, coordinación con autoridades ambientales y transparencia en las operaciones.

La Procuraduría en su investigación regionalizada plantó semillas de articulación entre distintas instancias e instituciones, y dejó "Rutas de trabajo colaborativo" que ayudan a resolver el desafío de la vida sana, el trabajo digno y los ecosistemas libres de contaminantes, en la medida en que la sociedad logre la narrativa integral de lo que sucede en las cadenas de suministro, las violencias y sus consecuencias en la salud humana y ambiental como un sistema interdependiente. Concretar estas rutas colaborativas implica articular información sectorial económica, ambiental y demográfica y ponerla sobre las mesas de trabajo.

Se trata de poner al alcance de las comunidades todo el sistema de monitoreo territorial

ambiental y de valoración de riesgos, relacionados con desastres, contaminaciones y problemas de saneamiento básico, que soportado en el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC- permita la convergencia entre saberes, ciencias y datos abiertos. La implementación de este tipo de innovación de proceso genera una cultura organizacional en una lógica distinta, a modo de disrupción social, que va más allá de la transformación digital que vivimos y tiene un gran impacto en las creencias, valores y compromisos éticos de la sociedad mediante cambios fundamentales como los siguientes:

- El primer cambio, invita a superar la mentalidad restrictiva de saberes, para dar apertura intercultural, intersectorial e interdisciplinar buscando soluciones colectivas, soportadas en la inteligencia de una red plural de conocimiento.
- El segundo cambio, lleva a vencer la mentalidad restrictiva de la democracia para ampliar la interlocución y dirigirse a los otros actores que son parte del ecosistema y, especialmente, involucrar a la sociedad civil y tener la capacidad de escuchar a quienes han sido víctimas.

El territorio minero debe ser el escenario de convergencia del conocimiento de los actores civiles, víctimas, organizaciones no gubernamentales, agentes económicos, académicos y gobiernos locales, incrementando capacidades para la creación de nuevos modos de interpretar los patrones de determinación de un "*sistema enfermo*", que permita potenciar las capacidades de sus actores para gestionar su transformación en procura de la protección de la vida como bien supremo, situando cada individuo como agente de cambio.

Conclusión

Colombia está ante un complejo problema social y ambiental que configura un reto igual o mayor que el de cultivos ilícitos de coca y el narcotráfico, con los que se retroalimenta, por las características mismas de los mercados y mecanismos de mimetización del oro en la economía nacional y mundial y que además se refuerza mutuamente con este; sólo lograremos la Paz Completa cuando hayamos logrado manejar el problema del oro en todas sus dimensiones y una de ellas es ciertamente eliminar el *mercurio* y el *cianuro* de su extracción porque la "Paz Parcial" con los ecosistemas y con la gente pobre y local asociada a estas actividades es un primer paso fundamental en la construcción de la Paz Completa que tenemos que alcanzar como propósito nacional. La Paz con los ríos, con las ciénagas y con los ecosistemas es la base de la Paz con nosotros mismos y con el futuro de las próximas generaciones, aunque suene a lugar común.

Jurídica, política y éticamente, el acceso a las innovaciones del conocimiento relacionado con la salud y la vida debe ser reconocido como derecho para todos los habitantes del planeta, en razón a su dignidad humana; así, dentro de las medidas de intervención para evitar la enfermedad se debe considerar los problemas de asimetría de información, los cuales se deben tratar según la naturaleza relacional entre los actores, siempre identificando como se ejercen acciones desde el más poderoso hacia el más débil dentro de las cadenas económicas en las que estamos insertos.

Figura 12. Serie Oro fétido en las orillas del Porce 8



Fotografía de Juan Camilo Gaviria Londoño. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Bibliografía

- Cabezas Z., A. F. (2022, agosto 12). *Minería y contaminación por mercurio en el río Atrato*. Seminario Internacional de Ciencias Ambientales 2022, Colombia.
- Cheng, Y., Watari, T., Seccatore, J., Nakajima, K., Nansai, K., & Takaoka, M. (2023). A review of gold production, mercury consumption, and emission in artisanal and small-scale gold mining (ASGM). *Resources Policy*, 81, 103370. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103370>
- Colombia Planet Gold*. (2024, noviembre 20). <https://www.planetgold.org/es/colombia>
- Convenio de Minamata sobre Mercurio. Texto y anexos. (2019). <https://minamataconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
- Conversación con funcionarios de Fondo de Adaptación*. (2024). [Entrevista]. Sin publicar
- Cordy, P., Veiga, M. M., Salih, I., Al-Saadi, S., Console, S., Garcia, O., Mesa, L. A., Velásquez-López, P. C., & Roeser, M. (2011). Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world's highest per capita mercury pollution. *Science of The Total Environment*, 410-411, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.006>
- Correa-Caselles, D., Camacho, L. A., & Fernandez, N. (2025). A Modeling

- Framework to Estimate the Transport and Fate of Mercury in Nationwide Surface Waters. *Water*, 17(2), 250. <https://doi.org/10.3390/w17020250>
- Decreto 1035 (2024). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=249296>
- Decreto 2133, por el cual se establecen medidas de control a la importación y comercialización de mercurio y los productos que lo contienen, en el marco de lo establecido en el artículo 5o de la Ley 1658 de 2013 (2016). <https://vlex.com.co/vid/decreto-numero-2133-2016-656246801>
- Decreto 4741 (2005). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18718>
- Defensoría del Pueblo. (2015). *La minería sin control: Un enfoque desde la vulneración de los Derechos Humanos. Informe de Minería 2016* (p. 246). <https://publicaciones.defensoria.gov.co/desarrollo1/ABCD/bases/marc/documentos/textos/Informe de Minería 2016.pdf>
- Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. (2004, diciembre 15). Eur-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2004/107/oj/eng>
- Duque, T., Amaris, V., & Dionicio, V. (Eds.). (2018). *Guía metodológica para el mejoramiento productivo del beneficio de oro sin el uso de mercurio: Remedios (Antioquia)*. Servicio Geológico Colombiano.
- Egin, B. (2023, junio 13). Illicit Financial Flows and Illegal Gold Mining – New Developments in Colombia. *Global Financial Integrity*. <https://gfintegrity.org/illicit-financial-flows-and-illegal-gold-mining-new-developments-in-colombia/>
- Environmental Investigation Agency EIA. (2025). *Traffickers Leave No Stone Unturned* (p. 28). Environmental Investigation Agency. https://eia.org/wp-content/uploads/2025/07/EIA_US_Mercury_Smuggling_report_0725_FINAL.pdf
- Environment, U. N. (2023). *UNEP - UN Environment Programme*. ONU Programa para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org/node>
- Esdaile, L. J., & Chalker, J. M. (2018). The Mercury Problem in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. *Chemistry – A European Journal*, 24(27), 6905-6916. <https://doi.org/10.1002/chem.201704840>
- Freixes, J. (2024, octubre 7). Gold Exports Increase in Colombia Despite Illegal Mining. *Colombia One: News from Colombia and the World*. <https://colombiaone.com/2024/10/07/colombia-gold-exports/>
- Garay Salamanca, L. J. (2022, octubre 10). *El reordenamiento territorial, la justicia social y ecológica, y la inclusión socio-productiva*. Revista Sur. <https://www.sur.org.co/l-reordenamiento-territorial-la-justicia-social-y-ecologica-y-la-inclusion-socio-productiva/>
- García Herrán, M., Vargas Martínez, N. O., & Jaramillo Rodríguez, O. (Eds.). (2019). *Estudio Nacional del agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- González, M. S. M., & Castañeda, S. Y. S.

- (2024). *Propuesta del nivel de referencia de las emisiones forestales de Colombia para el periodo 2023 – 2027 como mecanismo para optar al pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-. https://redd.unfccc.int/media/colombia_submission_nref_2023_-_2027_vf.pdf
- Gracia H., L., Marrugo N., J. L., & Alvis R., E. M. (2010). Contaminación por mercurio en humanos y peces en el municipio de Ayapel, Córdoba, Colombia, 2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 28(2), 118-124. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.1753>
- Grupo del Sistema de Análisis de Riesgos Químicos en Alimentos y Bebidas. (2014). *Programa Análisis de Mercurio Total en Bocachico y Bagre* (p. 15). Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). <https://www.invima.gov.co/sites/default/files/alimentos-y-bebidas-alcoholicas/2023-10/DOCUMENTO-TECNICO-MERCURIO-DULCEACUICOLA2014.pdf>
- International Programme on Chemical Safety (Ed.). (2003). *Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human health aspects*. World Health Organization.
- José Luis Marrugo. (s. f.). *Entrevista telefónica sin publicar* [Telefónico].
- Ley 99 de 1993, 61 (1993). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Ley 1658 (2013). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53781>
- Ley 1892 de 2018, por medio de la cual se adoptan medidas para la reducción y eliminación del uso de mercurio en la minería y otras actividades industriales, en cumplimiento del Convenio de Minamata sobre el Mercurio., Congreso de la República de Colombia (2018). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1892-2018.pdf>
- Ley 2250 (2022). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30044431>
- Ley 2337, Congreso de Colombia (2023). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=222250>
- Maldonado, C. (2019). *Salud Pública y Complejidad: Historia, Conceptos, Ejes* (1st ed). Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/assets/dspace/visor/informacion/index.html?pdf=aHR0cHM6Ly9yZXBvc2l0b3Jpby51bmJvc3F1ZS5lZHUuY28vc2VydmVyL2FwaS9jb3JlL2JpdHN0cmVhbXMvNTUxN2VmZmEtMTFjNS00YzYzLTljNTgtZDczNTJiZjU1ZGMwL2NvbnRlbnQ=>
- Mongabay. (s. f.). *Resguardos indígenas detectan mercurio en peces: Entre el 10 % y el 28 % de más de 100 especies superan el límite de la OMS*. [//es.mongabay.com/2025/09/colombia-resguardos-indigenas-detectan-mercurio-peces/](https://es.mongabay.com/2025/09/colombia-resguardos-indigenas-detectan-mercurio-peces/)
- Muñoz, É., Ortiz, J., Motavita, V., Montoya, D., Monsalve, L., Álvarez, E., & Fonseca, C. (2025). *Paz parcial con la gente y la naturaleza con minería de oro sin mercurio y cianuro: Escalón fundamental en la escalera hacia la paz total*. 30. <https://www.sur.org.co/paz-parcial-con-la-gente-y-la-naturale>

- za-con-mineria-de-oro-sin-mercurio-y-cia-nuro-escalon-fundamental-en-la-escalera-hacia-la-paz-total/?pdf=39645
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2022). *Colombia Explotación de oro de aluvión Evidencias a partir de percepción remota 2021* (p. 140). Minenergía. https://www.unodc.org/documents/colombia/2022/Junio/Informe_Colombia_Explotacion_de_Oro_de_Aluvion_Evidencias_a_Partir_de_Percepcion_Remota_2021_SP_.pdf
- Olivero-Verbel, J., Young-Castro, F., & Caballero, K. (2014). Contaminación por mercurio en el aire en el distrito minero de San Martín de Loba, en el departamento de Bolívar, Colombia. *Revista Internacional Contaminación y Ambiente*, 30, 7-13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n1/v30n1a1.pdf>
- Palacios-Torres, Y., De La Rosa, J. D., & Olivero-Verbel, J. (2020). Trace elements in sediments and fish from Atrato River: An ecosystem with legal rights impacted by gold mining at the Colombian Pacific. *Environmental Pollution*, 256, 113290. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113290>
- Pinilla, A. R., & E., V. A. A. (2024). Minería en Colombia: Una oportunidad para una mejor gestión de los impactos ambientales. En *Minas abandonadas* (p. 17). <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315141855-6/mining-colombia-alfonso-rodriguez-pinilla-victor-andres-arias-espana>
- Plan Estratégico Sectorial de Mercurio en las Etapas del Ciclo: Importación, Comercialización y Uso de Procesos Productivos Industriales (2018). <https://www.mincit.gov.co/temas-interes/documentos/planes-estrategicos/plan-estrategico-sectorial-de-mercurio-mincit-12-1.aspx>
- Plan Único Nacional de Mercurio (2018). <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/plan-unico-nacional-de-mercurio/>
- Procuraduría General de la Nación. (2024). *Informe Nacional Minería Ilegal y Contaminación por Mercurio en Colombia* (p. 138). [https://www.procuraduria.gov.co/Documents/2024/Diciembre%202024/Informe%20Nacional%20Miner%C3%ADa%20Ilegal%20y%20Contaminaci%C3%B3n%20por%20Mercurio%20en%20Colombia%20\(1\).pdf](https://www.procuraduria.gov.co/Documents/2024/Diciembre%202024/Informe%20Nacional%20Miner%C3%ADa%20Ilegal%20y%20Contaminaci%C3%B3n%20por%20Mercurio%20en%20Colombia%20(1).pdf)
- Pure Earth. (s. f.). *Diagnóstico sobre contaminación por mercurio en la Amazonia colombiana*. Leticia: <https://pureearth.org>
- Revisión oficiosa de la Ley 1892 de 2018, por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Minamata sobre el Mercurio", hecho en Kumamoto (Japón) el 10 de octubre de 2013. Sentencia C-275 de 2019 (2019). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30037871>
- Sentencia T-622, No. T-622, Corte Constitucional (2016). <https://www.corteconstitucional.gov.co/>
- Sociedad Zoológica de Frankfurt. (2025, agosto 15). *Análisis realizado por tres resguardos en la Amazonia colombiana revela contaminación por mercurio en peces de consumo*. Colombia – Frankfurt Zoological Society. <https://colombia.fzs.org/?article=analisis-realizado-por-tres-resguardos-en-la-amazonia-colombiana-revela-contaminacion-por-mer>

curio-en-peces-de-consumo

Telmer, K. H., & Veiga, M. M. (s. f.). *World emissions of mercury from artisanal and small scale gold mining and the knowledge gaps about them*.

United Nations Environment Programme. (2019). *Global Mercury Assessment 2018: Key Findings*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/29830>

United Nations Environment Programme/Arctic Monitoring & Assessment Programme. (2019). *Technical background report to the Global Mercury Assessment 2018*. AMAP/UNEP. <https://www.unep.org/globalmercurypartnership/resources/report-technical-background-report-global-mercury-assessment-2018>

US EPA, O. (2013, julio 8). *Resources for Mercury Science and Research* [Collections and Lists]. United States Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/mercury/resources-mercury-science-and-research>

Veiga, M. M., Angeloci, G., Hitch, M., & Velásquez-López, P.C. (2014). Mercury pollution from artisanal gold mining in Block B, El Callao, Bolivar State, Venezuela. *Dinámica de la contaminación por mercurio a escala regional y global.*, 84, 825-831. https://doi.org/10.1007/0-387-24494-8_18

Veiga, M. M., Bermudez, D., Pacheco-Ferreira, H., Pedroso, L. R. M., Gunson, A. J., Berrios, G., Vos, L., Huidobro, P., & Roeser, M. (2005). Mercury Pollution from Artisanal Gold Mining in Block B, El Callao, Bolivar State, Venezuela. *Dynamics of Mercury Pollution on Regional and Global Scales*.

Vélez-Torres, I., Vanegas, D. C., McLamore, E. S., & Hurtado, D. (2018). Mercury Pollution and Artisanal Gold Mining in Alto Cauca, Colombia: Woman's Perception of Health and Environmental Impacts. *The Journal of Environment & Development*, 27(4), 415-444. <https://doi.org/10.1177/1070496518794796>

Verbel, J. O. (2020). *El mercurio en comunidades del Amazonas colombiano: Necesitamos soluciones urgentes*. <https://fcds.org.co/wp-content/uploads/2022/12/jesus-olive-ro-u-cartagena.pdf>

Cómo citar este artículo

Muñoz Ciro, É., Ortiz Posada, J. I., Motavita García, M. V., Montoya Escobar, D., Monsalve Friedman, L. M., Álvarez Dávila, E. y Fonseca Zárate, C. H. (2025). ¿Oro envenenado? "Au sin Hg": desafíos y alternativas frente a la contaminación por mercurio en la minería aurífera de Colombia. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 108–147.

Sobre los autores

Édinson de Jesús Muñoz Ciro

Biólogo y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cofundador y Director Estratégico de la Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO. Fue representante de ONG ambientales ante el Consejo Directivo de Corantioquia y Diputado de Antioquia. Cuenta con una amplia trayectoria en gestión ambiental, incidencia política, gobernanza territorial y divulgación científica.

Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>

Jorge Iván Ortiz Posada

Ingeniero geólogo por la Universidad Nacional de Colombia. Director Técnico de Easy Gold S.A.S., con más de 30 años de experiencia en ecominería de metales preciosos, tunelería para pequeñas centrales hidroeléctricas, análisis de riesgo, amenaza y vulnerabilidad por fenómenos naturales, exploración, explotación y geometalurgia de yacimientos, y formulación de proyectos mineros comunitarios con enfoque técnico y ambiental.

María Vianney Motavita García

Médica cirujana, especialista en Salud Ocupacional, Epidemiología y Estadística, magíster en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación y doctora en Bioética. Investigadora y asesora en políticas públicas de salud, con experiencia en el Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), el Ministerio de Salud y Protección Social, COLCIENCIAS y la Secretaría Distrital de Salud. Ha participado en el Estudio Global de Carga de Enfermedad y Factores de Riesgo y en procesos de gestión de ciencia, tecnología e innovación en salud pública.

Daniel Montoya Escobar

Estudiante de Ciencia de la Información, Documentación, Bibliotecología y Archivística y estudiante de Derecho. Coordinador Editorial de la Revista Ambiental ÉOLO e integrante del Grupo de Investigación Servicios Ecosistémicos y Cambio Climático (SECC), con experiencia en gestión editorial, organización de contenidos científicos y apoyo a procesos de divulgación académica ambiental.

Luz Marina Monsalve Friedman

Doctora en Ciencias Humanas y Sociales y magíster en Hábitat por la Universidad Nacional de Colombia. Socióloga y licenciada en Formación Estética, con especializaciones en salud ocupacional, educación

ambiental, pedagogía docente, participación comunitaria y transformación educativa. Docente universitaria, investigadora y consultora socioambiental. Colaboradora de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y miembro directivo de la Fundación Con Vida.

Correo: luzma635@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7025-5039>

Esteban Álvarez Dávila

Ingeniero forestal, magíster y doctor en Ecología. Investigador, profesor y consultor con más de 20 años de experiencia en el estudio y conservación de bosques tropicales, con énfasis en diversidad arbórea, biomasa y cambio climático. Fundador y líder de la Red Colombiana de Monitoreo Forestal (COL-TREE), articulador de redes internacionales de investigación y editor de la Revista Ambiental ÉOLO.

Correo: esalvarez3000@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9032-0099>

Carlos Hildebrando Fonseca Zárate

Ingeniero civil y economista, doctor en Geografía. Docente, investigador y consultor nacional e internacional. Fue Viceministro de Medio Ambiente, Director del IDEAM y directivo de COLCIENCIAS. Es fundador y director de la Corporación SIMBIOSIS y ha participado en procesos de incidencia ambiental, foros nacionales del agua, cumbres ambientales y en la COP16 Ciudadana.

Correo: carlosfonsecaz@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3653-3899>



Adolfo León Correa

Especies Amenazadas: El Caso de las Magnolias Endangered Species: The Case of the Magnolias

Marcela Serna González

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una innovadora intervención socioambiental en La Cuchilla Jardín - Támesis, Antioquia, Colombia, un Área Clave de Biodiversidad (KBA). El proyecto buscó mitigar el impacto antrópico que amenaza a dos especies de *magnolias* de importancia ambiental, *Magnolia hernandezii* (molinillo) y *Magnolia jardinensis* (gallinazo morado o centello), ambas en la lista roja de plantas amenazadas con alto riesgo de extinción. El estudio destaca la expansión de la frontera agropecuaria y el crecimiento de asentamientos poblacionales como las principales causas de la pérdida de biodiversidad en la región. El objetivo central del proyecto fue fortalecer el reconocimiento de estas especies y promover la concientización pública a nivel local para su conservación.

Se implementó un plan formativo con 15 bioemprendedores locales, abordando el conocimiento y la importancia de las magnolias, su fenología y acciones de conservación. Un diagnóstico inicial reveló un desconocimiento generalizado de las especies nativas de *Magnolia*, con solo 8 de 24 participantes pudiendo distinguir un árbol de magnolia y solo 3 mencionando especies nativas. En contraste, la especie no nativa *Magnolia grandiflora* es más conocida.

El artículo subraya la necesidad de educar sobre el concepto de especie amenazada, especialmente en el contexto de las magnolias colombianas, a pesar de que Colombia posee la mayor diversidad de especies de *Magnolia* en Latinoamérica (40 especies). Se enfatiza la importancia de la conservación *in situ* y se proporcionan detalles sobre la morfología de las magnolias, sus mecanismos de polinización (protoginia y escarabajos) y dispersión de semillas (aves), así como los protocolos para la recolección y procesamiento de semillas. Se espera que el plan formativo contribuya a la mejora de las condiciones de estas especies amenazadas y fomente un impacto cultural positivo en las comunidades para su conservación.

Palabras clave: Magnolias, Especies amenazadas, Conservación, Biodiversidad, Educación Ambiental, Antioquia.

Abstract

This article presents the results of an innovative socio-environmental intervention in La Cuchilla Jardín - Támesis, Antioquia, Colombia, a designated Key Biodiversity Area (KBA). The project aims to mitigate anthropogenic impact threatening two environmentally important *Magnolia* species, *Magnolia hernandezii* (molinillo) and *Magnolia jardinensis* (purple buzzard or spark), both listed as endangered with high extinction risk. The study highlights agricultural frontier expansion and population growth as primary causes of biodiversity loss in the region. The project's central objective is to enhance recognition of these species and promote local public awareness for their conservation.

A training program was implemented with 15 local bio-entrepreneurs, covering *Magnolia* species knowledge, importance, phenology, and conservation actions. An initial diagnostic revealed a widespread lack of knowledge about native *Magnolia* species, with only 8 out of 24 participants able to distinguish a *Magnolia* tree and only 3 mentioning native species. In contrast, the non-native species *Magnolia grandiflora* is more widely known. The article emphasizes the need for education on the concept of endangered species, particularly for Colombian magnolias, even though Colombia possesses the highest diversity of *Magnolia* species in Latin America (40 species). The importance of *in situ* conservation is stressed, and details are provided on *Magnolia* morphology, their pollination mechanisms (protogyny and beetles), and seed dispersal (birds), as well as protocols for seed collection and processing. The training plan is expected to improve the conditions of these threatened species and foster a positive cultural impact on communities for their conservation.

Keywords: Magnolias, Threatened species, Conservation, Biodiversity, Environmental education, Antioquia.

Introducción

Este artículo presenta los resultados de una de las apuestas de intervención socioambiental con carácter innovador, en tanto integra la dinámica social y biótica dando un sentido de integralidad a la naturaleza desde la perspectiva de la acción social para la conservación, en el marco del proyecto¹: "Estrategias de conservación multiactor en el KBA Bosques Montanos del Sur de Antioquia, Colombia", en el cual se desarrolla un trabajo que apunta a remediar la intervención antrópica que ha puesto en peligro dos especies vegetales de importancia ambiental que se ubican en una región estratégica en donde han sobrevivido a pesar de la condición a la que han estado expuestas.

La región de aplicación del proyecto es denominada La Cuchilla Jardín - Támesis, localizada al suroeste del departamento de Antioquia, que constituye un área clave de biodiversidad (KBA por sus siglas en inglés). Esto significa que en dichos bosques conviven gran cantidad de seres vivos que posiblemente no se encuentren en otro lugar. No obstante, estos ecosistemas y su diversidad asociada peligran, debido a la expansión de la frontera agropecuaria y el crecimiento de asentamientos poblacionales.

Esta condición no afecta por igual a todas las formas de vida, pues algunas especies tienen ciertas características que las hacen más vulnerables que otras. Tal es el caso de dos especies arbóreas: molinillo (*Magnolia hernandezii*) y gallinazo morado o centello (*Magnolia jardinensis*), que se encuentran en la lista roja de plantas amenazadas, es decir, en alto riesgo de extinción. Por esta razón se hace necesario fortalecer el reconocimiento

de las especies y la concientización pública a nivel local para su conservación.

La problemática socioambiental que se atiende desde el proyecto refleja el asunto de la práctica cultural de la depredación asociada a la falta de conocimiento de la flora y la fauna del entorno territorial y su importancia ambiental. Las actividades humanas, especialmente la degradación y transformación de los hábitats, están ocasionando una disminución de la biodiversidad global (Newbold et al., 2015). Se estima que las tasas actuales de extinción son varios órdenes de magnitud mayores que las tasas anteriores y se prevé que aumenten aún más si continúan las tendencias actuales (Davies et al., 2011), en particular con efectos claros sobre el cambio en la temperatura global (UNEP, 2023).

Por otro lado, la biodiversidad se concentra en ciertas áreas del planeta, conocidas como "hotspots" de biodiversidad, como es el caso de Colombia, que alberga cerca de 30000 especies de plantas (Bernal et al., 2016), pero, a su vez, estas especies se ven expuestas a una gran transformación del hábitat, reflejada principalmente en altas tasas de deforestación. En este contexto, debe considerarse la respuesta de las plantas ante sucesos de perturbación, en los cuales las plantas podrían ser excluidas de una comunidad, reducir su abundancia o quizás tolerar la perturbación (Díaz-Perea et al. 2014). Además, es necesario tener en cuenta que no todas las especies responden de igual manera ante el mismo fenómeno y, por lo tanto, se distinguen especies con mayor vulnerabilidad a la extinción, como ocurre con las especies raras y endémicas.

1. El proyecto Cultivadores de Biodiversidad: "Estrategias de Conservación Multiactor en el KBA Bosques Montanos del Sur de Antioquia, Colombia" es liderado por Fundación Con Vida, en alianza con la Provincia Cartama y con el apoyo del Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos (CEPF). <https://andestropicales.net/proyecto/estrategias-de-conservacion-multiactor-en-el-kba-bosques-montanos-del-sur-de-antioquia-colombia/>

Por lo general, estas especies se caracterizan por tener un rango estrecho de distribución, poblaciones pequeñas, bajo potencial reproductivo, nichos ecológicos especializados y ser objeto de sobreexplotación (Işık, 2011). Como ejemplo de este grupo de especies, se encuentra la familia Magnoliaceae la cual está constituida por más de 300 especies de árboles distribuidas en zonas tropicales y subtropicales de Asia y América, de las cuales más de la mitad se encuentra en alguna categoría de riesgo de extinción. Colombia, el primer país en el Neotrópico con mayor número de especies (40), no es la excepción.

En un país altamente diverso, la conservación de algunos grupos específicos de organismos constituye todo un reto, pero también una necesidad imperiosa que amerita aunar esfuerzos para garantizar el éxito. En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo señalar la importancia de la concientización y la educación de las comunidades locales como herramienta clave para la conservación.

En el marco del proyecto se planteó un plan formativo alrededor del conocimiento e importancia de tres especies amenazadas, teniendo en cuenta la referencia ambiental de las mismas y el impacto positivo que puede expandirse por la condición cualificada de las organizaciones ambientales que hay en la zona y los beneficiarios del proyecto, que serán soporte para irradiar la voz a voz de la conservación de las mismas.

El primer paso para desarrollar el plan formativo fue la realización de un diagnóstico preliminar para conocer el estado del conocimiento de los participantes sobre especies amenazadas. Este plan se basó en la capacitación a partir de encuentros presenciales y fue dirigido a 15 pobladores locales que adelantan bioemprendimientos. Dichos

beneficiarios fueron previamente identificados teniendo en cuenta una importante característica asociada al interés por el tema de conservación en la región.

El desarrollo temático del proyecto formativo se relaciona con tres especies amenazadas: una que pertenece a la avifauna y se refiere al águila crestada *Spizaetus isidori* -EN- y dos que son de flora, cuya propuesta metodológica hizo énfasis en su fenología y acciones de conservación con el objetivo de sensibilizar a las comunidades locales sobre la importancia de identificar y conservar la flora y la fauna nativa, en este caso las que se eligieron que se encuentran en los bosques montanos del sur de Antioquia, corresponden a dos especies de *Magnolia* amenazadas presentes en el Distrito de Manejo Integrado de la Cuchilla Jardín – Támesis, en el suroeste de Antioquia.

Para la sensibilización y capacitación sobre el conocimiento y conservación de las especies en mención, se organizaron tres encuentros formativos teórico prácticos; el primero, comprende la exposición teórica de la información científico técnica de las especies, e incluye un taller evaluativo de la línea de base sobre las mismas, así como un ejercicio de reconocimiento vivencial con material didáctico de las especies.

En el segundo encuentro, se amplía la información y se aprovecha el trabajo de campo para el reconocimiento de especies, además del desarrollo de una actividad didáctica con una jornada de siembra de individuos juveniles de *Magnolia hernandezii* en predios de la Reserva Natural Diosa de las Aguas en el municipio de Támesis. Inicialmente se explicó la importancia de observar periódicamente la respuesta del árbol a las condiciones de luz, pues si bien, responden bien a condiciones de sombra, es importante evaluar si hay una respuesta positiva a una

exposición a luz directa. También se instruyó sobre cómo se realiza un seguimiento y/o monitoreo de crecimiento, para lo cual es importante llevar un diario de campo o formulario de campo para registrar el crecimiento en grosor y en altura y su ubicación. Teniendo en cuenta que los arbolitos son donados a los propietarios de los predios, se diseñó un acuerdo de voluntades que propende por la conservación de los árboles en la zona donde se hayan sembrado. En esta jornada de campo se sembraron 15 arbolitos a los cuales se les midió la altura y se registró el procedimiento.

Imagen 1. Jornada de siembra de individuos juveniles de *Magnolia hernandezii* en predios de la Reserva Natural Diosa de las Aguas en el municipio de Támesis.



Fuente: Fundación Con Vida.

La siembra de árboles incluye factores a tener en cuenta, como la escogencia de los sitios de siembra y herramientas de monitoreo, además de la iniciativa por el compromiso del cuidado de los árboles de magnolias sembrados y la expansión de la información a otros pobladores con el fin de ampliar el radio de acción de los impactos positivos del proyecto.

El tercer encuentro, fue dirigido a habitantes de los municipios de Támesis y Jericó y tuvo como objetivo aumentar la sensibilización sobre las especies de *Magnolia* de la región, su importancia, grado de amenaza y acciones de conservación. Este consistió en un conversatorio en el marco del Festival del Río, celebrado el 12 de noviembre de 2023 a orillas del Río Frío. Allí se explicó a los asistentes que los árboles de *Magnolia* se podrían encontrar a lo largo de la cuenca del Río Frío y por eso se hizo énfasis nuevamente en cómo reconocerlas, haciendo uso de unas hojas secas, de receptáculos secos del fruto, es decir, molinillos, y también de una plántula que fue expuesta para efectos prácticos.

Así mismo, se explicó el adecuado manejo del fruto y las semillas para facilitar su germinación. Con el apoyo de una infografía diseñada para resumir la información más relevante de magnolias, se contó por qué las magnolias son poco conocidas en Colombia y cuál es su importancia. La actividad contó con la participación de Adriana Zapata, representante del bioemprendimiento Biovivero Las Peñas.

Imagen 2. Infografía educativa: conoce los Magnolios.



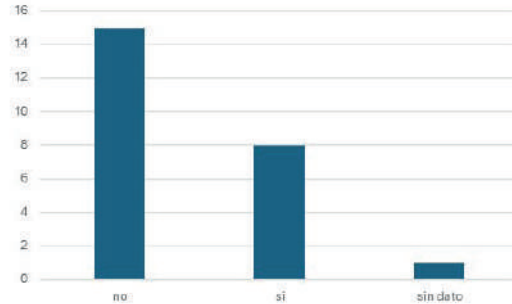
Fuente: Fundación Con Vida.

Así mismo, se explicó el manejo adecuado del fruto y las semillas para facilitar su germinación. Con el apoyo de una infografía diseñada para resumir la información más relevante sobre las magnolias, se abordaron las razones por las cuales estas especies son poco conocidas en Colombia y se destacó su importancia ecológica.

En el proyecto se estimó la importancia del conocimiento de los beneficiarios. Los resultados de estado del conocimiento de las magnolias entre los actores de bioemprendimientos muestran que, en efecto, hay desconocimiento de la oferta ambiental de la región y la importancia de las especies. En el análisis de las respuestas obtenidas (24 participan

tes) a través del instrumento de diagnóstico, se evidenció que las magnolias son relativamente desconocidas (Fig. 1).

Figura 1. Número de personas que pueden distinguir un árbol de Magnolia.



Fuente: elaboración propia.

De las personas que pueden distinguir un árbol de Magnolia (8 participantes), solo tres mencionaron especies nativas, mientras que una aclaró que, a pesar de distinguirlas, desconoce sus nombres científicos (Tabla 1).

Tabla 1. Magnolias identificadas por los participantes en el prediagnóstico.

¿Cuál especie de Magnolia distingues?	No. Respuestas
<i>Magnolia grandiflora</i>	2
<i>M. jardinensis</i>	1
<i>M. hernandezii</i>	1
<i>M. jardinensis, M. hernandezii, M. yarumalensis</i>	1
No se sabe el nombre científico	1
Sin dato	2
Total	8

Fuente: elaboración propia.

Es importante tener en cuenta que la especie *Magnolia grandiflora*, nativa del sur de Estados Unidos, es ampliamente conocida a nivel mundial porque es utilizada como ornamental por sus grandes flores blancas y por tener hojas verdes lustrosas por el haz y cafés por el envés, lo cual las hace muy atractivas para su siembra y, además, se pueden conseguir con relativa facilidad en viveros nacionales. Por su parte, las especies nativas se conocen poco y solo se encuentran en algunos viveros locales.

La respuesta obtenida a la pregunta sobre el conocimiento de alguna especie en peligro de extinción muestra que hay un nivel alto de conocimiento y sensibilización, pues de 24 personas que diligenciaron el formulario, 18 mencionaron alguna especie. El hecho de que la zarigüeya haya sido incluida revela la necesidad de conocer más a fondo los criterios con los cuales se determina si una especie está amenazada o no. No obstante, la zarigüeya es considerada actualmente en la categoría de Preocupación Menor (LC), lo que indica que en un futuro esta especie podría estar amenazada si sigue siendo objeto de cacería y/o persecución. Igualmente ocurre con el sinsonte. Asumiendo que se trata de la especie *Mimus gilvus*, también se encuentra en la categoría de Preocupación Menor. Con respecto al número total de las especies mencionadas, 8 corresponden a animales (aves y mamíferos), mientras que 5 corresponden a plantas, entre las que se encuentran el abarco (*Cariniana pyriformis*), comino (Aniba perutilis), palma de cera (*Ceroxylon quindiuense*) y los magnolios fueron mencionados una sola vez (Fig. 2).

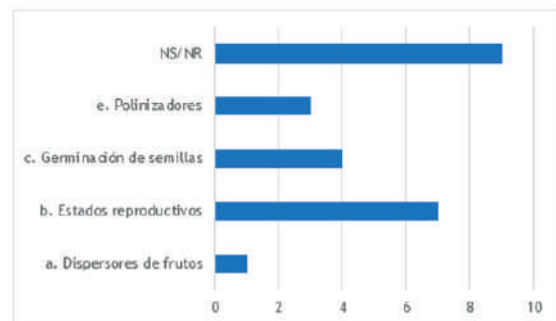
Con respecto a la fenología, se encontró que cerca de la mitad de los asistentes tenía alguna noción sobre este concepto (Fig. 3). Sin embargo, la mitad de los asistentes no lo conocían.

Figura 2. Respuestas a la pregunta: ¿Conoces alguna especie en peligro de extinción?



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Respuestas a la pregunta sobre el concepto de fenología.



Fuente: elaboración propia.

Las respuestas del diagnóstico evidencian la necesidad de aportar información sobre el concepto de especie amenazada, así como el de fenología. Igualmente, revela que, al ser las Magnolias poco conocidas, es necesario dar a conocer este grupo de plantas.

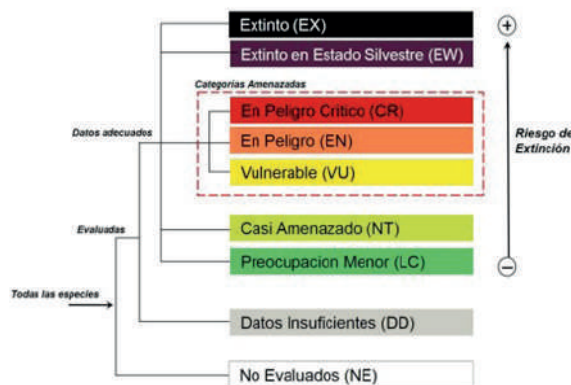
Contextualización: generalidades sobre las Magnolias y su estado de conservación.

¿Qué significa que una especie esté amenazada?

Sin duda, una de las características para saber si una especie está amenazada es su abundancia, pero también sus necesidades o requerimientos para su propagación o reproducción. Como ejemplo, comparamos una orquídea, plantas suculentas y una plántula de comino. Es posible que haya orquídeas que se reproduzcan con facilidad y otras no, mientras que las plantas suculentas son muy comunes, crecen rápido y se propagan muy fácilmente. El árbol de comino, en contraste, es muy escaso y, si una semilla germina, la plántula crece, pero al cabo de un tiempo, enferma y muere, así que es evidente su dificultad reproductiva. Por lo tanto, se concluye que una especie amenazada cumple con estas características: son especies raras, es decir, son poco comunes, se encuentran pocos individuos en el medio natural y presentan una distribución restringida; es decir, viven en sitios muy específicos que usualmente son geográficamente limitados y se caracterizan por presentar dificultades reproductivas.

Para saber si una especie está amenazada, se utilizan los criterios de evaluación propuestos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), los cuales permiten ubicar a las especies en unas categorías de amenaza (Fig.4).

Figura 4. Categorías de amenaza de la UICN.



Fuente: elaboración propia.

Especies amenazadas: El caso de las Magnolias

En el caso de especies amenazadas, la familia Magnoliaceae es un claro ejemplo. Esta familia de plantas cuenta con más de 300 especies de árboles y arbustos que se distribuyen en zonas templadas y tropicales de Asia y América y es muy conocida por su potencial ornamental, principalmente en zonas templadas, pues en primavera, los árboles pierden sus hojas y florecen conspicuamente. En todo el mundo, la especie más conocida de esta familia es *Magnolia grandiflora*, que, con sus flores grandes y blancas, ha conquistado el mercado ornamental internacional y se encuentra sembrada en todo el mundo, incluyendo Asia, Europa y Latinoamérica. Esta familia es importante, no solo como ornamental, sino en la industria, particularmente en la industria cosmética, en la cual se usan algunas esencias de flores para perfumería, pero también se utilizan como medicinales y maderables.

Colombia, con 40 especies descritas, es el primer país con mayor número de especies

de *Magnolia* de Latinoamérica, pero desafortunadamente, son especies poco conocidas. Incluso los colombianos identifican más fácilmente la especie *Magnolia grandiflora* que cualquier especie nativa, ya que se encuentra disponible en viveros y sembrada en las cabeceras de municipios como Enterríos y Rionegro. En algunas zonas rurales, los árboles son conocidos por lo valioso de sus maderas, como ocurre con el laurel arenillo (*Magnolia sambuensis*) en el Urabá o el gallinazo morado (*Magnolia yarumalensis*) en el municipio de Jardín, al suroeste del departamento de Antioquia.

En Colombia, la familia Magnoliaceae fue escogida como grupo piloto para implementar la Estrategia Nacional de Conservación de Plantas y fue el Jardín Botánico de Medellín la institución que, financiada por CORANTIOQUIA, comenzó a buscar árboles de estas especies en jurisdicción de la corporación desde el año 2002. Gracias al trabajo continuo del Jardín Botánico y otras personas e instituciones, sabemos que Antioquia cuenta con 14 especies, cuatro de las cuales se encuentran en el suroeste antioqueño: *Magnolia espinalii*, *M. hernandezii*, *M. jardinensis* y *M. yarumalensis*.

Las magnolias colombianas son árboles que pueden alcanzar hasta 40 m de alto y habitan usualmente los bosques altoandinos. Son árboles de hojas simples, alternas, distribuidas en espiral alrededor del tallo y aromáticas. Las hojas nuevas están cubiertas por una hoja modificada que se llama estípula y que, al caerse, deja una cicatriz anular alrededor del tallo. En Colombia, las especies clasificadas dentro del género *Magnolia* se agrupan en dos subgrupos (secciones) de Magnolias: *Talauma*, que se reconoce porque los pecíolos o ejes que sostienen la hoja son aplanados, con una cicatriz que los cubre casi en su totalidad porque la hoja nueva

nace adherida a la rama y, cuando se abre, queda con esta cicatriz. El otro subgrupo es *Splendentes* (anteriormente *Dugandiodendron*), que se reconoce porque sus pecíolos son cilíndricos, sin cicatriz (Rodríguez-Duque et al., 2022; Wang et al., 2020).

Su fuste es recto y su copa es de redondeada a cónica. Las flores son solitarias, grandes y trímeras, es decir, con tres sépalos y 6 o 9 pétalos (múltiplos de tres). Los frutos son leñosos, es decir, sin pulpa, y son dehiscentes; se abren solos por la acción del sol. Adentro tienen un receptáculo (molinillo) en donde se encuentran las semillas negras con una cubierta roja.

Imagen 3. Fruto de *Magnolia hernandezii*.



Fuente: Wilson Devia.

Las flores de *Magnolia* son bisexuales, es decir, cada flor tiene órganos femeninos y masculinos. Para evitar la autopolinización, hacen uso de la protoginia, que es el mecanismo por el cual maduran primero los órganos sexuales femeninos y posteriormente los

masculinos. En el caso del gallinazo blanco (*M. jardinensis*) y del hojarasco (*Magnolia hernandezii*), las flores abren dos veces al finalizar la tarde. La primera vez que abren, lo hacen con sus pistilos u órganos femeninos maduros, mientras que los estambres u órganos masculinos aún no maduran. Liberan esencias, atraen insectos y cierran sus pétalos para proporcionar vivienda a sus polinizadores. Al siguiente día, vuelven a mover sus pétalos para liberar a los polinizadores, quienes ya cumplieron su tarea trayendo polen de una flor masculina el día anterior; mientras tanto, van madurando los órganos masculinos para polinizar otras flores.

**Imagen 4. Botón floral
Magnolia hernandezii.**



**Imagen 5. Flor de
Magnolia jardinensis.**



Fuente: Wilson Devia.

Este mecanismo, al parecer, está asociado a polinizadores especializados, es decir, no cualquier insecto cumple la función de polinizar para que la *Magnolia* forme fruto y semilla. Investigaciones sugieren que los polinizadores son escarabajos que están siendo seriamente afectados por los agroquímicos y la fragmentación de los hábitats (Serna et al. 2022).

Por otro lado, las semillas rojas están

asociadas a aves como principales dispersores. En el caso del gallinazo blanco o centello (*M. jardinensis*), se han observado tucanetas (Tucanes del Género *Selenidera*, familia *Ramphastidae*) consumiendo las semillas y se cree que es el dispersor principal.

Para el cuidado y la conservación de estas especies, es necesario conocer su fenología, que es la formación de hojas, flores o frutos de acuerdo con las condiciones climáticas a lo largo del año, para lo cual se recomienda una observación periódica de los árboles. En el caso de las magnolias, se recomienda realizar el monitoreo de la fenología reproductiva, es decir, el conteo mensual de órganos reproductivos: botones florales, flores, frutos verdes y frutos maduros. Con este seguimiento periódico, se podría identificar el tiempo ideal para cosechar frutos y semillas.

Para la preservación de magnolias, la mejor estrategia es la conservación *in situ*, lo cual significa conservar en el sitio de origen y se traduce en la protección de los remanentes de bosque que aún existen en la zona, en este caso, del suroeste antioqueño. Es importante señalar que el centello o *Magnolia jardinensis*, debe su nombre a que esta especie solo se conoce del municipio de Jardín y alrededores y su estado de conservación es crítico (CR) de acuerdo con las categorías de la UICN, ya que su distribución es muy restringida; no se conocen más de 50 árboles adultos y tiene dificultades reproductivas, ya que la formación de frutos es muy escasa y, al tener un fruto pequeño, la disponibilidad de semillas es muy baja (aproximadamente 7 semillas por fruto).

Por su parte, el hojarasco o *Magnolia hernandezii* es una especie que se considera en peligro (EN), ya que, aunque su distribución es mayor, pues se distribuye desde el departamento del Valle del Cauca hasta el de

Antioquia, en los bosques altoandinos a lo largo del cañón del río Cauca, no se conocen más de 250 individuos adultos. Aunque los frutos son grandes y pueden tener hasta 200 semillas, aún no se conocen los polinizadores efectivos u otros requerimientos ecológicos o de hábitat que expliquen su distribución.

Imagen 6. Hojas de *Magnolia hernandezii*.



Fuente: Wilson Devia.

Por eso se considera de crucial importancia conocer las fases reproductivas y el proceso para identificar los frutos y cómo procesar las semillas. Al respecto, debe tenerse en cuenta que los frutos deben colectarse antes de que abran, pero lo más grandes posibles. Luego, disponerlos en un lugar seco y ojalá expuestos a la luz del sol para que hagan su dehiscencia naturalmente. Si no lo hacen, será necesario abrirlos con machete o tijeras podadoras. Las semillas deben disponerse en un recipiente con agua, de un día para otro, y al siguiente día se les debe retirar la sarcotesta o cubierta roja que las cubre completamente. Después de este proceso, se lavan bien y se siembran o se guardan en la nevera a 4°C, en una bolsa ziploc, cubiertas con papel Scott humedecido, el cual debe cambiarse cada dos días para evitar la prolifera-

ción de hongos. Al mes, estarán listas para ser sembradas.

