

Retos para transformar el futuro

Biodiversidad y petróleo

Germán I. Andrade
Diana Nicol Garzón

Biodiversidad y petróleo

Retos para transformar el futuro

Germán I. Andrade
Diana Nicol Garzón

© Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
© Ecopetrol
Bogotá, D. C., Colombia. 2021

Autores

Germán Ignacio Andrade Pérez
Diana Nicol Garzón Palacios

Revisión de textos y coordinación editorial

Ana María Rueda García

Dirección de arte

Gina Gaitán

Diagramación

Paola Fajardo Triana

Fotografías

Banco de Imágenes Ambientales
del Instituto Humboldt

Citación sugerida

Andrade. G. I y N. Garzón. (2021). Biodiversidad y petróleo. Retos para transformar el futuro. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.

Biodiversidad y petróleo : retos para transformar el futuro / Germán Ignacio Andrade Pérez, Diana Nicol Garzón Palacios ; editado por Ana María Rueda García ; fotografías de Banco de imágenes Ambientales Instituto Humboldt – 1 edición. - Bogotá, D.C. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Ecopetrol S. A. 2021.

136 p. ; 16.5 cm X 23 cm

Incluye referencias bibliográficas, tablas, gráficas

ISBN digital: 978-958-5183-30-8

DOI: 10.21068/A2021.p2.3025877

1. Diversidad biológica 2. Reservas de la biosfera 3. Biodiversidad - Conservación de recursos 4. Contaminación petrolera 5. Recursos no renovables - Petróleo 6. Desarrollo sostenible I. Andrade Pérez, Germán Ignacio II. Garzón Palacios, Diana Nicol III. Rueda García, Ana María (ed), IV. Banco de imágenes Ambientales Instituto Humboldt (fot) V. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt VI. Ecopetrol S. A.

2.

CDD: 333.7 Ed. 23

Número de contribución: 607

Registro en el catálogo Humboldt: 15045

CEP – Biblioteca Francisco Matís,
Instituto Alexander von Humboldt

FIBRAS, CONVENIO DE COOPERACIÓN

Instituto Humboldt

Hernando García Martínez
Director General

Óscar Gualdrón
Subdirector de Investigaciones

Camilo García
Profesional Sénior,
Subdirección de Investigaciones

Boris Navarro
Profesional Sénior,
Subdirección de Investigaciones

Juliana Cortés
Investigadora Adjunta,
Gestión Territorial de la Biodiversidad

María Cecilia Londoño
Investigadora Titular,

Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Angélica Díaz
Investigadora Adjunta,
Evaluación y Monitoreo de la Biodiversidad

Diana Pizano
Investigadora Asistente,
Ciencias Básicas de la Biodiversidad

Alejandro Salazar
Investigador Adjunto,
Ciencias Básicas de la Biodiversidad

Mario Andrés Murcia
Investigador Adjunto,
Ciencias Sociales y Saberes de la Biodiversidad

Juan Felipe Araque
Profesional Sénior, Oficina Comunicaciones

Ecopetrol

Felipe Bayón Pardo
Presidente

Alberto Consuegra Granger
Vicepresidente ejecutivo Operativo

Santiago Martínez Ochoa
Gerente de Sostenibilidad y Descarbonización

Xiomara Sanclemente
Líder Biodiversidad, compensaciones e inversión del 1%

Descargo de Responsabilidad Las denominaciones empleadas y toda la información en esta publicación no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte de Ecopetrol o del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Así mismo, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de Ecopetrol ni del Instituto Humboldt. Todos los aportes y opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores.



Diana Nicol Garzón Palacios.

Administradora de Empresas de la Universidad Externado de Colombia y del Group Sup de Co de Montpellier, Magister en Gerencia Ambiental de la Universidad de los Andes. Mas de once años de experiencia en la dirección y coordinación de proyectos ambientales, así como en la difusión de conocimientos y asistencia académica en la Facultad de Administración de la Universidad de los Andes.

SOBRE LOS AUTORES

Germán Ignacio Andrade Pérez.

Biólogo y Magister en Estudios Ambientales (Yale). Profesor de la Universidad de los Andes e investigador del Centro de Objetivos de Desarrollo Sostenible (CODS). Profesor visitante en ESAN (Lima), Yale (EE. UU.) y Roskilde (Dinamarca). Miembro del Panel Multidisciplinario de Expertos de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos MEP-IPBES.



AGRADECIMIENTOS DE LOS AUTORES

Este trabajo fue posible gracias a la iniciativa de Ecopetrol, en particular a sus directivos, en su momento Juan Carlos Echeverry, Eduardo Uribe, Santiago Martínez Ochoa y Bart van Hoff; también a la participación directa de los funcionarios Xiomara Sanclemente, José Luis Galvis, Sandra Yolima Monsalve y César Buitrago.

En el Instituto Humboldt a Juan Felipe Araque, Boris Rolando Navarro y Ana María Rueda.

Adicionalmente, algunos temas recibieron comunicaciones personales de Jenny Arias (The Biodiversity Consultancy), José Vicente Rodríguez Mahecha (Conservación Internacional), Claudia Calao.

A Susana Rudas por su apoyo en la elaboración de las figuras.

AGRADECIMIENTOS DE LOS EDITORES

Este trabajo fue posible gracias a la iniciativa de Ecopetrol, en cabeza de su Presidente Felipe Bayón Pardo, y del Instituto Humboldt, bajo la Dirección General de Hernando García Martínez. Adicionalmente, agradecemos el trabajo mancomunado con los siguientes funcionarios:

Ecopetrol:

Xiomara Sanclemente
José Luis Galvis
Sandra Yolima Monsalve
César Buitrago

Instituto Humboldt:

Ana María Rueda
Juan Felipe Araque
Boris Navarro Pabón
Luis Ángel Álvarez

Otras entidades:

Algunos temas recibieron comunicaciones personales de Jenny Arias (The Biodiversity Consultancy), José Vicente Rodríguez Mahecha (Conservación Internacional) y Claudia Calao. A Susana Rudas por su apoyo en la elaboración de las figuras.