El proyecto aporta el conocimiento asociado a los principales factores científicos que pueden allegar los elementos fundamentales para la conservación y el cuidado de las especies amenazadas. Con el plan formativo ejecutado, se espera la disminución de las condiciones que amenazan las especies objeto del proyecto y la generación de mejoras en los impactos positivos en las comunidades de los territorios en donde se puso en firme el factor cultural para la conservación.

Bibliografía

- Bernal, R., Gradstein, S. R., & Cels, M. (2016). Catálogo de plantas y líquenes (R. Bernal, S. R. Gradstein, & M. Cels (eds.)). Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Davies, T. J., Smith, G. F., Bellstedt, D. U., Boatwright, J. S., Bytebier, B., Cowling, R. M., Forest, F., Harmon, L. J., Muasya, A. M., Schrire, B. D., Steenkamp, Y., van der Bank, M., & Savolainen, V. (2011). Extinction risk and diversification are linked in a plant biodiversity hotspot. *PLoS Biology*, 9(5), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000620>.
- Díaz–Perea F.J., Equihua M., Jaramillo V.J., Méndez–Ramírez I. y Fragoso C. 2014. Key attributes to the disturbance response of montane cloud forest trees: shade tolerance, dispersal mode and the capacity to form a seed bank. *Annals of Forest Science* 71:437–451.
- Işik, K. (2011). Rare and endemic species: Why are they prone to extinction? *Turkish Journal of Botany*, 35(4), 411–417. <https://doi.org/10.3906/bot-1012-90>

Newbold, T., Hudson, L. N., Hill, S. L. L., Contu, S., Lysenko, I., Senior, R. A., Börger, L., Bennett, D. J., Choimes, A., Collen, B., Day, J., De Palma, A., Díaz, S., Echeverria-Londoño, S., Edgar, M. J., Feldman, A., Garon, M., Harrison, M. L. K., Alhusseini, T., ... Purvis, A. (2015). Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545), 45–50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>

Rodríguez-Duque, D. L., Escobar-Alba, M., García-González, J. D., Carvajal-Cogollo, J. E., & Aymard-Corredor, G. A. (2022). A new Andean species of *Magnolia* (section *Talauma*, Magnolioideae, Magnoliaceae), And a key to the species found in Colombia. *Harvard Papers in Botany*, 27(2), 131–141. <https://doi.org/10.3100/hpib.v27iss2.2022.n1>.

Serna-González, M., Urrego-Giraldo, L. E., Santa-Ceballos, J. P., & Suzuki-Azuma, H. (2022). Flowering, floral visitors and climatic drivers of reproductive phenology of two endangered magnolias from neotropical Andean forests. *Plant Species Biology*, 37(1), 20–37. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12351>

UNEP. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report | UNEP - UN Environment Programme*. 35–115. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Wang, Y.-B., Liu, B.-B., Nie, Z.-L., Chen, H.-F., Chen, F.-J., Figlar, R.B. and Wen, J. (2020), Major clades and a revised classification of *Magnolia* and Magnoliaceae based on whole plastid genome sequences via genome skimming. *J. Syst. Evol.*, 58: 673-695. <https://doi.org/10.1111/j-se.12588>

Cómo citar este artículo

Serna González, M. Especies Amenazadas: El Caso de las Magnolias. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 149–160.

Sobre la autora

Marcela Serna González

Ingeniera Forestal, Magíster en Bosques y Conservación Ambiental y Doctora en Ecología. Profesora Universitaria e Investigadora con amplia trayectoria en Botánica, Ecología y Conservación de Plantas Neotropicales, con énfasis en Magnoliaceae, uno de los grupos arbóreos más amenazados de Colombia. Cuenta con más de 20 años de experiencia docente e investigativa. Ha sido Curadora de Herbario y Autora y Coautora de libros, capítulos y artículos científicos sobre flora andina y tropical, conservación de especies amenazadas, restauración ecológica, fenología, biología reproductiva y etnobotánica, con reconocimiento nacional e internacional.

Correo: msernag@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6729-403X>



Roberto Palomino Torres

Retrato ecológico

De cazadores a custodios: el despertar eco-sintiente en las montañas de Antioquia

From hunters to guardians: the eco-sentient awakening in the mountains of Antioquia

Mayra Natalia Parra Salazar

Figura 1. Logo Techo de Agua Corporación Ambiental sobre paisaje Páramo del Sol



Fuente: Eduardo Posada; Techo de Agua Corporación Ambiental.

Resumen

El documento narra el cambio de una relación de conflicto a una de custodia ambiental entre las comunidades campesinas del occidente antioqueño, particularmente en el Complejo de Páramos Frontino-Urrao, y la fauna silvestre local. Históricamente, prácticas de subsistencia como la agricultura, ganadería, tala y minería, junto con la cacería, generaron una relación de miedo, desinformación y persecución hacia especies clave como el oso andino (*Tremarctos ornatus*), el águila real de montaña (*Spizaetus isidori*) y el puma (*Puma concolor*). El oso era cazado por los daños a los cultivos y por creencias infundadas. El águila era temida como mal

presagio y se le atribuían la pérdida de animales domésticos. El puma era perseguido por suposiciones de ataques al ganado.

El proyecto y organización "Techo de Agua" surge como un motor de transformación hacia una visión "eco-sintiente", promoviendo el diálogo y la sensibilización. A través de talleres, monitoreos comunitarios y conversaciones intergeneracionales, la percepción del oso andino ha evolucionado del odio a la expectativa y el cuidado. La presencia del águila real de montaña fue documentada por un joven campesino, lo que permitió desmitificarla y generar fascinación y respeto, educando sobre su rol ecológico y valor. Con el puma, aunque el proceso ha sido más desafiante, se busca entenderlo no como una amenaza sino como una víctima de la reducción de su hábitat, promoviendo la coexistencia. Esta iniciativa ha resultado en la formación de la "*Red de Custodios del Bosque de Niebla*", un grupo de campesinos y ex-cazadores que, motivados por la convicción, aprenden a interpretar el territorio y a proteger estas especies, reconociendo el valor intrínseco de la naturaleza. El texto concluye que este cambio profundo refleja una nueva forma de habitar y sentir, donde la humanidad se ve como parte integral de un ecosistema vivo que, al ser cuidado, recíprocamente provee bienestar.

Palabras clave: Antioquia; comunidades; conservación; ecosintiente; fauna; páramos.

Abstract

This document details the transformation from a conflict-ridden relationship to one of environmental stewardship between rural communities in western Antioquia, specifically within the Frontino-Urrao Páramos Complex, and local wildlife. Historically, subsistence practices such as agriculture, livestock farming, logging, and mining, alongside hunting, fostered a dynamic of fear, misinformation, and persecution towards keystone species like the Andean bear (*Tremarctos ornatus*), the Black-and-chestnut Eagle (*Spizaetus isidori*), and the puma (*Puma concolor*). The bear was hunted due to crop damage and unfounded beliefs. The eagle was feared as a bad omen and blamed for livestock losses. The puma was pursued based on assumptions of livestock attacks.

The "Techo de Agua" project emerged as a catalyst for an "eco-sentient" shift, promoting dialogue and awareness. Through workshops, community monitoring, and intergenerational

conversations, the perception of the Andean bear has evolved from hatred to anticipation and care. The presence of the Black-and-chestnut Eagle was documented by a young farmer, allowing its demystification and fostering fascination and respect, educating communities about its ecological role and value. Although the process with the puma has been more challenging, efforts are underway to understand it not as a threat but as a victim of habitat reduction, thereby promoting coexistence. This initiative has led to the formation of the *Network of Cloud Forest Guardians*, a group of farmers and former hunters who, driven by conviction, learn to interpret the territory and protect these species, recognizing nature's intrinsic value. The text concludes that this profound change reflects a new way of inhabiting and experiencing the world, where humanity sees itself as an integral part of a living ecosystem that, when cared for, reciprocally provides well-being.

Keywords: Antioquia; communities; conservation; ecosentient; páramos; wildlife.

Introducción

En lo alto del occidente antioqueño, donde los ríos Herradura, Cañasgordas y Penderisco trenzan la geografía como hilos de memoria viva, la cordillera se eleva, se parte, se despliega, y en esa ruptura se hace vida. Ese corazón montañoso —que late entre nieblas, páramos y vertientes— recibe el nombre de Complejo de Páramos Frontino-Urrao, una vasta extensión de la cordillera occidental en la que los bosques de niebla se aferran a las laderas y los páramos llegan a superar los 4.000 metros de altura.

Este es un territorio cruzado por caminos de herradura, donde la tierra se trabaja con las manos. Donde, por generaciones, la subsistencia se ha tejido entre el surco del maíz, el paso del ganado, el golpe seco del hacha y el eco de la almadana en las entrañas de la montaña.

Aquí, las comunidades campesinas han convivido con una biodiversidad extraordina-

ria, aunque no siempre con plena conciencia, y no siempre en armonía.

Paradójicamente, la agricultura, la ganadería, la tala y la minería —razones de sustento y arraigo para muchas comunidades— han sido también causa de desplazamiento y muerte para numerosas especies.

Pero no solo las transformaciones del paisaje contribuyeron a esa pérdida. También la cacería fue, durante generaciones, una práctica habitual, arraigada en los imaginarios y costumbres locales. A veces, porque en la lucha diaria por la subsistencia los caminos de humanos y animales se cruzaban. Otras veces, porque matar era visto, sin mayor cuestionamiento, como parte de una rutina o incluso como motivo de celebración.

Algunos aún lo recuerdan, y otros apenas lo susurran: "cada vez que se mataba un oso, se hacía una fiesta".

Frases como esta, que hoy resuenan como cicatrices en la memoria colectiva, fueron durante mucho tiempo expresiones normali-

Figura 2. Bosque de niebla en el Occidente antioqueño

Fuente: Mayra Parra; Techo de Agua Corporación Ambiental.

zadas que revelan una relación fracturada con la naturaleza, marcada por el miedo, la desinformación y la urgencia de sobrevivir. Lo que para algunos fue costumbre o defensa, para la vida silvestre significó pérdida, silenciamiento, desaparición.

En la historia no contada de este territorio, y en general de la humanidad, el conflicto silencioso con la fauna ha sido un capítulo importante, uno en el que las especies nativas fueron perseguidas, desplazadas y, muchas veces, eliminadas.

Tal es el caso de tres especies emblemáticas de los ecosistemas altoandinos: el oso andino (*Tremarctos ornatus*), el águila (*Spyzaetus isidori*) y el puma (*Puma concolor*).

Especies que hoy la ciencia reconoce como *sombrilla*, porque su existencia sostiene el equilibrio de ecosistemas enteros, pero que durante mucho tiempo fueron vistas por las comunidades rurales como una amenaza para la subsistencia.

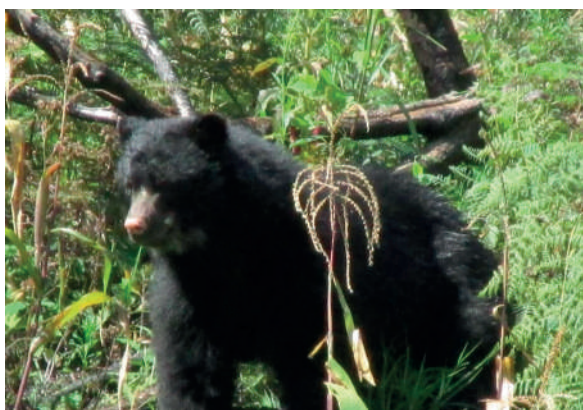
Afortunadamente, no todas las historias son iguales ni han terminado de escribirse. Lo que sin duda comenzó como el preludio de una extinción silenciosa, hoy, en algunas partes, está tomando un nuevo giro. Un giro *eco-sintiente*. Un giro frágil, sí, lleno de reve-ses, contradicciones y pasos en falso, pero también de esperanza.

Y esto es justo lo que quiero compartirles: fragmentos de un camino difícil y necesario,

que no nace desde la culpa ni desde la imposición, sino desde el diálogo, la escucha y la sensibilidad compartida. Ese camino es un proyecto que comenzó hace seis años y, aunque sigue en construcción, hoy tiene un nombre: *Techo de Agua*, el nombre de lo que somos y soñamos ser: un techo para abrigar la vida que nace donde el agua toca primero la tierra: los páramos y bosques de niebla.

El oso andino: del odio al respeto

Figura 3. Oso andino



Fuente: Daniel Pérez; Techo de Agua Corporación Ambiental.

Durante años, el oso andino fue visto como un intruso. Un enemigo. Una amenaza para los cultivos de maíz. En la memoria oral del campo, su figura estaba asociada más al odio que al miedo. Además de ser perseguidos por comerse los cultivos de maíz, el oso también fue víctima de la cultura que considera la cacería como un *hobby* o entretenimiento y de creencias infundadas sobre supuestas propiedades medicinales de sus partes. Perseguidos por considerarlos “dañinos”, los osos fueron cazados hasta reducir dramáticamente su presencia. Hoy, en el mapa global, figuran como especie vulnerable a la extinción. Pero la realidad puede ser aún peor, ya que localmente, ni siquiera sabe-

mos con exactitud cuántos quedan. Solo sabemos que cada vez es más difícil verlos.

En el pasado reciente, su sola presencia en una finca bastaba para justificar la caza. Y su muerte, lejos de generar tristeza, era motivo de celebración. Numerosos testimonios relataban la alegría que experimentaban en los pueblos cuando los cazadores bajaban del monte con el cadáver de un oso amarrado a dos palos. La fiesta que se organizaba a su alrededor, se narraba su captura y se repartían sus partes.

Lo curioso es que en los testimonios de quienes protagonizaron esas historias, aún rondan preguntas sin resolver. Preguntas que ellos mismos se hacen y que con el paso de los años son más frecuentes y sensibles. ¿Por qué lo hicieron? ¿Por qué incluso cuando llegaron a reconocer la innegable similitud de los osos con los humanos y a sentirse conmovidos ante su vulnerabilidad, continuaron haciéndolo?

Estas preguntas y testimonios nos enfrentaron a la complejidad del conflicto entre el oso y las comunidades, y reconocimos que no era suficiente pedirles protegerlo, era necesario entender lo que había detrás del odio y trabajar en procesos que permitieran transformar esa relación.

Y fue así, paso a paso, como se empezó a construir otra mirada. En los talleres, en las caminatas, en los diálogos con niños, en las conversaciones con los mayores, en cada jornada de monitoreo comunitario. Al reconocer al oso como especie clave, comenzaron a abrirse preguntas más profundas: ¿Qué está pasando con el bosque? ¿con el agua? ¿con nosotros mismos?

Hemos encontrado desconocimiento, sí. Pero también una historia de pérdida: del bosque, de la posibilidad de convivir, del equi-

librio. Una historia que obligó tanto a las personas como a los animales a disputar un territorio que se ha ido achicando para todos.

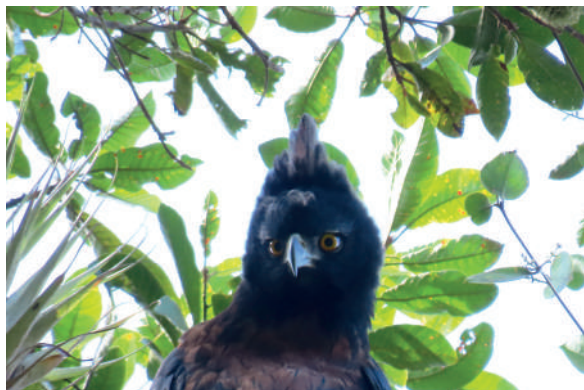
No mentiré. Nada de esto ha sido fácil y han sido más los reveses que las alegrías. El miedo, la costumbre, las necesidades cotidianas siguen estando ahí. Pero el odio ha disminuido. Y eso ya es un logro enorme.

Hoy hay quienes ya no perciben al oso con alarma, sino con expectativa. Sus huellas generan curiosidad. Su imagen en una cámara trampa despierta emoción. Niños y niñas han aprendido a seguir sus rastros. Las palabras de Tulio Pérez, campesino, ex-cazador miembro fundador de Techo de Agua, lo expresan con claridad: “Antes veía al oso como mi enemigo. Ahora lo veo como parte de la vida que también tengo que cuidar”.

La figura del oso de anteojos ahora es símbolo del bosque que aún resiste, y de las relaciones que pueden reconstruirse cuando el conocimiento, la sensibilidad y el cuidado abren caminos nuevos.

El águila real de montaña: del miedo a la fascinación

Figura 4. Águila real de montaña



Fuente: Juan Quiróz; Techo de Agua Corporación Ambiental.

Durante generaciones, el águila real de montaña —también conocida como águila crestada— ha surcado los cielos del occidente antioqueño. Su silueta imponente, con más de metro y medio de envergadura, y su vuelo sigiloso la rodeaban de un halo de misterio.

A pesar de su presencia constante, fue durante mucho tiempo una especie temida y desconocida. Algunos la consideraban una bruja, y su aparición era tomada como un mal presagio. Se le culpaba por la pérdida de gallinas y se le atribuían poderes extraños. Su imagen provocaba alarma; su existencia, desconfianza. Las personas desconocían sus hábitos y no comprendían su papel como reguladora natural de pequeños mamíferos y aves. Era más fácil temerla que entenderla, más común perseguirla que protegerla.

“Mi madre creía que se llevaba a los niños y que era tan grande que podía alzar a los perros”, recuerda una habitante. Ese miedo llevó a muchos campesinos a dispararle sin pensarlo dos veces. No sabían que estaban matando a una de las aves rapaces más amenazadas de América. Ni siquiera sabían que existía. El desconocimiento era tal que, a pesar de haberla visto durante años, no había registro oficial de su presencia en esta región.

El punto de inflexión no vino de afuera. Fue Juan Quiróz, un joven campesino del territorio, quien logró observarla con atención, hacerle seguimiento y documentar su presencia. Lo hizo, como se dice coloquialmente, con las uñas, como parte de su aprendizaje en los procesos comunitarios de monitoreo de fauna. Su hallazgo marcó un antes y un después. Porque no solo demostró que el águila real de montaña estaba presente en el occidente antioqueño, sino que también abrió la posibilidad de admirar lo que hasta entonces solo se había temido.

Pero, como todo lo que implica meterse

con las creencias y tradiciones arraigadas, no fue fácil. Costó tiempo y paciencia mostrar que no se trataba de una fantasía. Que era real. Que tenía nombre: *Spizaetus isidori*. Y que merecía algo más que temor: merecía respeto.

A Juan se le sumó su hermano Sebastián y, con el tiempo, ambos junto a su familia se convirtieron en miembros fundadores de *Techo de Agua*.

Desde entonces, el águila real de montaña se convirtió en uno de los focos más importantes de nuestro trabajo colectivo. Comenzamos a acompañar procesos de monitoreo comunitario, salidas de observación, talleres con escuelas rurales y espacios de conversación intergeneracional.

Figura 5. Actividad “Ecosintientes del Bosque de Niebla”



Fuente: Techo de Agua Corporación Ambiental.

Una y otra vez, compartimos con la comunidad imágenes, relatos de su comportamiento, registros de sus vuelos y momentos claves como la incubación, el nacimiento de un polluelo o los intentos de caza. Explicamos su rol en el ecosistema y lo que su presencia indicaba sobre la salud del bosque. Hablamos del cuidado parental, de su lucha por sobrevivir en un hábitat cada vez más reducido. Y al hacerlo, la percepción fue cambiando.

Lo que antes se nombraba con miedo comenzó a ser reconocido con respeto. Niños y niñas empezaron a dibujarla. Jóvenes a buscarla en el cielo. Las familias que antes pedían eliminarla, comenzaron a notificar sus avistamientos. El águila real de montaña, *Spizaetus isidori*, dejó de ser una amenaza y empezó a ser una presencia esperada. Un símbolo de lo que aún podemos proteger.

El puma: del antagonismo a la reconciliación

Figura 6. Actividad “Ecosintientes del Bosque de Niebla: Puma”



Fuente: Techo de Agua Corporación Ambiental.

Quizás ni el oso ni el águila han cargado con el peso simbólico que arrastra el puma. Su sola mención despierta una mezcla de temor, competencia y sospecha; un antagonismo que refleja años de conflicto y desconfianza. Invisible, ágil, silencioso, el puma puede —según se cree— aparecer en cualquier momento. Cada pérdida de un animal doméstico es atribuida a su presencia, real o imaginada.

El puma, el mayor de los felinos en el área, es un enigma envuelto en mitos y temores. Su naturaleza elusiva lo ha convertido en blanco de cacerías crueles. Lamentablemente,

te, muchos pumas, hembras y machos, incluso sus crías, han sido cazados o envenenados. A menudo se le caza por simple suposición. Basta con creer que "tal vez fue él".

El proceso de resignificar al puma ha sido tal vez uno de los más complejos. Pero también uno de los más reveladores. El puma encarna el conflicto más profundo entre lo doméstico y lo salvaje, entre el control y la incertidumbre. Su sola existencia cuestiona la idea de que todo lo que nos rodea debe estar al servicio humano. En este conflicto subyace de manera evidente la forma en que el territorio se ha transformado.

A menudo visto como una amenaza, el puma es en realidad un animal cauteloso que evita el contacto con los humanos. Lo que ocurre es que se le ha dejado sin bosque, sin presas naturales. Y en muchas veredas, el ganado queda pastando sin cercas, sin acompañamiento, al borde del monte. El resultado es un conflicto que no se reconoce como tal: mientras el felino es acusado de "atacar", lo cierto es que el territorio ha sido transformado hasta hacerlo inhabitable para él.

Transformar esa narrativa es algo que no hemos logrado hacer con suficiente éxito. El proceso con esta especie ha sido más difícil, más cargado de silencios, resistencias y contradicciones. Y siento que eso también debo contarlo en este relato, porque reconocerlo es necesario: no todos los procesos cierran con aplausos, algunos tropiezan con el duelo por las vidas que se pierden en el camino.

No obstante, resulta alentador observar que, cuando una comunidad comprende que el puma no es un invasor, sino más bien una víctima del desplazamiento, cambia también la manera en que se enfrenta el conflicto, dando paso a una búsqueda sincera de reconciliación. Esto sucedió en San José de

Montañitas, en Urrao, donde la familia Rueda, la familia Herrera y otras familias campesinas —también integrantes fundadoras de Techo de Agua— comenzaron a asumir que en la disputa por la tierra, ha sido la humanidad quien ha despojado a estos animales de su hábitat natural. Así, entendieron la importancia de promover la educación y la investigación científica para desmitificar al puma y al mismo tiempo fomentar prácticas ganaderas más seguras, que reduzcan los conflictos o permitan, al menos, ahuyentarlo sin causarle daño. Ya no como un enemigo, sino como un vecino esquivo que también merece existir y compartir el territorio.

Red de Custodios del Bosque de Niebla: donde la esperanza se convierte en acción

Ese giro *eco-sintiente*, del que hablé al inicio, se fue tejiendo lentamente en los encuentros cotidianos, en el aprendizaje de reconocerse en el otro, en la unión del conocimiento científico con la sensibilidad, la ternura y el respeto por aquello que no debemos domesticar, pero sí podemos comprender. No desde la humanización, pero tampoco desde datos fríos que fragmentan y colectan desde un sitio de supuesta superioridad moral, sino desde la humildad, desde abajo del pedestal inventado, desde ese lugar que acepta con orgullo que la humanidad es apenas un hilo más en el vasto tejido de la vida: un pedacito pequeño (de enormes repercusiones) que es sostenido por un entramado inmenso que nos abraza y nos sostiene.

Aún queda tanto por hacer, que a veces parece que intentáramos tomar el agua con las manos abiertas. Sin embargo, nos gusta repetir: "de pequeñas iniciativas nace la esperanza", para recordarnos que no todo está perdido, que justo en las grietas donde algo parece haberse roto, puede brotar la vida.

Figura 7. Algunos integrantes de la Red de Custodios del Bosque de Niebla



Fuente: Andrés Atehortúa; Techo de Agua Corporación Ambiental.

Porque es precisamente allí, en lo que no encaja del todo, en lo que resiste y se rehace, donde aún hay posibilidades. Precisamente, de ese lugar inesperado ha emergido algo que no buscábamos del todo, pero que hoy nos sostiene: una *Red de Custodios del Bosque de Niebla*.

Figura 8. Campesino participando en actividades de eco-sensibilización



Fuente: Techo de Agua Corporación Ambiental.

Una red de vínculos, de aprendizajes, de afectos: un tejido vivo de personas que, más allá de la ciencia y el monitoreo, han ido aprendiendo a escuchar y a dialogar con el territorio, con sus tensiones, sus heridas y sus esperanzas. Con la tierra, con las montañas, con los animales, pero también entre ellos mismos. Un tejido vivo en el que se entrelazan la ciencia y la sensibilidad, lo colectivo y lo íntimo.

Sus integrantes no son funcionarios ni técnicos de paso. Son campesinos, madres, jóvenes, ex-cazadores. Pero más que eso, son custodios del bosque, del páramo y de tres especies que por generaciones fueron objeto de desprecio, pero que ahora consideran el alma de las montañas. Caminan el bosque con respeto. Aprenden a leer los rastros, a instalar cámaras trampa, a reconocer los cantos. No trabajan desde la obligación sino desde la convicción. Desde el reconocimiento mutuo. Desde la certeza de que nadie cuida lo que no valora, y nadie valora lo

que no comprende.

Muchos dicen haber aprendido a ver lo invisible. A notar lo que antes pasaba desapercibido. Otros confiesan que han cambiado de lugar en la historia: ya no se sienten amenaza, sino cuidadores. Hay quienes aseguran que el bosque les abrió los ojos. Y también el corazón. Que ahora sueñan con un futuro donde los animales puedan andar libres, y los niños aprendan a nombrarlos sin miedo.

Esas palabras, que brotan en las conversaciones sencillas, no son solo testimonios. Son señales de un cambio profundo. Señales de que algo se está transformando en la manera en que habitamos y sentimos.

De eso se trata ser eco-sintiente. No sólo de acumular conocimiento, sino de que esa comprensión sea útil para la vida. De aprender a escuchar sin dominar. De dejarse transformar por aquello que habita más allá de lo humano, pero que está profundamente entrelazado con lo que somos.

Me gusta pensar que, en ese aprendizaje compartido, *Techo de Agua* ha sido mucho más que una organización: ha sido una semilla en una cordillera que empieza a reconocerse no sólo como un relieve imponente, sino como un hogar compartido, un cuerpo vivo que late entre nieblas y vertientes, un entramado de montañas, bosques y páramos que, al ser cuidado, también nos cuida.

Cómo citar este artículo

Parra Salazar, M. N. (2025). De cazadores a custodios. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 162–171.

Sobre la autoría del artículo

Mayra Natalia Parra Salazar

*Historiadora, magíster en Sociología y candidata a doctora en Ciencias Sociales. Directora de la Corporación Ambiental Techo de Agua. Investigadora y consultora socioambiental con experiencia en la articulación entre ciencias sociales, conservación de la biodiversidad y trabajo comunitario. Ha sido consultora de la Fundación Con Vida y Conservation International Foundation (CI), con énfasis en educación ambiental, gobernanza territorial y protección de especies amenazadas, en particular el águila crestada (*Spizaetus isidori*, EN). Investigadora del Grupo Medio Ambiente y Sociedad de la Universidad de Antioquia.*

Correo: direccion.general@techodeagua.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0381-7636>



Adolfo León Correa

Águila crestada

El Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) de Corantioquia: una determinante ambiental para articular la función ecológica del territorio **The Ecosystem Connectivity Scheme (ECS) of Corantioquia: an environmental determinant for articulating the ecological function of the territory**

Adolfo León Correa Silva y Ricardo José Pérez Montalvo

Resumen

La creciente fragmentación de los ecosistemas naturales, producto de la expansión urbana, agropecuaria y minera, ha intensificado el aislamiento de parches de vegetación, generando efectos negativos sobre la biodiversidad, tales como la pérdida de conectividad genética, la disminución de la resiliencia ecológica y la reducción de la oferta ecosistémica. A pesar de los esfuerzos restaurativos que se realizan en diversos territorios estos suelen ser acciones aisladas, motivadas por buenas intenciones, pero carentes de una directriz regional que garantice su coherencia espacial y funcional. Esta ausencia de coordinación ha llevado a que muchas iniciativas se desarrollen bajo lógicas locales fragmentadas, desconectadas entre sí configurando un mosaico de islotes ecológicos con baja funcionalidad sistémica.

Frente a esta problemática, Corantioquia plantea consolidar una estrategia regional de largo plazo para articular ecológicamente su territorio: el Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE), adoptado mediante la Resolución 040-RES2312-6660 de 2023. Aunque su adopción ha generado inquietudes por tratarse de una nueva determinante ambiental, el ECE no impone restricciones absolutas al uso del suelo, sino que propone una planificación territorial orientada desde la funcionalidad ecológica. Su enfoque reconoce la necesidad de superar las visiones fragmentadas y territorios administrados de forma parcelada, proponiendo en cambio una red interconectada de nodos estratégicos y rutas funcionales que atraviesan los límites administrativos.

Como resultado del proceso técnico, se identificaron 2.021 redes ecológicas que abarcan aproximadamente 846.049 hectáreas dentro de la jurisdicción de Corantioquia. La red fue diseñada a partir de modelos de calidad de hábitat generados para siete especies paisaje y una matriz de resistencia multiespecie, que simula las condiciones del territorio para la movilidad

biológica. Se seleccionaron nodos clave (áreas con más de 50 hectáreas de importancia para la biodiversidad), tomando como referencia el rango de hogar y los requerimientos de dispersión de la Guagua Loba (*Dinomys branickii*), especie sombrilla empleada como criterio base del modelo.

El ECE se convierte así en una plataforma integradora que orienta acciones de restauración, conservación, manejo productivo y compensaciones ambientales, promoviendo la incorporación de criterios de conectividad ecosistémica en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial. A través de herramientas como las HMP (Herramientas de Manejo del Paisaje), se busca no solo conservar lo existente, sino construir nuevas conexiones funcionales en el tiempo, haciendo posible que una red proyectada desde un modelo técnico se transforme progresivamente en una red viva, tangible y reconocible para los actores del territorio. Este artículo explora el fundamento técnico, normativo y conceptual del esquema, sus implicaciones para la gestión ecológica territorial y su relevancia como estrategia integradora en un escenario de alta transformación del territorio. Además se reflexiona sobre las oportunidades y desafíos de su implementación en el marco de los instrumentos de planificación municipal y regional.

Palabras clave: conectividad funcional como determinante; Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE); fragmentación ecológica en Antioquia; gestión territorial ambiental en Corantioquia; Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP); infraestructura vial y desconexión ecosistémica.

Abstract

The increasing fragmentation of natural ecosystems—driven by urban, agricultural, and mining expansion—has intensified the isolation of vegetation patches, leading to negative impacts on biodiversity such as genetic disconnectivity, reduced ecological resilience, and diminished ecosystem service provision. Despite ongoing restoration efforts across various territories these are often isolated actions, well-intentioned but lacking a regional directive to ensure spatial and functional coherence. As a result, many initiatives operate under fragmented local logics, creating a mosaic of ecological islands with limited systemic functionality.

In response, Corantioquia has proposed a long-term regional strategy to ecologically articulate its territory: the Ecosystem Connectivity Scheme (ECE), adopted through Resolution 040-RES2312-6660 of 2023. Although its adoption has raised concerns for introducing a new environmental determinant, the ECE does not impose absolute land-use restrictions, rather, it promotes territorial planning guided by ecological functionality. The approach seeks to overcome fragmented, parcel-based governance by proposing an interconnected network of strategic nodes and functional routes that transcend administrative boundaries.

As a result of the technical modeling, 2,021 ecological networks were identified, covering approximately 846,049 hectares across Corantioquia's jurisdiction. The network was designed using habitat suitability models for seven focal species and a multispecies resistance matrix that simulates the landscape's permeability to biological movement. Key nodes—areas larger than 50 hectares with significant biodiversity value—were selected based on home range and dispersal requirements of the pacarana (*Dinomys branickii*), used as a representative umbrella species in the model.

Thus, the ECE becomes an integrative platform that guides restoration, conservation, sustainable land management, and environmental compensation actions. It encourages the incorporation of connectivity criteria into planning and zoning instruments. Through the implementation of Landscape Management Tools (LMT), the scheme aims not only to preserve existing corridors but also to build new functional linkages over time, transforming a technically projected network into a living, tangible structure for territorial stakeholders. This article explores the scheme's technical, legal, and conceptual foundation, its implications for ecological governance, and its potential as a comprehensive strategy in the face of rapid territorial transformation. It also reflects on the opportunities and challenges for its integration within municipal and regional planning frameworks.

Keywords: ecological fragmentation in Antioquia; Ecosystem Connectivity Scheme (ECE); environmental territorial management in Corantioquia; functional connectivity as a key determinant; Landscape Management Tools (LMT); road infrastructure and ecosystem disconnection.

Introducción

La fragmentación ecológica es uno de los principales desafíos de conservación en países megadiversos como Colombia, donde las actividades humanas han interrumpido los flujos funcionales entre ecosistemas (Leija, 2021). Aunque el país ha ampliado su cobertura de áreas protegidas, estudios recientes cuestionan su efectividad cuando estas permanecen aisladas, sin corredores funcionales que aseguren la persistencia genética y la resiliencia ecológica (Díaz San Juan, 2025). En Antioquia, y particularmente en la jurisdicción de Corantioquia (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia), se estima que cerca del 70 % del territorio ha sido transformado, conservándose únicamente fragmentos desconectados de los ecosistemas originales (Corantioquia, 2023b). Esta desconexión se expresa de forma crítica en subregiones como el Norte, el Nordeste, Suroeste y el Bajo Cauca, donde los relictos naturales pierden funcionalidad al quedar rodeados por paisajes agropecuarios, urbanos o mineros.

Entre las causas estructurales de esta desconexión se destaca la infraestructura vial. Corredores como la Autopista al Mar y la Autopista del Nordeste interrumpen la continuidad ecológica entre la Serranía de San Lucas y el Parque Nacional Natural Paramillo, limitando conexiones hacia el Urabá y el Chocó biogeográfico. Estos corredores no solo cortan rutas altitudinales clave, sino que se instalan en áreas de transición ecológica de alta biodiversidad (Gobernación de Antioquia, 2022). Adicionalmente, los usos intensivos del suelo —como el modelo lechero en el Norte, la ganadería extensiva en el Bajo Cauca o el crecimiento urbano disperso en áreas periurbanas— aumentan la resistencia del paisaje a los flujos biológicos. Algunas zonas presentan valores altos de resistencia

ecológica acumulada que dificultan la conectividad funcional, como lo revela el modelo de superficie de resistencia del Esquema de Conectividades (Corantioquia, 2023b).

La conectividad no es un concepto reciente. Iniciativas como el Corredor Andino del Oso de Anteojos o el Corredor del Jaguar en América Latina han buscado interconectar hábitats clave mediante grandes franjas territoriales. Sin embargo, estas experiencias han sido promovidas principalmente por ONGs o centros de investigación, sin mecanismos administrativos vinculantes (Sanderson et al., 2002; Freile et al., 2022). Esto ha dificultado su sostenibilidad en el tiempo, dependiendo en exceso de recursos externos y de la voluntad política de turno (Leija, 2021).

Frente a esta problemática, Corantioquia plantea consolidar una estrategia regional de largo plazo para articular ecológicamente su territorio: el Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE), adoptado mediante la Resolución 040-RES2312-6660 de 2023. Aunque su adopción ha generado inquietudes por tratarse de una nueva determinante ambiental, el ECE no impone restricciones absolutas al uso del suelo, sino que propone una planificación territorial orientada desde la funcionalidad ecológica. Su enfoque reconoce la necesidad de superar las visiones fragmentadas y territorios administrados de forma parcelada, proponiendo en cambio una red interconectada de nodos estratégicos y rutas funcionales que atraviesan los límites administrativos. A partir del diseño y análisis de redes ecológicas, el modelo permite articular 2.021 redes que cubren 846.049 hectáreas, apoyándose en criterios multiespecie, modelos de calidad de hábitat y matrices de resistencia derivadas de variables biofísicas y de transformación del paisaje.

El artículo segundo de la Resolución establece que el ECE es una determinante ambiental, de obligatorio cumplimiento en los procesos de planificación y ordenamiento de los entes territoriales de su jurisdicción. Aclara, además, que “su implementación no implica la suspensión de los usos actuales del suelo, sino que se enfoca en su manejo diferencial para reducir la resistencia ecológica del paisaje” (Corantioquia, 2023a, art. 2). El modelo no solo identifica rutas de conectividad funcional entre nodos, sino que incorpora herramientas como Linkage Mapper y la teoría de circuitos eléctricos para mapear los flujos de movilidad potencial entre hábitats, tomando como base siete especies focales y áreas de importancia para la biodiversidad definidas a partir del rango de hogar de la Guagua Loba (*Dinomys branickii*).

La conectividad ecosistémica no requiere exclusivamente de corredores continuos de bosque prístino. Por el contrario, una red funcional puede configurarse mediante rutas estratégicas que atraviesen paisajes transformados, siempre que se implementen Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) adecuadas. Estas herramientas, definidas en el ECE, incluyen prácticas como cercos vivos, franjas de aislamiento, corredores viales arborizados, restauración pasiva en zonas de rastrojo y mosaicos agroecológicos que integran conservación y producción (Corantioquia, 2023b, pp. 36–41). El diseño de estas rutas no pretende excluir el uso del suelo sino reconfigurarlo para reducir la resistencia ecológica al desplazamiento de especies y restaurar gradualmente funciones ecosistémicas. Este enfoque reconoce la realidad de los paisajes mixtos y propone una conectividad multiescalar, donde las vías primarias de conectividad regional pueden ser complementadas con rutas secundarias y terciarias gestionadas a nivel predial o municipal.

A pesar de su solidez técnica, el ECE ha encontrado resistencias en algunos municipios que lo perciben como una carga adicional de restricciones ambientales sobre el desarrollo territorial local. Esto exige un esfuerzo institucional de diálogo y concertación donde se reconozca que la conectividad ecológica no se opone al desarrollo, sino que lo ordena en función del bienestar ecosistémico y social. La implementación del ECE en territorios altamente transformados plantea desafíos complejos. Sin embargo, el modelo reconoce estas condiciones y propone mecanismos flexibles de gestión paisajística que hacen posible la articulación entre producción y conservación.

Así, el Esquema de Conectividades Ecosistémicas de Corantioquia no se limita a ser un ejercicio de modelación espacial, sino que constituye una propuesta normativa, operativa y territorial que busca convertirse en una herramienta viva de planificación regional, adaptada a los retos y potencialidades del contexto antioqueño.

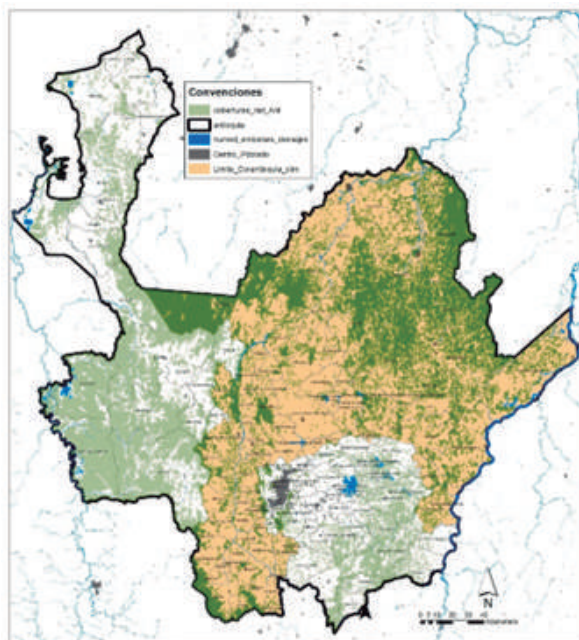
Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se desarrolla en la jurisdicción de Corantioquia, una región estratégica que agrupa 80 municipios distribuidos a lo largo del centro de Antioquia, parte del Magdalena Medio, el Suroeste y el Occidente antioqueño, con una extensión aproximada de 36.000 km². Esta área representa cerca del 66% del territorio departamental, con una gran diversidad de paisajes: desde llanuras aluviales y bosques tropicales secos, hasta páramos y bosques húmedos montanos. El ECE fue adoptado por Corantioquia como determinante ambiental para toda su jurisdicción, dado el nivel de fragmentación de todas sus coberturas naturales, con objetivos

específicos de articular ecológicamente este territorio heterogéneo (Figura 1).

Figura 1. Área de estudio: jurisdicción de Corantioquia y la situación actual de las coberturas naturales.



Fuente: Corantioquia

Este contexto territorial permite dimensionar el alcance del ECE: no se trata de un modelo genérico, sino de una herramienta diseñada para una escala real de planificación, conectando ecosistemas fragmentados, funciones ecológicas y estructuras de gobernanza multisectorial en un área representativa del reto regional.

Enfoque metodológico

La construcción del Esquema de Conectividad Ecosistémicas (ECE) de Corantioquia se fundamentó en los principios de la ecología del paisaje, considerando la conectividad funcional como eje articulador de la planificación ambiental. Se utilizó un enfoque multispecie y multiescalar, incorporando herra-

mientas de modelación espacial para identificar rutas de conectividad, áreas núcleo (nodos) y zonas críticas de intervención. El objetivo fue estructurar una red territorial que combine criterios de conservación biológica con herramientas de planificación operativa, a través de una aproximación teórica sustentada en conceptos de resistencia ecológica, idoneidad de hábitat y movimiento multispecífico.

Selección de especies paisaje y modelación de hábitat

La selección de especies se basó en el enfoque de "landscape species" propuesto por Coppolillo et al. (2004), el cual permite identificar especies cuya conservación implica, a su vez, la protección de múltiples procesos ecológicos y otras especies asociadas. Se priorizaron especies sombrilla, focales y sensibles a la fragmentación, que presentarían amplia movilidad, relevancia ecológica y presencia confirmada o potencial en la jurisdicción.

Se eligieron siete especies representativas, distribuidas en diferentes grupos taxonómicos y tipos de hábitat:

- Guagua loba (*Dinomys branickii*): especie de roedor de gran tamaño, amenazada y con requerimientos de hábitat amplios, cuya área de vida es al menos 50 ha; esta especie de guagua fue utilizada como umbral para definir el tamaño mínimo de los nodos (Roncancio y Vélez, 2019).
- Tigrillo (*Leopardus tigrinus*): felino pequeño asociado a bosques secundarios y relictos boscosos, vulnerable a la fragmentación y con movilidad intermedia.
- Mono aullador rojo (*Alouatta seniculus*)

lus): primate arbóreo clave para el mantenimiento de procesos de dispersión de semillas, indicador de conectividad vertical en bosques maduros y secundarios.

- Perico cariazul (*Pyrrhura calliptera*): especie endémica de los Andes colombianos, asociada a fragmentos de bosque húmedo y áreas de transición.
- Jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*): felino adaptable que puede habitar áreas intervenidas, útil para modelar conectividad en paisajes antropizados.
- Zorro cangrejero (*Cerdocyon thous*): especie generalista, tolerante a disturbios y clave para evaluar la conectividad funcional en agroecosistemas.
- Pava caucana (*Penelope perspicax*): ave frugívora endémica y amenazada, relevante como dispersora de semillas en bosques andinos y subandinos.

Para cada especie, se generaron modelos de calidad de hábitat en formato raster utilizando variables ecológicas, topográficas, climáticas y antrópicas, integradas mediante una ponderación basada en el método de comparación pareada de Saaty (1980). La calidad de hábitat se interpretó como la inversa de la resistencia del paisaje, permitiendo posteriormente construir un modelo de resistencia multiespecie por medio del promedio aritmético de los modelos individuales (Mateo-Sánchez et al., 2014).

Modelo de resistencia y conectividad funcional

El modelo de resistencia multiespecie fue insumo clave para identificar rutas potenciales de conectividad. Se interpretó como una superficie continua de fricción al movimiento,

con valores que oscilan entre 0 (alta permeabilidad) y 100 (alta resistencia) (Majka et al., 2007). Esta superficie se integró como matriz de costo acumulado al software McRae y Kavanagh (2011), bajo el principio de que las especies seleccionan trayectorias de menor riesgo para desplazarse.

La conectividad se modeló usando la teoría de circuitos, lo que permitió identificar múltiples trayectorias potenciales entre nodos. Las rutas generadas fueron evaluadas por su funcionalidad ecológica, cobertura natural y potencial de intervención.

Delimitación de nodos

Los nodos se definieron como áreas núcleo de conectividad con mínimo 50 ha de superficie, seleccionados por su valor ecológico, centralidad dentro de la red y localización estratégica. No todos los nodos presentan actualmente coberturas naturales, lo que implica una visión prospectiva: son puntos idealizados que representan lugares con alto potencial funcional, que deben ser fortalecidos mediante Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) para cumplir su rol de anclaje ecológico (Corantioquia, 2023c).

Caracterización de la estructura de la red de rutas de conexión ecosistémica

Las rutas generadas entre estos nodos fueron evaluadas con base en su traslape con coberturas naturales, su coherencia con la funcionalidad esperada para las especies modelo y la identificación de vacíos de conectividad. En aquellas zonas con altos niveles de fricción acumulada o sin rutas funcionales evidentes, se propuso la implementación de Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) adaptadas a los usos actuales del suelo y a los intereses de los propietarios. Estas estrategias incluyen cercas vivas,

restauración pasiva, corredores viales arborizados y sistemas agroecológicos, con el fin de reducir la resistencia ecológica y fortalecer la conectividad funcional.

La estructura de redes conectoras permitió identificar rutas críticas de conectividad, áreas funcionales prioritarias y sitios clave para intervenciones restaurativas, orientando acciones que promuevan la conservación de la biodiversidad en un contexto de gobernanza territorial participativa.

Análisis de fragmentación del paisaje

Para evaluar la estructura ecológica del territorio y sustentar la necesidad de un modelo de conectividad funcional, se realizó un análisis multitemporal de fragmentación del paisaje en la jurisdicción de Corantioquia. Este análisis se fundamentó en los principios de la ecología del paisaje los cuales permiten interpretar la composición, configuración espacial y conectividad estructural de los ecosistemas naturales (Forman, 1995; McGarigal y Marks, 1995).

Se emplearon métricas de paisaje ampliamente validadas a nivel internacional, tanto a escala de clase como de paisaje, incluyendo: Número Total de Parches (NP), Área Media de Parches (AREA_MN), Densidad de Bordos (ED), Índice de Proximidad Media (MPI) y porcentaje de la matriz cubierta por ecosistemas naturales. Estas métricas fueron calculadas con herramientas de procesamiento espacial y análisis de patrones de paisaje, siguiendo los protocolos establecidos por McGarigal et al. (2012) y las recomendaciones de análisis multiescala descritas por Hesselbarth et al. (2019).

El periodo de análisis comprendió los años 2010 y 2018 utilizando como insumo las coberturas naturales procesadas a partir del

Mapa de Ecosistemas del IDEAM a escala 1:100.000. Los resultados permitieron cuantificar los cambios en la estructura del paisaje, evidenciar la pérdida de continuidad ecológica y fundamentar la necesidad de establecer rutas de conectividad y nodos estratégicos para contrarrestar el aislamiento progresivo de los fragmentos remanentes.

Resultados y discusión

Modelo de resistencia del paisaje

La resistencia del paisaje representa el grado en que un territorio facilita o impide el movimiento de los organismos a través de su matriz, condicionando así la funcionalidad ecológica de los ecosistemas remanentes (Adriaensen et al., 2003; Bélisle, 2005). Esta resistencia no depende únicamente de la fragmentación o pérdida de cobertura boscosa, sino también de las características físicas, biológicas y antrópicas que inciden en la permeabilidad del paisaje.

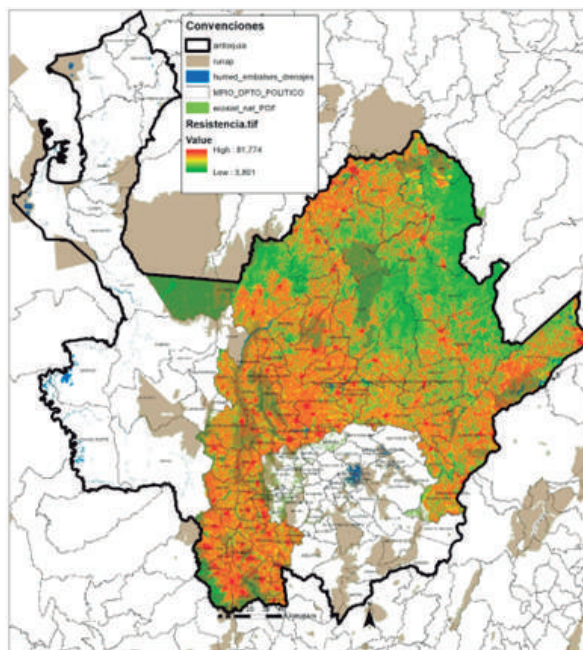
Para construir el modelo de resistencia se partió de los mapas de idoneidad de hábitat generados para cada una de las especies paisaje seleccionadas, integrando variables como tipo de cobertura, pendiente, conectividad estructural, presencia humana y presión antrópica. Posteriormente, se aplicó una operación de Álgebra de Mapas que consistió en calcular el promedio aritmético entre los rásteres de calidad de hábitat, lo que permitió generar un modelo multiespecie.

A partir de este resultado, se aplicó la operación de inversa, obteniendo así la superficie de resistencia multiespecie del paisaje para la jurisdicción de Corantioquia (Figura 2). Esta superficie, cuya mayor parte del área contiene valores de resistencia (R) que van desde R=3.8 %, presenta las zonas con condiciones idóneas para el desplazamiento de

las especies emblemáticas (color verde) con valores de menor fricción para la dispersión y el flujo de procesos ecológicos (Majka et al., 2007), hasta valores de $R=81,7\%$ que presentan las zonas con un alto grado de transformación y/o barreras para la movilidad (color rojo).

Este modelo permitió visualizar con claridad los gradientes de fricción ecológica, identificando zonas de alta resistencia ecológica, como el Altiplano Norte (marcado por una matriz ganadera y lechera intensiva); el Valle de Aburrá (por sus núcleos urbanos densos y la infraestructura vial asociada); el Suroeste con sus grandes extensiones de café, cítricos y áreas ganaderas; así como el Bajo Cauca, por la alta transformación minera y agropecuaria. Estas áreas actúan como barreras funcionales que interrumpen la movilidad de la biodiversidad y fragmentan el sistema ecológico regional.

Figura 2. Resistencia del paisaje en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.



Fuente: Corantioquia

Las zonas verdes denotan una menor resistencia ($R=3,8\%$) y las zonas rojas una mayor ($R = 81,7\%$).

La superficie de resistencia modelada para el ECE revela gradientes espaciales que permiten identificar los sectores más vulnerables y prioritarios para intervención; zonas con mayor resistencia acumulada, donde la movilidad biológica es más difícil (Figura 3, 4, 5, 6), incluyen:

- Altiplano norte (Municipios de Santa Rosa de Osos, San Pedro de los Milagros y Entreríos): dominado por ganadería lechera intensiva y pasturas homogéneas.
- Nordeste antioqueño (Municipios de Zaragoza, Segovia y Remedios): impactado por minería informal y pérdida de bosque natural.
- Bajo Cauca (Municipios de Tarazá, Caucaasia y Nechí): zonas de transición con presión sobre humedales y fragmentación creciente.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá: donde la urbanización, infraestructura vial y cambios intensivos del uso del suelo elevan al máximo los valores de resistencia paisajística.
- Suroeste antioqueño: en sectores donde la matriz del paisaje se torna más homogénea por el monocultivo del café.

En la figura 3, 4, 5 y 6 se pueden observar distintos escenarios antioqueños caracterizados por usos del suelo homogenizantes, que generan niveles de resistencia altos para la conexión entre ecosistemas naturales.

Sin embargo, también se evidencian amplias zonas con resistencia baja o intermedia, que ofrecen oportunidades para el diseño e implementación de rutas de conectividad ecológica. Entre estas destacan los corredores naturales que podrían articular

Figura 3. Áreas potrerizadas para ganadería.



Fuente: Corantioquia

Figura 4. Zonas cafeteras en monocultivos.



Fuente: Corantioquia

Figura 5. Sabanas del Bajo Cauca.



Fuente: Corantioquia



sectores estratégicos como la Serranía de San Lucas, el Parque Nacional Natural Paramillo, el Magdalena Medio y el Suroeste antioqueño. Este diagnóstico espacial de la resistencia territorial constituye un insumo clave para orientar acciones de restauración, conservación, aislamiento ecológico y producción sostenible.

Modelo de redes ecológicas para la jurisdicción de Corantioquia

A partir del modelo de resistencia multiespecie y la identificación preliminar de nodos con potencial ecológico, se diseñó una red de

conectividad funcional para la jurisdicción de Corantioquia. El resultado fue la proyección de 2.021 rutas de conectividad ecológica, que recorren aproximadamente 846.000 hectáreas del territorio jurisdiccional, orientadas por los gradientes de menor resistencia acumulada.

Estas rutas no corresponden a corredores tradicionales ni a franjas estrictamente boscosas, sino que constituyen un sistema flexible de movilidad biológica que atraviesa paisajes diversos, incluyendo zonas rurales productivas, áreas de reserva, franjas agroforestales y zonas en proceso de restauración.

En muchos casos, las rutas atraviesan sectores sin cobertura boscosa continua, lo que obliga a interpretar el modelo como una proyección idealizada que requiere acciones territoriales concertadas para materializarse gradualmente.

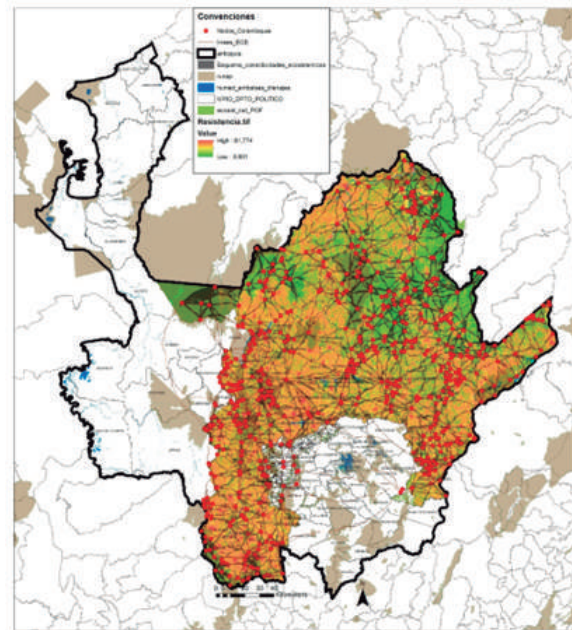
El enfoque multiespecie permitió generar una malla de conectividad que integra nodos estratégicos distribuidos por todo el territorio (Figura 7), favoreciendo la articulación de ecosistemas fragmentados mediante trayectorias de bajo costo ecológico. Este sistema, más que una red fija, debe entenderse como una infraestructura verde proyectada, que puede adaptarse a las condiciones locales y escalarse según las decisiones de ordenamiento territorial.

El Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) ofrece así una herramienta concreta para incorporar la conectividad ecológica en los procesos de planificación territorial, incluyendo los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT), los Planes de Manejo de Áreas Protegidas, y los Planes de Compensación Ambiental. A través de sus rutas, el ECE orienta acciones diferenciales de manejo del suelo, restauración, reconversión productiva o conectividad predial, sin imponer prohibiciones absolutas, sino articulando usos actuales con la función ecológica del territorio.

Clasificación de rutas y enfoques diferenciales de manejo

El modelo del Esquema de Conectividades Ecosistémicas no solo define rutas ideales de conectividad ecológica, sino que las clasifica en función de sus condiciones actuales, potencial de implementación y tipo de intervención requerida. Para facilitar su gestión, las rutas fueron diferenciadas según su

Figura 7. Redes ecológicas proyectadas sobre la matriz de resistencia multiespecie.



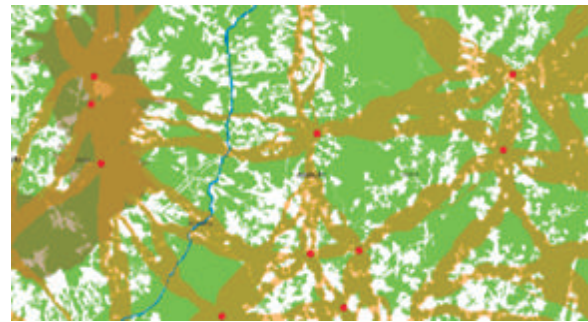
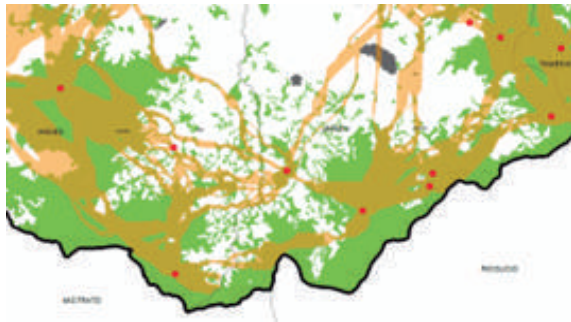
Fuente: Corantioquia

estructura, cobertura y grado de consolidación, en dos grandes categorías:

Rutas preferenciales

Corresponden a trayectorias ya funcionales, generalmente asociadas a coberturas vegetales continuas, presencia de áreas protegidas o sectores con baja resistencia. Estas rutas ofrecen condiciones ecológicas favorables y pueden consolidarse con medidas de bajo costo, como aislamiento ecológico, conectividad predial o restauración pasiva (Figura 8).

Figura 8. Rutas de conectividad ecosistémica con mayores coberturas de vegetación natural.



Fuente: Corantioquia

Corredores difusos

Atraviesan matrices más intervenidas, fragmentadas o urbanizadas. En estos casos, la conectividad depende de transformaciones más estructurales del uso del suelo, implementación de Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP), o acuerdos interinstitucionales y comunitarios. Son rutas proyectadas,

pero aún no operativas, que requieren mayor inversión y voluntad política (Figura 9). Sobre estas rutas se pueden presentar conflictos con la fauna silvestre (ataques de felinos sobre ganados), con lo cual es preciso configurar las rutas gradualmente, para orientar los movimientos de la fauna silvestre de manera más concreta.

Figura 9. Diseño de rutas en paisajes altamente intervenidos.



Fuente: Corantioquia

La identificación de los vacíos de conectividad permite priorizar acciones de restauración y manejo del paisaje orientadas a reconectar nodos ecológicos, disminuir la resistencia del entorno y consolidar rutas funcionales. El modelo contribuye así a orientar la incorporación del ECE como determinante en el ordenamiento territorial (Ley 388 de 1997, art. 10), promoviendo la inclusión de suelo de

protección en las zonas nodales y facilitando la integración del ECE en los instrumentos de planificación municipal y en las obligaciones ambientales de proyectos licenciados. Esta base técnica busca generar sinergias entre la planificación ambiental y la gestión territorial, fomentando un modelo de desarrollo que conserve la Estructura Ecológica Principal (EEP) del territorio.

La clasificación del tipo de corredores permite orientar acciones diferenciales según el tipo de presión ecológica y social en cada territorio. Por ejemplo, en municipios rurales con vocación agroecológica o ganadera, pueden promoverse corredores multifuncionales o franjas agroforestales. En cambio, en zonas mineras o urbanas, las intervenciones deben combinar procesos de restauración activa, reconversión productiva o compensación ambiental dirigida. En estas zonas, el uso intensivo del suelo (urbano, ganadero, minero o agroindustrial) ha creado cuellos de botella ecológicos que limitan la movilidad de especies y requieren intervenciones priorizadas mediante herramientas como restauración pasiva, acuerdos de uso del suelo o pasos de fauna (Corantioquia, 2023c).

El modelo no establece restricciones normativas absolutas, sino que propone un sistema operativo de referencia para que los territorios decidan, prioricen y adapten sus acciones según sus capacidades, demandas y estructuras sociales. Así, el ECE se convierte en un insumo orientador y flexible, capaz de articular usos del suelo diversos con la función ecológica regional.

Aplicación territorial del ECE y orientación de acciones de restauración

Uno de los principales retos del Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) consiste en transitar del modelo técnico a su implementación territorial efectiva. Para ello, se estableció una priorización de rutas basada en tres criterios clave: grado de resistencia ecológica, presión antrópica existente, y potencial de articulación con nodos estratégicos y áreas protegidas.

Las rutas fueron organizadas en franjas diferenciadas que permiten orientar acciones

específicas de manejo del territorio. Algunas rutas presentan condiciones favorables de conectividad, con alta cobertura vegetal, bajo nivel de intervención y cercanía a áreas núcleo; en estos casos, se sugiere consolidar su funcionalidad mediante acciones de aislamiento ecológico, conectividad predial o restauración pasiva. Por el contrario, otras rutas atraviesan sectores con alta resistencia ecológica o conflictos de uso del suelo, lo que demanda intervenciones activas como reconversión productiva, restauración intensiva o implementación de Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP) específicas para cada contexto.

Este análisis permitió clasificar y priorizar rutas según su nivel de factibilidad de implementación. Se destacan las zonas con mayor potencial en regiones como San Lucas, Paramillo, el Suroeste antioqueño y corredores transversales del Magdalena Medio, donde existe viabilidad ecológica, respaldo social y condiciones institucionales para iniciar procesos de restauración y conectividad funcional.

Además, se proyectó una red de intervención territorial que cruza diferentes realidades biofísicas y socioculturales, lo que exige una implementación adaptativa, concertada y escalable en el tiempo. El modelo no impone una única ruta por intervenir, sino que propone una malla de opciones para que los actores locales (municipios, comunidades e instituciones), decidan qué trayectos activar primero, según sus capacidades y prioridades.

Distribución y tipologías de nodos estratégicos

El modelo de conectividad ecológica para la jurisdicción de Corantioquia identificó un total de 645 nodos estratégicos, definidos en

las áreas con potencial de conectividad funcional, con una superficie mayor o igual a 50 hectáreas, en centroides de áreas protegidas o en áreas de distribución potencial de especies emblemáticas base del modelo de Conectividades Ecosistémicas. Estos nodos tienen valor estratégico en términos de articulación entre ecosistemas fragmentados.

Desde el punto de vista espacial, la distribución de los nodos no es homogénea. Se observa una mayor concentración de nodos en zonas con remanentes boscosos continuos, en especial en las subregiones de:

- Suroeste antioqueño, particularmente en áreas de influencia de la Reserva Forestal Protectora Farallones del Citará.
- Noroccidente medio, donde se ubican nodos vinculados al Sistema de Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño.
- Occidente y Bajo Cauca, con núcleos ecológicos importantes en el DRMI -Distrito Regional de Manejo Integrado- Bosque Seco del Occidente Antioqueño, DRMI Ciénagas El Sapo Hoyo Grande y DRMI Ciénagas Corrales El Ocho.
- Magdalena Medio, con núcleos importantes en el DRMI Cañón del río Alicante.

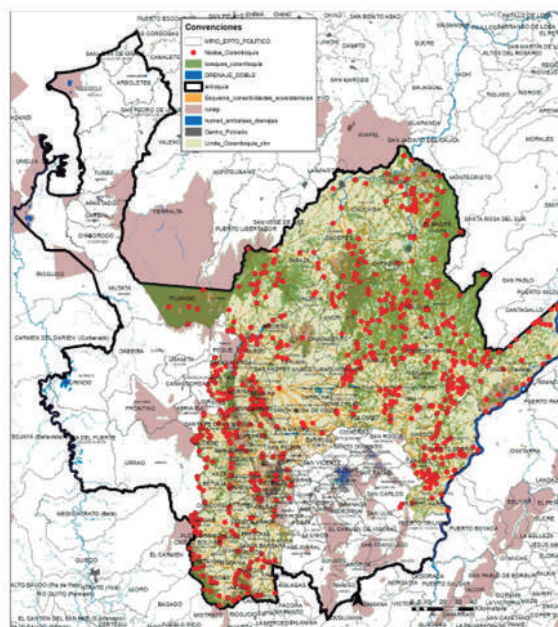
En el plano regional, se destaca una franja de alta densidad nodal en el eje que conecta la Serranía de San Lucas, el PNN Paramillo y el sistema ribereño del río Cauca, actuando como columna vertebral de la conectividad interdepartamental.

Además, algunos nodos fueron ubicados en áreas sin cobertura boscosa densa, pero que cumplen funciones relevantes por su localización estratégica. Esto incluye:

- Hábitats potenciales identificados mediante modelos de distribución de especies emblemáticas como *Dinomys branickii*.
- Centroides de áreas protegidas, que permiten articular la conectividad ecológica con la gestión de territorios legalmente conservados.
- Espacios urbanos o periurbanos, donde remanentes naturales o infraestructura verde cumplen un papel en la conectividad local.

Esta diversidad en la localización y condición de los nodos reafirma que el modelo no se basa únicamente en coberturas existentes, sino que incorpora el potencial de restauración, manejo o reconversión del paisaje como parte de la estrategia de conectividad (Figura 10).

Figura 10. Distribución espacial de los nodos estratégicos del ECE en la jurisdicción de Corantioquia.



Fuente: Corantioquia

Corantioquia determinó a través de la Resolución 040-RES2312-6660, que, dentro del Ordenamiento Territorial local, el conjunto de nodos del ECE serán suelos de protección. En este caso, los polígonos de las áreas boscosas o un área *buffer* de 100 m de diámetro sobre puntos nodales sin coberturas. Los nodos son puntos de anclaje para la restauración ecológica y el manejo del paisaje. A partir del análisis de sus atributos biofísicos, ecológicos y funcionales, los nodos fueron clasificados en cinco tipologías principales, que permiten orientar su gestión diferencial:

- Nodos Núcleo Consolidados: corresponden a áreas naturales bien conservadas, conectadas entre sí, con cobertura boscosa dominante. Son fundamentales para sostener procesos ecológicos continuos y refugios de biodiversidad.
- Nodos de Restauración Activa: son fragmentos con alto potencial ecológico, pero intervenidos o degradados. Su funcionalidad depende de intervenciones intensivas de restauración o reconversión del uso del suelo.
- Nodos de Conectividad Predial:

ubicados en matrices agropecuarias, cumplen funciones estratégicas si se vinculan mediante cercas vivas, franjas de aislamiento o arreglos silvopastoriles. Requieren procesos de apropiación comunitaria.

- Nodos Articuladores de Rutas Difusas: no necesariamente presentan cobertura boscosa, pero por su posición estratégica pueden actuar como "Puentes Ecológicos" entre corredores dispersos. Son clave para conectar rutas que atraviesan zonas de alta resistencia.
- Nodos Urbanos y Periurbanos: áreas remanentes dentro o cerca de zonas urbanas que pueden sostener biodiversidad local y contribuir a la conectividad mediante infraestructura verde, humedales urbanos o parques ecológicos.

Esta tipología de nodos permite al ECE transitar de un modelo teórico a un sistema operativo de manejo, estableciendo prioridades de intervención, herramientas adecuadas para cada tipo de nodo y rutas de implementación adaptadas a las realidades sociales, institucionales y ambientales de cada región (Figura 11).

Figura 11. Tipología de áreas nodales dentro del ECE.



Fuente: Corantioquia

Este desfase entre el nodo modelado y la cobertura efectiva del territorio representa uno de los principales retos del ECE: la necesidad de transitar de una representación espacial basada en algoritmos, a una materialización operativa gradual en el territorio.

Esto implica:

- Priorizar nodos que ya cuenten con atributos ecológicos robustos como base de anclaje inmediato.
- Focalizar esfuerzos de restauración ecológica y acuerdos prediales en nodos con baja cobertura, pero alta centralidad funcional.
- Promover la incorporación de los nodos en los instrumentos de ordenamiento territorial como suelos de protección, reconociendo su papel proyectado, más allá de su condición actual.
- Implementar procesos de monitoreo y validación en campo para ajustar o reconfigurar nodos cuando sea necesario, según lo plantean los Términos de Referencia del ECE (Corantioquia, 2023c).

Así, los nodos deben entenderse como elementos dinámicos de gobernanza ecológica, cuya forma y función pueden adaptarse en la medida que avancen los procesos de restauración, conectividad efectiva y planificación territorial, y no como puntos fijos o acabados desde el momento de su modelación.

Aplicabilidad en procesos de planificación y compensación

El Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) se consolida como una herramienta transversal de planificación ecológica, con aplicabilidad normativa, técnica y estratégica en distintos niveles del ordenamiento territorial y de la gestión ambiental.

En el ámbito del ordenamiento territorial, el ECE fue declarado “determinante ambiental” por medio de la Resolución 040-RES2312-6660, lo que implica su incorporación obligatoria en los POT y PBOT de los municipios de la jurisdicción de Corantioquia, en concordancia con el artículo 10 de la Ley 388 de 1997. En este marco, se espera que las Rutas de Conectividad sean reconocidas como Zonas de Manejo Especial; mientras que los Nodos Estratégicos deben declararse como Suelos de Protección por su papel proyectado como Anclajes Ecológicos Regionales.

Desde el enfoque del licenciamiento ambiental, el ECE proporciona un marco espacial técnico para orientar las obligaciones de compensación, restauración o restauración ecológica activa, promoviendo que estas acciones no se realicen de forma dispersa, sino que contribuyan efectivamente a cerrar brechas funcionales en la red de conectividad.

Sin embargo, a pesar de estos avances, persiste una fragmentación operativa en muchas de las acciones ciudadanas, institucionales o comunitarias que buscan recuperar ecosistemas o restaurar territorios degradados. En la práctica, múltiples actores impulsan iniciativas de reforestación, aislamiento, corredores agroforestales, restauración pasiva o compensación voluntaria, pero muchas de estas acciones se realizan sin referencia a una visión regional de conectividad, lo que limita su efectividad ecológica en el largo plazo.

El ECE ofrece justamente ese horizonte: un marco articulador que puede guiar la priorización espacial de esfuerzos, optimizar recursos y generar sinergias entre proyectos públicos, privados y comunitarios. Pero para que este potencial se concrete, se requiere tras-

cender el “enfoque de plan/modelo” y pasar a una “estrategia territorial de implementación progresiva”.

Esto implica:

- La escalabilidad del modelo a otros niveles subregionales y prediales.
- La creación de sistemas de incentivos (económicos, fiscales, técnicos o normativos) que estimulen la conservación, restauración o el manejo del paisaje en zonas críticas para la conectividad.
- La inclusión del ECE como criterio en convocatorias de proyectos ambientales, Pagos por Servicios Ambientales (PSA), convenios de restauración, acuerdos de conservación y programas de desarrollo rural sostenible.
- El fortalecimiento de una política pública regional que reconozca la conectividad como eje estructurante del desarrollo sostenible, conectando la planificación ecológica con agendas de transición energética, cambio climático, gestión de riesgo y seguridad hídrica.

En suma, el ECE constituye una base sólida para una planificación ecológica de nueva generación pero su eficacia depende de que se convierta en un instrumento vivo, alimentado por las decisiones cotidianas de planeación, inversión, gobernanza y apropiación social en los territorios.

Conclusiones

El Esquema de Conectividades Ecosistémicas (ECE) de Corantioquia representa una innovación en la planificación ecológica regional al integrar criterios funcionales de conectividad con los instrumentos de ordenamiento territorial. Su declaratoria como determinante ambiental brinda una base técnica y normativa para transitar desde un

manejo fragmentado del suelo hacia una gobernanza ecológica articulada y resiliente.

Este modelo contribuye a superar la desconexión entre áreas protegidas, territorios productivos y asentamientos humanos, mediante rutas adaptadas a contextos diversos, desde paisajes rurales ganaderos hasta zonas periurbanas, y un enfoque multiespecie basado en nodos estratégicos y Herramientas de Manejo del Paisaje (HMP).

No obstante, su implementación efectiva depende de tres factores clave: (1) apropiación local por parte de gobiernos y comunidades; (2) consolidación de incentivos e instrumentos que promuevan su adopción progresiva; y (3) creación de mecanismos de seguimiento y ajuste continuo del modelo.

La articulación entre iniciativas locales y el horizonte regional del ECE será fundamental para que la restauración, la compensación y la conservación se conviertan en piezas coherentes de un rompecabezas ecológico.

Finalmente, el ECE ofrece un referente replicable para otras autoridades ambientales del país, adaptándose a sus escalas y contextos, bajo el principio rector de que la conectividad es una apuesta política, ecológica y territorial para construir redes vivas de sostenibilidad.

Bibliografía

- Adriaensen, F., Chardon, J. P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H., & Matthysen, E. (2003). The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 64(4), 233–247. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00242-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00242-6)
- Bélisle, M. (2005). Measuring landscape con-

- nectivity: The challenge of behavioral landscape ecology. *Ecology*, 86(8), 1988–1995. <https://doi.org/10.1890/04-0923>
- Coppolillo, P. B., Gómez, H., Maisels, F., & Wallace, R. (2004). Selection criteria for suites of landscape species as a basis for site-based conservation. *Biological Conservation*, 115(3), 419–430. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00160-5](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00160-5)
- Corantioquia. (2023a). Esquema de Conectividades Ecosistémicas – Documento soporte técnico. Medellín: Corantioquia.
- Corantioquia. (2023b). Resolución 040-RES2312-6660 de 2023. Por la cual se adopta el Esquema de Conectividades Ecosistémicas como determinante ambiental. Medellín.
- Corantioquia. (2023c). Términos de referencia para lineamientos de ajustes al modelo del Esquema de Conectividades Ecosistémicas. Medellín.
- Díaz San Juan, M. (2025). Los parques nacionales no bastan: se necesita conectividad. *Pesquisa Javeriana*. <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/conectividad-parques-nacionales-pnn/>
- Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.
- Freile, J. F., et al. (2022). *Dinomys branickii* (Rodentia: Dinomyidae). *Mammalian Species*, 54(1016), 13–27. <https://doi.org/10.1093/mspecies/seac015>
- Gobernación de Antioquia. (2022). *Antioquia 2040: Visión de largo plazo para el desarrollo regional*. Medellín.
- Hesselbarth, M. H. K., Sciaini, M., With, K. A., Wiegand, K., & Nowosad, J. (2019). Landscape metrics: An open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography*, 42(10), 1648–1657. <https://doi.org/10.1111/ecog.04617>
- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., ... & Tabor, G. M. (2021). Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Gland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- Leija, L. (2021). Conectividad ecológica en México: avances y desafíos. *Madera y Bosques*, 27(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712032>
- Majka, D. R., Jenness, J. S., & Beier, P. (2007). *Least-cost path toolbox for ArcGIS*. Flagstaff: Northern Arizona University.
- Mateo-Sánchez, M. C., Cushman, S. A., Saura, S., & Estrada, Á. (2014). Connecting biodiversity conservation in a fragmented Mediterranean landscape. *Landscape Ecology*, 29(4), 627–640. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0018-0>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA Forest Service General Technical Report PNW-GTR-351.
- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical and continuous maps. University of Massachusetts, Amherst. <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- McRae, B. H., & Kavanagh, D. M. (2011). *Linkage Mapper Connectivity Analysis*

Software. The Nature Conservancy.
<https://circuitscape.org/linkagemapper/>

Moscoso-Marín, L. B., Arcila Marín, N., & Hernández Restrepo, R. (2019). Cambios proyectados a 2040 en los ecosistemas de la jurisdicción de Corantioquia de acuerdo con los escenarios de cambio climático del IDEAM. En *Biodiversidad en la práctica*. Documentos de trabajo del Instituto Humboldt, 4(1), 173–188. <https://www.academia.edu/41854680/>

Roncancio, N., & Vélez, M. (2019). Rutas de conectividad: una aproximación a la articulación de los sistemas de áreas protegidas en Colombia. En *Conectando la biodiversidad*, Instituto Humboldt.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

Sanderson, E. W., Redford, K. H., Vedder, A., Ward, S. E., & Coppolillo, P. B. (2002). A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Landscape and Urban Planning*, 58(1), 41–56. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00231-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00231-6)

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571–573. <https://doi.org/10.2307/3544927>

Cómo citar este artículo

Correa Silva, A. L. y Pérez Montalvo, R. J. (2025). El Esquema de Conectividades Ecosistémicas –ECE– de Corantioquia. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 173–191.

Sobre los autores

Adolfo León Correa Silva

Biólogo, especialista en Medio Ambiente y Geoinformática y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Profesional especializado en gestión y conservación de áreas protegidas, con amplia experiencia en planificación y manejo de ecosistemas estratégicos, formulación y seguimiento de instrumentos de gestión ambiental y apoyo técnico a procesos de conservación a escala regional. Ha trabajado como profesional especializado y contratista en la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), así como consultor del Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt en proyectos de biodiversidad y conservación.
 Correo: acorrea@corantioquia.gov.co

Ricardo José Pérez Montalvo

Ecólogo y especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Profesional en áreas protegidas con amplia experiencia en análisis espacial de biodiversidad, conectividad ecológica e integridad ecológica. Cuenta con trayectoria en modelamiento y simulación espacial, diseño de corredores ecológicos, análisis de fragmentación de hábitats, modelos de distribución de especies y evaluación de la integridad ecológica. Ha liderado procesos de declaratoria y formulación de planes de manejo de áreas protegidas y ha trabajado en el fortalecimiento de sistemas de áreas protegidas a escala local, departamental y regional, en articulación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Se desempeña como especialista en SIG en Parques Nacionales Naturales de Colombia.
 Correo: ricardoperezmontalvo@gmail.com



Roberto Palomino Torres

Hacia una sociedad acuicultora, resistente y resiliente a las sequías Proteger y gestionar nuestras aguas para perpetuar la Vida, en tiempos de sequía y cambio climático

Towards an aquaculture society that is resistant and resilient to droughts Protecting and managing our water to perpetuate life in times of drought and climate change

Hernán de Jesús Porras Gallego

Resumen

El informe GAR - Informe de Evaluación Global sobre la Reducción de Riesgos de Desastres 2021 de la UNDRR - Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, advierte sobre la creciente amenaza de la sequía, particularmente en Suramérica, destacando su impacto en el Marco de Acción de Sendai¹ y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), así como su potencial para generar inestabilidad política y exacerbar la pobreza. Reconociendo la profunda conexión histórica entre las sequías y los cambios sociopolíticos, este documento propone un modelo de desarrollo para Colombia. Se sugiere transitar hacia una "Sociedad acuicultora" que no solo aproveche la vasta riqueza hídrica y biodiversidad acuática del país, sino que también promueva el uso eficiente del agua y la creación de infraestructura hídrica resiliente. La iniciativa busca reemplazar la gestión reactiva de crisis por una planificación anticipatoria y proactiva, orientada a la seguridad hídrica y alimentaria. En esencia, se plantea transformar la vulnerabilidad ante la sequía en una oportunidad estratégica para el desarrollo sostenible, fortaleciendo el tejido social y económico del país mediante el fomento de una cultura de aprovechamiento productivo y consciente del recurso hídrico.

Palabras clave: Sequía, Acuicultura, Resiliencia, Gestión del agua, Cambio climático, Colombia.

Abstract

The UNDRR's 2021 GAR report warns of the increasing threat of drought, particularly in

1. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, también expresa que es necesario comprender mejor el riesgo de desastres en todas sus dimensiones, relativas a la exposición, la vulnerabilidad y las características de las amenazas; el fortalecimiento de la gobernanza del riesgo de desastres, incluidas las plataformas nacionales; la rendición de cuentas en la gestión del riesgo de desastres; la necesidad de prepararse para "reconstruir mejor"; el reconocimiento de las partes interesadas y sus funciones; la movilización de inversiones que tengan en cuenta los riesgos, a fin de impedir la aparición de otros nuevos; la resiliencia de la infraestructura sanitaria, del patrimonio cultural y de los lugares de trabajo; el fortalecimiento de la cooperación internacional y las alianzas de trabajo mundiales; y la elaboración de políticas de los donantes y programas que tengan en cuenta los riesgos, incluidos los préstamos y el apoyo financiero brindados por las instituciones financieras internacionales (ONU, 2015).

South America, highlighting its impact on the Sendai Framework and the SDGs, as well as its potential to generate political instability and exacerbate poverty. Recognizing the deep historical connection between droughts and sociopolitical changes, this document proposes a development model for Colombia. It suggests transitioning towards an "aquaculture society" that not only leverages the country's vast water wealth and aquatic biodiversity but also promotes efficient water use and the creation of resilient water infrastructure. The initiative aims to replace reactive crisis management with anticipatory and proactive planning, oriented towards water and food security. Essentially, it proposes transforming vulnerability to drought into a strategic opportunity for sustainable development, strengthening the country's social and economic fabric through the promotion of a culture of productive and conscious use of water resources.

Keywords: Drought, Aquaculture, Resilience, Water management, Climate change, Colombia.

Introducción

El 17 de junio de 2021, en el marco del Día Mundial de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, la United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR, 2021) presentó el Informe de Evaluación Global sobre la Reducción de Riesgos de Desastres (GAR, por sus siglas en inglés), enfocado, especialmente en la sequía. El Informe expresa que la sequía representa una amenaza para el logro del Marco de Acción de Sendai² para la Reducción del Riesgo de Desastres, logro que implica el aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, así como la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en la salud y el bienestar humano y de los ecosistemas.

El informe anuncia que Suramérica estará afectada por este fenómeno y que es imperativo que la lucha contra la sequía se incluya en los diálogos sobre la mitigación de la pobreza y el desarrollo sostenible, incluidas las discusiones sobre la inseguridad política y la inestabilidad, que la sequía provoca y exagera. Tan grave es que, advierte el informe, debemos aprender de la historia, pues las sequías han sido un gran desencadenante

físico, a largo plazo, de los cambios políticos, en 5.000 años de historia humana registrada (UNDRR, 2021).

Otros informes, estudios y compilaciones, realizados por el Cambio Climático (IPCC), advierten sobre los extremos climáticos, tanto por excesos de lluvias como de sequías extremas; para el norte de América del sur, advierten sobre sequías con tendencias variables e inconsistentes (IPCC, 2014), probablemente sujetas al Fenómeno del Niño. Por lo tanto, en Colombia, debemos prepararnos para hacerles frente, tanto preventiva como directamente, cuando se presenten, por sus altos riesgos y sus efectos dañinos y costosos para la vida socioeconómica del país y sus territorios, incluyendo la migración de importantes grupos poblacionales.

Con este artículo, se quiere llamar la atención y convocar con anticipación a la comunidad y a sus organizaciones sociales, gremiales y estatales, para que no nos descuidemos ante las vaticinadas sequías meteorológicas (ocasionadas únicamente por lluvias inferiores a las normales climatológicas) y agrícolas (caracterizadas por deficiencias de agua en la capa agrícola del

suelo); para que actuemos socialmente, todos a una, teniendo en cuenta el Plan Estratégico para la Gestión Integral de la Sequía en Colombia (PEGIS) (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD et al., 2018); para que se formulen y aprueben las políticas públicas, los planes, programas y proyectos pertinentes, y se les asignen los recursos correspondientes, de modo tal que procedamos con constancia en la implementación, ejecución y seguimiento de los mismos.

Esto permitirá que estemos mejor preparados desde la cultura, para el buen funcionamiento de nuestra sociedad, para adaptarnos, prevenir y mitigar los efectos adversos de los fuertes veranos y las sequías que vendrán; para prevenir y atender sus grandes impactos, que no solo nos pueden desprover del preciado líquido hídrico, generando racionamientos de agua y de alimentos,

desabastecimientos, hambrunas y migraciones internas, sino también para afectarnos de modo gravísimo en términos socioeconómicos.

La sequía y sus conexidades

La sequía es un fenómeno natural meteorológico complejo, transitorio y de lento desarrollo, que se origina por la ausencia de lluvias en periodos más o menos largos, en conjunción con altas temperaturas y altas tasas de evaporación en territorios específicos. Este fenómeno causa desequilibrio hidrológico grave, con disminución drástica de caudales en las fuentes de agua y en la oferta hídrica disponible; afectaciones en el sistema vegetación-suelo, con la deshidratación en las zonas de raíces, donde se detiene el suministro de agua a las plantas; y alteraciones en las relaciones y reacciones fisicoquímicas de los seres vivos, sus ciclos biológicos y sus

Figura 1. *Ardea alba* (Garza Blanca). Puerto Nariño, 2023



Fuente: obra donada por Lina Marín.

ecosistemas (UNGRD, 2016; IPCC, 2013).

En el 1° Encuentro Nacional sobre Sequías, organizado por la UNGRD, se definió la sequía como "Una disminución anómala de la precipitación respecto a los promedios históricos, la cual afecta los ciclos hidrológicos naturales, los sistemas de producción y demás actividades ambientales y socio-económicas del país o de una región en particular, teniendo en cuenta el ordenamiento productivo" (UNGRD, 2017, citado en UNGRD et al., 2018, p. 26).

La variabilidad espacial del clima de Colombia, según Freddy Mejía et al. (1999), está principalmente determinada por:

1. La ubicación tropical, bajo la influencia de los vientos alisios y la oscilación meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El óptimo pluviométrico, relacionado con la altura y la migración meridional de la ZCIT, relacionada con el tiempo, son dos de los mecanismos preponderantes para explicar la variabilidad anual y semianual de la precipitación en Colombia.
2. La vecindad con los océanos Pacífico y Atlántico, fuentes muy importantes de humedad que penetra hacia el interior.
3. La conformación fisiográfica, que incluye la presencia de la cordillera de los Andes que cruza el país de suroeste a noreste, con valles interandinos, vertientes de cordillera y marcadas diferencias climáticas.
4. La circulación atmosférica de la cuenca del Amazonas, en donde Colombia tiene una gran extensión (incluyendo la región más lluviosa de toda la cuenca).

5. La variabilidad de los procesos de la hidrología superficial, tales como los contrastes en humedad de suelo y evapotranspiración, fuertemente influenciados por la vegetación, el tipo de suelos, el aspecto (ángulo zenital local) y la circulación de vientos locales.

La sequía es una amenaza en nuestro medio, debido a la agudización del cambio climático y a la alteración del régimen hídrico en grandes territorios, que afecta varios de los factores enunciados anteriormente, en lo que podría denominarse la tormenta perfecta para vastas regiones del país.

Este fenómeno es uno de los peores enemigos de la humanidad y de la vida, ya que veranos largos y persistentes sin lluvias conllevan una falta de disponibilidad de agua, en cantidad y calidad, y esto altera drásticamente los ciclos biológicos, así como la fisiología y rendimiento de las plantas, llevando al racionamiento y desabastecimiento parcial/total de agua potable para las poblaciones, así como a la perturbación de las actividades socioeconómicas tradicionales y normalmente aceptadas.

Igualmente, la sequía es considerada como uno de los desastres naturales que más daños produce en el ámbito social, pues la pérdida y no disponibilidad del agua en grandes territorios, por ausencia de lluvias, alteración y destrucción ecosistémica, rompimiento del ciclo del agua e incendios forestales —que destruyen los ecosistemas boscosos y la biodiversidad—, afecta drásticamente los recursos aire, agua, suelo; todos los bienes y servicios ecosistémicos; el paisaje y a las personas. Con ello, se modifican y reducen la producción primaria, agropecuaria, así como la transformación secundaria; las producciones de hidroenergía; las movilidades y migraciones de personas y animales silvestres y domésticos; y las dedi-

caciones de tiempos y actividades laborales en los centros y concentraciones productivas, de comercialización, consumo, salud, transporte y ambiente, principalmente.

Existen riesgos vinculados al agua y al cambio climático: excesos de lluvias, más conocidos en nuestro medio como inviernos; crecientes; borrascas; grandes pérdidas de suelo fértil y subsuelo de soporte, que causan inundaciones; derrumbes, avalanchas y deslaves; destrucciones de equipamientos e infraestructuras; y, contaminaciones varias, entre otros problemas. Pero también se presentan riesgos y afectaciones por ausencia de lluvias, asociadas a temporadas de verano, unas cíclicas y bianuales, y otras más extensas, identificadas y asociadas en Colombia con el Fenómeno del Niño —que va de moderado a fuerte—. Estos fenómenos, de manera paulatina, causan sequías variables, algunas de las cuales tienden a la mediana duración y hacen que el déficit y disponibilidad de agua se tornen críticos para la vida y la productividad.

En Colombia, a partir de la experiencia de sequía de 2014, la UNGRD formuló e implementó el Plan Nacional de Contingencia para la Temporada Seca y del Fenómeno del Niño, el cual contempló 4 etapas: Preparación y Alistamiento, Atención, Recuperación y Evaluación. Este es el referente práctico, hasta ahora, para abordar y diseñar los nuevos instrumentos para atender las próximas sequías en el país (UNGRD, 2016).

También se formuló la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de la Sequía (ENGIS) (UNGRD et. al, 2018), la cual se “establece sobre la urgencia de atender el riesgo de este fenómeno en Colombia, así como la necesidad de fortalecer los instrumentos de política y ordenamiento del territorio” (p. 15); y busca contribuir a la articulación interinstitucional y a consolidar medidas para monitorear, preve-

nir y mitigar los efectos de la sequía en el país. La ENGIS propone la creación de instrumentos para que las entidades estatales identifiquen su rol y su competencia frente a la gestión integral de la sequía; así mismo, llama a incentivar a la academia y a diversos tipos de institutos para promover la innovación e investigación frente a este fenómeno; y, finalmente, al fortalecimiento y planteamiento de estrategias económicas para prevenir futuros eventos de sequía.

Todo esto nos obliga a promover el conocimiento del riesgo, la preparación anticipada y las medidas de reducción para afrontar los tiempos de sequía; además, nos exige un ejercicio de gestión del agua y una previsión planificadora y participativa para adaptarnos a las nuevas condiciones del medio, particularmente en los periodos intensamente secos que prevalecen durante la ocurrencia del Fenómeno del Niño. Esto implica realizar acciones estructurales y sociales para hacernos territorialmente resistentes y resilientes a la sequía, mediante diversas planeaciones, acuerdos, gestiones, inversiones y obras de prevención; todo ello, para brindar una gobernanza de los recursos, una adecuada estabilidad política y una paz duradera en las regiones, con habitabilidad, servicios públicos, biodiversidad, servicios ecosistémicos, seguridad, soberanía alimentaria, y una vida socioeconómica fluida y normal.