Contenido

SOBRE LOS AUTORES 3

AGRADECIMIENTOS 4

1. PRESENTACIÓN 8

1.1 Una brecha que crece 10

1.1.1 Justificación y marco general 11

1.2 Colombia en transición 12

1.2.1 ¿Cómo convivir en una transición a la sostenibilidad? 12

1.3 Metodología y alcance del trabajo 12

2. EL PETRÓLEO Y LA BIOSFERA 14

2.1 El petróleo es un producto de la biosfera 16

2.2 Energía sin límites 17

2.2.1 *Del paraíso a la sociedad del riesgo global* 18

2.3. En desafío con los umbrales planetarios 21

2.3.1 *¿Qué son los umbrales?* 21

2.3.2 *Los límites de los umbrales* 24

2.4 Petróleo y productos derivados: impactos inesperados 25

3. RETOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO 30

3.1 El clima como un asunto científico-político 32

3.2 Evolución de la conciencia sobre el clima 33

3.3 Contexto de Colombia 37

3.4 Colombia, país altamente vulnerable 39

4. BIODIVERSIDAD 42

- 4.1 La vida como valor supremo 44**
- 4.2 Biodiversidad como objeto de gestión 45**
 - 4.2.1 Biodiversidad y servicios ecosistémicos 45**
 - 4.2.2 Biodiversidad y servicios, ligados y desacoplados 47**
 - 4.2.3 Otras dimensiones de la biodiversidad 48**
 - 4.2.4 Contribuciones de la Naturaleza a las personas 49**
 - 4.2.5 Biodiversidad en los sistemas ecológicos y sociales 50**
 - 4.2.6 Biodiversidad y resiliencia 52**
- 4.3 Disminución de la biodiversidad 53**
 - 4.3.1 Declive, pérdida y colapso de la biodiversidad 53**
- 4.4 Los ecosistemas del Antropoceno 56**
 - 4.4.1 Biodiversidad como umbral planetario 57**
 - 4.4.2 ¿Hacia un colapso global de la biodiversidad? 58**
 - 4.4.3 Biodiversidad como indicador de la salud del territorio 59**
 - 4.4.4 Vida silvestre en la matriz del paisaje 60**

5. HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA DE BIODIVERSIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO 62

- 5.1 Dos caras de la misma moneda 64**
- 5.2 Conocimiento de la relación biodiversidad y cambio climático en Colombia 64**
- 5.3 Responsabilidades comunes e insuficientemente integradas y diferenciadas 65**
 - 5.3.1 Mitigación y adaptación 65**
 - 5.3.2 El presupuesto de carbono para Colombia 68**
 - 5.3.3 Adaptación: gran brecha global y oportunidad local 70**
 - 5.3.4 ¿Y la maladaptación? 71**
- 5.4 Nuevas fronteras de gestión integrada de cambio climático y biodiversidad 72**
 - 5.4.1 La oportunidad a reforzar 73**
 - 5.4.2 Metas más ambiciosas 77**
- 5.5 Gestión transformativa de la biodiversidad 77**
 - 5.5.1 Acción en medio del cambio acelerado 77**
 - 5.5.2 Hacia un modelo de gestión enriquecido 79**
- 5.6. Soluciones basadas en la naturaleza (SBN) 80**

6. TRANSICIONES HACIA LA SOSTENIBILIDAD 82

- 6.1 Objetivos de desarrollo sostenible en coyuntura crítica 85**
- 6.2 Ajuste de las políticas 88**
 - 6.2.1 Extracción sin extractivismo 88**
 - 6.2.2 El postextractivismo 88**
- 6.3 Mejores territorios 89**
 - 6.3.1 Ganancia neta: del impacto al beneficio 89**
 - 6.3.2 Identificación de impactos 90**
 - 6.3.3 Evitar o prevenir los impactos 91**
 - 6.3.4 Mitigación o minimización de impactos 93**
 - 6.3.5 Compensación 93**
 - 6.3.6 Mejoramiento ecológico y social del territorio 94**
 - 6.3.7 Restauración ecológica con valor agregado 96**
- 6.4 Gestión ambiental para una nueva normalidad 96**
 - 6.4.1 Impactos sociales 96**
 - 6.4.2 Conflictos socioambientales 97**
- 6.5 Gestión del conocimiento 99**
 - 6.5.1 Tipos de conocimiento en la gestión ambiental 99**
 - 6.5.2 Incertidumbres 100**
- 6.6 Hacia una licencia social 101**
 - 6.6.1 El nudo gordiano de los hidrocarburos 101**
 - 6.6.2 Escalamiento de complejidad en los asuntos en juego 106**
 - 6.6.3 Nuevos sujetos de derechos 108**
- 6.7 Petróleo y gas. Hacia un lugar preciso en la ruta hacia la sostenibilidad 108**

7. NUEVA VALORACIÓN PARA UNA NATURALEZA VULNERADA 112

- 7.1 El daño ecológico 114**
- 7.2 Ética y cambio climático 114**
- 7.3 Ampliar el espacio para la reparación 116**
- 7.4 Acuerdo sobre lo fundamental 117**

GLOSARIO 120

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 128

1. Presentación

Foto: Gina Rodríguez

1.1 Una brecha que crece

Entre los practicantes de la defensa del medio ambiente y quienes promueven la actividad económica es frecuente la visión del ser humano y la Naturaleza¹ como entidades separadas. Esta forma de ver el mundo se manifiesta de forma más aguda en relación con sectores de la actividad humana que son hoy parte de la economía, tales como actividades extractivas de materiales y energía, también de producción de energía hidroeléctrica. Por sus impactos ambientales y sociales probados, por la percepción del riesgo frente a ellas o por visiones sobre el modelo de desarrollo, estas actividades extractivas se constituyen en un reto particular para la sostenibilidad.

Un posible encuentro se da con el acuerdo multilateral de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, ver <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>), que pretende ligar el crecimiento económico con el bienestar humano a través de 17 objetivos y 169 metas “para transformar nuestro mundo”. Aunque el desarrollo sostenible por definición es un espacio de encuentro entre lo social, económico y ambiental, el asunto hoy es que ese pretendido equilibrio atraviesa por una coyuntura crítica; no solo porque el periodo de desempeño para los ODS se agota en el estrecho plazo 2021-2030, sino porque la ciencia y la evidencia vienen mostrando que la viabilidad del sistema humano y la calidad de la vida están hoy en un riesgo mayor.

Por este motivo, más que solo el desarrollo sostenible como tal, que siempre estará abierto a discusiones complejas, el asunto de la transición hacia la sostenibilidad cobra una

inusitada urgencia. Lo que está en juego no es solo la sostenibilidad como un estado de equilibrio sino la necesidad de acordar y agenciar un cambio de trayectoria. Obviamente la transición hacia la sostenibilidad no se da en el vacío, sino que es a partir del estado actual de las cosas. Otro mundo es posible, claro está; pero ese mundo es a partir de este.

Las reflexiones que se proponen aquí hacen referencia al papel del sector hidrocarburos en la transición del país hacia la sostenibilidad, más allá de reconocer la transición energética que ya estamos viviendo. Porque en nuestro caso la transición desde este sector implica simultáneamente cambios en el modelo de desarrollo y los ingresos del Estado, la necesaria reparación de la huella ecológica heredada y la inclusión social para la sostenibilidad. Vale la pena resaltar que mientras esto se plantea, o se dan algunos cambios, la brecha de percepción entre lo social y lo ambiental en relación con el sector de los hidrocarburos aumenta, situación que no contribuye a la transición a la sostenibilidad, al menos en el periodo que la necesitamos.