Aquí se quiere advertir sobre este enemigo latente, poderoso, que es la sequía; y proponer acciones para el manejo y la gestión del recurso hídrico, de modo que se asegure su disponibilidad permanente; así como acciones de preparación anticipada en los sectores social, público–gubernamental y de las comunidades locales, para una acertada gobernanza en tiempos de sequía y escasez

Figura 2. *Jacana spinosa*. Centroamérica, 2023



Fuente: obra donada por Lina Marín.

de agua. Todo esto, teniendo en cuenta nuestras particulares condiciones biofísicas, ambientales y culturales, como habitantes ciudadanos y pobladores rurales-campesinos de sistemas de montañas alto andinas, valles interandinos y cañones profundos, costeros y anfibios.

Además, hoy día, la manera como se está gestionando el agua, en ausencia de discusión y análisis público del problema y sus efectos, para tomar decisiones, se considera insuficiente para asumir el reto que representan las sequías y abordar, con tiempo, las soluciones. La sequía demanda previsiones y acciones anticipadas, sobre todo respecto a dos grandes efectos y en las dos espacialidades —urbana y rural—: la gestión del agua por carencia de agua y la presencia de incendios forestales. Las meras acciones paliativas y de mitigación, aplicadas cuando ya se ha presentado la sequía, son altamente costosas, insuficientes y, generalmente, ineficientes y deficientes, permitiendo la afectación

grave de millones de habitantes de los territorios implicados.

Una breve descripción de sequías recientes en el mundo y en Colombia

En el ámbito mundial e histórico, se atribuye a la sequía del siglo V la caída de Teotihuacán, la civilización que dominó, según la National Geographic, la América precolombina durante mil años. A esta misma causa, y en el mismo siglo V, se atribuye la caída del Imperio Romano de Occidente. La evidencia de que este fenómeno fue planetario y afectó gran parte de las sociedades humanas de la época está en la literatura, ya que en muchas narrativas se menciona el canibalismo de manera reiterativa, acto asociado a la necesidad de sobrevivencia en ambientes de escasez alimentaria.

Varios estudios identifican que algunas regiones de nuestro planeta: Australia, la

Amazonía, el Mediterráneo y el sur de África, van a experimentar sequías más frecuentes e intensas a lo largo de este siglo. Las sequías —que ponen en riesgo la salud alimentaria del planeta, pudiendo provocar grandes hambrunas, movimientos de refugiados climáticos y desaparición de especies— podrían ser cada vez más intensas y frecuentes en el futuro, como lo reseña la revista *Muy Interesante*, según un modelo climático publicado en la revista *Geophysical Research Letters*, por un equipo de investigadores del Centro de Excelencia ARC de Climas Extremos (Marcos, 2020).

En palabras de la Agencia de la ONU para los Refugiados, el planeta nos lanza una advertencia sobre lo que podría ocurrir en el futuro, con énfasis en las sequías, si no actuamos pronto: “Los efectos del cambio climático son cada vez más evidentes y la sequía está siendo uno de los más devastadores. En los últimos dos años hemos asistido a largos periodos de sequía sin precedentes históricos cercanos” (ACNUR España, 2019). Desde 2018, han sido afectados Afganistán, Sudáfrica y el cuerno de África, con cuatro sequías severas durante este siglo XXI; y Australia, con oleadas de calor e incendios forestales devastadores, así como la cuenca alta y media del río Elba, en República Checa y Alemania.

Igualmente, en 2020-2021, en el medio oeste y la costa occidental de Estados Unidos, se han visto escenas dantescas de incendios forestales y destrucción sistemática de inmensos cultivos de árboles, plantaciones de especies frutales y viñedos, levantados con riego. CNN lo reseñó así: “Más del 95 % del oeste de Estados Unidos se encuentra en algún nivel de sequía, con casi dos tercios en sequía extrema o excepcional, las dos peores categorías” (2021, párr. 2). Para julio de 2020, aproximadamente el 25 %

del país estaba en condiciones de sequía, y para julio de 2021, ya casi el 50 % del territorio (CNN, 2021).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), en el Informe de 2019 sobre el estado del clima en África, señala que el cambio climático, con sus sequías, se ensaña sobre el África y advierte de sus próximas consecuencias en la población, sobre todo de siete de sus países septentrionales (citado por ACNUR Comité España, 2019). Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 55 millones de personas se ven afectadas anualmente por la sequía y que, para el 2030, puede haber 700 millones de desplazados por la sequía y el cambio climático.

En América Latina y el Caribe, se han identificado sequías prolongadas y fuertes, con más de 45 días sin lluvia, con tierra agrietada, campos desolados, ganado y animales silvestres muertos de sed y hambre, hambrunas, migraciones humanas y poblaciones empobrecidas. En lo que va de este siglo, algunos países de la región han atravesado las peores sequías de su historia: Brasil, Honduras, Guatemala, Chile, Perú, Panamá, determinadas zonas del Caribe y la Orinoquía colombiana y venezolana, entre otros.

Es muy probable que, además de la pobreza económica y la falta de oportunidades y perspectivas de futuro para las poblaciones de Centroamérica y El Caribe, el cambio climático —con sus desastres climatológicos, huracanes, inviernos extremos y sequías— también esté agravando las condiciones de vida y de hábitat de las comunidades de estas regiones, obligándolas a iniciar largas travesías de desplazamiento y migración hacia Estados Unidos, como lo registró la prensa en 2021.

Un estudio realizado por Gonzalo Hurtado,

para el IDEAM, asevera que, en Colombia, “la intensidad y extensión territorial de la sequía, está estrechamente ligada con la aparición de un evento, El Niño, dado que los años de mayor incidencia, son aquellos en que tiene lugar el fenómeno” (2012, p. 2). Sin embargo, cada año se presenta sequía en algún lugar del país, ya sea meteorológica o agrícola.

La sequía meteorológica se presenta más en los periodos lluviosos del primer semestre del año, con mayor incidencia en la región Caribe, y con retornos entre 4 y 6 años. Según Hurtado, “la tendencia histórica es hacia la disminución de los eventos de sequía meteorológica en buena parte del país, con excepción de sectores de la región Pacífica y del suroccidente de la región Andina” (2012, p. 2).

La sequía agrícola, por su parte, afecta a menos territorios que la meteorológica, pero cada año toca, sin falta, alguna parte del país; y en zonas como el oriente, la región Pacífica, y sectores de Antioquia y Cauca, entre otros, no se ha detectado a través de la serie histórica, al menos durante el trimestre de mayor oferta hídrica. “En cambio, en sectores del extremo norte y centro de la región Caribe, así como en los valles del alto Magdalena y alto Cauca, el periodo de retorno de la sequía agrícola está entre 0 y 5 años. En cuanto a la tendencia observada en la serie histórica, es muy similar a la descrita para la sequía meteorológica” (Hurtado, 2012, p. 2).

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2006), la sequía es un fenómeno natural recurrente, influenciado por vientos fuertes, temperaturas altas y humedad relativa baja; pero, en la actualidad, posiblemente es la sociedad humana la responsable del aumento en la incidencia y severidad de este fenómeno. Algunas de las variables de las que dependen las sequías son la Oscilación del Sur y el Fenómeno de El Niño (ENSO), el

Fenómeno de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la Presión Alta. “Estos fenómenos tienen implicaciones sobre los patrones climáticos mundiales. Además, se observa que las sequías prolongadas ocurren cuando una anomalía de gran escala en los patrones de circulación atmosférica persiste durante meses e incluso años” (IDEAM, 2006, p. 11).

Entre 1970 y 2010, el IDEAM identificó doce eventos de sequía como los más importantes del periodo, distribuidos a lo largo de una extensión considerable del territorio nacional. Teniendo en cuenta el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), estos eventos se dieron en seis periodos: julio/72-agosto/73, abril/76-julio/77, julio/82-diciembre/83, agosto/91-diciembre/92, abril/97-marzo/98 y mayo/09 – mar/10 (IDEAM, 2017). Además, las sequías de 2015 y 2016 fueron de gran impacto. De todos estos eventos, se han presentado cuatro sequías categorizadas como Fuertes, con una periodicidad aproximada de entre diez y catorce años. Si esta dinámica se repite en el futuro, es posible que haya dos sequías fuertes entre los años 2028 y 2030 (IDEAM, 2017).

En este mismo documento del IDEAM se indica que se presentaron tres eventos de sequía parcial, es decir, característicos de algunas áreas del país, en los siguientes periodos: febrero/80-enero/81, febrero/85-enero/86 y julio/86-agosto/87, en el norte y centro de la región Pacífica (Chocó, principalmente) y en el piedemonte Amazónico, oeste de Putumayo y Caquetá. El territorio nacional, en los últimos cincuenta años, ha sido afectado por el fenómeno del Niño en diecisiete ocasiones, y algunos de estos eventos han tenido un impacto importante en los diferentes sectores de la vida nacional.

Algunos datos de la sequía de 2015-2016, la peor en cincuenta años en Colombia, según informe de El Tiempo (2016), indican

que el debilitamiento de las precipitaciones en el país fue de casi un año y el déficit de lluvias acumulado fue superior al 65%. Más de ciento veinte municipios sufrieron desabastecimiento y el caudal de los ríos Cauca y Magdalena estuvo en los mínimos absolutos; los racionamientos de energía estuvieron a la orden del día y la región caribeña y la zona andina fueron las más golpeadas; la capacidad de los embalses llegó a estar por debajo del 60,8% y hubo políticas de ahorro energético que llevaron, incluso, a apagar la iluminación navideña antes de lo previsto; hubo pérdida de cultivos ante la falta de lluvias: más de 470.000 hectáreas registraron una reducción en la producción, lo que supuso una disminución del 4% del rendimiento en el sector agropecuario.

En la valoración económica de los impactos para el fenómeno del Niño del 2015, (Melo et al., 2017) estimaron que las cantidades de agua se redujeron en un 20%, mientras que los precios de la energía eléctrica aumentaron un 4,5%, y ambos fenómenos, en conjunto, impactaron en el 0,6% del PIB. "Por su parte, los servicios ecosistémicos que los bosques dejan de proveer a la economía cuando hay pérdida de la cobertura vegetal, producto de los incendios, fueron valorados en un 0,1% del PIB solo para el año 2015. En ese sentido, no tomar medidas de adaptación a la variabilidad tiene costos de al menos 0,7% del PIB" (Melo et al., 2017, p. 2).

De hecho, la grave crisis de salud pública acaecida en el Valle de Aburrá durante el 2015 se debió a la sequía que periódicamente se presenta en Colombia y, al parecer, en Sur y Centro América, cada 35 a 50 años; que propició la generación de incendios forestales en Brasil, Venezuela, los Llanos Orientales y departamentos de Colombia como el Cesar. Las emisiones llegaron a este profundo valle interandino transportadas por los vientos alisios y coincidieron con el Fenómeno del

Niño, las tempestades de polvo en el desierto del Sahara y la transición entre el periodo seco y el de lluvias; y, prácticamente, un tapón de nubes impidió la dilución de los gases hacia las partes superiores de la atmósfera. Fue tal la concentración de material particulado que no se veían las montañas ni el centro de la urbe desde ninguna parte del valle.

Y para todos nuestros territorios, ¡¡¡las peores sequías están por llegar y van a llegar!!!

La gestión del agua en perspectiva de sequías

El agua debe ser gestionada:

- a) Para la creación de una cultura capaz de conservarla y perpetuarla dentro de los ciclos naturales, en cantidad y calidad, y simultáneamente con el reconocimiento de los derechos de la naturaleza.
- b) Como un bien común, patrimonio social disponible para garantizar el mínimo vital de supervivencia y para la superación de los efectos de las sequías.

Declarar el agua, el saneamiento y la seguridad ambiental como derechos trae aparejada la creación de una estructura estatal integrada, en sus diferentes niveles, para garantizar el goce efectivo de los Derechos Humanos, los de los campesinos y de la paz; así como la definición y consolidación de un gasto público social que cree las condiciones necesarias para un ambiente sano y garantice la disposición de niveles esenciales de agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible; para el uso personal, doméstico y social; en todo momento y lugar, incluidos los tiempos de sequía, que se afrontan, mediante la adecuada atención al conflicto socioam-

biental, con énfasis en los aspectos colaborativos de la cooperación (Mora, 2017).

Colombia tiene uno de los promedios territoriales de lluvia más altos del planeta: con unos 3.240 mm anuales, según reporta el Banco Mundial (2017); y se clasifica como uno de los países con mayor oferta hídrica natural del mundo, con un rendimiento hídrico estimado a nivel nacional de 56 l/s-km², lo que supera por mucho el rendimiento promedio mundial (10 L/s-km²) y el rendimiento de Latinoamérica (21 L/s-km²). (IDEAM, 2014, citado por Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC).

Igualmente, el SIAC señala que del volumen total anual de precipitación en Colombia que se tomó para el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2014 (3.267 km³), el 62 % se convierte en escorrentía superficial, equivalente a un caudal medio de 63.789 m³/s, correspondiente a un volumen de 2.025 km³ al año. Se asume a la escorrentía superficial como la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje para un intervalo de tiempo dado. De los 63.789 m³/s de escorrentía superficial de Colombia, la cuenca Magdalena-Cauca contribuye con el 14 % (8.595 m³/s), la Amazonía con 37 % (23.626 m³/s), la Orinoquía con 26 % (16.789 m³/s), el Caribe –incluida la cuenca del río Catatumbo– contribuye con el 9 % (5.799 m³/s) y el Pacífico aporta el 14 % (8.980 m³/s). (s.f., párr. 4-5).

Lo anterior es debido a la ubicación ecuatorial del país y sus altas montañas; su geología, suelos y ecosistemas boscosos; la confluencia en el territorio de corrientes oceánicas de los dos océanos; las llanuras aluviales

profundas; la influencia de los ríos aéreos del Amazonas, de los bosques y selvas interandinos; y los vientos del norte y los del sur, en la denominada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Colombia cuenta con una extensa y densa red de drenaje hídrico, y con grandes ríos que colectan el agua de sur a norte, de oriente a occidente y de occidente a oriente, con los mayores ríos hacia la Orinoquía y la Amazonía.

Casi toda la zona andina, en donde se concentran en gran medida la población y las actividades económicas del país, cuenta con una densa red de quebradas y pequeños ríos que cubren la demanda de consumo humano, agrícola e industrial, con la provisión generada por la estacionalidad de la temporada de lluvias existente actualmente. Según Porras (2012), el hecho de que la Antioquia Andina tenga terrenos quebrados, en alturas, con crestas de montañas sobresalientes, le permite concentrar los vapores y humedades provenientes de los dos océanos, de los valles y bosques del río Atrato, del Cañón del río Cauca, de los cañones del Nare – Samaná Norte, del Valle del Nechí, y del valle del Magdalena, formando masas nubosas que precipitan y mantienen promedios de lluvia anuales del orden de los 2.500 mm anuales, con variaciones a más o menos, en algunos sitios del departamento, superando en muchas partes el promedio nacional de lluvias de 3.000 mm anuales.

Además, en Antioquia existen tres grandes núcleos lluviosos, con precipitaciones aproximadas de 6.000 mm al año: al Occidente, el Chocó Biogeográfico; al sur oriente, en límites con el departamento de Caldas hasta los alrededores de Guatapé; y en los límites de las subregiones del Bajo Cauca, Norte y Nordeste. “Estas áreas, tienen rendimientos promedios cercanos a los 63 L/s/km² en sus

cuencas altas, superando seis veces el rendimiento promedio mundial (10 l/s-km²) y tres veces el rendimiento de Latinoamérica (21 l/s-km²) según información del CIDEA, para un volumen total producido y aproximado de 3.816 m³/km²/s para todo el departamento" (Porras, 2012, p. 10).

En cambio, en la cuenca Magdalena-Cauca los rendimientos hídricos van entre 10 y 92 lt/s/km², es decir que son bajos en comparación con los de las otras regiones del país. En la cuenca del río San Juan, en el Suroeste, se encontraron rendimientos de 36,6 L/s/km².

En el resto del país, se han identificado regiones deficitarias de agua lluvia o de baja pluviosidad, ubicadas en la cordillera Oriental, en parte de los departamentos limítrofes con Venezuela, en zonas del valle del Magdalena y del cañón del río Cauca, en la mayor parte de la región Caribe, en una porción de los Llanos Orientales, en la Guajira y en el cañón del río Patía, en el suroccidente del país (Pabón & Alarcón-Hincapié, 2016). Para Antioquia, las áreas deficientes de agua atmosférica y pluvial son el cañón del río Cauca y el río Arma, el cañón del río Sucio parte media y alta, las partes media y baja del río San Juan, la cuenca del río Mulatos y otros que van directo al Caribe, en la zona norte de Urabá, donde predomina la Zona de Vida bosque seco tropical.

Instrumentos legales para la gestión del agua y las sequías

Por otra parte, el país cuenta con varias políticas nacionales y planes de acción vigentes que tienen relación con la gestión integral de la sequía, como son: la Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (2012); la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de la Sequía en Colombia, 2018; el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía –(PAN), 2004; alineado al

2018 con los Objetivos Operacionales de la Estrategia Decenal –(UNCCD), y sin volver a intervenir; la Política Nacional para la Gestión Sostenible del Suelo –(PGSS)2016; la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010-2022); la Política Nacional para la Gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos –(PNGIBSE) 2012; la Política de Bosques, documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) N° 2834 del 31 de enero de 1996; y la Política de Deforestación en Colombia (CONPES 4021, de diciembre de 2020).

El agua en Colombia es un bien colectivo, común, planificado y administrado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), especialmente a través de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR); y con la orientación de una vasta cantidad de normatividades y reglamentaciones, entre las cuales se destaca la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PN-GIRH) (Minambiente, 2010), considerada el principal instrumento utilizado al respecto. Se resalta el Manual de Capacitación y Guía Operacional para la formulación de Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, publicado por el IDEAM (2005), que aportó la definición metodológica para la formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) en Colombia.

En consecuencia, las principales cuencas hidrográficas del país aplican los POMCAS como instrumento planificador, a cargo de las CAR con jurisdicción en cada una de ellas; con el complemento de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH), centrados en la protección de la biodiversidad y el cuidado del agua, para el uso y aprovechamiento sostenible de la sociedad y los sectores económicos, en ese orden. El agua la administra y protege el Estado, a través de las CAR, que fungen como Autoridades

Ambientales y, en tal sentido, autorizan el adecuado uso y aprovechamiento del agua a instituciones y organizaciones públicas y privadas, con permisos, licencias ambientales y planes de manejo, que, a su vez, les permiten realizar su seguimiento y evaluación.

Los instrumentos de mayor jerarquía y orientación para las entidades territoriales son los POMCA y sus Determinantes Ambientales, que se incorporan en la planeación territorial, en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), en los Planes de Desarrollo (PD) de los sucesivos gobiernos y en los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), para municipios en zonas de conflicto. Los POMCA hacen parte de una familia de planes de manejo del recurso hídrico, que incluye los Planes de Manejo de Acuíferos (PMA), los Planes de Manejo de Microcuencas (PMM) y los Planes de Ordenación del Recurso Hídrico (PORH). En Colombia, se cuentan 396 cuencas subzonas hidrográficas y de nivel subsiguiente (394 continentales, y San Andrés y Providencia) que son objeto de ordenación y manejo, conforme a lo establecido en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente o Decreto 1076 de 2015, que compila, entre otros, el Decreto 1640 de 2012.

Desde el punto de vista técnico, los POMCA buscan definir participativamente una zonifi-

cación ambiental y un marco programático de gestión del riesgo, para el uso coordinado del suelo, las aguas, la flora, la fauna y las cuencas. Y se constituyen en norma de superior jerarquía y determinante ambiental para la elaboración y adopción de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), de conformidad con lo dispuesto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997 (Porras, 2021).

En este marco, y a partir de la información oficial disponible, se realizó una revisión de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) vigentes en el departamento de Antioquia. De acuerdo con la consulta efectuada en julio de 2025 en las páginas institucionales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)² y de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) CORNARE³, CORPOURABÁ⁴ y CORANTIOQUIA⁵, en el territorio departamental se identifican diecinueve (19) POMCA, los cuales se gestionan bajo esquemas de administración individual o compartida⁶ entre las CAR, en función de la delimitación hidrográfica de las cuencas y subzonas involucradas.

Los diecinueve (19) POMCA identificados corresponden a las siguientes cuencas:

- 1. Río Nare** – Administración individual: CORNARE.
- 2. Río Negro** – Administración individual: CORNARE.

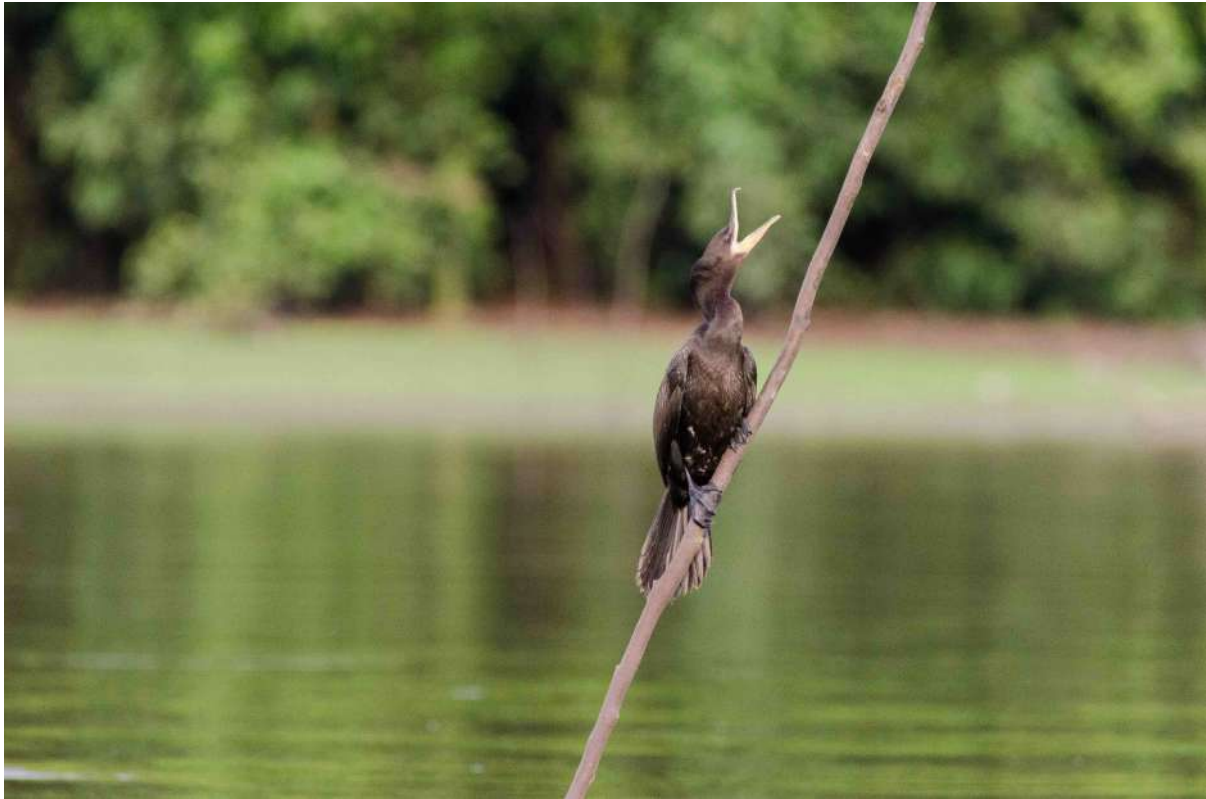
2. <https://portalsirh.minambiente.gov.co/planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-pomca/>

3. <https://www.cornare.gov.co/planes-de-ordenacion-y-manejo-de-cuencas-hidrograficas-pomcas/>

4. https://www.google.com/search?q=POMCAS+CORPOURAB%C3%81&sca_esv=

5. <https://cia.corantioquia.gov.co/cgi-bin/koha/opac-shelves.pl?op=view&shelfnumber=322&sortfield=itemcallnumber&direction=asc>

6. Nota metodológica. La administración compartida de algunos POMCA obedece a la extensión de las cuencas sobre la jurisdicción de dos o más Corporaciones Autónomas Regionales, lo cual exige la aplicación del principio de unidad de cuenca para garantizar una planificación y gestión integral del recurso hídrico. En estos casos, las CAR establecen mecanismos de coordinación interinstitucional para la definición concertada de la zonificación ambiental, el programa de medidas y la articulación con los instrumentos de planificación territorial de los municipios involucrados. Para efectos de este documento, cada POMCA se contabiliza una sola vez, independientemente del número de corporaciones que participan en su administración.

Figura 3. (*Nannopterum brasilianum*) Cormoran. Puerto Nariño, 2023

Fuente: obra donada por Lina Marín.

3. Río Cocorná y directos al Magdalena Medio (entre los ríos La Miel y Nare) –

Administración compartida: CORNARE / CORANTIOQUIA.

4. Río Aburrá – Administración compartida: CORNARE / CORANTIOQUIA.

5. Río Samaná Norte – Administración compartida: CORNARE / CORANTIOQUIA.

6. Río Guadalupe – Medio Porce – Administración compartida: CORNARE / CORANTIOQUIA.

7. Río Arma – Administración compartida: CORNARE / CORANTIOQUIA / CORPOCALDAS.

8. Río La Miel – Administración compartida: CORNARE / CORPOCALDAS.

9. Río Samaná Sur – Administración compartida: CORNARE / CORPOCALDAS.

10. Río Amagá – Administración individual: CORANTIOQUIA.

11. Río San Juan – Administración individual: CORANTIOQUIA.

12. Río Grande – Chico – Administración individual: CORANTIOQUIA.

13. Directos al río Cauca – río Aburrá – Administración individual: CORANTIOQUIA.

14. Directos al río Cauca – río Amoyá y quebrada Sinifaná – Administración individual: CORANTIOQUIA.

15. Directos al río Cauca entre los ríos San Juan e Ituango – Administración compartida: CORANTIOQUIA / CORPOURABÁ.

16. Río Sucio Alto – Administración individual: CORPOURABÁ.

17. Río Turbo – Currulao – Administración individual: CORPOURABÁ.

18. Río León – Administración individual: CORPOURABÁ.

19. Río Canalete, río Los Córdoba y otros arroyos directos al mar Caribe – Administración compartida: CORPOURABÁ / Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).

En coherencia con este marco de planificación ambiental y territorial, la gestión integral del recurso hídrico no se agota en los instrumentos de ordenación de cuenca, sino que se articula con los mecanismos operativos de administración, uso, aprovechamiento y control del agua, así como con la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado. En este nivel, las determinaciones definidas en los POMCA se materializan a través de permisos, concesiones, autorizaciones y obligaciones técnicas que recaen sobre los usuarios del recurso y, de manera particular, sobre las entidades públicas y privadas responsables de la provisión de agua potable y del saneamiento básico.

En este mismo nivel de concreción operativa, las empresas públicas o privadas que prestan el servicio de agua deben potabilizarla y formular planes de manejo y de gestión, para garantizar la prestación del servicio con provisión constante, en cantidad y calidad. Las que prestan el servicio de alcantarillado deben tratar las aguas, purificarlas y devolverlas, con una calidad óptima, a los ecosistemas de salida, a través de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Dentro de estas herramientas e instrumentos de administración identificados por el IDEAM (2021) se resaltan las concesiones de agua, la identificación de usuarios con captaciones y vertimientos, los permisos de vertimiento, las autorizaciones por ocupación de cauce, los planes de ordenamiento del recurso hídrico, los planes de saneamiento y manejo de vertimientos, la estimación de caudal ambiental y rondas hídricas, los procesos de reglamentación de usos y vertimientos y el monitoreo sistemático de los cuerpos de agua, los cuales operativizan las determinaciones de la planificación ambiental y permiten su aplicación efectiva en los territorios.

En este marco institucional, la formulación, administración y seguimiento de los programas y proyectos de agua potable y saneamiento básico corresponden al Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (Minvienda, 2021), cuya acción se estructura en dos grandes componentes:

Gestión y uso de agua potable para el consumo humano e industrial

El servicio de suministro de agua potable en Colombia es realizado por Empresas Prestadoras del Servicio Público (EPSP), que se estiman en unas 1.200, privadas y públicas, en todo el país. En el sector rural, la cobertura alcanza el 40%, a cargo de más de 10.000 acueductos de Organizaciones Comunitarias del Agua, como las Juntas Administradoras de Acueductos Veredales y Multiveredales, según aproximaciones reiteradas en los estudios de la Contraloría y la Superintendencia de Servicios Públicos (Correa, 2006), la cual es la responsable de vigilar, inspeccionar

y controlar la prestación de los servicios públicos domiciliarios.

Los Acueductos Comunitarios deben cumplir con las exigencias legales y normativas establecidas en los permisos, licencias y planes de manejo; y, entre estas exigencias, deben cumplir con la de tener un Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), que conlleve el uso racional del agua potable, en condiciones similares a cualquier empresa privada o estatal. Las EPSP prestan el servicio de acueducto en grandes centros urbanos y pequeños pueblos, con empresas municipales, contando con sus respectivos Planes de Gestión y de Acción; las Organizaciones Comunitarias del Agua atienden a la ruralidad periférica, la profunda, especialmente en veredas, pequeños centros poblados y corregimientos, además de barrios de poblaciones urbanas en donde no alcanza a prestar el servicio la EPSP oficial.

Según el MADS (2010), citado en Porras (2012), para el 2010 había registrados en Antioquia 1.693 Sistemas de Acueductos Veredales, que le prestaban cobertura a 255.253 usuarios residenciales. Entre estos sistemas, 534 (31.5 %) realizaban algún tipo de tratamiento al agua captada y solamente 197 (11.6 %) suministraban agua apta para el consumo humano (sin riesgo). Estos acueductos se han caracterizado por ser atomizados, estar dispersos, ser altamente informales y contar con infraestructuras de baja calidad y poca asistencia técnica, pero son los responsables del cuidado y protección de las microcuencas que surten sus acueductos y pequeños abastos. Sus áreas de influencia protectora aguas arriba de la toma de agua deben ser de varios cientos de miles de hectáreas en Antioquia, incluyendo los acueductos municipales y las áreas de los embalses de EPM.

Gestión del agua no potable en las actividades agropecuarias y en otros usos

Este otro gran componente de la gestión del agua para afrontar la amenaza de la sequía tiene su mayor exponente de uso y aprovechamiento en los Distritos o Sistemas de Riego, generalmente asociados a llanuras y valles con posibilidades de producciones agroindustriales mecanizables y áreas de praderas para ganadería, en tierras relacionadas con la gran propiedad. Colombia cuenta con una cobertura del 6 % de las 18,4 millones de hectáreas sujetas a irrigación, con un rezago considerable respecto a otros países de la región, y se buscaría alcanzar para el 2039 una cobertura del 10 %, con 744 mil hectáreas adicionales irrigadas, del área potencialmente apta para ser habilitada mediante riego planificado (Agronet, 2021); a través de iniciativas institucionales para dotación de infraestructura de riego de ladera o de montaña.

La política nacional está formulada desde el Plan Nacional de Riego y Drenaje 2020-2039, aprobada mediante Resolución 000311, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), cuyo objetivo general es "mejorar la productividad agropecuaria mediante la planificación priorizada de la inversión en riego tecnificado según criterios objetivos de toma de decisiones". Este Plan sería ejecutado por el MADR y la Agencia de Desarrollo Rural, y su seguimiento estaría a cargo de la Dirección de Ordenamiento Social de la Propiedad y Uso Productivo del Suelo, del MADR (MADR, 2020). Igualmente, existe el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina Familiar y Comunitaria, expedido y aprobado en la Resolución 20000091, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura, 2020).

La responsabilidad política de estos siste-

mas depende del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el compromiso administrativo sobre el regadío en Colombia recae sobre la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), que tiene las funciones de planificar y producir lineamientos e indicadores de carácter técnico, para la toma de decisiones sobre la Adecuación de Tierras (ADT), mientras que la Agencia de Desarrollo Rural (ADR) tiene las funciones en materia de ejecución de la política de ADT.

Existe, además, la política pública, vía resolución del MADR, para adoptar el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria, formulado en cumplimiento de lo establecido en el punto 1.3.1.2 del Acuerdo Final de Paz de 2018. Con este Plan se busca atender la pequeña propiedad y las producciones campesinas, reconociendo que el mayor fraccionamiento de la propiedad rural se da en las regiones montañosas con topografía de pendientes pronunciadas, que dificultan la mecanización, el acceso al agua y la implementación de sistemas de riego (Minagricultura, 2020).

Según el diagnóstico del Plan Nacional de Riego establecido en la Resolución 20000091 de 2020, en el Sistema para la Planificación Rural Agropecuaria (SIPRA) de la UPRA, se encuentran reportados 731 Distritos de Adecuación de Tierras, con referencia de su ubicación. De estos, el 95,1% (695) corresponden a infraestructura de pequeña escala, con 48.262 usuarios; 18 Distritos y 5.436 usuarios corresponden a mediana escala; y a gran escala, 18 Distritos y 35.420 usuarios. De acuerdo con la Agencia de Desarrollo Rural, gran parte de la infraestructura de los Distritos en operación se ha venido deteriorando por efecto del tiempo y un deficiente mantenimiento, y, en muchos casos, los canales han sido abiertos en tierra y son deficientes los instrumentos de medición para la distribución y consumo de agua.

Colombia cuenta con unos 25 Distritos de Riego públicos, que cubren 900.000 hectáreas de agricultura irrigada, ubicados en su mayor parte en el centro cálido, los valles del Magdalena, Cauca, Tolima, Sinú, San Jorge y el nordeste próximo a la frontera con Venezuela, a lo largo de la costa del Mar Caribe. Aproximadamente, el 90% de la superficie agrícola se riega mediante sistemas de riego por gravedad (Wikipedia, 2021).

Para marzo de 2017 y según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) —el anterior responsable institucional en esta materia—, los 18 Sistemas de Regadío de gran escala existentes, que beneficiaban 248.220 hectáreas, de 11 departamentos, estaban afectando el medioambiente, porque se desconocía la capacidad productiva de los suelos, el tipo de cultivos que les eran más apropiados y los impactos ambientales que genera cultivar sin hacer este análisis (El Tiempo, 2017).

Por su parte, Antioquia posee una gran economía campesina que realiza sus actividades tanto en zonas planas (Urabá, Magdalena Medio y Bajo Cauca) como en algunos altiplanos colinados y zonas de ladera (el mayor porcentaje de su territorio); que la UPRA ha calculado en 1.000.000 de ha, cuya actividad requiere, en muchos casos, proyectos para el desarrollo de infraestructura de adecuación de tierras. El desarrollo del trópico antioqueño debe acompañarse de una estrategia de este tipo, mediante la construcción de sistemas multipropósito, que permitan un almacenamiento y aprovechamiento del agua, de cara al futuro, con perspectiva de soberanía alimentaria y alta exigencia de cuidado y manejo ambiental (Arango & Bocanumenth, 1999).

En la región antioqueña, el viejo Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT)

daba cuenta de 22 Distritos de Riego de pequeña escala en operación, los cuales beneficiaban a cerca de 1.500 familias; a su vez, había 8 proyectos identificados y 10 en estudio (El Tiempo, 1998). Hoy día, en la Resolución 20000091 de 2020, esos Distritos se identifican como áreas potenciales para Adecuación de Tierras, con Agricultura Familiar Campesina, en proyectos de mediana y gran escala en Urabá -municipios de Turbo, Carepa, Apartadó y Chigorodó (Eje bananero de Urabá)- y en el Suroeste -municipios de Valparaíso, Támesis y La Pintada (cítricos y ganadería)-. Todos los que conocen dichos territorios están de acuerdo en que gran parte de estos no son propiedades de economías campesinas, ni de agriculturas familiares campesinas, ni de pequeños propietarios.

Los dos planes aprobados en el Plan Nacional de Riego y Drenaje, desafortunadamente, no contemplan los aprovechamientos múltiples de los territorios ni, mucho menos, los identifican y hacen planeamiento para atender situaciones extremas de sequía en el país y, en especial, de incendios forestales.

La gestión de los incendios forestales

En el país, los incendios forestales se gestionan dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo y Atención de Desastres, coordinado por la UNGRD, adjunta a la Presidencia de la República. Como apoyo operativo, se cuenta con la Fuerza Aérea y una pequeña flotilla de aeronaves cisternas. Para el caso de Antioquia, la entidad encargada es el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Antioquia (DAGRAN) y los Comités Municipales de Atención de Desastres. Todo municipio cuenta con un Plan Municipal de Gestión del Riesgo, pero estos planes tienen deficientes desarrollos de la gestión de las sequías, por lo que precisan

ajustes y mejoras en este sentido.

La Ley 1523 del 2012, "Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones", establece el instrumento legal para que cada entidad, según su competencia en materia de gestión del riesgo, adelante las acciones de prevención, preparación, respuesta y recuperación frente a los incendios forestales. Entre las entidades responsables se encuentran los Bomberos, quienes desarrollan su labor en materia de control y extinción de los incendios forestales cuando estos se presentan, conforme a lo estipulado en la Ley 1575 de 2012, "por medio de la cual se establece la Ley General de Bomberos de Colombia".

Según el reporte del Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) 2015-2019, anualmente, el promedio del número de hectáreas afectadas por los incendios forestales es de 105.477,9 ha (citado en Contraloría General de la República & Contraloría Delegada Medio Ambiente, 2020). Según la Dirección Nacional de Bomberos de Colombia (2020), los incendios reportados y atendidos en 2020 fueron 7.395, para 30 departamentos y 561 municipios afectados, casi duplicando las cifras de 2019. Antioquia fue el departamento con mayor número de eventos, para un total de 749.

En general, las instituciones, los funcionarios y los equipos de trabajo de las unidades de gestión de riesgo municipales y los cuerpos de bomberos de la mayor parte de los municipios de Antioquia no cuentan con capacitación, equipos y herramientas adecuadas; y menos aún con grupos especializados en la gestión preventiva, en el con-

trol y extinción de incendios forestales.

Las sequías y el desabastecimiento de agua

Enfrentamos un problema mayúsculo frente al riesgo de las sequías extremas y sus incrementos de frecuencia, ligados al cambio climático y a la reiteración de los fenómenos del Niño, con sus olas de calor y ausencia de lluvias; con el subsecuente desabastecimiento de agua para consumo humano, agropecuario y de otros tipos; con periodos críticos y presencia generalizada de incendios forestales, a los cuales debe prestarse la mayor atención, desde el Estado y el sector social.

Según el Estudio Nacional del Agua, la oferta hídrica colombiana, en condiciones normales, no se distribuye de manera equitativa. No todos tienen acceso al agua. De acuerdo con las cifras, hay 350 municipios en el país que no poseen agua potable y cerca 500 enfrentan en las áreas urbanas problemas de continuidad en la oferta residencial del líquido. Ellos podrían ser los primeros golpeados por las condiciones iniciales de una sequía (IDEAM, 2018). Por otra parte, el Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) reportó, para el período 1987 – 2007, que, por la sequía, se habían afectado 113 acueductos y, en 95 casos, el acueducto y la población fueron afectados de forma simultánea; también, que más del 80% de las cabeceras municipales se abastecen de fuentes pequeñas (arroyos, quebradas, riachuelos), con bajas condiciones de regulación y alta vulnerabilidad (Minambiente, 2010).

El riesgo de no contar con agua suficiente y de calidad en amplias regiones de Antioquia, además de estar asociado a la presencia de ecosistemas secos o al manejo inadecuado del recurso hídrico en zonas húmedas, se relaciona con la ausencia de diseño y cons-

trucción de infraestructuras para el almacenamiento, la provisión y la disposición del agua; la pérdida y el manejo inadecuado de las zonas de infiltración y los nacimientos de agua en áreas de alta montaña; el deterioro y la eliminación de la vegetación protectora y reguladora de las zonas altas, lo que reduce la recarga de los acuíferos; el manejo inadecuado de los sistemas productivos agropecuarios de montaña; los usos conflictivos del suelo; la aplicación inapropiada de insumos agroquímicos asociados a actividades ganaderas y agrícolas; las prácticas mineras sin control ambiental; y la existencia de sistemas de tratamiento deficientes o inexistentes, entre otros factores. Para Antioquia, trece (13) municipios presentaron una proyección entre media y alta del Índice de Escasez de Disponibilidad de Agua para el año 2015, en condición de año seco, cifra que asciende a veintiuno (21) municipios en el caso de las cabeceras municipales, según el Estudio Nacional del Agua (ENA)(IDEAM, 2018).

En veranos más frecuentes, con un Fenómeno del Niño moderado y fuerte en Colombia, se han evidenciado municipios y zonas con déficit de agua crítico para consumo humano. Con manifestaciones un poco más extremas y sucesivas, serán más grandes las zonas que verán afectadas todas sus actividades sociales y productivas, implicando alteraciones graves, y grandes pérdidas y costos económicos para la sociedad.

Ya existe información, con identificación y proyección cartográfica, de las zonas deficitarias de agua en Colombia y en Antioquia, a medida que se incrementa la temperatura en el planeta, y, por tanto, de las zonas de mayor prioridad de gestión del agua ante oleadas de calor, temporadas largas de verano y sequías prolongadas. En veranos pasados, distintos departamentos del país han tenido reducciones altas de sus disponibilidades de agua para sus acueductos y gran una cantidad de

municipios han sufrido racionamientos por carencia del líquido. También es cierto que la presencia de lluvias locales y sectorizadas en tiempos de veranos prolongados atenúan y hacen menos dramáticos los efectos de la sequía en los territorios.

La gravedad de las sequías en Colombia y Antioquia ha sido atenuada y minimizada por la capacidad de reserva de agua en los embalses de Empresas Públicas de Medellín (EPM) y los sistemas de provisión de agua potable que surten y atienden el Valle de Aburrá, así como por medidas restrictivas y de manejo, aplicadas en la emergencia desde los municipios, lo que ha permitido sortear y superar las temporadas secas de manera natural, por el retorno y presencia de las lluvias. Aun así, se han prendido las alarmas por bajísimos niveles de agua en muchos embalses, si bien la amenaza del racionamiento energético ha sido evitada en distintos momentos en el país.

Lo más grave de la ineficiente gestión de las sequías es que se toman medidas institucionales de última hora, de tipo coercitivo y de racionalización en el consumo del agua, sin ningún tipo de preparación y concientización argumentada a la población, sin inversiones y acciones preventivas en las temporadas previas al fenómeno; solo como acciones de choque de última hora, con las que se convoca a acciones individuales para el consumo responsable, sin tocar el tema de la gestión anticipada, con recursos de inversión común, colaborativa y responsable, desde el Estado, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil, con lo cual se podría generar la denominada gobernanza del agua y la prevención y adaptación ante las sequías advertidas.

Los problemas asociados a la deficiente gestión y uso del agua, aunados a una cultura del agua inexistente en la población, que

llevan al mal manejo del líquido vital, con mala calidad y cantidad, incrementan los impactos de la sequía, a medida que se afectan o intervienen inadecuadamente otras variables o, simplemente, por la inacción, lo cual requiere, de por sí, una detallada política pública nacional y departamental que logre llegar hasta los municipios, resguardos y consejos comunitarios, así como a las distintas figuras asociativas del Estado.

Identificados en grandes grupos, estos problemas son los siguientes:

- Deficiente planeación del recurso hídrico para enfrentar sequías extremas; falta de inclusión del tema de sequías en los Planes de Gestión del Riesgo Municipal y Departamental; deficiente e inexistente ordenación y manejo de los bosques, de las fincas y agroecosistemas, para asegurar provisiones de agua estables para las principales actividades domésticas y productivas, y el control de incendios forestales.
- Desarticulación y falta de integración entre entidades territoriales, empresariales y comunitarias que gestionan territorios y el agua; falta de instrumentos normativos de planeación que constituyan un plan de acción unificado y unas inversiones complementarias, que conlleven la intervención territorial integral y el diseño y construcción de infraestructura de riego, con usos múltiples, incluido el control de incendios forestales y la acuicultura, en épocas normales.
- Inexistentes o inoperantes sistemas financieros y fuentes de financiación para implementar los planes de emergencia y contingencia ante sequías, por parte de instituciones y empresas prestadoras del servicio de agua potable; deficiente asignación de recursos desde el Plan Departamental de Desarrollo y los municipales, y

Figura 4. (*Podocnemis* sp.) Lago Tarapoto, 2023



Fuente: obra donada por Lina Marín.

desde el Plan Departamental del Agua y las Empresas de Servicios Públicos, para la acción conjunta y la materialización de proyectos destinados a la prevención y mitigación de sequías, y al desarrollo de instrumentos como los Pagos por Servicios Ambientales (PSA).

- Ausencia de formación ciudadana en la prevención, manejo y participación en el control de incendios forestales y la gestión integral del recurso hídrico en sus territorios. Deficientes presupuestos, capacitación, dotación y constitución de grupos especializados en el control y extinción de incendios forestales.

Así las cosas, vendrán los próximos veranos, los próximos Fenómenos del Niño extremos, se conformarán escenarios propicios

para sequías prolongadas y todo esto nos puede tomar por sorpresa, sin haber actuado anticipadamente en la prevención y mitigación del riesgo y el control de los padecimientos que la ausencia del agua implica en los territorios más vulnerables.

Efectos e impactos de la sequía

En este apartado se hace referencia a las manifestaciones directas e indirectas generadas por la poca o nula disponibilidad de agua en un determinado territorio, por fenómenos meteorológicos de ausencia de lluvias:

- Insostenibilidad territorial, social y familiar, que impide obtener los mínimos vitales necesarios de agua, alimentos, producciones e ingresos económicos; lo que propicia

migraciones, obliga a abandonar territorios y destruye culturas.

- Crisis económicas, sociales y políticas que generan ingobernabilidad, colapsos gubernamentales, y movilizaciones políticas y geopolíticas repentinas.
- Destrucción de entramados sociales y organizacionales relacionados con las culturas campesinas en la ruralidad, causando pérdida de diversidad social y cultural campesina, y de conocimiento adaptativo a los territorios.
- Baja disponibilidad del líquido vital para sustentar todas las actividades productivas, personales y sociales, de servicios y empresariales; lo que genera crisis, ralentización y parálisis socioeconómica paulatina y agónica de los territorios.
- Deficiencia o incapacidad para prestar el servicio de agua potable por parte de las empresas de servicios públicos de acueducto, veredales, municipales o regionales.
- Presencia y aumento de incendios forestales y quemados de materiales biológicos secos, los cuales generan pérdida de los recursos boscosos; incremento de la deforestación; disminución de la diversidad de fauna y flora del bosque; debilitamiento de la vegetación, predisponiéndola al ataque de plagas y enfermedades; exposición del suelo a la erosión por lluvias; y efectos sobre el aire inmediato, con disminución de la visibilidad, dificultando el transporte terrestre y aéreo. Además, el humo y las partículas incandescentes producto de los incendios forestales generan sobrecalentamiento del aire, contribuyendo a la contaminación (Minambiente, 2021).
- Afecciones en la salud comunitaria y de poblaciones urbanas y periurbanas, con

enfermedades respiratorias y pulmonares, por humos y material particulado en el aire; además de afectaciones de piel por resequeces, muy lesivas y crónicas, dadas las altas temperaturas y las dificultades de aseo y limpieza. Todo esto, a causa de la falta de lluvias, que hace que las partículas de contaminación procedentes de los incendios forestales y quemados de material vegetal, y de los tubos de escape de los autos, se acumulen en la atmósfera de las grandes ciudades, altiplanos y cañones, especialmente en el Valle de Aburrá.

- Carencia del líquido vital para los seres vivos, improductividad, carencia de alimentos, inseguridad y pérdida de soberanía alimentaria. Los principales cultivos afectados son los transitorios, de corto ciclo de vida, como las hortalizas, básicas en las dietas y consumos familiares.
- Reducción del número de semillas y de especies presentes en el suelo, en razón de las sequías ocasionadas por el cambio climático. Esto significa que, en caso de sufrir eventos climáticos devastadores, las semillas no restituirán la vegetación adulta, lo cual es alarmante, teniendo en cuenta que "estos bancos son reservorios de biodiversidad que mantienen el equilibrio en los ecosistemas" (Vargas, 2018).
- Pérdida de cultivos alimenticios y plantas forrajeras. Esta pérdida de cosechas trae muerte de animales por falta de alimentos y de plantas por carencia de agua y estrés hídrico, lo que, a su vez, genera desabastecimiento alimentario, pérdida de ingresos de los agricultores, quiebras, carestía y especulaciones con los alimentos, desesperanza y fenómenos de migración masiva.
- Como un proceso acumulado y progresivo, se presenta mayor aridez de los terre-

nos, desertificación, erosión de suelos, pérdida de biodiversidad de fauna y microbiología del suelo.

- Ruptura drástica de las cadenas de producción y aprovisionamiento de alimentos, tanto para autoconsumo como para abastecimiento a centros poblados, generando inseguridad y pérdida de soberanía alimentaria.
- Desecación de embalses de agua para producción hidroenergética, provisión de agua para consumo humano y riego en actividades agropecuarias, lo que conlleva a reducciones drásticas de producción hidroenergética y racionamientos eléctricos y de agua potable.

Las zonas secas de Antioquia y áreas deficitarias por no disponibilidad de agua

Estas corresponden a áreas deficitarias de agua, zonas secas o de baja pluviosidad del departamento, identificadas como ecosistemas o Zonas de Vida de bosque seco tropical (bs-T), las cuales se asocian a las cuencas medias y bajas de los cañones del río Cauca, incluido el río Sucio en la subregión de occidente, y el río Arma en el suroriente; al río San Juan en el suroeste; al norte de Urabá, desde Necoclí hasta Arboletes; y a las cuencas de los ríos Mulatos y San Juan, hasta los límites con el departamento de Córdoba, en el sistema colinado del Caribe colombiano.

El déficit de agua se complica y agudiza en territorios de montaña y áreas bajas de Antioquia, que tienen inexistentes o deficientes sistemas de agua potable y provisión segura del líquido, y en los cuales mutará el régimen hídrico como efecto del cambio climático. Paradójicamente, muchas zonas húmedas de la ruralidad dispersa del departamento no cuentan con sistemas de captación ni de

disponibilidad de agua, y no la tienen potable, como sucede en la alta montaña y los valles del Atrato, el Darién (con el río León), el Bajo Cauca y el Magdalena Medio.

El 61% de la población antioqueña está ubicada en el Valle de Aburrá, con 4.055.296 habitantes (Medellín Cómo Vamos, 2020). El valle es un espacio geográfico encerrado entre montañas, que ya ha demostrado una dependencia del 100% de las aguas de las subregiones vecinas, Norte y Oriente, y que, además, recibe efectos de alta contaminación en tiempos de sequía, especialmente por incendios forestales, quemadas de material orgánico residual y partículas de polvo sahariano, en algunas épocas del año.

El Oriente del departamento tenía una población de 590.858 habitantes en 2017, de acuerdo con registros oficiales de ese año. Según datos más recientes, la población de esta subregión supera los 725.000 habitantes, reflejando un crecimiento demográfico sostenido en las últimas décadas, especialmente en el Altiplano o Valle de San Nicolás, que reúne a varios de los municipios de mayor dinamismo poblacional del territorio. En este valle, conformado por ocho municipios (Rionegro, Guarne, El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Marinilla, La Ceja y San Vicente Ferrer), la concentración urbana y los procesos de expansión han influido en la presión sobre el recurso hídrico y los servicios. Para 2019, el Altiplano concentraba cerca del 70 % de la población regional, con unos 360.054 habitantes (Cámara de Comercio de Medellín, 2019). Esta zona, estratégica para el desarrollo de Antioquia, presenta una alta presión sobre las fuentes de agua, y durante los periodos secos los niveles en muchas quebradas y afluentes del río Negro se tornan críticos. El uso intensivo del agua para actividades humanas puede generar afectaciones a los ecosistemas acuáticos cuando la demanda supera la oferta hídrica

disponible, comprometiendo así los caudales ambientales, tal como lo señala el Consorcio POMCA (2016), citado en CORNARE (2018).

Lo que suceda con las cuencas aportantes, la proyección y gestión de las empresas públicas municipales y las EPM de Medellín, con sus represas mixtas de producción de energía y abastecimiento de agua, será decisivo en el manejo de las sequías, para el 61% de la población antioqueña, sobre todo en Occidente, Urabá, Oriente y Valle de Aburrá; de ello dependerá la provisión de agua para la población, para las zonas verdes urbanas, para el control de incendios forestales y la producción agropecuaria.

Durante los periodos prolongados de verano, se incrementa de manera significativa el riesgo de sequía y, en consecuencia, la ocurrencia de incendios forestales, lo que expone a diversos ecosistemas del departamento de Antioquia a condiciones de alta vulnerabilidad. Entre los más afectados se encuentran los bosques naturales, las plantaciones forestales, los pastizales y los rastrojos, así como ecosistemas sensibles como los bosques bajos y anegados, incluidos los del bajo Atrato en la región del Darién, los cuales pueden verse impactados tanto por incendios provocados como por eventos espontáneos asociados a condiciones extremas de sequedad.

Estas dinámicas, propias de los periodos secos, también representan un riesgo para las actividades productivas agroforestales y agrícolas, en particular para los sistemas de monocultivo permanente y de alta densidad, como los de la zona cafetera, la zona bananera y platanera, y los cultivos de caña panelera, aguacate, palma de aceite y frutales (mango y cítricos), así como para los rodales madereros, afectando la productividad, la estabilidad de los suelos y la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Así, se evidencia que fácilmente todo el departamento de Antioquia podría estar afectado por un fenómeno de sequía de gran intensidad y duración, tocando con fuerza los grandes conglomerados humanos del Valle de Aburrá, el Valle de San Nicolás, el cañón del río Cauca en el Occidente y el Urabá, los grandes territorios que concentran las principales actividades económicas y sociales del departamento, para una población aproximada de 5'000.000 de habitantes, el 70 % del departamento.

Medidas para adaptarnos a las sequías y al cambio climático

Para Augusto Ángel-Maya (2013), la cultura es una estrategia adaptativa, que, en últimas, permite a un conglomerado social adoptar y reconocerse en unas maneras de ser, entender y hacer en sus territorios, de acuerdo con la naturaleza, para vivir y proyectarse en el tiempo. De acuerdo con esta perspectiva, es necesario trabajar desde la dimensión cultural todas las propuestas de atención y gestión de las sequías; y preparar tanto la institucionalidad como la ciudadanía, en correspondencia con el cambio climático, las variabilidades que ha venido teniendo el clima local y regional, debido al Fenómeno del Niño, y las proyecciones metodológicas recomendadas para la gestión y atención a desastres dadas por el marco de SENDAI, con énfasis en la adaptación y la prevención.

Tanto la alta dirigencia como los decisores políticos e institucionales requieren entender el fenómeno de la sequía, para adoptar políticas públicas y desarrollar acciones con las comunidades (gobernanza), especialmente las campesinas, en pos de definir prácticas y comportamientos socioculturales de cuidado y protección permanente del agua. Esto permitiría tener una disponibilidad regular del líquido vital y una permanencia más larga del acopio, manejo y racionalización del mismo; de este modo, sería posible un goce efectivo

Figura 5. (*Steno bredanensis*) Delfín dientes rugosos. Bahía Solano, 2022



Fuente: obra donada por Lina Marín.

de derechos, con equidad entre los conciudadanos y suscriptores; así como la minimización de las acciones de pérdida y destrucción, gracias a la opción por prácticas de uso y re-uso, purificación y reutilización permanentes, ajustadas a los territorios y entornos socioculturales.

Posibles intervenciones de atención y solución

- Planeación: revisión, ajuste e integración de los instrumentos de planificación, en función de la gestión de sequías; y creación de instancias municipales, supramunicipales, regionales y departamentales, con diversidad de participaciones, con partidas presupuestales progresivas y ciertas, que puedan ser coordinadas e integradas en la

gestión preventiva y curativa de la gran sequía, en el marco de los grandes proyectos regionales de obras, formación, capacitación y seguimiento.

- Dirección y operación: el departamento de Antioquia debe generar una planificación detallada e integradora de lo existente, en coordinación con el DAGRAN, para la operatividad y puesta en marcha de lo planeado. Debe crear un Comité Interinstitucional, con participación social, para la coordinación integral de la intervención; debe abrir, revisar y ajustar el capítulo de Sequías, del Plan Departamental de Agua, y promover y asegurarse de las partidas presupuestales necesarias para operar y sacar adelante las tareas definidas, como la de cofinanciar proyectos zonales y subregionales de

prevención y tratamiento de la sequía. Igualmente, debe establecer, en esta tarea, unas alianzas significativas con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá -AMVA- y con las provincias y asociaciones de municipios.

- Financiación: las CAR; la Gobernación, con la Gerencia de Servicios Públicos y el Plan Departamental del Agua; EPM, ISA E ISAGEN; las centrales -grandes y pequeñas- generadoras de hidroenergía; y los megaproyectos mineros y empresariales medianos y grandes en la ruralidad, deben liderar mesas de trabajo zonales, priorizar acciones, asignar recursos de cofinanciación generosos, y convocar concursos supramunicipales y municipales de prevención y mitigación de desastres; suscitando la creatividad y el ingenio local y regional, para hacerle frente a las sequías que vendrán.

Los requerimientos de estudios, diseños y formulaciones de los planes departamentales y regionales o zonales de prevención y atención del riesgo de desastres, debidos a las sequías y los ajustes a los planes municipales de prevención y atención de desastres y sus implementaciones, pueden ser financiados por el Sistema General de Regalías, por las propuestas y convocatorias del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, y por las universidades públicas y sus sistemas de investigación y cofinanciación, a través de sus bancos de proyectos universitarios.

Medidas de prevención

Son todas aquellas actividades, acciones, obras, disposiciones institucionales, etc., que conlleven la preparación anticipada de la sociedad para prevenir y afrontar con éxito el fenómeno de la sequía y sus dos expresiones más grandes y dañinas: la carencia de agua y

los incendios forestales; con el fin de garantizar los derechos fundamentales relacionados con el agua como derecho vital, los derechos campesinos para los pobladores rurales, los derechos de la naturaleza y el derecho a la alimentación, entre otros. Dichas medidas deberían abordar, como mínimo, las orientaciones de política públicas, planeación, capacitación, formulación de proyectos e identificación financiera de inversión; y podrían ser, en grandes trazos, las siguientes:

1. Impulsar y materializar las conclusiones de la evaluación del Programa Nacional de Prevención, Control y Extinción de Incendios Forestales y Rehabilitación de Áreas Afectadas (Contraloría General de la República, 2020):

- Avanzar en la adaptación al cambio climático, mantener los paisajes naturales y culturales saludables, resilientes y seguros para las próximas generaciones; aumentando y mejorando la capacidad de respuesta de las instituciones a los incendios forestales.
- Trabajar en los cambios culturales basados en la comprensión del fuego, los cambios institucionales a nivel normativo y en los programas de las diferentes organizaciones que se dedican al manejo de incendios, pasando de un manejo basado solo en la supresión a un manejo integral del fuego.
- Incluir al campesinado, los indígenas y afrocolombianos en el uso y manejo del fuego.
- Orientar estudios e investigaciones para que retroalimenten la acción de las autoridades administrativas que realizan la intervención pública en la prevención, control y restauración de áreas afectadas por incendios.

- Construir con calidad los protocolos de restauración y recuperación de ecosistemas afectados por incendios forestales en Colombia.
- Apropiar y asignar recursos financieros suficientes para la prevención de incendios forestales, tanto por parte de las entidades del PGN como a través de recursos propios de las CAR; esto, con una eficiente ejecución, que propicie la coordinación interinstitucional y la educación e información de la población para prevenir los incendios forestales, así como la identificación de las entidades responsables de las estrategias y líneas de acción propuestas.

2. Crear y formular políticas públicas, a través de Ordenanzas, Acuerdos Municipales, Decretos, Resoluciones y otros Actos Administrativos, así como planes y programas específicos y de detalle, con carácter participativo, para afrontar las sequías en los entes territoriales y desde las empresas que prestan los servicios públicos de agua -regionales, municipales, veredales y comunitarias-; para garantizar la disponibilidad y el acceso a agua potable y no tratada, 1. en el marco de SENDAI y de la metodología de gestión del riesgo.

3. Articular todos los instrumentos de planeación existentes, tanto a nivel nacional, departamental como regional y municipal, para promover la Cultura del Agua, con énfasis en la coordinación de inversiones preventivas y de atención a las sequías que vendrán, buscando garantizar el derecho al agua y al mínimo vital en tiempos de sequía.

Estos instrumentos incluyen, entre otros: Planes de Ordenamiento Territoriales; Planes de Desarrollo Departamentales y Municipales; Planes de Vida y de Etnodesarrollo; Planes de Ordenamientos de Cuencas;

Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico; Planes de Atención y Prevención de Desastres; Planes Departamentales del Agua; Planes Regionales y Provinciales; Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET); Planes de Ordenamiento Territorial Agropecuario (POTA); Planes Integrales de Desarrollo Agropecuario y Rural con Enfoque Territorial (PIDARET); Planes Estratégicos y de Acción Metropolitanos; Planes de Gestión Ambiental Regional (PGAR) y de Acción de las CAR; Planes de Acción de las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos; Planes de Manejo Ambiental (PMA); el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA); Ley 373 de 1997 modificada por la Ley 812 de 2003; Planes de Inversión de las entidades públicas y Empresas de Servicios Públicos; Planes de Ordenación Forestal; Pacto por los Bosques de Antioquia y su Plan de Acción; agendas y planes empresariales del sector privado; Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; y los Planes Estratégicos Institucionales, de gestión e investigación de las universidades públicas y privadas.

Así mismo, en concordancia con los planes de acción, manejo y prevención de impactos adversos de la sequía, se requiere ajustar y mejorar los planes de educación ambiental departamental y municipales, para contextualizar la Política Nacional de Educación Ambiental, el Plan Departamental de Educación Ambiental y los programas de Educación Ambiental.

4. Crear la base institucional y social coordinada que permita hacer la gestión y el seguimiento a las estrategias y planes de acción institucionales individuales y de conjunto, para la atención de las sequías en el departamento; con independencia y autonomía para gestionar los propios compromisos y, a la vez, con apoyo del Sistema Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres. Esto supone la identificación de la base social

organizada e institucional, para crear la Red Departamental de Lucha contra la Sequía y responder a los retos y compromisos establecidos en los planes, programas y proyectos, en el corto, mediano y largo plazo.

5. Capacitar a la ciudadanía para la cultura del cuidado del agua y la prevención de desastres por sequía, desde el Consejo Departamental Ambiental (CODEAM), y los Comités Interinstitucionales de Educación Ambiental (CIDEA) departamental y los municipales (CIDEAM); articulados con el Sistema de Prevención y Atención de Desastres, para orientar los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y los Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (PROCEDAS), orientados a la cultura de prevención y manejo de los territorios, con los pobladores locales, en tiempos de sequía.

Conclusiones

- El país y el departamento de Antioquia se encuentran ante un escenario de aumento de la frecuencia de las sequías meteorológicas y agrícolas por cambio climático, aunado al fenómeno del Niño, y es altamente probable que en los próximos años se incrementen sus intensidades e impactos en muchos territorios, debido a la confluencia de factores que las agravarían.

- Prepararse requiere ajustar y mejorar la capacidad institucional del Estado para anticiparse y responder a las sequías que vendrán, lo que lo obliga a planificar y avanzar más rápidamente en las políticas y estrategias públicas de corto, mediano y largo plazo, para ser más resilientes y poder enfrentar, fortaleciendo las capacidades locales, los impactos de la variabilidad climática, especialmente la gestión de las sequías.

- Existe una deficiente preparación social, cultural y material para afrontar las sequías.

Las condiciones de preparación anticipada y de respuesta son marginales y están más dadas desde la cobertura de otros servicios y atenciones que desde un sistema funcional y operativo de prevención y adaptación a las sequías.

- Debemos crear una conciencia y unas prácticas colectivas que nos conviertan en una sociedad acuicultora, gestora del agua, resistente y resiliente a las sequías.

- La participación ciudadana, a través de las organizaciones civiles, así como las capacidades institucionales estatales y sociales, requieren fortalecerse, precisarse y concertarse democráticamente para garantizar una gobernanza efectiva del agua y una gestión integral de las sequías en el departamento de Antioquia y en el país, orientada a la reducción de impactos sociales, ambientales y productivos.

- La Planeación, el Ordenamiento Territorial, las empresas prestadoras del servicio de agua potable, los acueductos comunitarios, la ciudadanía y los operadores en gestión y atención de desastres son sustanciales para las acciones de prevención y atención de las sequías, y para garantizar la gobernanza de las sequías en Antioquia y en Colombia, asegurando los derechos de la población y la naturaleza.

- Se deben desplegar, desde ya, las capacidades, ingenio y creatividades del Estado, de las universidades públicas y privadas, de las personas y organizaciones en general, para asegurar la disponibilidad de recursos suficientes y oportunos requeridos para el cuidado del agua, el uso de tecnologías, la prevención y control ante las sequías y los incendios forestales, como un paso necesari-

rio en la sobrevivencia de familias, comunidades y territorios en el departamento de Antioquia.

- Los diseños y construcciones de sistemas de acueducto y de riego deben ser intencionados como equipamientos multifuncionales y poliproductivos. Es decir, primero, deben ser priorizados para la provisión de agua para consumo humano, pero, a la vez, para control de incendios forestales y cuidado de áreas verdes públicas; y segundo, con aprovechamientos varios, desde la acuicultura y sostenimiento de las producciones agropecuarias.

- Es necesario revisar y ajustar el sistema departamental y los municipales de Gestión del Riesgo y de Desastres, de cara a las próximas sequías, y la batería instrumental de planificación departamental, para afinar y redimensionar las estrategias, los planes, programas y actividades ante las sequías; además, debe darse prelación a las atenciones locales, veredales y municipales, y a sus coordinaciones y articulaciones zonales, regionales y en todo el departamento.

- El logro de los objetivos de sostenibilidad territorial, gobernanza, soberanía alimentaria, acceso a la salud, materialización de los derechos humanos y de las comunidades campesinas, y el buen vivir de las comunidades rurales y urbanas, debe considerar la adecuada "gestión del riesgo de sequías", la gestión y provisión permanente del agua, el cuidado del suelo, la biodiversidad y el control de incendios de material vegetal en municipios y regiones del departamento de Antioquia, con énfasis en los territorios y poblaciones más vulnerables.

¡Las sequías extremas también son parte de nuestro futuro!

Bibliografía

ACNUR Comité España (2019, marzo). Las cuatro peores sequías de los últimos años. https://eacnur.org/blog/cuatro-peores-sequias-ultimos-anos-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/.

Agronet (2021, febrero 26). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, oficializó el Plan Nacional de Riego a 20 años. <https://cutt.ly/vDSPgR9>.

Ángel-Maya, Augusto (2013). El Reto de la Vida. Ecosistema y Cultura. Una Introducción al Estudio del Medio Ambiente. Eco-fondo. https://rds.org.co/apc-aa-files/-ba03645a7c069b5ed406f13122a61c07/el_reto_de_la_vida.pdf.

Arango, Julio & Bocanumenth, Álvaro (1999). La adecuación de tierras en el departamento de Antioquia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 52(1), 395-424. <https://cutt.ly/ZDEWB8G>.

Banco Mundial (2017). Promedio detallado de precipitaciones (mm anuales). <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.L-ND.PRPC.MM>.

Cámara de Comercio de Medellín (2019). Perfiles socioeconómicos de las subregiones de Antioquia. Informes Regionales Oriente 2019. <https://www.camaramedellin.com.co/biblioteca/perfiles-subregionales-informes-y-presentaciones>.

CNN En español (2021). La histórica sequía en el oeste de Estados Unidos en 3 mapas. <https://cnn.espanol.cnn.com/2021/07/29/historica-sequia-oes>

- te-estados-unidos-3-mapas-trax/.
- Contraloría General de la República & Contraloría Delegada Medio Ambiente (2020). *Estudio sectorial - Evaluación del Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas -PNPCIFRAA- años 2015-2019*. <https://cutt.ly/0DEEsLW>.
- CORNARE (2018). Plan de Manejo (PM) del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Cerros de San Nicolás. <https://cutt.ly/4DSPLfg>.
- Correa, Hernán Darío (2006). Acueductos comunitarios, patrimonio público y movimientos sociales. <https://www.corpenca.org/images/stories/documentos/acueductos-comunitariospatrimoniopublicomovimientossociales.pdf>
- Dirección Nacional de Bomberos de Colombia (2020). Reporte de incendios de cobertura vegetal, enero 1 al 20 de noviembre de 2020. Presentación en PowerPoint. <https://dnbc.gov.co/sites/default/files/2020-11/DNBC-Incendios%20forestales%202020-11-20.pdf>.
- El Tiempo (1998, febrero 18). Nuevo Distrito de Riego en Antioquia. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-790010>.
- El Tiempo (2016). La peor sequía en casi dos décadas sacude a Colombia. https://elpais.com/internacional/2016/01/11/colombia/1452545517_823579.html.
- El Tiempo (2017, marzo 18). Distritos de riego no conocen la capacidad productiva de sus suelos. <https://cutt.ly/aDEWmLN>.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC (2013). Glosario. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC (2014). Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen Técnico. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGI-AR5-IntegrationBrochure_es.pdf.
- Hurtado, Gonzalo (2012). Sequía meteorológica y sequía agrícola en Colombia: incidencia y tendencias. <https://cutt.ly/XD-SARbt>.
- IDEAM (2005). Manual de Capacitación y Guía Operacional para la formulación de Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021381/PlanesdeGestion.pdf>.
- IDEAM (2006). La Sequía en Colombia. Documento técnico de respaldo a la información en la página web del IDEAM. <https://cutt.ly/uDDeuce>.
- IDEAM (2017). Atlas climatológico de Colombia. IDEAM. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023777/023777.html>.
- IDEAM (2018). Estudio Nacional del Agua. <http://www.ideam.gov.co/docu>

- ments/14691/16404/ENA+cuadros.pdf/9741632b-0e3d-42c8-9ce7-197c0c593b37.
- IDEAM (2021). Administración del Recurso Hídrico en Colombia. En: Observatorio Colombiano de la Gobernanza del Agua. <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/instrumentos-de-planificacion-y-administracion-del-recurso-hidrico>.
- Marcos, Laura (2020, junio 8). Un modelo climático muestra que las peores sequías están por llegar. Muy interesante. <https://cutt.ly/aDEn9Bs>.
- Medellín cómo vamos (2020). Población Proyectada. (<https://www.medellincomovamos.org/node/18687>).
- Mejía, Freddy; Mesa, Óscar; Poveda, Germán; Vélez, Jaime; Hoyos, Carlos; Mantilla, Ricardo; Barco, Janet; Cuartas, Adriana; Montoya, María & Botero, Blanca (1999). Distribución espacial y ciclos anual y semianual de la precipitación en Colombia. DYNA, 127, 7-24. <https://cutt.ly/hDEbM8j>.
- Melo, Sioux; Rivero, Leidy; Romero, Germán; Álvarez, Andrés; Giraldo, Carolina; Calderón, Silvia (2017, noviembre 29). Efectos económicos de futuras sequías en Colombia: Estimación a partir del Fenómeno El Niño 2015. Documento 466. <https://cutt.ly/JDE-TVni>.
- Minagricultura (2020). Resolución 20000091. Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria. <https://cutt.ly/eDSSseK>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR (2020). Resolución 000311 de 2020. Plan Nacional de Riego y Drenaje. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000311%20DE%202020.pdf>.
- Minambiente (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010-2022). <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico/>.
- Minambiente (2021). Incendios Forestales. <https://cutt.ly/rDSDDuD>.
- Minvivienda (2021). Funciones Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico>.
- Mora, Adriana (2017). Derecho al agua y buen vivir: desafíos para un buen gobierno. <https://www.corteidh.or.cr/tarblas/r37732.pdf>.
- ONU (2015). MARCO DE SENDAI para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf.
- Pabón, José Daniel & Alarcón-Hincapié, Juan. (2016). The effects of climate change on arid and semi-arid areas of Colombia. InterCarto. InterGIS, 1(22), 56-62. <http://intercarto.msu.ru/jour/article.php?articleId=241>.
- Porras, Hernán (2012). Boletín temático. Anuario Estadístico de Antioquia 2011. "Medio Ambiente". Antioquia: Aguas sustentando la vida. <https://www.yumpu.->

com/es/document/read/31529941/boleta-n-tematico-Gobernacion-de-Antioquia.

Porras, Hernán (2021). Los POMCAS y retos a futuro. <https://viva.org.co/cajavirtual/svc0754/articulo05.html>.

Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC (s.f.). Oferta del Agua. <http://www.siac.gov.co/web/siac/ofertaa-gua>.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD (2016). Fenómeno del Niño. Análisis Comparativo 1997 -1998 // 2014 -2016. <https://cutt.ly/3DSF6f0>.

UNGRD (2021). Sequías, actualizada a diciembre 10 de 2021. <https://cutt.ly/YDS-GpCU>.

UNGRD, IDEAM, Minambiente, Cancillería, The Global Mechanism & United Nations (2018). Estrategia Nacional para la Gestión Integral de la Sequía en Colombia. <https://cutt.ly/XDSHuvY>.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction - UNDRR (2021). Informe Especial sobre Sequía del Reporte Global sobre la Reducción del Riesgos de Desastres. <https://www.undrr.org/publication/-gar-special-report-drought-2021>.

Vargas, M. D. (2018). El cambio climático también afecta a las semillas. Pesquisa Javeriana. Pontificia Universidad Javeriana. <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/el-cambio-climatico-tambien-afecta-a-las-semillas/>

Wikipedia (2021). Riego en Colombia. https://es.wikipedia.org/wiki/Riego_en_

Colombia.

Cómo citar este artículo

Porras Gallego, H. de J. (2025). Hacia una Sociedad Acuicultora, Resistente y Resiliente a las Sequías. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 193–223.

Sobre el autor

Hernán de Jesús Porras Gallego

Ingeniero forestal por la Universidad Nacional de Colombia y especialista en Gobierno y Cultura Política por la Universidad de Antioquia. Cuenta con experiencia en procesos socioambientales, gobernanza territorial y análisis de cultura política aplicada a la gestión ambiental. Se ha desempeñado como docente universitario de cátedra y participa en procesos de formación académica y reflexión ambiental desde un enfoque interdisciplinario. Asociado a la Corporación CEAM, donde contribuye a iniciativas de análisis ambiental y fortalecimiento institucional.



Adolfo León Correa
Goreme

Consumo de agua y captura de carbono del aguacate variedad Hass en los Andes colombianos

Water consumption and carbon sequestration of Hass avocado variety in the Colombian Andes

Andrés Felipe Caro Holguín, Alejandra Muñoz Rivera, José Ignacio Agudelo Otálvaro, María Elena Gutiérrez Lagoueyte, Andrés Hernán Silva Duque, Édinson Muñoz Ciro y Sebastián González Caro

Resumen

Esta investigación, financiada por el ScotiaBank Net Zero Research Fund, evaluó el almacenamiento de carbono y el consumo de agua en cultivos de aguacate Hass en los Andes colombianos, mediante un enfoque integral que combinó mediciones de campo, modelación espacial y desarrollo tecnológico. Se realizaron muestreos en cuatro fincas productoras, donde se cuantificó la biomasa aérea y la densidad de la madera de *Persea americana*, encontrando una alta variabilidad influenciada por factores como la altitud, la precipitación y las prácticas de manejo. Estos resultados confirman que la densidad de la madera varía entre sitios y que su medición local es clave para mejorar la precisión en las estimaciones de carbono acumulado.

Paralelamente, se midió la conductancia estomática en hojas de aguacate Hass, encontrando que su comportamiento hídrico es comparable al de especies nativas de bosques montañosos. Sin embargo, a nivel de cultivo, el consumo de agua depende de la densidad de siembra y del manejo agronómico, lo que resalta la necesidad de implementar estrategias sostenibles para garantizar la viabilidad del cultivo sin comprometer la disponibilidad hídrica.

Como herramienta de apoyo a la planificación, se desarrolló CuencApp, un aplicativo web que simula el balance hídrico y el almacenamiento de carbono bajo diferentes escenarios de cambio de uso del suelo en cuencas andinas. Utilizando la función de Budyko y datos espaciales de alta resolución, el modelo permite estimar el caudal superficial y evaluar la sensibilidad hídrica ante la expansión del aguacate. En la cuenca piloto de Jericó (Antioquia), los resultados mostraron que el cambio de cobertura vegetal puede afectar la disponibilidad de agua bajo condiciones específicas de déficit hídrico en la cuenca. El estudio propone así un enfoque integral para promover una planificación territorial más sostenible en regiones ecológicamente sensibles.

Palabras clave: Persea americana variedad Hass, transpiración, conductancia estomática (gs), densidad de la madera, impactos y beneficios ambientales.

Abstract

This research, funded by the ScotiaBank Net Zero Research Fund, evaluated carbon storage and water use in Hass avocado (*Persea americana*) crops in the Colombian Andes through an integrated approach that combined field measurements, spatial modeling, and technological development. Sampling was conducted across four commercial farms, where aboveground biomass and wood density were quantified, revealing high variability influenced by elevation, precipitation, and management practices. Results confirmed that wood density varies significantly across sites, highlighting the importance of local measurements to improve the accuracy of carbon stock estimates.

In parallel, stomatal conductance was measured on avocado leaves, showing a physiological water-use behavior comparable to that of native montane forest species. However, at the plantation scale, water consumption was found to depend on planting density and agronomic practices, emphasizing the need for sustainable management strategies to ensure crop viability without compromising water availability.

As a decision-support tool, the study developed CuencApp, a web-based application that simulates water balance and carbon storage under different land-use change scenarios in Andean watersheds. Based on the Budyko framework and high-resolution spatial data, the model enables estimation of surface runoff and assessment of watershed sensitivity to avocado expansion. In the pilot watershed of Jericó (Antioquia), results indicated that changes in vegetation cover could affect water availability, particularly under conditions of hydrological deficit. The study thus proposes a comprehensive approach to support more sustainable land-use planning in ecologically sensitive Andean regions.

Keywords: Persea americana Hass variety, transpiration, stomatal conductance (gs), wood density, environmental impacts and benefits.

Introducción

En las últimas décadas, el cultivo de aguacate Hass en Colombia ha crecido de forma exponencial, consolidándose como un motor de desarrollo económico y una fuente clave de ingresos para las comunidades rurales. Este auge ha estado impulsado por un aumento de más de diez veces en la demanda mundial de aguacate (*Persea americana*, variedad Hass) en comparación con la década pasada, lo que ha propiciado la acelerada expansión de estos cultivos en los Andes tropicales (Denvir et al., 2021).

Sin embargo, el crecimiento del cultivo también enfrenta desafíos significativos, tales como el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (sequías, inundaciones y tormentas) que ponen en riesgo la sostenibilidad de la producción de aguacate. Frente a este escenario, se requieren estrategias de adaptación que incluyan la selección de variedades más resistentes al estrés hídrico y térmico, la diversificación de cultivos con otras coberturas, y la adopción de prácticas agrícolas resilientes al clima y enfocadas en el conocimiento y uso sostenible del agua.

En este sentido, los productores colombianos, trabajan agremiados para lograr la sostenibilidad y viabilidad del cultivo del aguacate a largo plazo, así como para contribuir al logro de los objetivos de desarrollo sostenible en el campo colombiano. Es así, que los cultivos de aguacate podrían tener un potencial como sumidero de carbono o carbono neutral en su proceso intrínseco, convirtiéndolos en candidatos ideales para programas de reforestación o agroforestería que buscan compensar emisiones de carbono,

de la mano de la implementación de BPA Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), como el manejo eficiente del suelo y el agua y el uso racional de fertilizantes químicos.

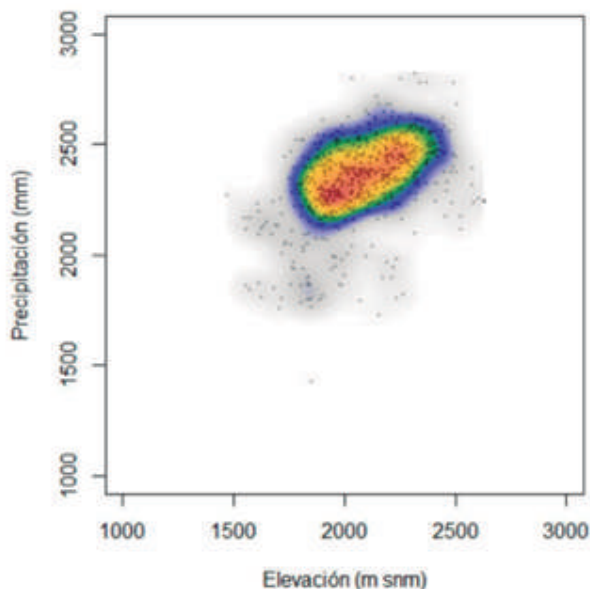
Por lo tanto, es fundamental realizar estudios integrales que evalúen los impactos (tanto positivos como negativos) del cultivo del aguacate Hass en Colombia. Ello permitirá adoptar medidas de manejo y regulación adecuadas, que promuevan una producción más sostenible y equilibrada (Bernal y Díaz, 2020). Así pues, conocer los posibles impactos e incluirlos en planes de manejo y ordenamiento territorial es necesario en función de la aplicación y generación de políticas públicas para la administración de los recursos naturales y la sostenibilidad del desarrollo económico y social.

Contexto y aproximación al cultivo de aguacate Hass colombiano

En Colombia, el cultivo de aguacate Hass ha crecido significativamente en los últimos años, impulsado por la diversidad geográfica y climática del país. Las condiciones favorables —como suelos fértiles, altitudes ideales y climas estables— han facilitado su expansión en municipios con Zonas de Vida aptas, especialmente en departamentos como Antioquia, Valle del Cauca, Tolima, Caldas y Risaralda. Esto ha permitido producir aguacates de alta calidad que responden a la creciente demanda global.

Según datos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), las plantaciones de aguacate Hass de exportación se encuentran ubicadas entre los 1.500 y los 2.600 m. s. n. m. en diferentes gradientes de elevación y precipitación (Figura 1).

Figura 1. Relación entre la elevación y la precipitación de predios de cultivos de aguacate Hass para exportación en Colombia

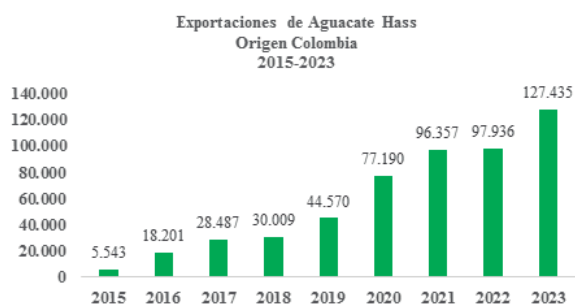


Fuente: elaboración propia, datos del ICA (2023).
 Nota: una mayor densidad de fincas se representa por colores cálidos, mientras que los colores fríos representan una menor densidad de predios productores según los gradientes de elevación y precipitación.

A partir de lo anterior, Colombia ha logrado incrementar significativamente sus exportaciones de aguacate *Hass* a mercados internacionales. Esto se debe a la creciente demanda global de esta fruta, a la reputación del aguacate colombiano por su sabor y calidad, y a la apertura de nuevos mercados gracias a diversos acuerdos comerciales establecidos por el Estado colombiano. Los aguacates *Hass* colombianos son apreciados por su textura cremosa, sabor exquisito y excelente vida útil en mercados tan diversos como Estados Unidos, la Unión Europea, América Latina y, más recientemente, mercados de China y Japón.

Según datos de la Corporación de Productores y Exportadores de Aguacate *Hass* de Colombia (CorpoHass), en el año 2023 se exportaron 127.435 toneladas de aguacate *Hass*, lo que representa un aumento del 20 % con respecto al año anterior (Figura 2). Esta tendencia creciente en las exportaciones demuestra el éxito del aguacate *Hass* colombiano en los mercados internacionales y su potencial para seguir creciendo en los próximos años.

Figura 2. Toneladas de aguacate Hass exportadas por año



Fuente: adaptado de CorpoHass, 2023 (<https://shorturl.at/hrDOS>)

El cultivo de aguacate *Hass* en Colombia tiene un futuro prometedor. Impulsado por la creciente demanda global, las condiciones climáticas favorables, el talento de los productores colombianos, el apoyo del gobierno y el compromiso con la sostenibilidad, se espera que el país continúe aumentando su producción y exportaciones de aguacate *Hass* en los próximos años. Esto consolidará a Colombia como un actor importante en el mercado global de esta fruta, contribuyendo al desarrollo económico del país, al bienestar de las comunidades rurales y a la protección del medio ambiente.

Contexto para el desarrollo de la investigación

Los bosques andinos tropicales se destacan como uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta (Myers et al., 2000), con un papel fundamental en la regulación climática y la provisión de servicios ecosistémicos. Se ha demostrado que almacenan tanto carbono por unidad de área como los bosques amazónicos (Duque et al., 2021), además de abastecer de agua a más de 100 millones de personas en América del Sur (Anderson et al., 2011). No obstante, estos bosques enfrentan una degradación acelerada debido a la expansión de la frontera agropecuaria, en especial por actividades agrícolas y ganaderas (Armenteras et al., 2003). Esta presión ha llevado a la pérdida de cobertura boscosa, afectando particularmente a los remanentes pequeños, que son cruciales para mantener la conectividad ecológica en el paisaje (Wilson y Rhemtulla, 2018).

En este escenario, el cultivo de aguacate Hass (*Persea americana*), considerado una alternativa económica prometedora para regiones rurales de los Andes tropicales (Sommaruga y Eldridge, 2021), ha ganado protagonismo en países como Colombia. Sin embargo, los impactos ambientales derivados de su expansión no han sido suficientemente documentados (Erazo-Mesa et al., 2021), lo que ha dado lugar a percepciones encontradas y creciente debate público.

Una de las principales preocupaciones se relaciona con el uso del agua. En regiones con estrés hídrico como México y Chile, se han documentado conflictos sociales por la alta demanda hídrica de este cultivo. En Colombia, estas experiencias han sido replicadas y amplificadas por distintos medios de comunicación, incluidos documentales y plataformas digitales (por ejemplo, redes sociales, Netflix y DW), generando una con-

troversia social y política en torno al aguacate y su impacto sobre los recursos hídricos locales.

Frente a esta discusión, se hace necesario evaluar el comportamiento ecofisiológico del cultivo en condiciones locales, particularmente su eficiencia en el uso del agua, comparado con especies nativas presentes en los bosques andinos. Estudios que analicen el uso hídrico por área foliar, así como su impacto acumulado a nivel de cuenca, podrían aportar evidencia valiosa para contextualizar esta controversia (Krauss et al., 2022; Erazo-Mesa et al., 2021). Aunque se ha hipotetizado que el aguacate podría consumir más agua que especies nativas de árboles, es posible que las diferencias se deban más al manejo agronómico que al cultivo en sí (Nemera et al., 2020).

Por otro lado, el aguacate Hass, al ser un árbol de porte medio, presenta cierto potencial como sumidero de carbono, especialmente si reemplaza coberturas degradadas como los pastizales ganaderos, comunes en los Andes tropicales. Dado que esta especie proviene de ecosistemas de bosque andino, cabría esperar un crecimiento comparable al de especies arbóreas nativas. No obstante, prácticas como las podas frecuentes, orientadas a maximizar la producción de frutos, pueden limitar su capacidad de acumulación de biomasa y, por ende, de carbono. Actualmente, se desconoce con precisión dónde se sitúa el aguacate dentro del gradiente de coberturas vegetales en términos de almacenamiento de carbono.

El estudio de variables fisiológicas como la conductancia estomática resulta clave para comprender la eficiencia del uso del agua en las plantas. Investigaciones recientes han explorado cómo distintas especies ajustan esta función en respuesta a variaciones en la temperatura, la concentración de CO₂ y los

patrones de precipitación (Medlyn et al., 2011; Grossiord et al., 2020; Zhang et al., 2023). Estos hallazgos permiten anticipar cómo podrían responder los cultivos agrícolas ante escenarios futuros de cambio climático (De Souza, 2023).

En el contexto colombiano, Bernal y Díaz (2020) ofrecen un panorama detallado de *Persea americana*, incluyendo su origen, variedades comerciales y prácticas agronómicas para optimizar su rendimiento. Este conocimiento técnico, junto con investigaciones sobre el consumo hídrico del cultivo en regiones como Israel (Nemera et al., 2020), aporta elementos fundamentales para avanzar hacia un manejo más sostenible y planificado del aguacate en Colombia.

Para enfrentar estos desafíos, en este estudio financiado por ScotiaBank Net Zero Research Fund en su convocatoria 2022, se propuso estudiar la capacidad de almacenamiento de carbono del cultivo de aguacate Hass y su incidencia en el balance hídrico de las cuencas donde es cultivado. Los resultados del estudio son un valioso aporte de información para entender los impactos ambientales de este cultivo en Colombia.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Aportar al conocimiento de los impactos ambientales del cultivo de aguacate Hass en Colombia, con base en la estimación de la captura de carbono y del consumo de agua de esta especie.

Objetivos específicos

Estimar el contenido de carbono de cultivos de aguacate Hass mediante ecuaciones alométricas y estimaciones locales de la densidad de la madera.

Establecer una relación entre el uso del agua de árboles de aguacate Hass y el de especies nativas, mediante la comparación de la variación diurna de la conductancia estomática.

Identificar el impacto de la expansión de los cultivos de aguacate Hass en el balance hídrico de las cuencas afectadas.

Hipótesis

Hipótesis 1

En los cultivos de aguacate Hass en Colombia, el manejo agronómico tiende a homogeneizar el tamaño de los árboles, especialmente en altura y copa. Esto permite estimar con confianza el volumen promedio de madera a partir de una muestra representativa. La biomasa, y por tanto el carbono almacenado, depende de este volumen y de la densidad de la madera, la cual varía con factores ambientales como la elevación y la precipitación (Chave et al., 2009). Si los cultivos se ubican en condiciones ambientales contrastantes, pero mantienen árboles de tamaño similar, se espera que el contenido de carbono difiera principalmente por variaciones en la densidad de la madera. Así, si la densidad de la madera tiende a disminuir con la elevación o con una mayor precipitación anual, se esperaría encontrar un mayor contenido de carbono en los cultivos de menor elevación y en las áreas de precipitación menor.