En este contexto sigue aumentando la evidencia sobre el papel del consumo de hidro-

¿Cómo construir un discurso responsable de transición hacia la sostenibilidad desde el sector hidrocarburos, que sin desconocer los impactos permita una nueva alianza del ser humano con la Naturaleza en una perspectiva del bienestar humano?

carburos a la insostenibilidad. Aquí no se trata de recogerla, controvertirla o desconocerla. Se trata de encontrar algunos elementos que

permitan afianzar un acercamiento entre los actores sociales que se ven enfrentados por estos asuntos. Porque las ciencias y saberes de la sostenibilidad, ligados con los procesos de cambio ambiental local y global, tales como la gestión de la biodiversidad, la gestión ecológica del territorio, la economía ecológica, la economía circular y la ecología política, entre otras, vienen desarrollando aproximaciones que aportarían a un cambio transformativo, que por ahora solo de forma limitada aportan a la necesaria transición. En muchos de estos temas la brecha entre conocimiento y acción sigue creciendo y adquiere nueva complejidad. Emergen en el horizonte espacios y situaciones complejas, tales como el negacionismo de la ciencia y la evidencia, el litigio socioambiental y la justicia ambiental. Las narrativas técnicas con alto contenido político podrían encontrarse en el espacio del debate abierto sobre modelos de desarrollo, o podrían alimentar a los movimientos políticos que se enfrentan. Hacen lo propio. Sin embargo, el asunto crucial es que mientras esos procesos avanzan, se ralentizan o retroceden, la ciencia viene mostrando la necesidad de acelerar el cambio y superar la coyuntura crítica en que se encuentra hoy el bienestar humano ligado con la seguridad y justicia planetaria. Aumenta la consciencia frente al hecho que las transiciones deben acelerarse, pero no hay un predicamento comprensivo de cómo actuar para que esto suceda en el tiempo requerido, ni cuál podría ser la contribución sectorial a la sostenibilidad vista como un proceso. Al considerar la discusión en el marco de la crítica y transformación del modelo de desarrollo no pueden desconocerse los costos ambientales y sociales del modelo de crecimiento, de sus huellas en el pasado y sus proyecciones futuras. No es un discurso tranquilizador. Mas bien, al reconocer

los puntos de partida para trayectorias posibles, y la severidad de los futuros probables, el discurso es inquietante y debería contribuir a catalizar el cambio necesario.

Por el papel que juegan actualmente los hidrocarburos en el modelo de desarrollo, las finanzas del Estado y los patrones de consumo, el reto de transición a la sostenibilidad más que solo sectorial es para toda la sociedad.

1.1.1 Justificación y marco general

Esta publicación pretende contribuir a la renovación de un discurso de sostenibilidad, con énfasis en temas que surgen desde perspectivas ambientales y algunas sociales, como reflexión para el sector de los hidrocarburos. Los elementos de conocimiento existen, pero están dispersos y emergen lentamente en medio de una mayor conflictividad. Se busca aportar al entendimiento y la apropiación de conceptos, ya en proceso de consolidación en el haber de las ciencias de la sostenibilidad, que poco a poco van permeando el saber y la práctica profesional del sector. Estos elementos se presentan como retos para que el sector pueda abordar de una manera contundente un compromiso con la transformación del futuro.

El foco de atención es el sector de hidrocarburos con consideración especial en Ecopetrol S.A. por ser la empresa más importante en este campo en Colombia. No se pretende una revisión exhaustiva del conjunto amplio de temas relacionados, como tampoco es una evaluación o balance de los impactos y beneficios sociales y ambientales de esta empresa y del sector; ni se trata de exaltar las bondades de un sector y una empresa que participa de situaciones sociales y ecológicas muy complejas en relación con la

¹ Siguiendo a Gudynas (2005) se presenta en mayúscula cuando se refiere a un objeto y en minúscula cuando denota la propiedad natural de alguna cosa.

sostenibilidad. El objetivo de esta publicación es buscar oportunidades de comunicación y discusión que queden abiertas para un debate más amplio sobre el papel del sector en las transiciones hacia la sostenibilidad.

1.2 Colombia en transición

Recientemente el Instituto Humboldt, en una amplia reflexión en torno a la formulación del Plan de Acción de Biodiversidad, propuso considerar diez transiciones territoriales, de manera a revertir el deterioro de la biodiversidad asociado con el bienestar humano. Estas transiciones son puntos estratégicos o procesos de cambio cuya importancia es decisiva para obtener un estado nacional de bienestar que modifique la inconveniente trayectoria actual del país en materia ecológica y social (Andrade et al. 2018). En Colombia, las transiciones que puedan ser apreciadas y apropiadas desde el sector de los hidrocarburos adquieren mayor urgencia en el escenario actual marcado por expectativas de crecimiento económico, déficit fiscal, la transformación del conflicto armado de décadas, retos inesperados para la superación de la pandemia de la Covid-19 y la crisis ecológica global. Ninguno de ellos podría abordarse sin la participación del sector de los hidrocarburos. Es imperativo, en medio de los discursos que tienden a aumentar distancias, encontrar puntos concretos de acción que aporten a superar la coyuntura crítica de la insostenibilidad. Empero, el énfasis en la construcción en los discursos ambientales y del desarrollo, con foco hacia lo global y el largo plazo, ha venido aplazando la atención a la escala de lo local y lo inmediato. Por la imposibilidad práctica de abandonar con rapidez un modelo de desarrollo no sostenible resulta paradójico que, en ese tránsito, a nivel local y al menos durante un tiempo, se pueda hablar de contribuciones a las transiciones desde la perspectiva de un sector mejor conocido por sus huellas ecológicas y sociales.

1.2.1 ¿Cómo convivir en una transición a la sostenibilidad?

Un paso inicial en este documento es ubicar la acción del sector hidrocarburos en el marco de los acuerdos actuales frente al clima y la biodiversidad, pero también frente a la evidencia de su huella ecológica global. Lo anterior bajo la premisa de que las crisis se unen de manera aún más compleja a los procesos globales y locales. En este sentido, la transición hacia la sostenibilidad debe propender por un cambio virtuoso entre el devenir de los sectores que jalonan la economía hoy y la construcción rápida de un cambio de rumbo hacia la sostenibilidad, con un componente explícito en el bienestar humano ligado con resiliencia social y ecológica en los territorios.

La tesis central de este trabajo es que, desde un punto de vista socioambiental, las contribuciones del sector -tales como rentas, impuestos, regalías y dividendos-, provenientes hoy de las actividades extractivas y los circuitos económicos que jalonan, no serían dispensables en el corto plazo en el tránsito hacia un territorio con mayor salud ambiental y social. El punto a desarrollar es que esta transición temporal, que sin duda no está exenta de generar costos ambientales, en atención a sus contribuciones coyunturales y la dependencia del camino recorrido, podría verse como una oportunidad para la transformación. Se trata de una invitación a una discusión imaginativa en la construcción de un nuevo equilibrio que podría ser una “última oportunidad”, en el sentido de la transición que se impone de descarbonización de la economía, que se desprende del Acuerdo de París, de los nuevos retos de gestión de la biodiversidad, y en general de Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS en el horizonte 2030.