Hipótesis 2

Dado que *Persea americana* es nativa de bosques montañosos de Mesoamérica (Bernal y Díaz, 2020), se espera que comparta estrategias ecológicas y de uso del agua con otras especies de ese tipo de ecosistema. Si la variación diurna de la conductancia estomática indica el uso de agua de una hoja, es

probable que las hojas de aguacate muestren patrones similares a los de especies nativas de bosques montanos. Sin embargo, como los árboles en los cultivos se manejan para maximizar la producción, podrían presentar una mayor conductancia estomática en ciertas horas del día —especialmente en la tarde (12–4 pm)—, cuando las especies nativas tienden a reducirla por estrés térmico (Cox et al., 2023).

Hipótesis 3

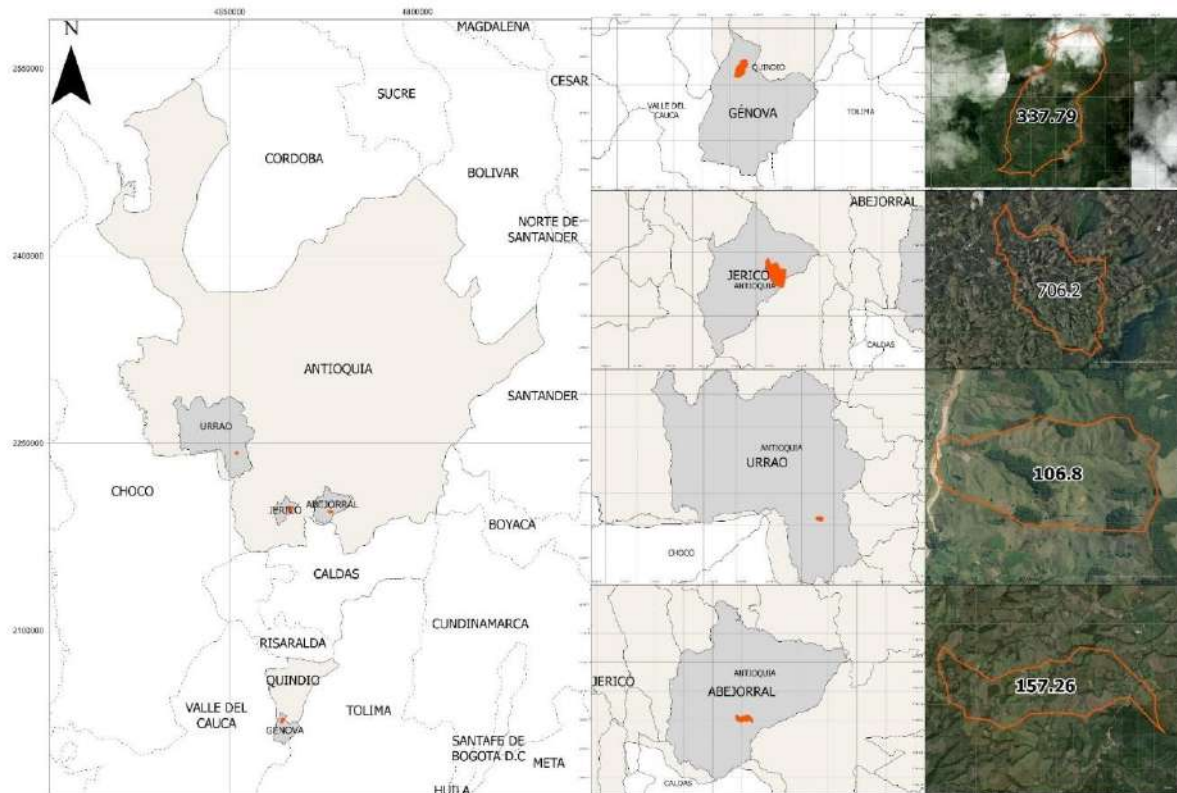
Los modelos de balance hídrico de una cuenca hidrográfica, que integran la variación en coberturas vegetales y su efecto sobre la evapotranspiración permiten reducir la incertidumbre y evaluar mejor el impacto del cambio de uso del suelo. Si el cultivo de aguacate influye significativamente en el balance hídrico, entonces su expansión a

costa de bosques debería reflejarse en una reducción del rendimiento hídrico de la cuenca. En cambio, si reemplaza pastizales, es posible que el rendimiento aumente, ya que los árboles regulan mejor la escorrentía y retención de agua a largo plazo.

Sitios de estudio

El estudio se realizó en cuatro fincas productivas de aguacate Hass, ubicadas en los Andes tropicales colombianos. Los datos de campo se tomaron en los municipios de Urrao, Jericó y Abejorral (Departamento de Antioquia) y en el municipio de Génova (Departamento del Quindío) (Figura 3). Los detalles de la localización de los sitios, con dos sitios por encima de los 2000 m. s. n. m. y 2000 mm de precipitación, así como las características generales de cultivo se presentan en la Figura 4.

Figura 3. Cuencas hidrográficas donde se ubican los sitios de muestreo



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Localización de los sitios de medición y las características generales de cultivo

Departamento	Municipio	Cuenca	Extensión cuenca (ha)	Extensión finca (ha)	Área cultivo (ha)	Precipitación (mm)	Altitud (m.s.n.m)	Edad cultivo (años)	Estado del cultivo
Antioquia	Abejorral	Aduanilla	157,26	82,21	56	2.105	2.089	7	Pre-cosecha
	Urrao	El Silencio	106,8	119,4	86	1.841	2.142	5	Pos-cosecha
	Jericó	La Palma	706,2	268,37	200	1.822	1.931	6	Pre-cosecha
Quindío	Génova	El Guamo	337,79	452,46	302,8	2.469	1.852	4	Pre-cosecha

Fuente: elaboración propia.

Estimación del almacenamiento de carbono en cultivo de aguacate Hass

A nivel de metodología, en cada sitio de muestreo se cosecharon cuatro árboles de aguacate para cuantificar la biomasa aérea total. Luego de la cosecha, se pesaron por separado las hojas, ramas, frutos y el tronco. De cada uno de estos compartimentos se tomaron submuestras para determinar el contenido de humedad y la densidad de la madera. Las submuestras fueron llevadas al Laboratorio de maderas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se secaron a 60 °C hasta alcanzar peso constante. De esta forma, el porcentaje de Contenido de Humedad (CH) fue calculado como:

Ecuación 1 $AGB = \sum_{i=1}^n CH_i \text{Peso total}_i$

Una vez calculado el CH, la cantidad total de biomasa (AGB) de cada individuo se obtiene mediante la sumatoria del peso total de cada compartimento de carbono en la planta, multiplicado por su correspondiente contenido de humedad:

Ecuación 2 $AGB = \sum_{i=1}^n CH_i \text{Peso total}_i$

La densidad de la madera es una propiedad física clave para estimar biomasa mediante modelos alométricos. En total, se recolectaron 64 muestras en los cuatro sitios de muestreo para relacionar esta variable con factores ambientales como la altitud y la precipitación. La densidad (ρ) se determinó utilizando el Método de Desplazamiento de Fluidos, que consiste en medir el volumen desplazado (cm^3) al sumergir una muestra en agua y relacionarlo con su peso seco (g). De esta forma, la densidad, en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, se obtiene como:

$$\text{Ecuación 3} \quad \rho = \frac{\text{peso seco}}{\text{Volumen desplazado}}$$

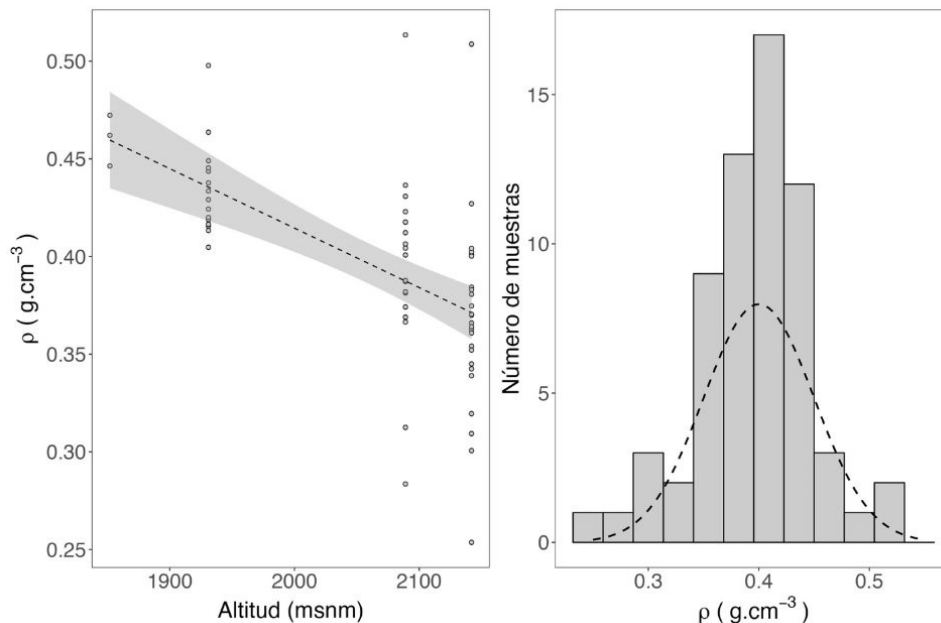
En general, debido al alto valor de un árbol de aguacate en producción, el uso de métodos destructivos para estimar biomasa resulta costoso. En este estudio, el número de muestras recolectadas no fue suficiente para desarrollar modelos alométricos que relacionen masa con variables dasométricas. Por ello, se optó por estimar el contenido de

carbono almacenado a partir de la densidad de la madera y el volumen total del árbol. La extrapolación a escala de cultivo se realizó con base en el número de árboles plantados, y la variación espacial se analizó a partir de la relación entre la densidad de la madera y la altitud. Específicamente, la biomasa en cada cultivo queda expresada como:

$$\text{Ecuación 4} \quad AGB = n \cdot \rho(x) \cdot V$$

Donde AGB representa la biomasa aérea viva total del cultivo que corresponde al número de individuos por hectárea en cada cultivo y el volumen promedio de los árboles de aguacate, e indica la densidad en función de la altitud (x) de cada sitio. La biomasa se estima a partir de la relación alométrica entre la densidad de la madera y variables descriptoras del tamaño de los árboles como son su diámetro y altura (Chave et al., 2014). Ver (Figura 5).

Figura 5. Relación densidad de la madera y altitud

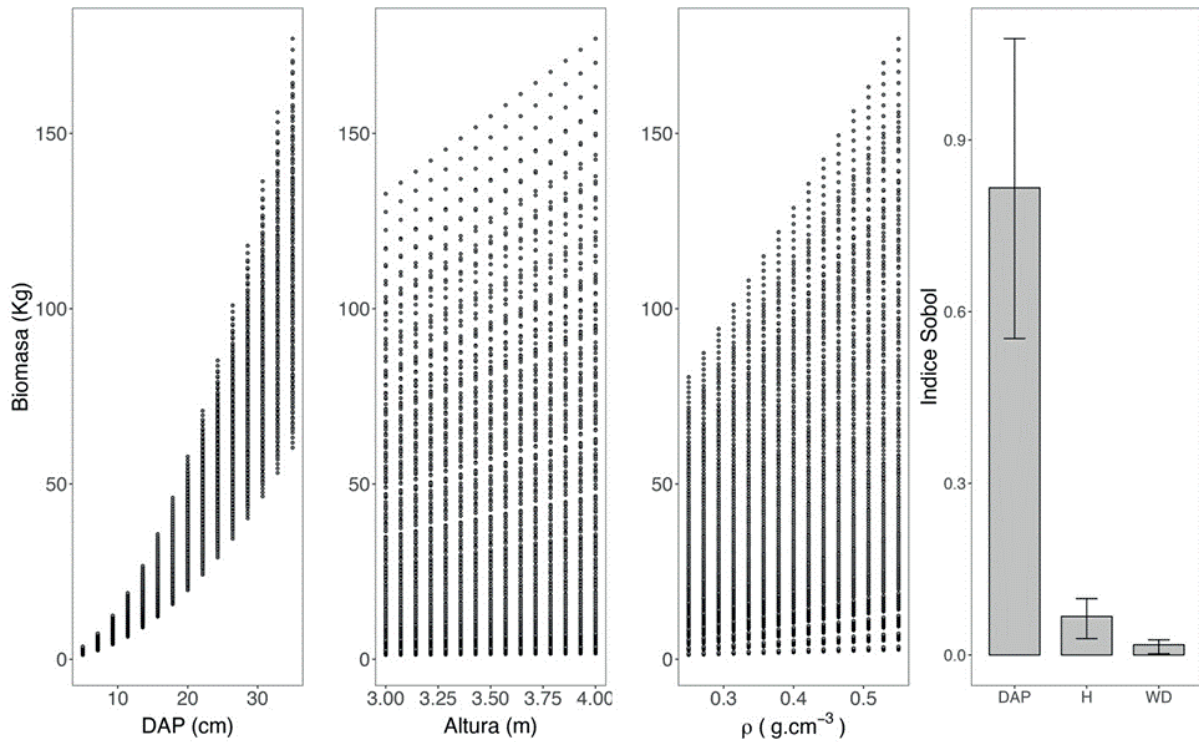


Fuente: elaboración propia.

Las ecuaciones se aplicaron a los datos recolectados en los cuatro sitios de muestreo. Para evaluar la importancia relativa de las variables utilizadas en los modelos alométricos, se simularon valores de diámetro, altura y densidad de la madera con base en los muestreos realizados en campo. Se usó una distribución lognormal para el

diámetro a la altura del pecho (DAP) y distribuciones normales para la altura y la densidad de la madera. Con estas simulaciones, se realizó un análisis de sensibilidad empleando el Índice de Sobol, con el fin de cuantificar el efecto de cada variable dasométrica sobre la estimación de biomasa. Ver (Figura 6).

Figura 6. Análisis de sensibilidad para el modelo alométrico de biomasa



Fuente: elaboración propia.

Resultados estimación del almacenamiento de carbono

Influencia de las variables dasométricas en la estimación de biomasa

Los resultados obtenidos indican que el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) es la variable con mayor influencia sobre la estimación de biomasa en árboles de *Persea americana* variedad Hass. No obstante, debido al manejo silvicultural aplicado en los

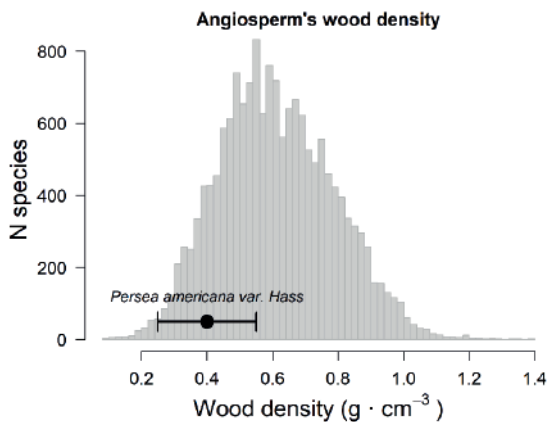
cultivos —que promueve el desarrollo lateral de ramas y restringe el crecimiento en altura para facilitar la cosecha—, se genera una variabilidad estructural que puede afectar las relaciones de tamaño y la precisión en la estimación de biomasa.

Este estudio propone que la cuantificación del carbono se realice a partir del volumen y la densidad de la madera, ya que esta metodología incorpora tanto la forma del árbol como la variación intraespecífica en sus

características estructurales.

La densidad de la madera presenta un rango significativo de variación (Figura 7) al compararse con datos reportados de densidad de la madera para las Angiospermas, lo que parece estar relacionado con las condiciones específicas del sitio donde crece el árbol. Factores como el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, la altitud, y las condiciones climáticas locales pueden influir en la densidad de la madera, indicando que las características del entorno juegan un papel fundamental en su desarrollo.

Figura 7. Variación de la densidad de la madera de *Persea americana* variedad Hass



Fuente: adaptado de Zanne et al (2010).

Resultados en términos de biomasa para cada uno de los sitios de estudio donde se pudo realizar el muestreo: La Figura 8 muestra los resultados de biomasa aérea estimada y medida en los cinco sitios de estudio (dos sitios en Urrao). En términos de biomasa individual, Jericó presentó el valor más alto (152,95 kg), mientras que en Urrao se registraron los valores más bajos (38,58 kg y 74,38 kg en dos parcelas diferentes). La densidad de madera osciló entre 380,4 kg/m³ (Urrao) y 467,4 kg/m³ (Génova), siendo esta última la más alta. La biomasa aérea estimada por hectárea varió entre 27,39 y 32,99 ton/ha, con el valor más bajo también en Urrao y el más alto en Abejorral.

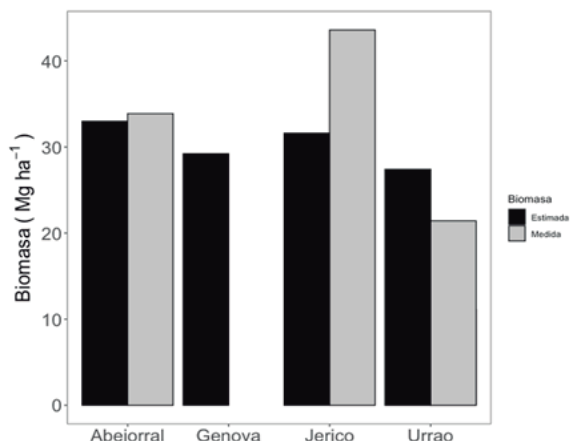
En cuanto a la biomasa aérea medida directamente en campo, Jericó mostró la mayor acumulación (43,59 ton/ha), mientras que en Urrao se observaron los menores valores (11,11 y 21,42 ton/ha). En el sitio de Génova no fue posible obtener el dato de biomasa medida, aunque se obtuvo una estimación a partir de volumen y densidad. Estos resultados reflejan variabilidad tanto en las características estructurales de los árboles como en las condiciones ambientales y de manejo entre los sitios (Figura 9).

Figura 8. Resultados de biomasa estimada para los sitios de estudio

Localidad	Biomasa individual (Kg)	Altitud (msnm)	Número de individuos (n ha ⁻¹)	Densidad de madera (Kg m ⁻³)	Biomasa aérea estimada (Ton ha ⁻¹)	Biomasa aérea medida (Ton ha ⁻¹)
Abejorral	101,71	2089	333	396,3	32,99	33,87
Urrao	38,58	2142	288	380,4	27,39	11,11
Urrao	74,38	2142	288	380,4	27,39	21,42
Jericó	152,95	1931	285	443,7	31,61	43,59
Génova	NA	1852	250	467,4	29,21	NA

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Biomasa estimada para los sitios de estudio



Fuente: elaboración propia.

Comparación del contenido de carbono con otras coberturas vegetales

En comparación con la biomasa aérea de otras coberturas, los cultivos de aguacate presentan un mayor potencial de acumulación de carbono que los pastizales y herbazales. Según Yepes et al. (2011), los pastos acumulan en promedio 6,4 t C/ha y los herbazales 14,1 t C/ha. En contraste, en los cultivos de aguacate evaluados se estimó un rango de entre 16 y 21 t C/ha.

Si bien este valor está por debajo del estimado para bosques nativos en los Andes colombianos —que, según Duque et al. (2021), acumulan 73,85 t C/ha entre los 1.200 y 2.000 m. s. n. m., y 62,96 t C/ha entre los 2.000 y 2.800 m. s. n. m.—, los resultados sugieren que los cultivos de aguacate representan una mejor alternativa ecológica que coberturas de pasto o desprovistas de vegetación, especialmente en áreas transformadas o degradadas, al aportar estructura arbórea y contribuir a la captura de carbono.

Estimación de la actividad estomática del cultivo de aguacate Hass

Se seleccionaron cultivos con árboles de *Persea americana* variedad Hass tipo exportación y visiblemente sanos, con edades entre 3 y 10 años, rango en el que se maximiza la producción de frutos. De cada árbol se midieron tres hojas, tomadas de la quinta posición de una rama ubicada en la parte media de la copa. Se evaluaron 10 árboles por cultivo, para un total de 120 observaciones (N = 120).

Las mediciones se realizaron cada hora entre las 09:00 y las 16:00, utilizando un porómetro (METER SC-1 Leaf Porometer) para registrar la conductancia estomática (gs), la temperatura foliar y la humedad relativa interna y ambiental. La conductancia estomática se expresó en micromoles por metro cuadrado por segundo, y se utilizó como indicador indirecto del consumo hídrico, ya que está estrechamente relacionada con la tasa de transpiración foliar, debido a que representa la tasa de intercambio de vapor de agua de una hoja con su entorno. Es decir, a mayor conductancia estomática mayor será la transpiración y por ende mayor será el consumo de agua por parte de la planta. El objetivo de la medición fue determinar si la conductancia estomática del aguacate variaba bajo diferentes condiciones de humedad.

Resultados: conductancia estomática

Comparación de conductancia estomática entre sitios

Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas en la conductancia estomática entre los árboles medidos de las cuatro fincas estudiadas (F = 3.14, p = 0.24), a pesar de las variaciones ambientales en humedad relativa y precipitación media anual. Esto sugiere un comportamiento fisiológico consistente de la especie frente al uso

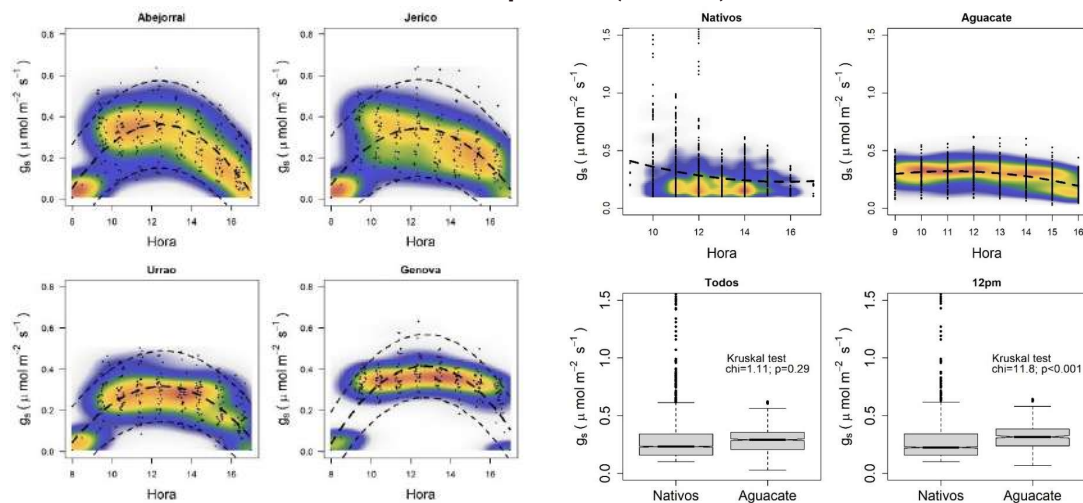
del agua en distintos contextos locales.

Sin embargo, se observaron ligeras variaciones entre fincas, posiblemente asociadas a las condiciones de manejo. En particular, en la finca Génova —donde los árboles presentaban un mayor tamaño, derivados de condiciones propias de la variedad y manejo agronómico— se registraron valores más altos de conductancia estomática (Figura 10), lo que podría indicar una mayor demanda hídrica

para sostener su productividad.

En conjunto, estos resultados indican que, aunque existen diferencias menores entre sitios, *Persea americana* mantiene un patrón de comportamiento estable en cuanto a consumo hídrico, lo que refuerza su potencial como cultivo resiliente en zonas de los Andes tropicales con condiciones climáticas variables.

Figura 10. Conductancia estomática de los sitios de estudio por horas (Izquierda), conductancia estomática por sitio (Derecha)



Fuente: elaboración propia.

Comparación de conductancia estomática del aguacate Hass con especies del bosque natural

Al comparar la variación en el consumo de agua del aguacate con 15 especies de árboles de bosque natural establecidos en el estudio realizado por Cox et al. (2023), se observa que la tendencia central es similar entre ambas. Sin embargo, durante las horas del mediodía, los árboles de aguacate muestran una conductancia estomática significativamente mayor. Esto sugiere que el aguacate puede tener una mayor capacidad de intercambio gaseoso en comparación con las especies de bosque natural en ese perio-

do del día, lo cual podría influir en su eficiencia hídrica y adaptación a condiciones ambientales variables (Figura 11).

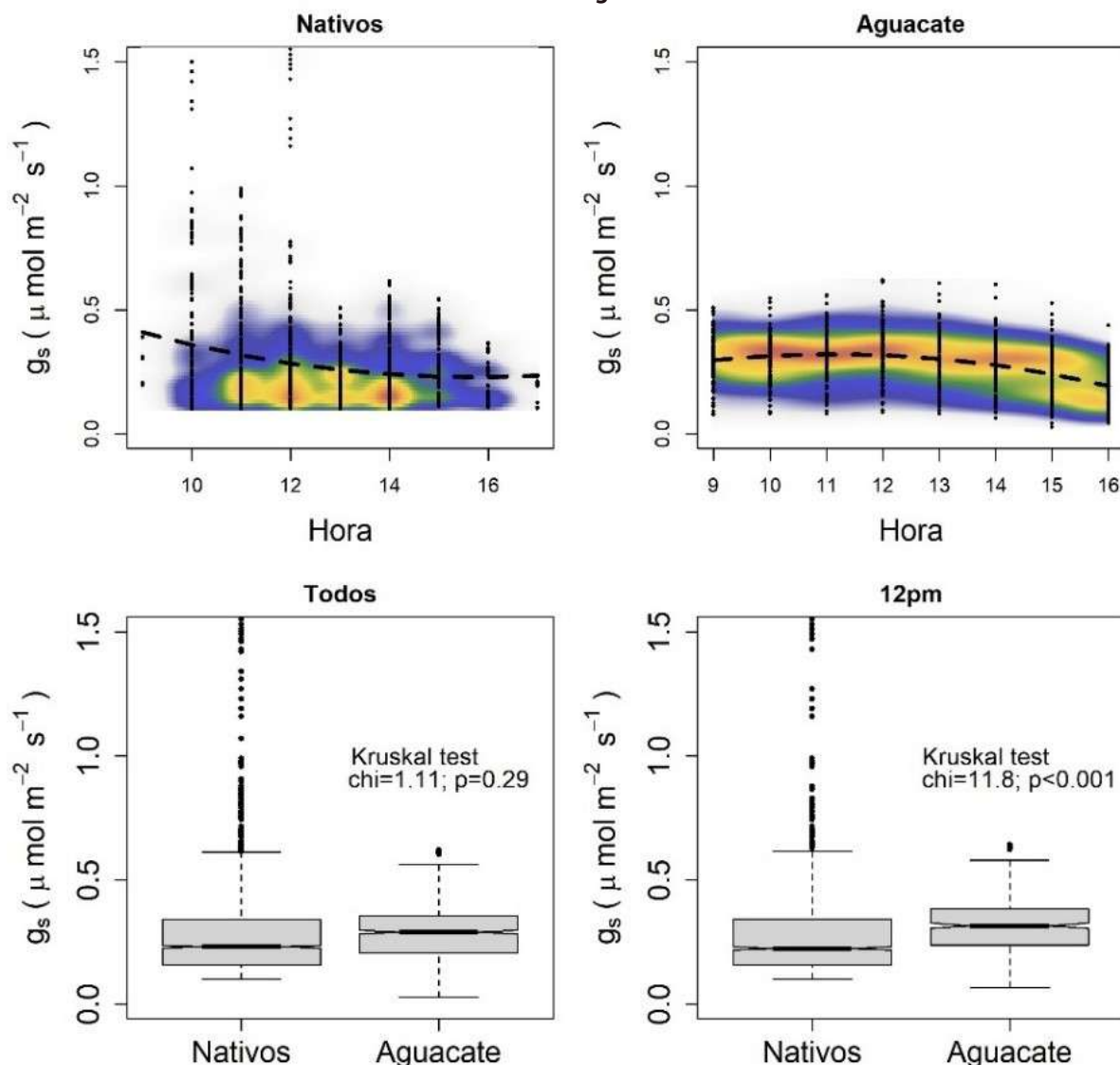
La apertura estomática en horas de alta temperatura y radiación solar directa no es una respuesta común en las plantas; tal comportamiento puede dar cuenta de la respuesta a la alta actividad fotosintética a la cual funcionan estas plantas (ya sea por fertilización o mejoramiento genético), y en consecuencia tener un mayor consumo de agua al menos un par de horas durante el día. Ello podría entenderse como un incremento del 5 % (debido a la fracción del día y el porcentaje de incremento respecto a los

demás momentos del día) en la conductancia estomática entre el cultivo y el bosque nativo, lo cual podría llevar a un incremento en el consumo de agua de igual magnitud.

En las especies de bosque nativo, la conductancia estomática es más alta en las primeras horas del día y disminuye hacia la tarde; en los árboles de aguacate, tiende a

aumentar en la tarde. Esto sugiere que, fisiológicamente, los árboles de aguacate se comportan de manera similar a las especies del bosque natural en la misma zona de vida. No obstante, al estar sometidos a condiciones de manejo para la producción, los árboles de aguacate muestran diferencias significativas a lo largo del día, lo que se traduce en una mayor actividad fotosintética alrededor del mediodía.

Figura 11. Comparación de la conductancia estomática de bosque nativo y cultivo de aguacate



Fuente: elaboración propia.

Efecto de modificar cobertura de cultivo de aguacate sobre el modelo de balance hídrico en la cuenca hídrica

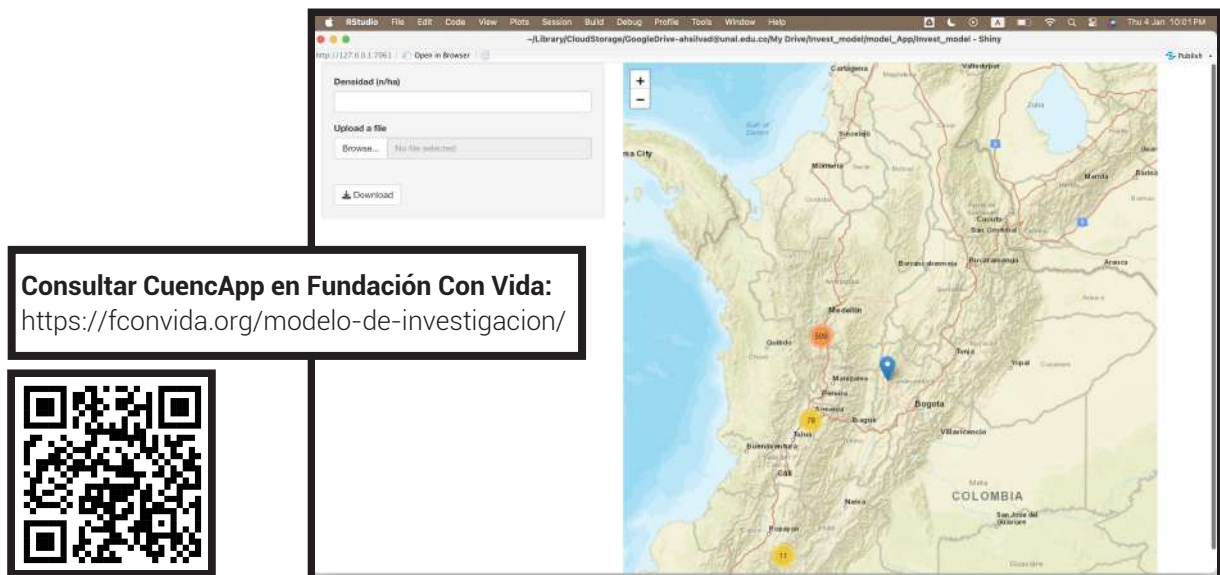
A partir de los resultados obtenidos sobre el almacenamiento de carbono y la conductancia estomática en cultivos de aguacate Hass, se desarrolló CuencApp, una aplicación web que permite simular el rendimiento hídrico y los cambios en el contenido de carbono ante escenarios de transformación del paisaje en cuencas andinas de Colombia, como el reemplazo de bosque por cultivos de aguacate y/o la conversión de coberturas a pastizales. Basada en el modelo InVEST (Pathak et al., 2021) y calibrada con datos locales, esta herramienta ofrece una primera aproximación a la cuantificación de impactos ambientales a escala de cuenca, integrando modelos teóricos y variables morfológicas para estimar el balance hídrico y de carbono bajo distintos usos del suelo.

El desarrollo del simulador CuencApp se inició por adaptar y calibrar el modelo InVEST al contexto colombiano, para lo cual se utilizaron las coordenadas de 600 cultivos de

aguacate Hass registrados por el ICA, distribuidos en distintas regiones del país. Con esta información, se aplicó la ecuación propuesta por Xu et al. (2013) para estimar el parámetro ω de la función de Budyko, fundamental para relacionar la evapotranspiración real con la precipitación, en función de variables como cobertura vegetal (NDVI), retención hídrica del suelo (TWI) y latitud de cada cuenca.

La ejecución de la aplicación web requiere únicamente 2 parámetros de entrada para obtener una aproximación del Balance Hídrico de la cuenca en la cual está ubicado el cultivo de interés. En primer lugar, es necesario cargar el polígono que determina el área del cultivo en formato kml. Adicionalmente, el usuario debe proveer el número de individuos por hectárea en el cultivo con el fin de estimar el contenido de carbono almacenado por la biomasa aérea de los árboles de aguacate. CuencApp facilita así la toma de decisiones orientadas a una gestión territorial más sostenible en contextos ecológicamente sensibles como los Andes colombianos. Ver Figura 12 que presenta la interfaz gráfica del aplicativo web.

Figura 12. Interfaz gráfica del aplicativo web CuencAPP



Consultar CuencApp en Fundación Con Vida:
<https://fconvida.org/modelo-de-investigacion/>



Fuente: elaboración propia.

Nota: consultar aplicación en Fundación Con Vida: <https://modelo.f.convida.org/app/>

Modelo Hidrológico InVest para la estimación en general

La herramienta para la cuantificación de servicios ecosistémicos utilizados por el conjunto de modelos InVest aborda el Balance Hídrico de una cuenca hidrográfica mediante la función de Budyko, la cual relaciona el Índice Evaporativo (razón entre evapotranspiración real y precipitación) con el Índice de Aridez (razón entre evapotranspiración potencial y evapotranspiración real). La forma determinística del modelo se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{ET(x)}{P(x)} = 1 + \frac{ET_p(x)}{P(x)} - \left[\left(1 + \left(\frac{ET_p(x)}{P(x)} \right)^{\varpi(x)} \right)^{\frac{1}{\varpi(x)}} \right] /$$

Ecuación 5

Donde ET es la evapotranspiración real, P la precipitación, ET_p la evapotranspiración potencial, y ϖ es un parámetro empírico que refleja las características topográficas y de las coberturas terrestres de las cuencas hidrográficas; la variable x, por su parte, determina el valor de la variable para cada píxel (Zhou et al., 2015; Donohue et al., 2012).

Acorde con el modelo conceptual, la estimación del Balance Hídrico en una cuenca depende en gran medida de las características fisiológicas de la vegetación de las coberturas terrestres. En este sentido, la incorporación del coeficiente K_c permite captar la incidencia de la variabilidad espacial de la vegetación en la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). De este modo, la evapotranspiración del cultivo se obtiene mediante la siguiente ecuación (Tallis et al. 2012):

$$ET_c(x) = K_c(l_x) \cdot ET_o(x) \quad \text{Ecuación 6}$$

A partir de las coberturas vegetales estimadas de imágenes Sentinel, se asignó un valor de K_c de acuerdo con las bases de datos proveídas por la FAO para los cultivos, pastos y bosques (Allen et al., 1998).

El parámetro empírico requiere ser estimado para captar características topográficas y de las coberturas terrestres de las cuencas hidrográficas; de esta forma, varios estudios han reportado modelos estadísticos que asocian ϖ con la Latitud (lat), el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) y el Índice de Humedad Topográfico (TWI), de la siguiente forma (Xu et al., 2013):

$$\varpi(x) = 0,69387 - 0,01042 \cdot lat + 2,81063 \cdot NDVI + 0,1461185 \cdot TWI \quad \text{Ecuación 7}$$

El agua excedente en superficie se obtiene a partir del Índice Evaporativo Cuantificado mediante la Ecuación de Budyko y la precipitación en un paso de tiempo. Por lo tanto, el Balance Hídrico, expresado como lámina de agua (mm) se define, acorde con Ningrum et al. (2022), como:

$$y(x) = \left(1 - \frac{ET(x)}{P(x)} \right) \cdot P(x) \quad \text{Ecuación 8}$$

Finalmente, para estimar el Balance Hídrico a escala de cuenca, se incorporó la Capacidad de Almacenamiento de Agua del Suelo (AWC) a 30 cm proveída por las bases de datos globales de SoilGrid (Hengl et al., 2017). De este modo, el agua en superficie (W) se expresa mediante:

$$W(x) = Y(x) - AWC(x) \quad \text{Ecuación 9}$$

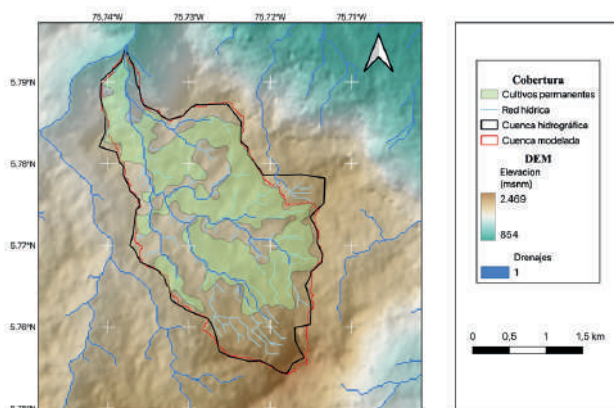
Aplicación del modelo hidrológico en una cuenca de estudio

Como estudio de caso, se seleccionó la cuenca La Palma, ubicada en el municipio de Jericó (Antioquia), donde también se realizaron mediciones de variables fisiológicas en árboles de aguacate. La delimitación de esta cuenca se hizo manualmente con base en cartografía y validación de campo, y luego se comparó con un procedimiento automatizado usando el Modelo Digital de Elevación (DEM). Las ligeras diferencias observadas se atribuyen a la limitación del modelo para

detectar drenajes secundarios, aunque el método automatizado fue considerado adecuado para análisis a escala regional.

En la cuenca hidrográfica La Palma, la delimitación mostró concordancia general entre los métodos manual y automático (Figura 13). Los mapas de distribución espacial del parámetro ω evidencian mayores valores en zonas de vaguada, asociadas con mayor acumulación de agua. Los valores de K_c también reflejaron la variabilidad en la cobertura y su influencia sobre la demanda hídrica (Figura 14).

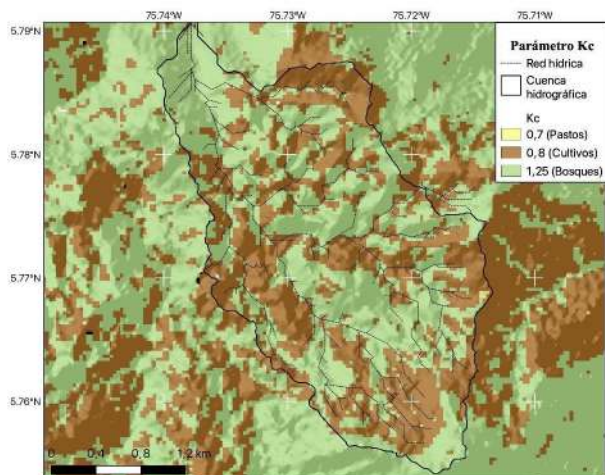
Figura 13. Resultado de la delimitación de cuencas hidrográficas mediante un proceso manual (polígono negro) y automático (polígono rojo)



Fuente: elaboración propia.

Nota: las líneas azul claro representan la red de drenaje de la cuenca, mientras los píxeles azules señalan la red de drenaje derivada del modelo de elevación digital.

Figura 14. Resultado del parámetro K_c para la cuenca de Jericó. Las líneas punteadas representan las fuentes hídricas, mientras la línea negra indica el área de la cuenca



Fuente: elaboración propia.

Para la simulación espacial, se homogenizaron todas las capas de información a una resolución de 10 metros. Se incluyeron datos climáticos (precipitación y evapotranspiración potencial) de la base CHELSA (Karger et al., 2021), valores de NDVI extraídos de imágenes MODIS a través de Google Earth Engine, y el TWI calculado con el modelo de elevación SRTM usando el paquete WhiteboxTools (Wu & Brown, 2022). El parámetro ω se estimó como función del NDVI promedio; y TWI por píxel y latitud del centroide de la cuenca. Asimismo, se incorporaron los valores del Coeficiente de Cultivo (K_c) ajustados a la heterogeneidad de las coberturas vegetales para una estimación más precisa de la evapotranspiración.

A nivel nacional, el valor promedio estimado para el parámetro ω fue de 1,97, con un intervalo de confianza del 95% entre 0,72 y 2,84. Se identificó una correlación del 86% entre ω y sus variables explicativas, siendo la latitud la que más aporta a la varianza explicada (72%). Estos resultados demuestran la relevancia del parámetro para capturar las diferencias en el comportamiento hídrico de cuencas con distintas condiciones biofísicas.

Los análisis de sensibilidad del modelo de Budyko mostraron que valores bajos de ω (<1) se asocian con cuencas de alta evaporación, mientras que valores entre 2 y 3,5 indican un equilibrio más estable entre la demanda evaporativa y el índice de aridez, reduciendo la sensibilidad del modelo. En más de 2.000 interacciones con combinaciones distintas de parámetros, se observó que el 90% de la variabilidad del modelo depende de la relación entre evapotranspiración potencial y precipitación.

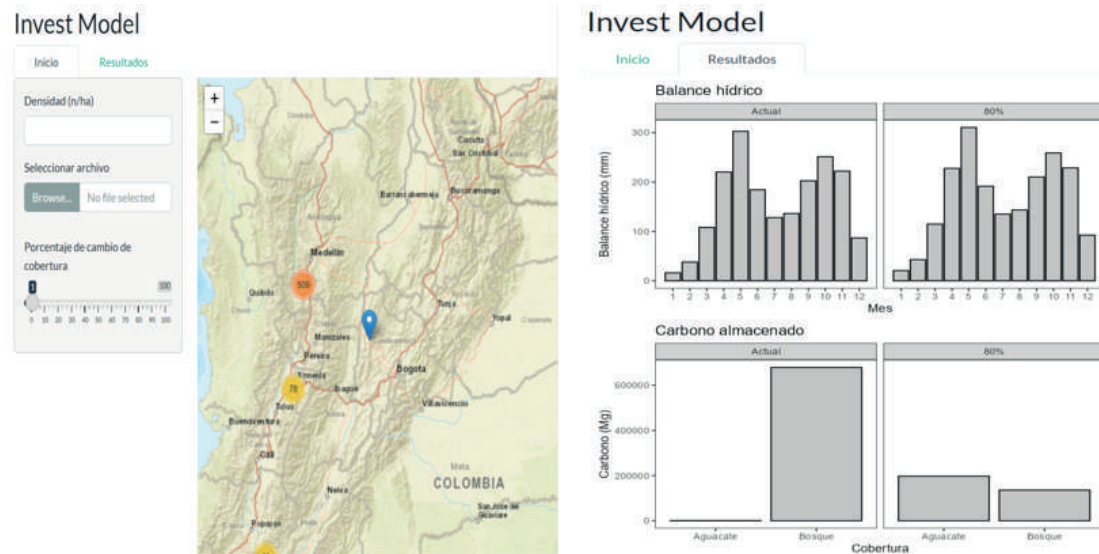
La simulación hidrológica arrojó un caudal superficial anual entre 976 y 3.227 mm, con mayor consumo de agua en zonas con cobertura arbórea y alto TWI (Figura 15). La disponibilidad hídrica mostró una marcada

estacionalidad, siendo los meses de enero y febrero los más críticos por presentar déficit. Estos resultados confirman la utilidad del modelo para estimar impactos hidrológicos ante escenarios de cambio de uso del suelo, como la expansión de cultivos de aguacate en cuencas andinas.

Los resultados presentados por el aplicativo "CuencApp" muestran los efectos de un cambio de cobertura del 80 % de bosque a cultivo de aguacate sobre el balance hídrico mensual y el almacenamiento de carbono en una cuenca simulada. En términos del balance hídrico, ambos escenarios —actual y con cambio de cobertura— presentan una distribución estacional marcada, con mayores valores de disponibilidad de agua entre los meses de abril y septiembre, coincidiendo con las temporadas de lluvias. No obstante, el escenario con reemplazo de bosque muestra una ligera disminución en el balance mensual en la mayoría de los meses, lo que indica una reducción en la capacidad de regulación hídrica de la cuenca como consecuencia del cambio de uso del suelo.

Resultados de CuencApp: almacenamiento de carbono

En cuanto al almacenamiento de carbono, en el escenario actual, el bosque almacena más de 600.000 kg de carbono, mientras que al ser reemplazado en un 80 % por cultivo de aguacate, esa capacidad de almacenamiento se reduce drásticamente, con valores significativamente más bajos tanto para el aguacate como para el remanente de bosque. Este análisis confirma que, si bien el aguacate representa una cobertura vegetal arbórea, su capacidad de almacenamiento de carbono y regulación hídrica no se equipara a la de un ecosistema boscoso maduro, lo que resalta la importancia de una planificación cuidadosa del cambio de uso del suelo en zonas de alta sensibilidad ecológica (Figura 15).

Figura 15. Resultado gráfico de CuencApp caso de estudio. Balance Hídrico y carbono almacenado.

Fuente: elaboración propia.

Nota: este aplicativo web se hace una aproximación a partir de fuentes secundarias de información sobre la incidencia de los cultivos de aguacate en la demanda hídrica de una cuenca y en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea viva. El aplicativo entrega información sobre el balance hídrico en escalas de tiempo mensuales para la cobertura actual y una simulación en la cual un porcentaje de bosque es reemplazado por cultivos de aguacate. Se muestra el cambio en el balance hídrico entre el observado y el simulado. Los parámetros de entrada hacen referencia a la densidad de siembra del cultivo de interés por hectárea. La delimitación del área del cultivo (formato.km/) y el porcentaje de bosque que será reemplazado en los cultivos de aguacate.

Salida grafica de CuencApp del estudio de caso

La salida gráfica del aplicativo consta de balance hídrico a escala mensual de la cuenca objeto de estudio (Figura 15). Básicamente se consideran 4 escenarios en los cuales se reemplaza un porcentaje determinado de bosque por cultivos de aguacate, ya que el principal propósito es simular la sensibilidad de cambios de cobertura en la disponibilidad de agua. Esta salida gráfica está asociada al siguiente mensaje: "CuencaAPP permite cuantificar el Balance Hídrico para una cuenca de interés. Para esto se implementa la función de Budyko, la cual permite calcular un balance hídrico a escala de una cuenca hidrográfica relacionando el índice de demanda evaporativa (razón entre la evapotranspiración real y precipitación) con el

índice de aridez (razón entre la evapotranspiración potencial y evapotranspiración real)."

"Este aplicativo Web se hace una aproximación a partir de fuentes secundarias de información sobre la incidencia de los cultivos de aguacate en la demanda hídrica de una cuenca y en el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea viva. El aplicativo entrega información sobre el balance hídrico en escalas de tiempo mensuales para la cobertura actual y una simulación en la cual un porcentaje de bosque es reemplazado por cultivos de aguacate. Se muestra el cambio en el balance hídrico entre el observado y el simulado. Los parámetros de entrada hacen referencia a la densidad de siembra del cultivo de interés por hectárea. La delimitación del área del cultivo (formato.kml) y el porcentaje de bosque que será reemplazado en los cultivos de aguacate"

Conclusiones y recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el carbono acumulado en los cultivos de aguacate Hass varía a lo largo de gradientes ambientales, en estrecha relación con los cambios en la densidad de la madera. La acumulación de biomasa mostró una alta variabilidad entre los sitios estudiados, influenciada por condiciones ambientales, características estructurales de los árboles y prácticas de manejo. En general, se observó que una mayor densidad de la madera tiende a asociarse con una mayor biomasa aérea, aunque esta relación también está mediada por factores como la densidad de siembra y el tamaño promedio de los individuos. Estos hallazgos subrayan la importancia de adoptar un enfoque integral para mejorar la precisión en las estimaciones de biomasa en este tipo de cultivos.

La densidad de la madera de *Persea americana*, determinada por sus rasgos anatómicos, varía significativamente en respuesta a gradientes ambientales de elevación, temperatura y precipitación, como también se ha reportado en otras especies de angiospermas (Chave et al., 2009). Esta variación, observada entre las cuatro fincas estudiadas, evidencia una alta capacidad adaptativa de la especie a las condiciones locales, lo que se traduce en una notable capacidad de supervivencia y su capacidad para mantener niveles óptimos de producción. Sin embargo, esta adaptabilidad no garantiza altos niveles de producción, ya que mantener rendimientos óptimos en ambientes menos favorables puede requerir un mayor uso de insumos como fertilizantes y riego, comprometiendo su sostenibilidad ambiental. Por ello, se recomienda que las estimaciones de biomasa aérea en cultivos de aguacate Hass incorporen mediciones locales de densidad de la madera, lo que permitiría refinar las estimaciones de carbono acumulado hasta en un

17% y contribuir a una planificación más precisa y sostenible del cultivo.

Se observaron diferencias significativas entre la biomasa estimada mediante modelos basados en volumen y densidad, y la medida directamente en campo, lo que evidencia la necesidad de ajustar las metodologías a las particularidades del cultivo de aguacate. Estas discrepancias pueden estar relacionadas con la variabilidad en la arquitectura de los árboles inducida por el manejo agrícola y con la heterogeneidad ambiental de los sitios. Aun cuando la capacidad de acumulación de carbono del aguacate Hass es inferior a la de los bosques nativos, supera con creces a la de coberturas como pastos o áreas degradadas, lo que posiciona a este cultivo como una alternativa intermedia en términos de almacenamiento de biomasa aérea.

Los resultados muestran que el aguacate Hass presenta una conductancia estomática comparable a la de especies nativas de los bosques montanos colombianos, lo que indica que, a nivel individual, su demanda hídrica es similar. No obstante, esto no se traduce necesariamente en un uso equivalente de agua por hectárea, ya que dicho consumo depende de factores como la densidad de siembra y el manejo agronómico. Por tanto, establecer densidades de cultivo que se asemejen al número de árboles adultos en un bosque podría contribuir a mantener un balance hídrico comparable entre ambas coberturas.

Para maximizar el almacenamiento de carbono y minimizar el impacto sobre la regulación hídrica, se recomienda implementar esquemas de uso del suelo que integren los cultivos de aguacate con fragmentos de bosque, especialmente con árboles de gran porte. Esta configuración en forma de matriz agroforestal no solo contribuye a mejorar el

valor ecológico del paisaje, sino que también ayuda a mitigar los efectos negativos comúnmente asociados a los monocultivos de aguacate, promoviendo una producción más sostenible y ambientalmente equilibrada.

El aplicativo CuencApp desarrollado, en conjunto con el modelo hidrológico aplicado a escala de cuenca, representa una herramienta estratégica para la planificación sostenible del cultivo de aguacate Hass en Colombia. Al incorporar variables morfológicas como el Índice de Humedad Topográfico (TWI) y la pendiente, el modelo permite capturar con mayor precisión la variabilidad espacial de la disponibilidad hídrica en un contexto geográfico complejo como los Andes colombianos, especialmente en temporadas de baja precipitación. La simulación de escenarios de cambio de cobertura, como la conversión de bosque a cultivo de aguacate, evidencia que, aunque el aguacate no presenta grandes diferencias en las demandas hídricas en comparación con los bosques nativos, el cambio de cobertura respecto a los pastos puede mejorar el rendimiento hídrico en la cuenca debido a la regulación de caudales y la retención de humedad.

Al integrar la función de Budyko para estimar el balance hídrico, el aplicativo permite a agricultores, técnicos y planificadores evaluar el impacto del cambio de uso del suelo sobre la disponibilidad de agua y el almacenamiento de carbono. Su diseño intuitivo y la capacidad de simular múltiples escenarios lo convierten en una herramienta valiosa para apoyar la toma de decisiones orientadas a un desarrollo agrícola equilibrado, que combine productividad con sostenibilidad ambiental.

En conclusión, el cultivo de aguacate Hass en Colombia tiene un enorme potencial como motor de desarrollo económico y contribu-

yente a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, enfrenta retos que requieren un enfoque integral para garantizar su sostenibilidad a largo plazo. El uso de herramientas como el aplicativo CuencApp permite equilibrar la producción agrícola con la conservación de los recursos hídricos, asegurando que el cultivo prospere de manera sostenible, beneficiando tanto a las comunidades rurales como a la biodiversidad y el ambiente. La implementación de estrategias sostenibles, el apoyo del gobierno y la participación activa de las comunidades locales son esenciales para asegurar un futuro próspero y sostenible para el cultivo de aguacate Hass en el país.

Agradecimientos especial

A los productores de aguacate Hass y actores institucionales y sectoriales que se sumaron a esta investigación, con la intención de aportar al desarrollo de herramientas y conocimiento que aporten a una producción de aguacate más sostenible.

Bibliografía

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements-faoirrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9): D05109.
- Bernal, J. A. and C.A. Díaz. (Comps.). (2020). Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (2.ª Ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403831>
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S. L., Swenson, N. G., & Zanne, A. E. (2009). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology letters*, 12(4), 351-366.

- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., & Vieilledent, G. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20(10), 3177-3190.
- CorpoHass. (2023). reporte elaborado por - CorpoHass - Corporación de Productores y Exportadores de Aguacate Hass de Colombia incluye datos de enero a diciembre de 2023. https://5718ce0e-4e2e-4759-af53-9bb45decfa88.usrfiles.com/ugd/5718ce_8b539d9f43e846aa80906f2cd5c3ecc9.pdf
- Cox, A. J., Hartley, I. P., Meir, P., Sitch, S., Dusenège, M. E., Restrepo, Z., ... & Mercado, L. M. (2023). Acclimation of photosynthetic capacity and foliar respiration in Andean tree species to temperature change. *New Phytologist*, 238(6), 2329-2344.
- Cox, A. J., González-Caro, S., Meir, P., Hartley, I. P., Restrepo, Z., Villegas, J. C., & Mercado, L. M. (2023). Variable thermal plasticity of leaf functional traits in Andean tropical montane forests. *Plant, Cell & Environment*.
- Dirk Nikolaus Karger, Adam M Wilson, Colin Mahony, Niklaus E Zimmermann, & Walter Jetz. (2021). Global daily 1 km land surface precipitation based on cloud cover-informed downscaling. *Scientific Data*, 8(1):307.
- Donohue, R. J., Roderick, M. L., & McVicar, T. R. (2012). Roots, storms and soil pores: Incorporating key ecohydrological processes into Budyko's hydrological model. *Journal of Hydrology*, 436:35–50.
- Duque, A., Peña, M. A., Cuesta, F., González-Caro, S., Kennedy, P., Phillips, O. L., ... & Feeley, K. J. (2021). Mature Andean forests as globally important carbon sinks and future carbon refuges. *Nature communications*, 12(1), 2138.
- El Colombiano. (2024, enero 5). El 2023 marcó récord en exportaciones de aguacate Hass. <https://www.elcolombiano.com/negocios/el-2023-marco-record-en-exportaciones-de-aguacate-hass-CE23636466>
- Guoyi Zhou, Xiaohua Wei, Xiuzhi Chen, Ping Zhou, Xiaodong Liu, Yin Xiao, Ge Sun, David F Scott, Shuyidan Zhou, Liusheng Han, et al. Global pattern for the effect of climate and land cover on water yield. *Nature communications*, 6(1):5918, 2015.
- Hengl, T., Mendes de Jesus, J., Heuvelink, G. B., Ruiperez Gonzalez, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*, 12(2), e0169748.
- Hijmans, R. J., Van Etten, J., Cheng, J., Mattiuzzi, M., Sumner, M., Greenberg, J. A., ... & Hijmans, M. R. J. (2015). Package 'raster'. R package, 734, 473.
- Nemera, D. B., Bar-Tal, A., Levy, G. J., Lukyanov, V., Tarchitzky, J., Paudel, I., & Cohen, S. (2020). Mitigating negative effects of long-term treated wastewater application via soil and irrigation manipulations: Sap flow and water relations of avocado trees (*Persea americana* Mill.). *Agricultural water management*, 237, 106178.
- Ningrum, A., Setiawan, Y., & Tarigan, S. D. (2022). Annual water yield analysis with InVEST model in Tesso Nilo national park, Riau Province. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 950, No. 1, p. 012098). IOP Publishing.
- Pathak, S., Ojha, C. S. P., & Garg, R. D. (2021).

Applicability of the InVEST Model for Estimating Water Yield in Upper Ganga Basin. *The Ganga River Basin: A Hydrometeorological Approach*, 219-231.

Tallis, H., Mooney, H., Andelman, S., Balvanera, P., Cramer, W., Karp, D., ... & Walz, A. (2012). A global system for monitoring ecosystem service change. *Bioscience*, 62(11), 977-986

Xu, X., Liu, W., Scanlon, B. R., Zhang, L., & Pan, M. (2013). Local and global factors controlling water-energy balances within the Budyko framework. *Geophysical Research Letters*, 40(23), 6123-6129

Wu, Q., Brown, A. (2022). Whitebox: 'WhiteboxTools' R Frontend. R package version 2.2.0. <https://CRAN.R-project.org/package=whitebox>

Yepes, A., Navarrete, D. A., Phillips, J. F., Duque, A. J., Cabrera, E., Galindo, G., ... & Ordoñez, M. F. (2011). Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá DC, Colombia, 3.

Cómo citar este artículo

Caro Holguín, A. F., Muñoz Rivera, A., Agudelo Otálvaro, J. I., Gutiérrez Lagoueyte, M. E., Silva Duque, A. H., Muñoz Ciro, É. y González Caro, S. (2025). Consumo de agua y captura de carbono del aguacate variedad Hass en los Andes colombianos. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 225-248.

Sobre los autores

Andrés Felipe Caro Holguín

Ingeniero forestal, especialista en Gerencia de Proyectos y candidato a magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Profe-

sional con experiencia en restauración ecológica, planificación y ejecución de proyectos ambientales y forestales, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza y articulación entre conservación, inversión ambiental y desarrollo territorial.

Correo: afcaroh@unal.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7022-7723>

Alejandra Muñoz Rivera

Ingeniera forestal, especialista en Gestión Ambiental y magíster en Medio Ambiente y Desarrollo. Directora ejecutiva de la Fundación Con Vida, con experiencia en el diseño, dirección, coordinación e implementación de proyectos de recuperación y protección del recurso hídrico, gestión participativa del aprovechamiento de recursos naturales, calidad del aire y gestión integral del riesgo climático. Ha participado en la formulación de proyectos forestales orientados a esquemas REDD, pagos por servicios ambientales y desarrollo de negocios verdes asociados al uso sostenible de la biodiversidad.

José Ignacio Agudelo Otálvaro

Ingeniero agrícola y magíster en Water and Environmental Resources Management por IHE-Delft (Países Bajos). Profesor asociado e investigador de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Su trabajo se centra en la gestión integrada de los recursos hídricos, la planificación y manejo del agua y la articulación entre sistemas productivos, sostenibilidad ambiental y gestión territorial.

Correo: jiagudel@unalmed.edu.co

María Elena Gutiérrez Lagoueyte

Ingeniera ambiental, magíster en Biología de la Conservación y doctora en Ecología. Profesora e investigadora universitaria con más de trece años de experiencia académica. Directora del programa de Ingeniería

Ambiental de la Universidad EIA. Su trabajo investigativo se enfoca en ecología de la vegetación, cambio climático y ecohidrología, integrando investigación cuantitativa, docencia universitaria y gestión académica en temas de sostenibilidad ambiental y conservación de ecosistemas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7984-3139>

Andrés Hernán Silva Duque

Ingeniero forestal y candidato a magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cuenta con experiencia en investigación ecológica y forestal, particularmente en el establecimiento y remediación de parcelas permanentes, cuantificación de biomasa aérea y carbono en suelos, y análisis de rasgos funcionales asociados al cambio climático. Ha participado como asistente de investigación en la Universidad Nacional de Colombia y la Fundación Jardín Botánico de Medellín, desarrollando trabajo de campo, análisis de datos y laboratorio en ecosistemas andinos, de alta montaña y amazónicos.

Édinson de Jesús Muñoz Ciro

Biólogo y magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Cofundador y Director Estratégico de la Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO. Fue representante de ONG ambientales ante el consejo directivo de Corantioquia y ex diputado de Antioquia (2011 -2014). Cuenta con una amplia trayectoria en gestión ambiental, incidencia política, gobernanza territorial y divulgación científica.

Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>

Sebastián González Caro

Biólogo y doctor en Ecología. Investigador y profesor universitario con amplia trayectoria en ecología de bosques tropicales y andinos. Su trabajo se centra en la dinámica, estruc-

tura y diversidad funcional y filogenética de comunidades arbóreas, la biomasa y el carbono forestal, y las respuestas de los ecosistemas al cambio climático a lo largo de gradientes ambientales. Ha publicado extensamente en revistas científicas internacionales de alto impacto y participado en proyectos colaborativos nacionales e internacionales sobre monitoreo ecológico, conservación de bosques andinos y amazónicos y modelación ecológica.

Correo: sebastian.gonzalez.car@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2287-7431>



Roberto Palomino Torres

Fundamentos para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia

Foundations for the Update of the National Mining Policy of Colombia

Édinson Muñoz Ciro, Beethoven Zuleta Ruíz y Luz Marina Monsalve Friedman

Resumen

Este artículo sintetiza las propuestas surgidas del evento “Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia”, realizado en Medellín el 30 de enero de 2023. El evento fue organizado por la Asamblea Departamental de Antioquia, la Confederación Colombiana de Asambleas Departamentales y Diputados de Colombia (CONFADICOL), la Comisión Accidental del Congreso para la Actualización de la Política Minera y el Comité Interinstitucional de Promoción de la Participación de Antioquia. Reunió a más de 38 personas expertas, entre académicas, funcionarias públicas, liderazgos sociales y representantes del sector minero.

El objetivo fue recoger insumos técnicos y conceptuales para enriquecer el proceso de reforma del Código de Minas y de la Política Minera Nacional. Se resumen las conclusiones del evento y se aborda la complejidad de la minería en Colombia, analizando los conflictos sociales, ambientales, éticos, económicos y de orden público derivados de la normativa vigente. Entre los temas discutidos se destacan las tendencias minero-energéticas, las disputas territoriales, la ineficiencia institucional, la legitimidad de la actividad y la equidad en el acceso a la minería. Las propuestas enfatizan la necesidad de una visión inclusiva y prospectiva, una gestión ambiental integral, la articulación interinstitucional y la sostenibilidad, subrayando la urgencia de una transformación ética, normativa y territorial que garantice una minería responsable y equitativa, capaz de contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar colectivo.

Palabras clave: *código de minas; conflictos socioambientales; desarrollo territorial; diálogo social; formalización minera; gestión ambiental; minería en Colombia; política minera; regalías; sostenibilidad.*

Abstract

This article summarizes the proposals that emerged from the public event “*Central Axes of Mining in the Country: Foundations for the Update of Colombia’s National Mining Policy*”, held in Medellín on January 30, 2023. The event was organized by the Departmental Assembly of Antioquia, the Colombian Confederation of Departmental Assemblies and Deputies (CONFADI-COL), the Congressional Ad Hoc Commission for the Update of the Mining Policy, and the Interinstitutional Committee for the Promotion of Citizen Participation in Antioquia. It brought together more than thirty-eight experts, including academics, public officials, social leaders, and representatives of the mining sector.

The main objective was to collect technical and conceptual inputs to strengthen the reform process of the Mining Code and the National Mining Policy. The article summarizes the event's conclusions and addresses the complexity of mining in Colombia by analyzing the social, environmental, ethical, economic, and public order conflicts arising from the current regulatory framework. Key topics discussed include mining-energy trends, territorial disputes, institutional inefficiency, the legitimacy of the activity, and equity in access to mining. The proposals highlight the need for an inclusive and forward-looking vision, integrated environmental management, interinstitutional coordination, and sustainability, emphasizing the urgency of an ethical, normative, and territorial transformation to ensure responsible and equitable mining that contributes to sustainable development and collective well-being.

Keywords: code of mines; conflicts and socio-environmental issues; environmental management; formalization of mining; mining in Colombia; mining policy; royalties; social dialogue; sustainability; territorial development.

Introducción

La actividad minera en Colombia ha sido una actividad económica fundamental en la historia y desarrollo del país. Su contribución a la formación del patrimonio cultural y social colombiano tuvo incidencia en la formación de asentamientos y hábitats de comunidades en zonas inhóspitas, donde fueron gestados centros pueblerinos pronto erigidos en corregimientos y municipios.

El uso de conocimientos artesanales y la apropiación de herramientas y productos derivados de las tecnologías propició una transformación del perfil y de los agentes empresariales promotores de la minería, configurándose un espectro de actores y gestores mineros parcial y fragmentariamente implicados con los sistemas productivo, empresarial/gremial y científico-tecnológico, en tanto este último provee las capacidades profesionales de ingenieros y expertos

en cadenas de producción de materias primas, de equipamiento, logística, comercialización e incorporación de valores aplicados a la farmacia, a las industrias y a la innovación de nuevos materiales, todo lo cual es fuente de complejos desafíos sociales, ambientales y económicos.

La Política Nacional Minera vigente, fundamentada en la Ley 685 de 2001 (República de Colombia, 2001) que articula el marco normativo actual en la materia, a causa de sus vacíos ha generado conflictos sociales, ambientales, éticos y económicos, así como problemas de orden público; máxime cuando en los antecedentes de la crítica social se ha demostrado limitaciones en su capacidad para incorporar criterios aportados por la diversidad de actores y la coexistencia de diferentes escalas de minería (grande, mediana, pequeña, ancestral, subsistencia) y los impactos demográficos, territoriales y ambientales.

En consecuencia, la necesidad de actualizar esta Política Minera es un imperativo institucional, moral y político para alinear desafíos hasta ahora centrados solamente en la utilidad y la ganancia con la Constitución Política de 1991 (República de Colombia, 2024), las leyes orgánicas de ordenamiento territorial, los principios de *Coordinación*, *Concurrencia* y *Complementariedad* y las concepciones vigentes de sustentabilidad, bienestar social, el fortalecimiento empresarial, las innovaciones técnico-científicas y los determinantes ambientales.

El presente artículo está inspirado y tiene como derrotero los aportes y consideraciones generados por un espacio público interinstitucional de concertación, diálogo y construcción teórica y práctica, cuyo propósito central es proveer contenidos para la actualización de la Política Nacional Minera

de Colombia, por lo cual busca ofrecer una visión comprehensiva de las problemáticas y proponer diseños integrados de la política pública capaces de impartir soluciones actualizadas permanentes, sistemáticas y coherentes con la evaluación de impactos multidimensionales de la acción y el quehacer minero sobre los ecosistemas que la nutren y así fomentar entonces una minería más justa, sostenible y socialmente responsable.

En el marco de estas premisas, los insumos recogidos para enriquecer este proceso, sintetizan la búsqueda de una política minera que transforme la riqueza mineral en prosperidad para el territorio y sus habitantes, impulse la apertura de otros y nuevos sectores productivos económicos que a más de proteger las prácticas tradicionales renovándolas, conserve los ecosistemas, el patrimonio natural y la riqueza cultural, fomentando así la exploración con principios multidimensionales para la transición energética global.

El trabajo sintetizado en este documento corresponde a la última expresión del proceso desarrollado durante el periodo de la Asamblea Departamental de Antioquia entre los años 2012 y 2015, liderado por varios diputados, entre ellos el autor principal del presente artículo, en el cual la Diputación antioqueña expresó su solidaridad con las comunidades mineras que realizaron varios paros y numerosas movilizaciones debido a las difíciles condiciones que enfrentaban como consecuencia de la aplicación de la normatividad vigente, del abandono estatal en amplios territorios y de la complejidad del orden público. En respuesta a esta situación, se llevaron a cabo muchos foros, paneles, seminarios y conversatorios, en articulación con la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) y la Confederación Colombiana de Asambleas

Departamentales y Diputados -CONFADICOL-.

También participaron las autoridades ambientales, policiales y territoriales, así como el Ministerio de Minas y Energía y la Autoridad Minera Departamental. Como resultado de este proceso se logró la construcción de un Proyecto de Ley para la Reforma del Código de Minas establecido en la Ley 685 de 2001 (República de Colombia, 2001) y al cual se puede acceder a través del enlace de acceso a los documentos que fundamen-

tan este artículo, que se presenta en la siguiente sección de Metodología.

El trabajo desarrollado fue arduo y altamente participativo, pues se convocó a todos los sectores: desde personas mineras de base, históricamente marginadas y estigmatizadas, pequeñas y medianas mineras, hasta representantes de grandes compañías nacionales e internacionales, incluidas las dedicadas a la comercialización, la asistencia técnica y la producción a mediana escala.

Figura 1. Amanecer en el norte antioqueño



Pintura de Adolfo León Correa. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Fundamentación teórica

La información que sustenta este artículo proviene de la transcripción del registro audiovisual de las intervenciones de treinta y ocho personas expertas que participaron en el evento público realizado el 30 de enero de 2023 en el Recinto de la Asamblea Departamental de Antioquia, titulado *“Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia”* (Asamblea Departamental de Antioquia - Confederación Colombiana de Asambleas Departamentales y Diputados de Colombia (CONFADICOL) & otros, 2023).

A partir de dichas memorias se elaboró el documento Sinopsis de propuestas presentadas en el evento público *“Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia”*. En su capítulo 3 se presenta la *Sinopsis de aportes y consideraciones para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia*, texto que dio origen al presente artículo, elaborado inicialmente por Édinson Muñoz Ciro y complementado posteriormente con aportes de Beethoven Zuleta Ruíz y Luz Marina Monsalve Friedman (Muñoz Ciro, 2023).

El evento congregó actores de diversos sectores en un espacio de concertación, diálogo y construcción teórica, organizado en seis modalidades: la instalación y apertura, más cinco paneles temáticos, que permitieron discutir los principales desafíos y oportunidades del sector minero en Colombia. Las y los participantes, con sus experiencias y conocimientos, contribuyeron a generar comprensiones compartidas y propuestas

para abordar los conflictos sociales, ambientales y económicos asociados con la minería.

El registro audiovisual y la transcripción detallada de todas las intervenciones se encuentran disponibles en el canal oficial de la Asamblea Departamental de Antioquia en YouTube¹. Asimismo, la grabación sonora y su transcripción integral fueron realizadas por el equipo editorial de la Fundación Fundamundo, a partir de las cuales se elaboró el documento *“Sinopsis de propuestas presentadas en el evento público ‘Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia’”* (Muñoz Ciro, 2023), disponible en el repositorio digital de documentos complementarios², correspondiente al anexo 4.2 del evento.

Figura 2. Río Anorí



Pintura de Adolfo León Correa.
Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

1. Enlace al registro audiovisual completo disponible en el canal oficial de la Asamblea Departamental de Antioquia en YouTube: <https://www.youtube.com/live/7BtZSjAp7LE?feature=share>

2. Enlace al repositorio digital de documentos complementarios de FUNDAMUNDO, correspondiente al anexo 4.2 del evento: <https://acortar.link/Q9jpiQ>

Tabla 1. Documentos base del evento público “Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia”

Sección principal	Subsección	Contenido / Descripción	Autor / Institución
1. Presentación		Introducción general del evento, sus objetivos y propósitos.	Equipo organizador del evento
2. Realización del evento público “Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia”		Incluye metodología, contextualización, preguntas estructurantes, y contenidos de instalación, apertura, cierre y paneles.	Asamblea Departamental de Antioquia y CONFADICOL
3. Sinopsis de aportes y consideraciones para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia		Documento base que recoge los aportes y conclusiones principales del evento.	Édinson Muñoz Ciro, Director Estratégico de Fundación Con Vida y Director de la Revista Ambiental ÉOLO
4. Anexos documentales		Compendio de ponencias y documentos técnicos.	
4.1. Documentos presentados en el evento público	Anexo 1. Apuntamientos sobre el tema minero para la construcción de un Proyecto de Ley que contendría un nuevo Código de Minas	Documento de análisis político-legislativo. Proyección jurídica del marco político administrativo del nuevo orden jurídico minero.	Hernán Darío Torres Alzate, Diputado de Antioquia 2016–2026 (Torres Alzate, 2023)
	Anexo 2. Evaluación y proyección del nuevo Código Minero de Colombia	Evaluación técnica del marco jurídico minero.	Luis Fernando Barrera Martínez, Presidente APMC (Barrera Martínez, 2023)
	Anexo 3. Propuesta académica sobre minería responsable	Reflexión académica sobre minería sostenible.	Fabián Adolfo Beethoven Zuleta Ruiz, Universidad Nacional de Colombia, sede Tumaco (Zuleta Ruiz, 2023)
	Anexo 4. Exposición de motivos del Proyecto de Ley por medio del cual se reforma el Código de Minas y se dictan otras disposiciones	Proyecto de Ley presentado al Congreso de la República.	Asamblea Departamental de Antioquia y CONFADICOL (Úsuga Giraldo, 2023)
4.2. Intervenciones de los participantes	Anexo 5. Transcripción del registro de audio de las intervenciones realizadas durante el evento público del 30 de enero de 2023	Registro completo de las intervenciones y relatorías.	Asamblea Departamental de Antioquia y CONFADICOL (2023)

Nota. Elaboración propia a partir del documento Sinopsis de propuestas presentadas en el evento público “Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia” (Muñoz Ciro, 2023)

Metodología

La metodología de los paneles se basó en la exposición y el diálogo estructurado entre actores institucionales, académicos, empresariales y comunitarios convocados en cinco espacios temáticos. Cada panel abordó dimensiones específicas de la política minera —tendencias minero-energéticas, disputas territoriales, ejercicio de la autoridad, legitimidad de la actividad e inequidad en el

acceso—, con moderadores y ponentes representantes de universidades, entidades públicas, organizaciones sociales y comunidades mineras. El intercambio de perspectivas permitió identificar problemas comunes y construir propuestas orientadas a la actualización de la Política Nacional Minera de Colombia.

A continuación, se presenta la programación efectuada:

Tabla 2. Programación de la jornada

Panel / Espacio	Moderador(a)	Participantes principales
Instalación y apertura		Juan Carlos Palacio, Presidente de la Asamblea de Antioquia; Moisés Oswaldo Bustamante Rúa, Facultad de Minas, UNAL Medellín; David González, ACM; Jorge Alberto Jaramillo Pereira, Secretario de Minas, Gobernación de Antioquia; Jaime Alonso Cano Martínez, CONFADICOL; Saúl Usuga Giraldo, Exdiputado; Jorge Alberto Gómez Gallego, Exdiputado y Exrepresentante; Hernán Darío Torres Alzate, Diputado; Isabel Cristina Zuleta López, Senadora y Coordinadora de la Comisión Accidental del Congreso.
Primer panel <i>Tendencias, problemáticas y perspectivas minero-energéticas de Colombia</i>	Jonnathan Osorio, Iniciativa por la Minería Responsable	Édinson Muñoz Ciro, Revista Ambiental ÉOLO; Ana Patricia Noguera, UNAL Manizales; Fabián Beethoven Zuleta Ruiz, UNAL Tumaco; Mauricio Castañeda Gómez, CCRR; Luz María Tobón Vallejo, FUNDAMUNDO.
Segundo panel <i>Disputa territorial o conflictos sobre las áreas</i>	Luz María Tobón Vallejo, FUNDAMUNDO	Gloria Janeth Vélez Pérez, UNAULA; Gustavo Ceballos Ardila, Alcaldía de Buriticá; Luis Hernán Sánchez, UNAL Medellín; Ivonne Consuelo González Jácome, Asomineros de Vetas (Santander).
Tercer panel <i>Ineficiencia y disfuncionalidad del ejercicio de la autoridad</i>	Édinson Muñoz Ciro, Revista Ambiental ÉOLO	Luis Fernando Barrera, APMC; Yenny Quintero Herrera, Secretaría de Minas de Antioquia; Gustavo Adolfo Viana, IGNEA–UNAL Medellín; Luz Marina Monsalve Friedman, Consultora e investigadora.

Cuarto panel <i>La ilegitimidad de la actividad minera</i>	Fabián Beethoven Zuleta Ruiz, UNAL Tumaco	Verónica Blandón Sánchez, APMC; Jorge Alberto Gómez Gallego, Exdiputado; Iván Antonio Ochoa Gómez, Alcalde de Yolombó; Jonnathan Osorio Pineda, Iniciativa por la Minería Responsable.
Quinto panel <i>Inequidad en las condiciones de acceso a la actividad minera</i>	Luz Marina Monsalve Friedman, Ph.D., Fundación Con Vida	Nury Estella Yagarí González, OIA; Libardo Álvarez Lopera, CEDOCC; José Esteban Bello, Secretaría de Minas de Antioquia.
Intervenciones especiales		Ciro Luna, Expo Campo Sano; Rubén Darío Gómez Cano, CONALMINERCOL; Mery Álvarez Hidalgo, Buriticá; Yuliana Vásquez, Cabildo Nutabe; Omar Urrego, CEDOCC; Javier Castro, Líder afrodescendiente; Ilda Elena Castaño, Consejera Departamental de Paz.
Cierre del evento público		Fernando Valencia, Corporación Viva la Ciudadanía.

Nota. Elaboración propia a partir del registro del evento público “Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia” (Muñoz Ciro, 2023)

Hallazgos clave y discusión

En los seis espacios de participación establecidos en el evento público —que incluyen su instalación y apertura, y los cinco paneles organizados con intervención del público asistente—, tal como consta en el capítulo 3 de la “*Sinopsis de aportes y consideraciones para la Actualización de la Política Nacional Minera de Colombia*” (Muñoz Ciro, 2023), se presentan, entre reflexiones, consideraciones y propuestas principales, un total de 185 párrafos principales, que incluyen, adicionalmente, 128 desarrollos, los cuales, a su vez, se condicionan a otras 34 determinaciones directas.

Estos 347 párrafos del documento sinóptico (Muñoz Ciro, 2023) constituyen una cantera de insumos —en términos poéticos y mine-

ros— para que el Gobierno Nacional, el Congreso de la República y todas las organizaciones e instancias relacionadas e interesadas puedan enriquecer los argumentos para la actualización de la Política Minera de Colombia, con una proyección hacia el avance del siglo XXI.

Estos aportes buscan contribuir a una política minera que dé cuenta de las complejas realidades que imponen los entramados geopolíticos, las dinámicas sociales y los innegables avances en la comprensión, transformación y producción de la realidad del mundo actual, con sus permanentes cambios económicos, políticos, tecnológicos, científicos, humanísticos, sociales y ambientales. Además, prevalece en ellos una perspectiva que nos confronta con nuestra condición de colombianas y colombianos, inte-

grantes de la humanidad, habitantes de nuestra Casa Común —el planeta Tierra— y constituyentes de la misteriosa, compleja, resiliente, antiquísima y determinante biósfera, también conocida como Gaia, Pacha Mama o Madre Tierra.

En la actualización de la Política Minera de Colombia se requiere una visión incluyente y futurista para que el nuevo Código de Minas esté centrado, íntegramente, en mejorar la calidad de vida. Para ello, y en el contexto de las concepciones vigentes de sustentabilidad del desarrollo, bienestar social, fortalecimiento empresarial, innovaciones técnico-científicas, determinantes ambientales y obligaciones estatales, es necesario resolver de la mejor manera preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo lograr que la riqueza minera se convierta en prosperidad para el territorio, sus habitantes y el país?
- ¿Cómo hacer para que la minería impulse otros sectores económicos como el agropecuario, la infraestructura, la salud, la educación, la vivienda, el ambiente y la energía, entre otros?
- ¿Cómo proteger los símbolos y las bases históricas de nuestros pueblos, como el barequeo y la minería artesanal?
- ¿Cómo fomentar la exploración de yacimientos para la transición energética que reclama el mundo?

Para responder a estas preguntas, el encuentro público se estructuró en una instalación y apertura, además de cinco paneles, cada uno centrado en una faceta crítica de la minería en Colombia.

Figura 3. Caballos



Pintura de Adolfo León Correa. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Compendio de propuestas generadas en las intervenciones realizadas durante la instalación del evento público

Hacia una Política Minera Integral y Sostenible en Colombia

La minería en Colombia, una actividad de profunda raigambre histórica y económica, se encuentra en un punto de inflexión que demanda una *actualización profunda de su política* y marco legal. Esta revisión es crucial para superar los desafíos históricos y contemporáneos que han caracterizado el sector, en aras de garantizar un desarrollo equitativo, ambientalmente responsable y socialmente justo. La formulación de una nueva Política Nacional Minera debe considerar, al menos, los siguientes pilares fundamentales:

- Reconciliación y reconocimiento de actores: es imperativo *superar la polarización* entre la visión que eleva a las multinacionales como los únicos actores capaces de realizar una minería "bien hecha", relegando los derechos de los mineros tradicionales y ancestrales, y la perspectiva que les defiende plenamente, a la marginalidad o la criminalización. La nueva Política debe reconocer la coexistencia de *mineros grandes, medianos, pequeños, ancestrales y de subsistencia*, y la compleja interacción con actores armados legales e ilegales. Es fundamental entender y respetar las *diferencias empresariales, organizativas, financieras y tecnológicas* que caracterizan a cada tipo de minería.
- Regulación del capital financiero y titulación minera: Colombia ha sido escenario de un modelo de minería impulsado por el *capital financiero especulativo internacional*, especialmente aquel que gravita en torno a la Bolsa de Valores de Toronto, Canadá. Este modelo ha conducido a una situación compleja donde numerosos títulos mineros se otorgan, no para ser operados, sino para su

valorización en los mercados internacionales. La nueva Política debe *regular adecuadamente este modelo*, obligando a las empresas con títulos mineros a *realizar la exploración y producción efectiva*, o a liberar dichas áreas. Asimismo, se deben *sancionar con multas y caducidad del título* a aquellos empresarios que oculten la preexistencia de minería de hecho al momento de la obtención del título.

- Un nuevo modelo financiero y regímenes diferenciales: el modelo financiero actual ha demostrado ser *radicalmente opuesto al desarrollo integral de la minería en el país*. Se requiere un nuevo enfoque que fomente un crecimiento sostenible. En este sentido, es esencial *establecer requisitos diferenciales en todos los ámbitos* para los sectores de la pequeña, mediana y gran minería. Esto incluye contenidos y valores de los Planes de Trabajos y Obras (PTO) y los trámites de licencias ambientales, favoreciendo especialmente a las empresas de la *pequeña minería que buscan formalizarse*.
- Marco normativo y descentralización: la legislación minera debe ser revisada y ajustada para reflejar la realidad territorial y los principios constitucionales, especialmente en los siguientes aspectos:
 - Derogación y modificación de normas restrictivas: es fundamental *abolir o modificar decretos como el 2235 de 2012* (República de Colombia - Ministerio de Defensa, 2012), conocido como el "Decreto terrorista", que condenó la minería de hecho al establecer la quema y destrucción de maquinaria. Si bien la extracción ilícita

de minerales no debe tolerarse, es imperativo aplicar la *Ley 2250 de 2022* (República de Colombia, 2022), que exige la demostración de la vinculación de los mineros con delitos como narcotráfico o extorsión antes de proceder a la quema de maquinaria.

- Preeminencia de las Áreas de Reserva Especial (ARE): estas deben ser preeminentes en la vida minera del país. Una vez declarada, la comunidad o empresa minera debe poder operar normalmente mientras cumple con los requisitos ambientales y obras del Plan de Trabajos PTO.

- Reconocimiento de la minería de subsistencia con maquinaria: la nueva Política debe reconocer que en Colombia existe este tipo de minería, una realidad que ha sido históricamente ignorada y que requiere un enfoque diferenciado.

- Reglamentación de la Ley 2250 de 2022 y del Código de Minas: es crucial *reglamentarla*, especialmente en lo referente al PTO y la *Licencia Ambiental Diferencial*, que reconozca las particularidades de los distintos tipos de empresas mineras, la *Ruta de Formalización y Legalización*, y el *Fondo de Fomento Minero*. Dado que el actual Código de Minas (Ley 685) data de 2001, su actualización debe aplicar el *Bloque de Constitucionalidad Vigente*, priorizando el Artículo 151 de la Constitución (República de Colombia, 1991), que subordina las normas territoriales a las leyes orgánicas. Esto implica la implementación de la *Ley Orgánica 2200 de 2022* (República de Colombia, 2022) (*Régimen Departamental*) y la *Ley Orgánica 1454 de 2011* (República de Colombia, 2011) (*Ordenamiento Territorial*), que fomenta la delegación de funciones y competencias en las entidades territoriales departamentales.

- Fortalecimiento del rol departamental y la coordinación estatal: la formalización minera debe fundamentarse en el *reconocimiento de los departamentos como entidades intermediarias* entre la nación y los municipios, de acuerdo con la Ley 2200 de 2022 (Colombia, 2022). Esta Ley, que desarrolla el Artículo 288 Constitucional, ordena que las actuaciones estatales se basen en los principios de *Coordinación, Concurrencia y Complementariedad*. La nueva Política Minera no puede obviar la importancia de los *desarrollos territoriales*, reconocidos y priorizados en la Ley Orgánica 1454 de 2011. (República de Colombia, 2011)

- Creación del Sistema Nacional Minero (SINAMI): en concordancia con la Constitución de 1991 y el Principio de Competencia, es esencial establecer el *SINAMI*. Al igual que en los sectores de la salud, educación y medioambiente, la minería requiere un Sistema que articule instituciones, programas y recursos, para facilitar la *interacción entre todos los actores y procesos* de la actividad minera, concretando el *Principio de Proximidad y Descentralización*, garantizando un mayor acceso a servicios y derechos para los ciudadanos.

- Descentralización político-administrativa y roles claros: es vital aplicar estas políticas, con una clara *Delegación de Funciones y Competencias* en los territorios, diferenciando claramente entre Delegación Administrativa y Territorial. Se deben *diferenciar las funciones de municipios, departamentos y nación* conforme a la Constitución (artículos 298 y 315) (República de Colombia, 1991) y la Ley Orgánica 2200 de 2022 (República de Colombia, 2022). La nación configura políticas, los municipios prestan servicios y los departamentos intermedian y coordinan.

- Participación territorial y escucha al minero y minera: la revisión y ajuste de la Política Minera debe realizarse *desde y para los territorios*, con la participación de las diversas bancadas políticas y reconociendo el camino ya trazado por distintos sectores de la sociedad. Es crucial *priorizar la escucha y atención institucional al sujeto minero*, que históricamente ha sido estigmatizado y perseguido, para que la Política refleje su realidad.

Resolución de Problemáticas Específicas

La política minera debe abordar y resolver problemáticas particulares:

- La crisis del carbón en el Caribe: es urgente *resolver y evitar la repetición de la problemática de la industria del carbón* en departamentos como Cesar, La Guajira y Magdalena, donde miles de familias enfrentan vulnerabilidad por la incertidumbre del sector.
- Simplificación jurídica y licencias ambientales: se debe abordar el *Desorden Jurídico, la Dispersión Normativa y la Excesiva Normativización* en trámites como las licencias ambientales y los procesos de exploración. Es necesario *ordenar y diferenciar licencias y permisos ambientales*, estableciendo exigencias acordes con el tipo, escala y magnitud de la explotación, e incluyendo *Licencias Ambientales Temporales* para fases específicas.
- Fomento del diálogo y concertación territorial: fomentar en cada territorio *procesos e instancias permanentes de diálogo y concertación*, como las *Mesas Mineras*, entre todas las entidades, sectores y personas involucradas en el sector.

Aspectos transversales para considerar por fuera de la legislación minera

Existen asuntos cruciales que, si bien no deben ser directamente legislados en el Código Minero, deben asumirse con absoluta responsabilidad:

- Conflictos socioambientales y de orden público: es indispensable reconocer en procura de resolver, estos *conflictos generados* por minería y las relaciones criminales de grupos armados al margen de la ley. Es fundamental incluir los asuntos mineros en los *procesos de conversaciones de paz* y abordar la *criminalización de la minería* en espacios de diálogo con el Alto Comisionado para la Paz y el apoyo de Alcaldías.
- Seguridad nacional y economía minera legal: incluir en la Política de Seguridad Nacional los *debates sobre convenios militares* relacionados con la paz en territorios mineros, reconociendo que los problemas de orden público no se limitan al narcotráfico. Es esencial que los grupos armados al margen de la ley contribuyan a *fortalecer la economía minera legal*.
- Coexistencia de visiones territoriales: es imprescindible *acoger con respeto a las comunidades que le dicen "No" a la minería*, y que desean fundamentar su desarrollo en la agricultura u otras actividades. De igual forma, se debe acoger con entereza a las comunidades que, por su ancestralidad o vocación, se reconocen como *pueblos y territorios mineros* y eligen continuar con esta actividad.
- Zonas de exclusión minera: reconocer de manera taxativa la existencia de *territorios donde no se debe ni se puede hacer minería*, ni en el presente ni en el futuro, como ya lo ha establecido el Consejo de Estado para *fuentes hídricas y ecosistemas estratégicos*.
- Consulta previa para comunidades afro-

Figura 4. Quebrada Guardasol



Pintura de Adolfo León Correa. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

descendientes: reconocer la validez de la aspiración de las comunidades afrodescendientes *para reglamentar el Capítulo Quinto de la Ley 70* (República de Colombia, 1993) *sobre temas mineros*, diferenciando este proceso de la reforma o actualización del Código de Minas.

Imperativos para la Reforma del Código de Minas

La reforma del Código de Minas es indispensable por varias razones:

- Inclusión y protección de mineros tradicionales: el Código actual excluyó y discriminó a

un gran sector de la economía minera (ancestrales, artesanales y pequeños mineros). Se requiere un Capítulo Especial que diferencie sus obligaciones.

- Recuperación del rol mediador del Estado: la Ley actual excluyó al Estado de su Función Fundamental de Mediación entre la Sociedad, la Comunidad y la Ciudadanía, delegando en las empresas. Es imperativo que el Estado retome este rol para generar equilibrios ante las asimetrías de poder entre grandes empresas y pequeños mineros. Además, el Estado debe apoyar a las organizaciones mineras para que realicen su actividad con rigor legal, ambiental, técnico y social.