1.3 Metodología y alcance del trabajo

Esta publicación desarrolla un argumento en un texto con carácter técnico-divulgati-

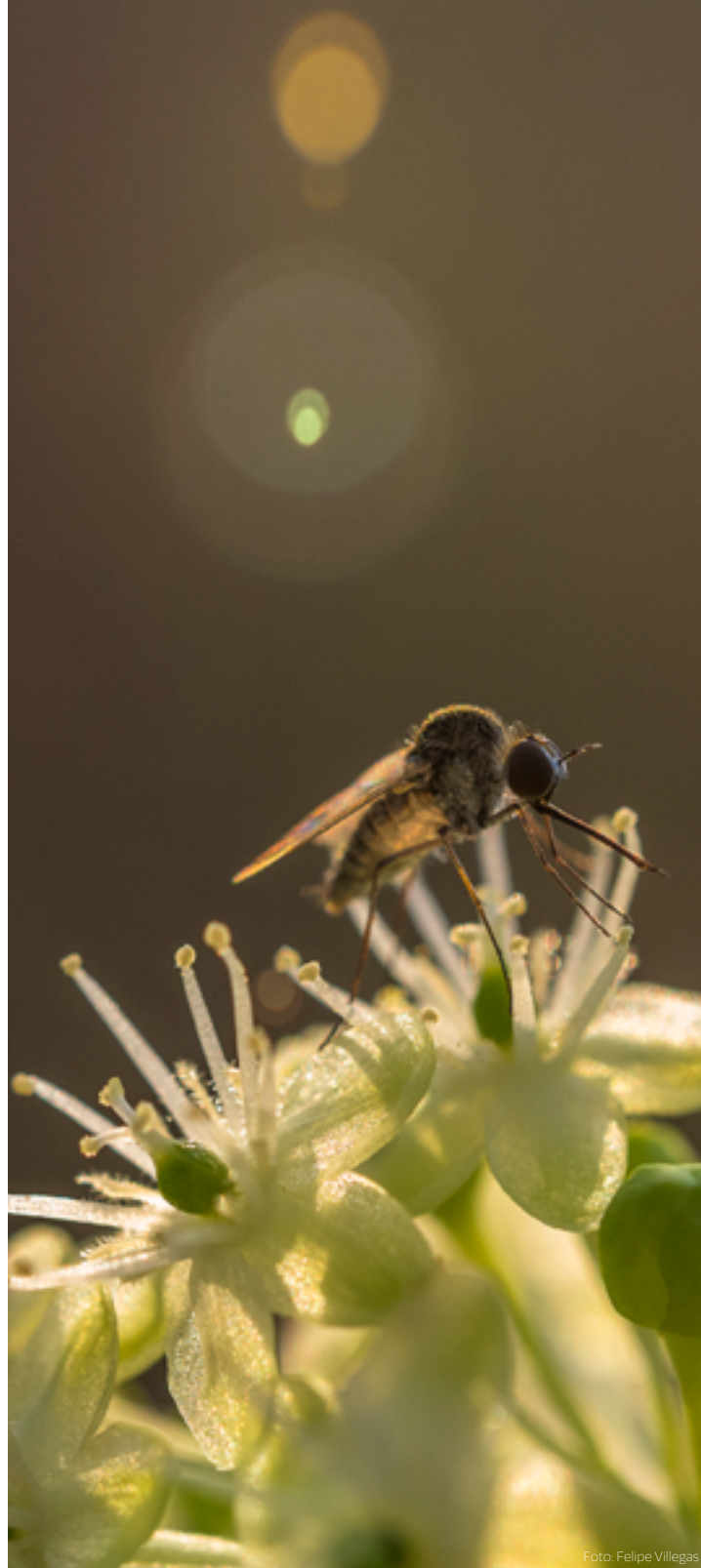



Foto: Felipe Villegas

vo que recoge la visión de los autores, enriquecida con discusiones con un conjunto amplio de colegas, con quienes se ha establecido de tiempo atrás un diálogo constructivo que busca innovar en la relación entre conservación y desarrollo. La mayoría de las discusiones se gestaron entre 2010 y 2021 en los cursos de la Facultad de Administración de la Universidad de los Andes, el Diplomado Internacional de Gerencia Ambiental de la ESAN, en Lima, en el curso de Sostenibilidad en Latinoamérica (SULA) en la Universidad de Yale y el curso sobre ODS en la Universidad de Roskilde, en Dinamarca. El argumento se presenta en forma académica para abordar un público amplio e ilustrado, soportado en las referencias bibliográficas más recientes y autorizadas posibles²; en este sentido, la bibliografía y los enlaces referenciados representan en sí mismos un producto del trabajo.

² Se hizo un esfuerzo especial de introducir el mayor número posible de referencias en español, que muestren el pensamiento y la práctica en Colombia y el contexto Latinoamericano inmediato, lo cual no fue posible siempre para todos los temas. La prevalencia de referencias en inglés refleja de por sí un problema, que es la falta de apreciación en la academia a nivel internacional del pensamiento latinoamericano y la falta de comunicación nuestra en esos ámbitos.



***“Quien sea
dueño del
petróleo, será
dueño del
mundo³”***
Anónimo

2. El petróleo y la biosfera

³ “He who owns the oil will own the world” Frase atribuida a un diplomático francés a inicios del siglo veinte (Roberts 2004:38). Hoy, paradójicamente, quien es “dueño del petróleo”, también se hace responsable con la sociedad que lo demanda de una parte importante del problema ecológico del mundo.

Foto: Francisco Nieto Montaño

2.1 El petróleo es un producto de la biosfera

Más allá del concepto de recurso natural que se maneja técnicamente, el petróleo es un asunto político, pues todas las condiciones mediante las cuales una sustancia que se encuentra en la Naturaleza se constituye en un activo económico, estratégico y geopolítico, han pasado por decisiones, relaciones de poder y distribución en la sociedad de los “bienes” (*goods*) y los “males” (*bads*) que inherentemente conllevan (Bridge & Le Billon, 2017). El petróleo frecuentemente proviene de países o regiones lejos de los mercados, por lo que ha contribuido a la reconfiguración geopolítica dentro de los países y del mundo en general. Por este motivo, las discusiones sobre las contribuciones del petróleo a la sostenibilidad, a través de la gestión de la biodiversidad, no son solo técnicas y se vinculan con el reconocimiento de esta relación, también se someten a reflexiones acerca del carácter estratégico de este recurso.