- Superación de la lógica del enclave minero: es necesario superar la lógica donde un título otorgado a una empresa convierte el territorio concesionado en una zona percibida como ajena por sus habitantes.
- Protección hídrica y ecosistémica: se debe garantizar que no se contaminen fuentes hídricas ni se destruyan ecosistemas estratégicos, reconociendo la importancia de estos recursos para la actividad minera misma.
- Fomento de minerales para agricultura y transición energética: es crucial reconocer la necesidad de desarrollar la producción y aplicación de minerales esenciales para la agricultura (incremento de alimentos) y de los minerales estratégicos requeridos para la transición energética (más allá del oro, incluyendo la plata como conductor).
- Pasivos ambientales y cierre minero: es indispensable incluir valoraciones, atenuaciones y compensaciones de los pasivos ambientales y lo requerido para un Cierre Minero Óptimo. Se debe resolver el vacío jurídico que impide la identificación de responsables de la devastación ambiental, como en el Bajo Cauca.
- Mejora de la imagen del sector: la actuación del sector minero bajo el marco normativo vigente ha generado una pésima imagen que necesita ser superada colectivamente.
- Satisfacción de necesidades básicas: es inadmisibles que las comunidades en zonas mineras sigan padeciendo Necesidades Básicas Insatisfechas.
- Liberación y redirección de títulos mineros: es preciso liberar áreas con títulos mineros no operados para entregarlas a pequeños y medianos mineros, especialmente colectivos,

incentivando que los titulares representen a agremiaciones y asociaciones nacionales.

- Reconfiguración de la titulación minera: esta se debe cambiar para que no se entreguen títulos sin certificado de autoridades ambientales que garantice que la zona no es de interés ambiental ni está bajo la modalidad de área para la protección de biodiversidad.

- Estímulo al diálogo social: el Código de Minas debe estimular el diálogo social real para superar los conflictos socio-ambientales existentes.

- Reconsideración de la utilidad pública e interés social: es necesario reconsiderar esta figura con la que se califica la minería. Se debe exigir a cada titular que demuestre la utilidad de su actividad para el desarrollo regional, trascendiendo la presunción actual.

Modernización Integral y Desafíos Comerciales

Es necesario adelantar la modernización integral del ciclo minero en el país, considerando principalmente:

- Regulación de la comercialización del oro: ante los problemas con la mercantilización del oro, es indispensable determinar qué asuntos comerciales deben incluirse en el Código Minero y cuáles en el Código de Comercio. La legalización de las comercializadoras de minerales preciosos, con pago de impuestos, trazabilidad pública y bancarización de proveedores, permitirá controlar la minería criminal y el narcotráfico, y garantizar ingresos para el Estado. Esto debe integrarse con la decisión gubernamental de crear la Empresa del Estado Comercializadora de Oro.
- Desarrollo de la cadena productiva: es

necesario *desarrollar la cadena productiva* para dar valor agregado a lo extraído, promoviendo la transición de economías extractivas a productivas. Se debe discutir si la promoción de este encadenamiento se incluye en la reforma del Código de Minas.

Articulación Ambiental y Reclasificación de la Minería

- Articulación con la institucionalidad ambiental: dado que la legislación ambiental no puede ser subsumida por la minera, y ambos sectores comparten elementos generales, el *Sistema Nacional Minero (SINAMI)* debe articular la institucionalidad minera con las competencias de la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).
- Reclasificación de tipos de minería y competencias: se debe *reclasificar las minerías* (subsistencia, pequeña, mediana, grande) no solo por volumen, sino por tipo de *minerales, formas de extracción e impactos*. En este sentido, también deben redistribuirse las *competencias de las autoridades en fiscalización y control*. Las industrias con mayores impactos (ej. cobre) deben estar a cargo de entes nacionales; mientras que aquellas con impactos más locales (ej. oro, minerales de construcción) deben ser competencia de las CAR.
- Respeto a las competencias ambientales territoriales: es fundamental que *se respeten las competencias ambientales de las CAR*, inherentes a la Autonomía Territorial y la Descentralización ordenada en la Constitución de 1991, evitando la centralización de todas las decisiones en Bogotá.

Conclusiones de los paneles

Panel 1: Tendencias, Problemáticas y Pers-

pectivas Minero-Energéticas de Colombia

Este panel se centró en una reflexión filosófica y estratégica para establecer y/o presentar desde las diferentes y principales perspectivas, los fundamentos del *"Deber ser del sector minero"*. Para ello, se enfatizó en el reconocimiento de la identidad minera del territorio colombiano, a partir de la resolución de preguntas como las siguientes:

- ¿Qué es, para qué y cómo hacer correctamente la minería?
- ¿Somos un país minero o somos un país con minerales?
- ¿Cómo resolver la incapacidad institucional para planificar el país?
- ¿Cómo debemos hacer y cómo vamos a realizar la minería?
- ¿Cómo armonizar la política minera con el espíritu descentralizador establecido en la Constitución de Colombia?

Se debatió si Colombia es un país minero o un país con minerales, la incapacidad institucional para la planificación, la forma correcta de llevar a cabo la minería y la armonización de la política minera con el espíritu descentralizador establecido en la Constitución Nacional de Colombia de 1991 (República de Colombia, 1991). Las propuestas resaltan la importancia de una ética no antropocentrista que valore la Tierra como un sistema complejo y vivo; y la necesidad de trascender una visión meramente extractivista hacia una minería que integre ciencia, tecnología e innovación; y genere valor agregado más allá del oro y el carbón. Se propuso una *"biofábrica minera"*, donde la naturaleza sea la fuente de conocimiento para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Panel 2: Disputa Territorial o Conflictos sobre las Áreas

El contenido del Panel 2 se especificó en los siguientes asuntos:

- Formalización Minera (ejemplo Ley 2250/2022).
- DDHH, apoyo de Defensoría del Pueblo en las intervenciones territoriales.
- Coexistencia de las vocaciones económicas en los territorios.
- Autonomía territorial entendida como voluntad local, pero en coordinación con la Nación.
- Criminalidad en la cadena de valor de la minería.
- Titulación minera en áreas protegidas.

Los debates se enfocaron en la Formalización minera (ej. Ley 2250/2022), los derechos humanos en las intervenciones territoriales, la coexistencia de vocaciones económicas, la autonomía territorial coordinada con la Nación, la criminalidad en la cadena de valor y la titulación minera en áreas protegidas. Se enfatizó la importancia de la participación comunitaria para el uso consensuado del suelo y la promoción de movimientos regionales en defensa del territorio. Se reconoció la Ley 685 de 2001 (República de Colombia, 2001), que declara la Minería de Utilidad Pública e Interés Social, pero se señaló la debilidad de los municipios para coexistir con megaproyectos y la necesidad de reconocer la Minería Artesanal y de Pequeña Escala -MAPE-.

Panel 3: Ineficacia y Disfuncionalidad del Ejercicio de la Autoridad

En el Panel 3 se enfatizó en los siguientes aspectos:

- Permanentes conflictos entre el sector minero con las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), entre otras instituciones y sectores del Sistema Nacional

Ambiental (SINA), lo que afecta la coherencia en los procesos legales y evidencia la divergencia de funciones entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el Ministerio de Minas y Energía (MME).

- Necesidad de otorgar a barequeros y pequeños mineros locales el carácter de Sujetos de Especial Protección del Estado, para facilitarles el acceso y los trámites de la legalización y formalización minera.
- Regalías mineras.
- Estándares internacionales asociados a la minería.
- Descentralización minera.
- Debida diligencia y debido proceso.
- Muy difícil acceso de las comunidades campesinas a beneficios como el Pago por Servicios Ambientales (PSA) para la conservación y restauración de servicios ecosistémicos.
- Normatividad asociada a la población especial o minorías identificadas.
- Los Estudios de Impacto Ambiental EIA son pagados por el Titular del Proyecto, lo que puede distorsionar las interpretaciones y resultados a favor de éste. Una posible solución a este problema es que el Estado asegure la imparcialidad y el acceso público a estos estudios y caracterizaciones de los territorios.
- Aseguramiento de actividad con seguridad jurídica para el sector y la inversión extranjera.
- Trámites complejos y difíciles para la comunidad minera.
- Criminalidad en el ejercicio de la minería en los territorios.

Este panel abordó los conflictos entre el sector minero y las autoridades ambientales (CAR y ANLA), la necesidad de otorgar a barequeros y pequeños mineros un estatus de protección especial, las regalías mineras, los estándares internacionales, la descentralización minera, la debida diligencia y el acceso de las comunidades campesinas a beneficios

ambientales. Se criticó que los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) sean pagados por los titulares de proyectos, sugiriendo que el Estado debería asegurar su imparcialidad y acceso público. También se destacó la complejidad de los trámites para la comunidad minera y la criminalidad en la minería. Es crucial la articulación interinstitucional para la formalización minera.

Panel 4: La Ilegitimidad de la Actividad

En el Panel 4 la reflexión estuvo centrada en lo atinente a:

- Rechazo, incluso odio, de la población a la realización de proyectos mineros.
- Abuso de la figura legal que le confiere a la actividad minera el carácter de Utilidad Pública e Interés Social.
- Arbitrariedad, exigua democracia y poca a nula participación ciudadana en los procesos de concesión de depósitos, titulación minera y licenciamiento ambiental.
- Responsabilidad social.
- Cierre de minas con procedimientos adecuados.
- Construcción de territorios y comprensión territorial de los municipios.
- Articulación con los ministerios de Agricultura, Ambiente, Educación, Cultura y Desarrollo Económico.
- Percepción de que la minería se debe trabajar desde el Estado y las empresas.
- Responsabilidad de las empresas mineras (naturales, barequeros, pequeñas, medianas y grandes) con los compromisos ambientales, laborales y sociales.
- Pasivos pendientes de saldar en aspectos territoriales, ambientales, sociales y laborales.

Se discutió el rechazo social hacia los proyectos mineros, el abuso de la figura de Utilidad Pública e Interés Social, la arbitrarie-

dad y la falta de participación ciudadana en los procesos de concesión y licenciamiento ambiental. Las propuestas incluyeron la responsabilidad social empresarial, el cierre adecuado de minas, la construcción y comprensión territorial de los municipios, y la articulación con los diferentes ministerios del Estado. Se afirmó que todas las empresas mineras, independientemente de su tamaño, deben cumplir con los compromisos ambientales, laborales y sociales.

Panel 5: Inequidad en el Acceso a la Actividad Minera

El Panel 5 estuvo centrado en los siguientes asuntos:

- Minería empresarial a gran escala.
- Formalización minera.
- Producción de minerales para la agricultura en el ámbito regional.
- Entrenamiento y educación integral para los pequeños mineros locales.
- Acceso a recursos en el ámbito local para que los apoyos lleguen a la gente más vulnerable.
- Derechos de los pequeños, medianos y grandes mineros con la misma posibilidad y simetría.
- Titularidad minera en áreas con preexistencia tradicional sin consentimiento de las personas que están en el territorio previo al otorgamiento de los títulos.
- Corrupción en la asignación de títulos.

Este panel se centró en la minería empresarial a gran escala, la formalización minera, la producción de minerales para la agricultura regional, el acceso a recursos para las comunidades vulnerables y el entrenamiento y educación integral para los pequeños mineros locales. Se planteó la necesidad de igualdad de oportunidades y derechos para pequeños, medianos y grandes mineros. También se abordó la problemática de la

titularidad minera en áreas con preexistencia tradicional sin consentimiento previo de las comunidades, y la corrupción en la asignación de títulos. Se destacó la mala utilización de las Consultas Previas y la necesidad de

aplicar de manera integral el Convenio 169 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 2007), exigiendo la consulta antes de la explotación.

Figura 5. Altiplano norte de Antioquia



Pintura de Adolfo León Correa. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Ejes temáticos y líneas de acción para la actualización de la Política Nacional Minera

Las reflexiones y propuestas recogidas en el proceso de construcción de la nueva política minera se organizaron en cinco grandes ejes de análisis que integran los principales desafíos y orientaciones para una gestión del sector más justa, sostenible y coherente con la realidad del país. Cada eje agrupa las categorías temáticas abordadas en las discusiones, destacando las necesidades normativas, ambientales, sociales, económicas, éticas y territoriales que configuran el debate minero contemporáneo en Colombia. Este compendio ofrece una lectura estructurada de los planteamientos surgidos, proponiendo líneas

de acción concretas para avanzar hacia una política minera integral, sostenible y socialmente responsable.

Marco Legal y Regulatorio

Se identifica la necesidad de superar la polarización entre la gran minería multinacional y la minería tradicional/ancestral. Se propone una regulación adecuada del modelo de minería basado en el capital financiero especulativo internacional, sancionando a las empresas que no operan los títulos mineros obtenidos. Es crucial establecer requisitos diferenciales para la pequeña, mediana y gran minería en todos los ámbitos, especialmente en Planes de Trabajos y Obras (PTO) y licencias ambientales, favoreciendo a la

pequeña minería en proceso de formalización.

Se exige la abolición o modificación de decretos como el 2235 de 2012 (República de Colombia - Ministerio de Defensa, 2012) , conocido como el "Decreto terrorista", que criminalizó la minería de hecho. Es fundamental reglamentar la Ley 2250 de 2022 (República de Colombia, 2022) en aspectos como el PTO, la Licencia Ambiental Diferencial, la Ruta de Formalización y Legalización, y el Fondo de Fomento Minero; y se insta a aplicar esta Ley sobre los requisitos para la quema de maquinaria, exigiendo la demostración de delitos previos. Las Áreas de Reserva Especial (ARE) deben tener preeminencia, permitiendo el trabajo normal mientras se cumplen los requisitos ambientales y de Programas de Trabajos y Obras -PTO-.

La actualización de la Política Minera debe aplicar el bloque de constitucionalidad vigente, especialmente el artículo 151 de la Constitución, que sujeta las normas territoriales a las leyes orgánicas, como la Ley Orgánica de los Departamentos, 2200 de 2022 (República de Colombia, 2022) y la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, 1454 de 2011 (República de Colombia, 2011), reafirmando la delegación de funciones en las entidades departamentales. La formalización minera debe reconocer a los departamentos como intermediarios entre la nación y el municipio, basados en los principios de Coordinación, Concurrencia y Complementariedad.

Aspectos Ambientales y Sociales

Es imperativo que la nueva Política Minera no obvie los desarrollos territoriales, reconociendo la preeminencia del Régimen Departamental. Se propone la creación de un Sistema Nacional Minero (SINAMI) para articular la Institucionalidad Minera con la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y

las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR). Este sistema, similar a los existentes en salud o educación, permitiría una interacción fundamental entre todos los sectores de la actividad minera, concretando el Principio de Proximidad y Descentralización.

Se enfatiza la necesidad de diferenciar las funciones de municipios, departamentos y la nación, respetando la descentralización político-administrativa y la delegación de funciones. La revisión y ajuste de la Política Minera debe realizarse desde y para los territorios, con participación de todas las bancadas políticas. Es crucial priorizar la escucha y atención al sujeto minero, históricamente estigmatizado y perseguido, para actualizar la Política desde su realidad.

Asimismo, se plantea la necesidad de resolver la problemática de la industria del carbón que ha generado vulnerabilidad en miles de familias. Se debe abordar el desorden jurídico, la dispersión normativa y la excesiva normativización en los trámites de licencias ambientales y exploración. Es vital fomentar espacios de diálogo y concertación permanentes, como las "Mesas Mineras". Las licencias y permisos ambientales deben ser ordenados y diferenciados, incluyendo licencias temporales y exigencias acordes con el tipo, escala y magnitud de la explotación.

Los conflictos socio-ambientales y de comercialización minera deben ser asumidos con responsabilidad. Los conflictos de orden público generados por grupos armados al margen de la ley deben incluirse en los procesos de conversación para la paz, buscando que estos grupos contribuyan al fortalecimiento de la economía minera legal. La Política debe respetar la voluntad de las comunidades que rechazan la minería, así como acoger a aquellas que, por ancestralidad o vocación, se reconocen como pueblos mineros. Se debe reconocer taxativamente los

territorios donde no se puede ni debe hacer minería, como las fuentes hídricas y ecosistemas estratégicos. Es fundamental reconocer la validez de la Consulta Previa en temas mineros para comunidades indígenas y afrodescendientes.

Reforma del Código de Minas

La reforma del Código de Minas (República de Colombia, 2001) es necesaria porque la ley actual excluyó y discriminó a los mineros ancestrales, artesanales y pequeños. Se requiere un capítulo especial para su protección, diferenciando sus obligaciones. El Estado debe retomar su función de mediador, ya que la ley actual delegó esta función en las empresas, generando asimetrías de poder. El Estado debe apoyar a las organizaciones mineras para que realicen su actividad con rigor ambiental.

Es imperativo superar la lógica del enclave minero, donde el territorio con título minero deja de percibirse como colombiano. Se debe garantizar la no contaminación de fuentes hídricas ni la destrucción de ecosistemas estratégicos, reconociendo su importancia para la actividad minera misma. Se necesita desarrollar la producción y aplicación de minerales esenciales para la agricultura y la transición energética (ej., plata). Es indispensable incluir valoraciones, atenuaciones y compensaciones de pasivos ambientales y garantizar el cierre minero adecuado.

La mala imagen del sector minero, en parte debido al marco normativo, debe ser superada. Es inaceptable que en zonas mineras las comunidades continúen con sus necesidades básicas insatisfechas. Se propone liberar áreas con títulos mineros ya otorgados para entregarlas a pequeños y medianos mineros, promoviendo asociaciones nacionales. La titulación minera debe cambiar, exigiendo certificados de las autoridades ambientales

que constaten que la zona no es de interés ambiental o de protección de la biodiversidad. Se debe estimular el diálogo social real para superar conflictos socio-ambientales. Se sugiere reconsiderar la figura de "Utilidad Pública e Interés Social" aplicada a la minería, exigiendo la demostración de su beneficio para el desarrollo regional.

Modernización del Ciclo Minero y Valor Agregado

Es necesario modernizar integralmente el ciclo minero. Se debe definir qué aspectos comerciales del oro se incluyen en el Código Minero y cuales en el Código de Comercio. La legalización de comercializadoras de minerales preciosos, el pago de impuestos, la trazabilidad pública y la bancarización de proveedores son cruciales para controlar la minería criminal y el narcotráfico. Se propone integrar esta política con la creación de la Empresa del Estado Comercializadora de Oro.

El desarrollo de la cadena productiva para dar valor agregado a lo extraído es fundamental, implicando una transición de economías extractivas a productivas. La reclasificación de los tipos de minería debe basarse en el tipo de minerales, sus formas de extracción y sus impactos, en lugar de solo los volúmenes. La redistribución de competencias de las autoridades en fiscalización y control debe considerar la escala de los conflictos (local, regional, nacional), asignando el control de minerales con mayores impactos (ej., cobre) a entes nacionales. Se debe respetar la autonomía territorial de las CAR en competencias ambientales para evitar la centralización en Bogotá.

Dimensión Ética y del Conocimiento

Se aboga por generar mecanismos de control social a los rentistas de la tierra y promover la articulación de municipios que prohí-

ben o regulan la minería para construir mecanismos jurídicamente vinculantes. La movilización social es un mecanismo clave para impulsar un cambio hacia una minería comprometida con el ambiente y la paz. Es indispensable regular el capitalismo, el consumismo y el extractivismo para detener la obsolescencia programada y controlar la aceleración del agotamiento de los recursos naturales.

Las visiones estratégicas del territorio nacional deben acordarse para establecer las vocaciones económicas regionales y locales. Se propone construir propósitos societales y sueños colectivos desde los territorios para cohesionar socialmente y lograr paz y reconciliación. En el licenciamiento ambiental, el Estado y las autoridades ambientales deben garantizar el cumplimiento normativo, ya que las empresas que solicitan la Licencia Ambiental son quienes, generalmente, realizan los estudios.

La ética debe permear los aspectos técnicos, científicos y económicos de la minería, transitando hacia un modelo de responsabilidad con los tejidos profundos de la Vida del Planeta. Se cuestiona el fracaso del desarrollo sostenible debido al extractivismo y la devastación. Es necesario una ética no antropocentrista que aprenda de la Tierra, reconociendo la naturaleza como portadora de conocimientos y como un sistema primario de ciencia, tecnología e innovación. La mina debe ser concebida como un reservorio científico-tecnológico y un centro de producción biotecnológico o biofábrica de producción mineral.

Se propone una ética ambiental sensible fundamentada en el concepto de "método-especies", que prioriza afectos, sensibilidades e intercorporalidades entre cuerpos vivos e inertes, y que lleve a políticas mineras

que acojan y respeten lo "geosensible", es decir, la sensibilidad de la Tierra.

La minería, vista como una acción convergente del conocimiento en ciencia, tecnología e innovación, debe reconocer los valores tecnobiológicos o tecnofísicos de la vegetación, el suelo, la biósfera y la atmósfera. La fragmentación de la Política Minera requiere una articulación real entre los ministerios de Minas, Medio Ambiente, Industria y Comercio, y Ciencia y Tecnología, que permitan el mejoramiento integral de la educación, la innovación tecnológica y el enriquecimiento de las culturas, las artes y los saberes en las actividades mineras.

Es necesario un sentido de propiedad no solo particular o privado, sino también asociativo. La gestión del conocimiento, desde la exploración geológica hasta la evaluación de proyectos, es clave para el bienestar humano y ambiental. Se debe apoyar y fortalecer las instituciones y a los mineros para mejorar el conocimiento de la mina, potenciar sus capacidades y convertirlos en pilares de desarrollo. Se plantea la necesidad de ver a los pequeños mineros como vecinos formalizados, fomentando la empatía del sector para una convivencia y complementariedad que contribuya a la paz.

Finalmente, se enfatiza la importancia de establecer acuerdos previos con la institucionalidad local, regional y comunitaria antes de la llegada de empresas mineras. La protección del agua, la conservación de la biodiversidad y la generación de mecanismos productivos legítimos son cruciales.

La actualización de la Política debe garantizar el respeto y cumplimiento de los derechos de los pueblos indígenas, incluyendo la Consulta Previa en las declaratorias de distritos mineros. *Las Audiencias Públicas deben democratizarse para convertirse en herra-*

mientas de seguimiento y control ciudadano permanente. Es indispensable el Reconocimiento de los Derechos de la Naturaleza. Se propone una revisión integral e intersectorial de las afectaciones generadas por la minería, incluyendo la salud pública y el destino de las

ganancias económicas, en un contexto de inequidad social. La equidad debe primar en la nueva Política, protegiendo a los ecosistemas, las especies en peligro de extinción, las comunidades, los pequeños mineros y favoreciendo el desarrollo integral.

Figura 6. Agua fresca corriente



Pintura de Adolfo León Correa. Donación para la Revista Ambiental ÉOLO (2025).

Conclusiones y Recomendaciones

La actualización de la Política Nacional Minera de Colombia es un *imperativo que requiere una Transformación Profunda del Marco Regulatorio, una Visión Ética de la Minería y una Articulación Efectiva entre los diversos Actores e Instituciones.* Esta Política debe ser incluyente y futurista, centrándose en la mejora integral de la calidad de vida.

Entre las principales recomendaciones y propuestas emanadas del diálogo ciudadano e interinstitucional, se destacan:

- *Superar el conflicto de percepciones:* Cerrar la brecha entre la gran minería y la minería tradicional/ancestral, reconociendo las diferencias y estableciendo requisitos diferenciales para cada tipo de minería.
- *Diferenciación y Formalización:* Establecer

marcos regulatorios que reconozcan y apoyen las diferentes escalas de minería, priorizando la formalización y dignificación de los mineros pequeños y ancestrales.

- *Reconocimiento de la minería de subsistencia:* Reglamentar la Ley 2250 de 2022 (República de Colombia, 2022) para reconocer la minería de subsistencia con maquinaria y establecer licencias ambientales diferenciales.

- *Regulación de la minería especulativa:* Sancionar a las empresas que no operan sus títulos mineros y los utilizan solo para especulación en mercados internacionales.

- *Fiscalización y responsabilidad social:* Potenciar la fiscalización técnica, ambiental y social, y asegurar que los proyectos mineros impacten positivamente y de manera integral los territorios mediante programas de responsabilidad social empresarial.

- *Gobernanza Territorial y Descentralización:* Fortalecer el rol de los departamentos y municipios en la gestión minera, asegurando la coordinación interinstitucional y la participación comunitaria en la toma de decisiones sobre el uso del suelo y los recursos naturales.

- *Articulación interinstitucional:* Promover una coordinación efectiva entre las autoridades mineras, ambientales y territoriales para una gestión integral y funcional de la actividad minera.

- *Valor Agregado y Diversificación:* Promover una minería que genere valor agregado, apoye la industrialización del país y contemple minerales estratégicos para la agricultura y la transición energética, más allá del oro y el carbón.

- *Enfoque integral de las regalías:* Centrar la destinación de las regalías mineras en salud, educación, saneamiento básico, conservación de la biodiversidad y restauración de los ecosistemas, asegurando que los recursos lleguen a las comunidades locales.

- *Revisión de Consultas Previas:* Reinterpre-

tar y aplicar el Convenio 169 de la OIT para que las Consultas Previas se realicen desde antes de la explotación.

- *Fortalecimiento de la participación ciudadana:* Asegurar la democracia y la participación efectiva de las comunidades en todas las etapas de los proyectos mineros, desde la titulación hasta el licenciamiento ambiental.

- *Conocimiento y Diálogo Social:* Fomentar la gestión del conocimiento en el sector minero, y establecer espacios de diálogo y concertación permanentes que permitan la construcción de confianza y la resolución de conflictos socio-ambientales.

- *Transformación ética y desarrollo sostenible:* Abogar por una minería amorosa y cuidadora de la vida, que se enfoque en las necesidades humanas y la generación de valor agregado a través de la ciencia y la tecnología, superando una visión meramente económica.

- *Sostenibilidad y Ética Ambiental:* Integrar una ética de la Vida y del cuidado de la Tierra en el centro de la Política Minera, garantizando la protección de ecosistemas estratégicos y fuentes hídricas, y fomentando la restauración ambiental y la economía circular.

- *Abordaje de la Criminalidad:* Implementar políticas integrales de seguridad y convivencia que aborden el problema de la minería criminal, viendo a los mineros formales como sujetos económicos racionales.

- *Constitucionalización de la naturaleza:* Elevar en la Carta Magna el estatus de la Naturaleza como Sujeto de Derecho para asegurar su protección efectiva.

En suma, la construcción de una Política Nacional Minera actualizada debe ser un proceso participativo, integral y ético, que reconozca la complejidad del territorio colombiano y que busque el equilibrio entre el desarrollo económico, la justicia social y la protección ambiental. Este documento es un aporte que enriquece la construcción colecti-

va e interinstitucional de una política minera más justa, equitativa y sostenible en Colombia.

Bibliografía

- República de Colombia. (2024). *Rama Judicial Consejo Superior de la Judicatura - Centro de Documentación Judicial (CEN-DOJ) - Sistema Nacional de Bibliotecas Judiciales- Sistema de Información Doctrinario y Normativo*. Constitución Política de Colombia - Edición de Corte Constitucional: https://sidn.ramajudicial.gov.co/SIDN/NORMATIVA/TEXTOS_COMPLETOS/1_CONSTITUCION_POLITICA/Constituci%C3%B3n_2024.pdf
- Asamblea Departamental de Antioquia - Confederación Colombiana de Asambleas Departamentales y Diputados de Colombia (CONFADICOL) & otros. (30 de Enero de 2023). *Youtube.com*. Ejes centrales de la Minería en el País: <https://www.youtube.com/live/7BtZSjAp7LE>
- Torres Alzate, H. D. (2023). Apuntamientos sobre el tema minero para la construcción de un proyecto de Ley que contendría un nuevo Código de Minas. *Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos Centrales* (págs. 60 - 63). Medellín: Asamblea Departamental de Antioquia & CONFADICOL.
- Barrera Matínez, L. F. (2023). Evaluación y proyección del nuevo Código Minero en Colombia. *Ejes Centrales de la Minería en el país: Fundamentos para la actualización de la política minera en Colombia* (págs. 64-69). Medellín: Asamblea Departamental de Antioquia & CONFADICOL.
- Zuleta Ruíz, F. A. (2023). Propuesta de articulado sobre el objeto y los principios rectores de la Ley que modifique el Código de Minas vigente. *Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia* (págs. 70-73). Medellín: Asamblea Departamental de Antioquia & CONFADICOL.
- Úsuga Giraldo, S. (2023). Exposición de Motivos del Proyecto de Ley por medio del cual se reforma el Código de Minas y se dictan otras disposiciones, elaborado participativamente por la Asamblea de Antioquia y presentado por CONFADICOL al Congreso de la República en 2014. *Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia* (págs. 74-89). Medellín: Asamblea Departamental & CONFADICOL.
- Asamblea Departamental de Antioquia & CONFADICOL. (2023). Transcripción del registro de audio de las intervenciones de las personas participantes en el Evento Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia. *Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para la Actualización de la Política Minera en Colombia* (págs. 90 - 172). Medellín: Asamblea Departamental de Antioquia & CONFADICOL.
- Colombia, R. d.-C. (8 de Febrero de 2022). *Función Pública - Gestor Normativo*. Ley 2200 de 2022: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=177869>
- República de Colombia. (1991). *Constitución Política de 1991*. Bogotá: Edición Corte Constitucional de Colombia.
- Organización Internacional del Trabajo. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. (2007). *Convenio N° 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes*. Ginebra: Organización Internacional del trabajo.

República de Colombia - Ministerio de Defensa. (2012). *Decreto 2235*. Agencia Nacional de Minería: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/decreto_2235_de_2012.pdf

Muñoz Ciro, E. D. (30 de Enero de 2023). *Sinopsis presentada en el Evento Público: Ejes Centrales de la Minería en el País: Fundamentos para Actualización de la Política Minera en Colombia*. Calameo: https://www.calameo.com/read/007991169413a4f3173af?utm_source=platform&utm_medium=email&utm_campaign=book_created&utm_content=html&utm_term=7991169

República de Colombia. (11 de julio de 2022). *Ley 2250 de 2022*. Sistema Unico de Información Normativa - Ministerio del Justicia y del Derecho: <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=LeYES/30044431>

República de Colombia. (15 de Agosto de 2001). *Ley 685 de 2001*. Agencia Nacional de Minería (ANM): https://www.anm.gov.co/sites/default/files/ley_685_2001_0.pdf

República de Colombia. (28 de Junio de 2011). *Ley 1454 de 2011*. Función Pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva-gestornormativo/norma.php?i=43210>

República de Colombia. (8 de febrero de 2022). *Ley 2200 de 2022*. Función Pública - Gestor Normativo: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva-gestornormativo/norma.php?i=177869>

República de Colombia. (27 de Agosto de 1993). *Ley 70*. Función Pública: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva-gestornormativo/norma.php?i=7388>

Cómo citar este artículo

Muñoz Ciro, É., Zuleta Ruiz, B. & Monsalve Friedman, L. M. (2025). Fundamentos para la actualización de la Política Nacional Minera de Colombia. *Revista Ambiental ÉOLO*, 20, Crisis climática, desertificación y biodiversidad, pp. 250–274.

Sobre los autores

Edinson de Jesús Muñoz Ciro

Fundación Con Vida, Medellín, Colombia. Biólogo. Magister en Bosques y Conservación Ambiental. Representante ONG's ambientales en el Consejo Directivo de Corantioquia 2004 - 2011. Diputado de Antioquia 2012 -2014. Cofundador y Director Estratégico de Fundación Con Vida. Director Revista Ambiental ÉOLO.
Correo: edinson.munoz@fconvida.org.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3635-3858>

Beethoven Zuleta Ruíz

Historiador. Magister en Estética y en Lógicas contemporáneas de la filosofía. Doctor en Antropología social y etnología. Profesor titular jubilado de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
Correo: zuletabeethoven@gmail.com - fazuleta@unal.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5660-3973>

Luz Marina Monsalve Friedman

Socióloga. PhD en Ciencias Humanas y Sociales. Magister en Hábitat. Licenciada en Artes. Especialista en: Pedagogía Docente, Educación Ambiental, Salud Ocupacional y Derecho Minero Ambiental. Docente. Investigadora. Consultora Socioambiental. Colaboradora Organización Internacional del Trabajo. Directiva Fundación Con Vida.
Correo: luzma635@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7025-5039>



Roberto Palomino Torres

Reconocimientos y Agradecimientos



Lina Marín

Euphonia laniirostris Semillero. Bahía Solano 2023



Catálogo de Mariposas de San Miguel del Tigre

Tesoros de Nuestra Biodiversidad Nativa

**Bosques**
con Alas
de Yondó

Conoce las 50 joyas aladas que habitan en el
corregimiento San Miguel del Tigre, Yondó - Antioquia.
Escanea el código y accede al catálogo



Una publicación de: Fundación Con Vida y Asociación
de Pesca y Agroambiental VDT – ASOPESCA.

Bosques con Alas de Fondó



Un vuelo por la conservación y la esperanza

Proyecto que impulsa la conservación del Magdalena Medio colombiano, conectando comunidades con la naturaleza. Liderado por **ASOPESCA VDT y Fundación Con Vida**, con apoyo del **Fondo Colombia en Paz - Programa Colombia Sostenible**.



Vivero comunitario:

Semillas para el futuro

- Producción de **30.000 plantas forestales** y **12.600 nectaríferas**, esenciales para restaurar ecosistemas y criar mariposas.
- **Capacidad de producción:**
- **42.000 plantas nativas.**
- Vivero certificado por el **ICA**.
- Un espacio de encuentro, aprendizaje y orgullo local.

Zoocría de mariposas:

Conservar soñando

- 50 especies de mariposas identificadas por la comunidad.
- 70 familias vinculadas, muchas lideradas por mujeres.
- 2 mariposarios al aire libre en San Miguel del Tigre.
- Creación de la unidad artesanal **Crisálidas**. Ciencia, arte y comunidad unidas por la biodiversidad.



CEPF y Patrimonio Natural

Una alianza por la biodiversidad

El Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos - CEPF - es una iniciativa conjunta de la Agencia Francesa de Desarrollo, Conservación Internacional, la Unión Europea, la Fundación Hans Wilsdorf, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el Gobierno de Canadá, el Gobierno de Japón y el Banco Mundial. En los Andes Tropicales, el programa es financiado por el Gobierno de Canadá a través de Asuntos Globales Canadá, con el propósito de fortalecer la sociedad civil en la conservación de la diversidad biológica. Como parte de su estrategia de intervención a escala regional a lo largo de los Andes Tropicales, el CEPF ha constituido el Equipo Regional de Implementación (RIT - por sus siglas en inglés) el cual está conformado por Patrimonio Natural en Colombia, Profonanpe en Perú, ACEAA en Bolivia y Futuro Latinoamericano en Ecuador.

En Colombia, el CEPF, a través de su aliado estratégico Fondo Patrimonio Natural, está trabajando en los corredores naturales: Paraguas - Munchique / Bosques Montanos del Sur de Antioquia; y el corredor binacional Awá - Cotacachi - Illinizas, que se comparte con el norte de Ecuador. Las siguientes son las organizaciones socias quienes implementan directamente los proyectos en campo: Asociación Calidris, Corporación para la Gestión Ambiental Biodiversa, Corporación Serraniagua, Fundación EcoHabitats y Asociación Asoagroambiental Santa Clara, Fundación Calima, Gran Familia Binacional Awá - UNIPA, Corfopal, Fundación Con Vida, Fundación Impulso Verde, Fundación Ecotonos, Fundación Ecovivero, Fundación Trópico, Fedena y Felca.

FONDO PATRIMONIO NATURAL

El Fondo Patrimonio Natural nace en el 2005, como una fundación sin ánimo de lucro, de participación mixta, encaminada a la conservación de las áreas naturales de Colombia.

El Fondo invierte estratégicamente en la conservación y protección del patrimonio natural y de los servicios a los ecosistemas que estos prestan. Para esto, diseña e implementa mecanismos financieros, ejecuta y administra programas y proyectos cimentados en la salvaguarda del paisaje natural, cultural y étnico de nuestro país.



Foto: Michell León PRONATURALEZA

PROVINCIA DE ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL CARTAMA

Provincia Cartama

Plan Estratégico 2022 - 2032

Esquema asociativo territorial pionero en el país, primera Provincia establecida bajo la ley 1454 de 2011.

11 MUNICIPIOS UN SOLO PROPÓSITO



LABORATORIO DE INNOVACIÓN EN BIOECONOMÍA

Turismo de naturaleza y agroturismo

Agroindustria y agricultura regenerativa

Usos sostenibles del bosque

Bioproductos cosméticos y farmacéuticos

Bioemprendimientos y mercados campesinos

Red de cooperación interinstitucional público, privado y comunitario



RUTA DE ACCIÓN Y GESTIÓN PARA FORTALECER LA BIOECONOMÍA EN EL TERRITORIO

1

Agroturismo y de Naturaleza

Educación para el fortalecimiento de capacidades en productores y consumidores

2

Agroindustria y regeneratividad

Investigación e innovación para la eficiencia de los sistemas productivos

3

Usos sostenibles del bosque

Promoción y formalización de escenarios para la integración de instituciones y sectores

4

Bioproductos cosméticos y farmacéuticos

Generación de confianza y asociatividad para la consolidación de redes intersectoriales

5

Articulación para atención y dinamización comercial de las economías locales y provinciales

ALIADOS



Visión Sostenible

Cultivadores de Biodiversidad

Proyecto:

Reducir las amenazas a la biodiversidad y reforzar la conservación comunitaria

en el suroeste de Antioquia (Colombia)



Apoya 8 bioemprendimientos liderados por mujeres que promueven:

Producción sostenible de miel
Ecoturismo comunitario
Conservación voluntaria



Promueve la conservación de especies en peligro como:

Magnolia jardinensis (CR)
Magnolia hernandezii (EN)
Magnolia yarumalensis (EN)
Spizaetus isidori (Águila Real de Montaña, EN)

Área de actuación

- **Corredor biológico:** Paraguas Munchique.
- **Área clave para la biodiversidad (KBA):** Bosques Montanos del Sur de Antioquia.
- **Municipios:** Jardín, Jericó y Támesis.

¿Quiénes lo hacemos posible?

• Liderado por:



• Con el apoyo de:



• Socio estratégico:



Conoce más en:
@Fundacion Con Vida



www.fconvida.org

Un territorio vital para la conservación de ecosistemas estratégicos.



Paraguas - Munchique/Bosques Montanos del Sur de Antioquia

Corredor Awá - Cotacachi - Illinizas

Hotspot Andes Tropicales

Corredor prioritario

Áreas Clave de Biodiversidad (KBA)



Spizaetus isidori.
Foto: Juan Quirós, Techo de Agua, Corporación Ambiental.



Magnolia jardinensis.
Foto: Marcela Serna.

Grupo de Investigación en Servicios Ecosistémicos

& Cambio Climático (SECC)

¿Quiénes Somos?

Nacimos en 2010 como parte de la Red de Monitoreo del Bosque en Colombia. Somos 30 investigadores en alianza con 20 universidades nacionales e internacionales, dedicados a estudiar los bosques y sus servicios ecosistémicos frente al cambio climático, promoviendo la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades que los protegen.

¿Quiénes son

nuestros aliados?

Estamos vinculados a redes y proyectos internacionales de investigación como: **RAINFOR, DRYFLOR, S-plot, SECO, 2ndFor, SYNTREESYS.**

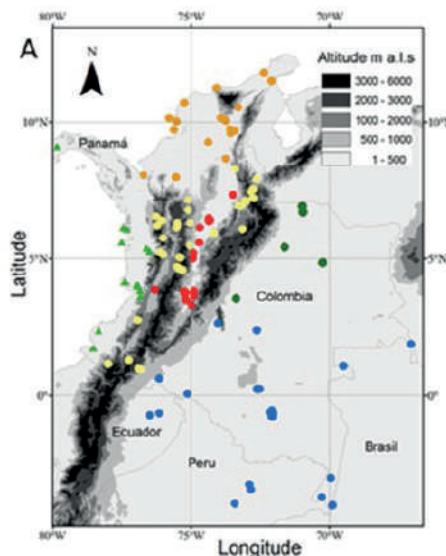
Nuestros logros

- 70 sitios de estudio ecológico de largo plazo.
- Una de las bases de datos más completas sobre bosques tropicales en Colombia.
- Formación de +100 estudiantes en el curso *Bosques tropicales y cambio climático.*

Impacto en territorio

Apoyamos la gestión forestal comunitaria en cinco biorregiones de Colombia - Amazonia, Chocó, Caribe, Andes y Orinoquia - junto a comunidades afrodescendientes, indígenas, mestizas y urbanas.

Mapa de las parcelas de monitoreo



Mayor información:

 www.fconvida.org

 esalvarez300@gmail.com

Entidades
que avalan





Roberto Palomino Torres

**Pionero del arte ecológico en América Latina.
Maestro en Bellas Artes con Especialización en Pintura U.N.**



Roberto Ignacio Palomino Torres



maestropintorpalomino

Adolfo León Correa Silva



ARTE | DETALLE | PASIÓN



acorrea12345@gmail.com



[https://www.instagram.com/
acorrea12345/](https://www.instagram.com/acorrea12345/)



[https://www.facebook.com/
adolfo.correa.397?locale=es_LA](https://www.facebook.com/adolfo.correa.397?locale=es_LA)



[https://www.flickr.com/
photos/129920114@N06/](https://www.flickr.com/photos/129920114@N06/)



teléfono
3206998118



Condiciones para la presentación de artículos en la Revista Ambiental ÉOLO

La *Revista Ambiental ÉOLO* es una publicación de la Fundación Con Vida, creada en octubre del año 2000 y con 20 ediciones publicadas hasta la fecha. Desde sus orígenes se ha consolidado como un espacio editorial orientado a la comprensión transdisciplinaria de los problemas ambientales contemporáneos, abordando en cada número una temática central desarrollada desde múltiples perspectivas y disciplinas.

ÉOLO es un espacio plural de diálogo entre ciencia, sociedad y cultura, en el que convergen investigadores, intelectuales, líderes sociales, gestores comunitarios y creadores culturales. Este carácter híbrido busca acercar el conocimiento científico y técnico a públicos más amplios, promoviendo una comunicación clara, rigurosa y socialmente pertinente.

En coherencia con su línea editorial, la revista se dirige a un público heterogéneo que combina intereses académicos, sociales y culturales. Por ello, los artículos deben equilibrar la rigurosidad conceptual con una escritura pedagógica, accesible y comprensible para distintos tipos de lectores.

Los artículos recibidos serán evaluados por el Comité Editorial y Científico de la Revista Ambiental ÉOLO según su pertinencia temática, relevancia académica y calidad conceptual. La aceptación de los manuscritos estará sujeta al cumplimiento de los lineamientos editoriales definidos por la revista.

A partir de la presente edición, ÉOLO adopta de manera formal criterios de estandarización editorial alineados con las **Normas APA (7ª edición)** y con su **Manual de Estilo para Autores (versión 2025)**, con el propósito de garantizar uniformidad en la presentación de los textos, fortalecer su calidad académica y facilitar su circulación en plataformas digitales, repositorios e índices especializados.

Se aceptan artículos inéditos, republicaciones autorizadas o escritos institucionales que aporten a la reflexión ambiental, social y cultural. En todos los casos, los autores deberán garantizar la originalidad del texto, la adecuada citación de fuentes y el cumplimiento de principios éticos en la producción del conocimiento.

Los manuscritos deben elaborarse utilizando la **plantilla oficial en Word** suministrada por la revista, la cual incorpora los estilos, formatos y configuraciones requeridas. El documento final deberá enviarse en formato .docx, con el siguiente esquema de nombre de archivo: Apellido(s)_PrimerNombre_TítuloCorto_EOLO20xx.docx

Los artículos deben enviarse a través de la plataforma Open Journal System (OJS): <https://revistaeolo.fconvida.org/index.php/eolo>

Adicionalmente, se debe remitir una copia al correo electrónico: revistaeolo@fconvida.org

Los autores deberán registrar su perfil en la plataforma OJS, incluyendo como mínimo: nombre completo, institución, correo electrónico, breve biografía académica y, de manera recomendada, su identificador ORCID.

La Revista Ambiental ÉOLO acoge las recomendaciones de APA sobre el uso de un lenguaje respetuoso, inclusivo y libre de sesgos. Se espera que los textos eviten expresiones discriminatorias y empleen formas de escritura que reconozcan la diversidad de sujetos, territorios y contextos.

El material gráfico (tablas, figuras, imágenes, mapas o diagramas) debe enviarse en formato editable o en alta calidad (mínimo 300 dpi), debidamente numerado y con sus respectivas fuentes o créditos, conforme a los lineamientos establecidos en el manual de estilo.

ÉOLO es una revista de acceso abierto, alojada en la plataforma OJS y publicada bajo licencia **Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA 4.0)**. Esta licencia permite el uso, distribución y adaptación de los contenidos, siempre que se otorgue el crédito correspondiente, no se utilicen con fines comerciales y se mantenga la misma licencia en obras derivadas.

El acceso abierto garantiza la libre circulación del conocimiento, en coherencia con la misión de la Fundación Con Vida: la defensa de la vida, la conservación de la biodiversidad y la promoción del derecho a un ambiente sano.

Este documento constituye una síntesis de las condiciones generales de publicación en ÉOLO. Las especificaciones técnicas, criterios de formato, ejemplos de citación y lineamientos detallados se encuentran disponibles en el **Manual de Estilo para Autores (versión 2025)**, al cual se puede acceder a través del siguiente código QR:



Escanea el código y accede al Manual de Estilo para Autores.



Fundación **CON VIDA**

www.fconvida.org

@Fundación Con Vida / @fconvida



Calle 9 # 43A – 33, Oficina. 306. Multicentro Aliadas. Medellín, Colombia
PBX: (604)4486818 / Celular: 3004157928

E-mail: comunicaciones@fconvida.org / revistaeolo@fconvida.org