No se reconoce un origen único para los hidrocarburos en los sistemas geocológicos del pasado. El carbón es claramente de origen vegetal, es una “luz del sol almacenada hace 300 millones de años” (Hartmann, 2004)⁴, es sólido y está destinado naturalmente a permanecer bajo tierra como una roca, lo que dice mucho del pasado de su formación. Sobre el origen del petróleo, hay consenso en que los combustibles fósiles son un producto de ecosistemas del pasado, es decir, vida principalmente animal y microscópica (algas y plancton), cuyo depósito inició entre 200 y 2.5 millones de años, y como resultado de altas presiones y temperaturas las moléculas principalmente de carbono e hidrógeno

se transformaron a través de la diagénesis en sustancias más líquidas y de alta complejidad (Roberts, 2004). A diferencia del carbón, el petróleo y el gas atrapados tienden a subir a la superficie y, de hecho, lo hacen en forma natural en algunos casos.

El petróleo en diversas formas se encuentra en fuentes naturales, pero en su forma de asfalto fue usado desde la antigüedad. Se dice que antiguas calles de Babilonia y el Imperio romano estaban asfaltadas. En China, en el siglo cuarto de nuestra era, se dio por primera vez el uso del petróleo como combustible. La aparición del carbón y el petróleo en Occidente dio paso a su uso industrial, posiblemente en 1850 en Rumania (Hartmann, 2004). Inició así una profunda transformación de civilización, una verdadera carrera por la energía, que fue acelerada y a su vez realimentó la revolución industrial. Rápidamente se expandió potenciando enormemente el trabajo humano y generando toda una economía energética en permanente expansión. También aparecieron los impactos de “haber encendido el fuego” (Roberts, 2004), que hoy son no solo inmensos sino cualitativamente diferenciados.

El impacto de los humanos en la atmósfera puede entenderse mejor si nos consideramos a nosotros mismos como parte del sistema planetario. La biosfera, esta capa tenue de vida en el planeta a la cual pertenecemos, desde el remoto pasado ha venido confeccionando unas condiciones especiales para la vida y la civilización. El balance de carbono antes de la revolución industrial, que determinó las condiciones que mantienen la vida en el planeta, es producto de la biosfera. Según Flannery⁵ (2008), en la atmósfera antigua del planeta la concentración de oxígeno no fue apta para sostener la vida

durante cuatro mil millones de años y, gracias a la presencia de algas, solo hasta hace 600 millones de años los niveles de oxígeno habrían aumentado de forma que permiten la supervivencia de organismos aeróbicos más grandes. Los procesos de regulación de las condiciones de la atmósfera, según lo muestra este autor, fueron aún más evidentes en relación con el dióxido de carbono. Primero a través del papel que jugaron los organismos marinos que construyen esqueletos de carbonato de calcio, absorbiendo dióxido de carbono del agua del mar -como los campos de estromatolitos en las costas occidentales de Australia-, lo que afectó las condiciones de este gas en la atmósfera. Más tarde, el proceso continuó en un evento generalizado de captura durante el período carbonífero con la formación de los primeros bosques extensos. El desarrollo de la vida en todas sus formas siempre ha sido parte del ciclo del carbono, el cual genera y auto-perpetúa sus condiciones de existencia.

La atmósfera que conocemos y la biosfera son, pues, una unidad indisoluble y el acto permanente e inconsciente de nuestra propia respiración así lo demuestra. En los últimos 10 000 años el planeta entró en un período extraordinario de estabilidad climática, conocido como el Holoceno, condición que permitió el establecimiento de los ecosistemas que conocemos hoy y de la civilización humana. No se trata, como usualmente se dice, de un planeta con condiciones aptas para el desarrollo de la vida, sino de uno en el cual la vida, en evolución, fue lentamente construyendo las condiciones de composición química de la atmósfera y de su temperatura.

La liberación y captura de carbono en los ecosistemas del pasado fue, lentamente, construyendo un equilibrio con ese “gran océano aéreo” que es la atmósfera⁶. La estabilidad geoquímica del planeta es, ante todo, un resultado de procesos ecológicos anteriores a nuestra era. Por esto, se trata de una estabilidad que hoy se constituye en un legado planetario invaluable. Con la afectación de este ciclo vital, la humanidad está rompiendo

La atmósfera es un sistema geobiótico en lenta autoorganización ecológica, que se constituye en una “extensión del sistema vivo diseñado para mantener un ambiente determinado” (Lovelock, 1979).

una propiedad organizativa de la Naturaleza, que se manifiesta en una armonía que estamos perdiendo (Guzmán-Hennessey, 2021).

2.2 Energía sin límites

El acceso del ser humano a la energía acumulada en el pasado ha representado un empoderamiento mayor, con un cambio tecnológico y en las formas de vida humana, además en la dinámica planetaria. Hace unos 900 mil años los humanos de Europa y Asia comenzaron a quemar carbón y a vivir de esos “ahorros de luz solar del planeta” (Hartmann, 2004). Inicialmente, la humanidad pareció vivir acoplada con fuentes de energía renovable, esto es, la biomasa, aunque para la Edad Media se mencionan las primeras crisis energéticas por la deforestación y la apropiación de parte de los

⁴ De hecho, en los yacimientos carboníferos de El Cerrejón, en Colombia, son muy frecuentes los vestigios fósiles, que atestiguan su origen en una

⁵ Tim Flannery es un eminente científico y divulgador de la ciencia australiano, de formación paleontólogo y su estudio de la atmósfera lo convirtió en una de las figuras más influyentes en su país sobre la necesidad de acción frente al cambio climático.

⁶ La mención de la atmósfera como un “gran océano aéreo” se atribuye a R. Wallace, quien de forma independiente a Ch. Darwin llegó al mismo concepto de selección natural. Fue recogido en la obra de divulgación de Gustavo Wilches como “el océano de aire en que vivimos” (ver http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/library/environment_energy/ese-oceano-de-aire-en-que-vivimos.htm) de las selvas tropicales más antiguas del planeta.

nobles de la ya escasa madera (Williams, 2006)⁷.
 • Los hidrocarburos han llevado a la civilización a una encrucijada. Un fracaso global en ciernes, producto de la acumulación de numerosos éxitos en lo local.

Los hidrocarburos han llevado a la civilización a una encrucijada. Un fracaso global en ciernes, producto de la acumulación de numerosos éxitos en lo local.

2.2.1 Del paraíso a la sociedad del riesgo global

La humanidad (Homo sapiens), antes de la agricultura y la revolución industrial, había recorrido un camino de unos 600 000 años; más del 98 % de nuestra existencia en este planeta como especie lo discurrimos como cazadores y recolectores, así ocupamos prácticamente todo el planeta emergido, con excepción de la Antártida y las islas oceánicas más aisladas⁸. Aunque la existencia humana en este periodo se tiende a ver como “primitiva”, este es un juicio de valor retrospectivo que no es justo con la historia. Ese largo periodo premoderno pudo haber sido una “edad de oro”, caracterizada por abundancia, en ocasiones estacional, de recursos silvestres que eran obtenidos en tiempos de trabajo relativamente menores al que se emplea en las sociedades actuales (Sahlins, 1972).

La expulsión de ese paraíso fue inicialmente vista como el mito fundador de una

sociedad agraria⁹. Diamond (1987) se refirió a la agricultura como ese primer gran desbalance energético al separar a los humanos de los ciclos de los ecosistemas contemporáneos, cuando sus actividades de recolección y caza estaban ajustadas dentro de la productividad primaria y secundaria en ciclos cortos de renovación (meses, pocos años o a lo sumo décadas) e ínfimo almacenamiento. Ante un agotamiento bastaba moverse, esperar o, contrario a la noción de paraíso, emprender una guerra con una tribu vecina. La domesticación de plantas y animales permitió

el desarrollo de asentamientos permanentes y está en la base del origen de las primeras ciudades y estados, en Mesopotamia y Egipto, posteriormente en el resto del mundo.

Hoy, en perspectiva de más largo plazo, el acceso a este nuevo recurso habría sido ante todo un asunto de “desobediencia energética”; es decir, que el ser humano desacopló sus actividades demandantes de energía de los ciclos de los ecosistemas. En efecto, el aumento de la energía disponible proveniente del carbón inició los grandes saltos tecnológicos y demográficos de la humanidad. La segunda gran revolución energética es sin duda la de los combustibles fósiles, que situó a los seres humanos por fuera no ya de los ciclos de regulación de ecosistemas locales sino de los ciclos de regulación planetaria. Las combustiones fósiles nos han permitido ser numerosos, expandirnos intensamente por el planeta y concentrarnos en ciudades. Tardamos 200 000 años en llegar

a los primeros mil millones de personas y no más que 130 años adicionales para duplicar la población y solo 30 años más para llegar a los tres mil millones (Hartmann, 2011).

Además, la agricultura y los combustibles fósiles están hoy integrados en complejos sistemas agroalimentarios. De hecho, la llamada “revolución verde” de la agricultura, desde los 1960, fue posible con subproductos del petróleo como fertilizantes y pesticidas, además del soporte tecnológico del riego y el transporte. El asunto también se revela en la revolución en las manufacturas, que han convertido nuestra vida material cotidiana a través del plástico, en dependiente del

petróleo. La civilización actual sin los combustibles fósiles sería simplemente impensable. El petróleo, más que cualquier otro recurso, representan toda una “edad de la abundancia” traducida en energía, productos y subproductos relativamente baratos. Pero tanto éxito no podía ser gratis. Hay amplia documentación sobre los impactos ambientales directos de los hidrocarburos y de las huellas ecológicas locales y acumuladas (Recuadro 1). Por sus costos ambientales, los combustibles fósiles han situado a la humanidad en una encrucijada global. De la edad de la abundancia hemos entrado de lleno en la sociedad del riesgo globalizado (Beck, 2002).

Recuadro 1 Algunos hechos y cifras sobre el carbono (modificado de Flannery, 2008).

- El carbono es un elemento químico que se mueve en la biosfera de manera lenta a través de los ciclos de los ecosistemas. Los sumideros naturales son los suelos, la vegetación y el mar;
- El CO₂ se difunde de manera rápida en la atmósfera y el que exhalamos en este momento tarda solo meses en encontrarse con igual probabilidad en cualquier lugar del planeta;
- El CO₂ es el termostato de la atmósfera, pues su efecto térmico, en relación con otros gases, no es proporcional a su concentración. Hay una sensibilidad alta de la temperatura a cambios en su concentración. Si el CO₂ fuera el 1 % de la atmósfera, la temperatura superficial de la tierra estaría en el punto de ebullición;
- Las grandes reservas de combustibles fósiles son productos acumulados de miles de siglos de fotosíntesis y procesos geocológicos del pasado.
- Tomando como ejemplo el año 1977, el petróleo quemado en ese año equivale a 400 años de fotosíntesis¹⁰. En 130 años, de 1870 al año 2000 los 875 000 millones de barriles extraídos corresponden a 521 147 295,4 Ton CO₂eq, es decir lo capturado por 12 137 millones de hectáreas de maíz en la historia, producidas en aproximadamente 72 años.
- Las emisiones globales por fuentes provenientes de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra fueron más de 10 mil millones de toneladas CO₂eq en el 2010 (por el contrario,
- la absorción de estos mismos renglones para el 2010 fue de 2 mil millones de toneladas CO₂eq). En cuanto a deforestación¹¹, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) calculó para el 2007 que este renglón aportaba ente el 15 al 20 % de las emisiones globales (ver <https://www.lenntech.es/efecto-invernadero/combustibles-fosiles.htm#ixzz6oocVSqGC>).
- Hay un enorme espacio potencial de remoción del carbono de la atmósfera;
- Los océanos se están saturando en CO₂, ya han absorbido el 48 % del carbono emitido desde 1800;
- El 56 % del CO₂ emitido por los humanos desde el remoto pasado, todavía está a la deriva en la atmósfera.

Fuente: modificado de Flannery (2008).

⁷ La “Historia de la deforestación” de Williams (2006) es un estudio de historia ambiental global que trae a colación la relación entre el fuego, la deforestación y el cambio ecológico, fenómenos que ya ocurrían antes de la Revolución Industrial.

⁸ Recomendada la lectura del fascinante libro “La conquista social de la tierra”, que aborda la historia de expansión de nuestra especie Homo sapiens en el mundo (Wilson, 2012).

⁹ Interesante notar que en el mundo muisca el mito fundador corresponde a la acción de Bochica en el Salto de Tequendama para drenar el gran lago Hunza que cubría la sabana del río Bogotá.

¹⁰ Los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas al provenir en una alta proporción de material vegetal presente en el planeta hace millones de años, al ser quemados de manera acelerada en un periodo significativamente menor (desde la revolución industrial) liberan en su combustión energía de origen fotosintético acumulada y rápidamente liberada.

¹¹ La deforestación y la degradación de los bosques, genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes no solo del cambio de uso del suelo, sino también por el uso de fuego, maquinaria y fertilizantes ricos en nitrógeno, para actividades agrícolas y ganaderas.

Los dilemas actuales que enfrenta la sociedad con los hidrocarburos, más allá de lo local, reflejan una contradicción profunda entre la necesidad de contar con una disponibilidad de energía sin límites y las fuentes de energía actuales, los límites planetarios y la forma de vida que sobre esta hemos construido.

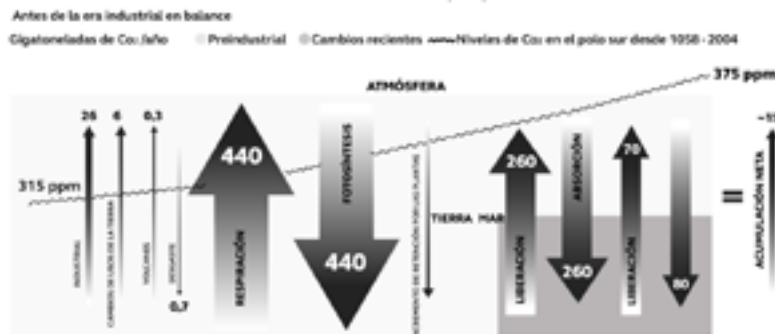
Así las cosas, si nos miramos en el espejo de los ecosistemas del pasado, nuestra relación histórica con la atmosfera ha sido de un consumo literalmente desproporcionado (en relación con los balances de la atmosfera). Desde 1870 al 2000 se han extraído y quemado 875 000 millones de barriles (Roberts, 2004) y diariamente, para el año 2020, se produjeron 72 721 530 barriles, lo que correspondería a una producción aproximada de 26 543 millones de barriles anuales -4 billones de barriles de 1870 al 2020-, los cuales, traducidos en términos equivalente de unidades de fotosíntesis del pasado, equivaldrían a milenios en condiciones actuales normales de la biosfera. El punto central del asunto ambiental de los hidrocarburos es la alteración del ciclo del carbono, cuyo flujo es una variable estructurante lenta,

es decir, un atributo en el cual los cambios de valores tardan de siglos a milenios y las trayectorias son recalcitrantes.

En una perspectiva geológica, los combustibles fósiles deberían ser, pues, tratados con prudencia. Hoy los usamos como un producto abundante. La civilización recibe hoy un doble legado, así: una reserva de energía mayor,

producto de las interacciones de la atmosfera con la biosfera, que entrará en contradicción con entorno de estabilidad irrepetible sorprendente y delicado. Nuestra alteración del ciclo del carbono se deriva de haber roto el balance entre fuentes y sumideros, de un elemento que está en movimiento en el planeta. La Figura 1 muestra la acumulación neta de CO₂ en la atmosfera, en giga toneladas (GT), como producto de la ruptura del balance entre fuentes y sumideros desde la revolución industrial, que en forma natural estarían en equilibrio en la tierra y el mar. El asunto emergente en tiempos recientes gira en torno al significado de esta acumulación en termino de umbrales o valores críticos planetarios, especialmente en relación con otras crisis como la de la biodiversidad.

Figura 1
Fuentes y sumideros de dióxido de carbono y desbalance creciente.



Fuente: IPCC, 2007.

Los cambios en el ciclo del carbono y la biodiversidad están integrados desde siempre. En una perspectiva política se tuvieron como algo diferente, por la separación inicial de las agendas de Rio 92 en torno a la Biodiversidad y al Cambio Climático. Hoy son inseparables.

interpretativo sobre lo que se conoce como el “espacio” seguro (safe space) para la humanidad. Este concepto lo propone por una red de representantes de las ciencias biofísicas, en torno al Centro de Resiliencia de Estocolmo (SRC) (Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015); se basa en considerar un conjunto de variables estructurantes lentas junto con sus umbrales, más allá de los cuales transgredimos el espacio seguro y entramos al mundo de la inseguridad ambiental global (Figura 2). El funcionamiento adecuado del sistema terrestre depende, según este modelo, de no sobrepasar unos límites planetarios que definen un espacio seguro.

2.3.1 ¿Qué son los umbrales?

Los umbrales frecuentemente se leen como límites y, por supuesto, representan límites en nuestra relación con la Naturaleza, pero con una particularidad. Usualmente los límites se pueden medir a través del concepto de “capacidad de carga” o se pueden conjeturar a través de modelos que proyectan el comportamiento de variables. También se pueden establecer como estados de relación conocida de las variables en juego. Sin embargo, Steffen et al. (2015) plantean, además, que los límites planetarios tienen umbrales asociados con zonas de incertidumbre; es decir, se transitarían sin conocer exactamente el momento

Para una transición hacia la sostenibilidad es necesario un cambio en la visión sobre los combustibles fósiles, al respecto, dice Roberts (2006:65) que “el petróleo es un fenómeno raro, producido solo en ciertos espacios geológicos, bajo ciertas condiciones y dentro de la delgada capa que queda apenas debajo de la superficie de la tierra”. Haber alterado el ciclo del carbono parece impensable, pero el uso de los combustibles fósiles cambió el sistema ecológico planetario. En la enseñanza de la ecología, todavía en la segunda mitad del siglo pasado, tanto el clima como los ciclos biogeoquímicos globales eran considerados procesos independientes de la acción humana.

Así, como dice Flannery (2008), “no se debe desenterrar a los muertos” -refiriéndose a los seres vivos del pasado que produjeron el petróleo-, hacerlo es ejemplo claro de la capacidad, y osadía, del ser humano de “robar el fuego de los dioses”. Con la diferencia de que no sería un robo sino una capacidad del Homo sapiens otorgada por la misma Naturaleza. Con la agricultura escapamos del paraíso neolítico y con los hidrocarburos del paraíso del Holoceno. Autoseparados de la Naturaleza, nuestra reconciliación posible deberá ser no solo energética, sino ecosistémica.

2.3. En desafío con los umbrales planetarios

Más allá de la certeza que nos aporta la ciencia frente a los impactos humanos sobre el ciclo del carbono, la reflexión científica se mueve hoy en torno a la formulación de cuáles serían los futuros posibles y probables de esta relación, que ha pasado de lo notorio, o lo grave, a lo crítico. En este campo, y con gran persuasión, progresa hoy un discurso

de cambio de estado. La diferencia de fondo radica en que los umbrales representan espacios de transiciones marcados por incertidumbre, por aquello de que no podemos medir y modelar o por aquello de que simplemente no podemos prever en la medida en que representa un cambio abrupto en las propiedades de un sistema marcado por sorpresas. Según los

proponentes de este modelo, el ser humano ya estaría en el espacio de inseguridad planetaria para la pérdida de integridad de la biodiversidad y el flujo de nitrógeno (ver Recuadro 2).

En la Tabla 1 se presenta una síntesis sobre los umbrales de seguridad planetaria, con algunos comentarios sobre las implicaciones en el sector hidrocarburos, fuertemente involucrado.

Figura 2 Límites planetarios y espacio seguro para la humanidad

Estimaciones de cómo han cambiado las diferentes variables de control de siete límites planetarios desde 1950 hasta la actualidad.



Fuente: <https://www.anthropocene.info/>

Tabla 1 Algunas relaciones identificadas entre las variables del espacio seguro (Steffen et al. 2015, Rockström et al. 2009 y la huella ecológica del sector hidrocarburos.

Variable de espacio seguro	Relación con emisiones de GEI	Límites propuestos	Valor actual y (preindustrial)	Implicaciones para el sector de hidrocarburos
Cambio climático	Aumento de los gases de efecto invernadero (GEI), en especial el CO ₂ .	350-450 ppm CO ₂ .	411,29 ¹² (280)	- Transición energética. - Mitigación de emisiones; sinergia entre mitigación y adaptación.
Cambio en la integridad de la biosfera	Directa a nivel local y subregional. Proceso acumulativo. Indirecta por otras actividades sectoriales que afectan la biodiversidad.	10 (10-100) Número de especies, por millón de especies / año	Extinción acelerada >1000 que la tasa preindustrial ¹³	Integración del sector a las estrategias de biodiversidad.
Agotamiento del ozono estratosférico	No definido.	276 (Unidad Dobson)	283 (290) (Unidad Dobson)	No determinado.
Acidificación de los océanos	Indirecta, vía cambio climático.	2.75 (pH)	2,9 (3,44) (pH)	Ligado con mitigación y adaptación al cambio climático.
Flujos biogeoquímicos	Directa para el nitrógeno. Indirecta para el fósforo.	N: 35 (millones de toneladas / año) P: 11 121 (0)	121 (0) 8,5-9,5 (-1)	- Directo a través del uso eficiente y control de fugas de químicos. - Impacto indirecto a través usos de los derivados en otros sectores.
Uso del agua dulce	Directa, por contaminación. Acumulativa. Menor en relación con otros sectores.	4000 Km ³ /año	2600 (415) Km ³ /año	Integración del sector a las estrategias de uso del agua.
Cambios en el uso de la tierra	Impacto directo menor, indirecto en mayor proporción	15 (% de tierras en agricultura)	11,77 (% de tierras en agricultura)	- Contribución del sector a la gestión ecológica del territorio. - Reforestación, restauración y renaturalización.
Carga de aerosoles	No determinado.			
Entidades nuevas	Directa. Acumulativa. Caso de los micro plásticos en el mar.	No determinado		- Desarrollo tecnológico, cambio de patrones de consumo y mitigación de pasivos ambientales. - Irrupción de un asunto ambiental mundial.

¹² Según IPCC (2012), los datos evidencian que la tendencia al alza continúa en 2020. La media mensual de la concentración de CO₂ en la estación de referencia de Mauna Loa, en Hawái, fue de 411,29 ppm en septiembre de 2020, frente a las 408,54 ppm de septiembre de 2019. En la estación del cabo Grim, en Tasmania (Australia), las cifras fueron de 410,8 ppm en septiembre de 2020, frente a las 408,58 ppm registradas en 2019. Dato recuperado de News Naciones Unidas (Johannes Plenio), 23 de noviembre de 2020, Cambio climático y medioambiente.

¹³ Según Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005). (I. Press, ed.) (ver https://doi.org/10.5822/978-1-61091-484-0_1).

Recuadro 2 Límites planetarios. Estamos abandonando el espacio seguro.

El planeta Tierra se ha mantenido estable por miles de años durante el periodo Holoceno, con una capacidad reguladora que ha permitido el desarrollo de las civilizaciones. Después de la Revolución Industrial las dinámicas humanas están llevando al planeta a perder

la estabilidad y transitar hacia un espacio de inseguridad. Los límites de seguridad con valores y umbrales dentro del espacio seguro se definen para lo siguiente: 1. Cambio climático; 2. Cambio en la integridad de la biosfera (pérdida de diversidad genética y diversidad funcional); 3. Agotamiento del

ozono estratosférico; 4. Acidificación de los océanos; 5. Flujos biogeoquímicos (ciclos de fósforo y nitrógeno); 6. Cambios en el uso de la tierra (por ejemplo, deforestación); 7. Uso de agua dulce; 8. Entidades nuevas (no cuantificado); 9. Carga de aerosoles en la atmósfera.

Fuente: Steffen et al., 2015.

Los hidrocarburos tienen una relación directa con varios de los umbrales planetarios. En el modelo de 2015 mencionado, el cambio climático¹⁴, el cambio de uso de la tierra y el flujo de fósforo se estarían ya peligrosamente acercándose al umbral. El más evidente es el cambio climático, que genera un dilema de gran complejidad, pues los hidrocarburos están en la base del sistema energético mundial, que no es solo económico sino cultural y geopolítico (Roberts, 2004).

La ciencia indica que este umbral de seguridad ya se está superando, pues se ha sobrepasado la concentración tolerable de CO₂, según se desprende de efectos tales como deshielo acelerado e irreversible, cambios en ecosistemas y modos de vida (humanas y no humanas) y aumento del nivel y la acidificación del mar, lo que pone en riesgo, incluso, la existencia de asentamientos humanos y ecosistemas. Las visiones más recientes sobre el cambio climático, como el informe IPCC 1,5 grados publicado en el año 2019 (ver https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf), presentan un panorama en el cual el ser humano ya superó el umbral de estado y debe abandonar rápidamente una trayectoria que llevará al sistema hacia un estado dominado por el riesgo ambiental.

El cambio climático como límite planetario de espacio seguro es objeto de fuertes discusiones, pues no es solo un tema científico sino eminentemente político. En efecto, en el primer modelo de espacio seguro de Rockström *et al.* (2009) se consideró que ya se había superado ese umbral, mientras que en el segundo modelo (Steffen *et al.*, 2015) se consideró que la

humanidad todavía estaba en la posibilidad de virar en un cambio de trayectoria hacia menos de 1,5 grados centígrados. Las emisiones de combustibles fósiles no son la única fuente de emisiones de GEI producidas por las actividades humanas. De hecho, el ser humano a través del cambio del uso de la tierra ha venido de tiempo atrás afectando el ciclo del carbono¹⁵.

El cambio de uso de la tierra genera además efectos sobre la generación de otros GEI. En un análisis de estas tendencias. Foley (2009) en su argumento sobre “la otra verdad incómoda” (ver https://www.ted.com/talks/jonathan_foley_the_other_inconvenient_truth/transcript) presenta la generación de otros GEI ligada con la agricultura y ganadería¹⁶, en general con el cambio de uso de la tierra, que entra de varias formas en sinergia con la huella de dióxido de carbono; entre ellas que el sistema energético carbonizado y el agroalimentario están relacionados profundamente, la agricultura usa derivados del petróleo y la energía proveniente de los hidrocarburos hace posible el trabajo agrícola en gran escala. En este sentido, se ha venido llamando la atención sobre la necesidad de un paradigma más amplio, que atienda a las realimentaciones que suceden principalmente en las regiones subtropicales y tropicales, entre el uso de la tierra y el secuestro del carbono; es decir, en la integración de las políticas de uso de la tierra y del clima (McAlpine *et al.*, 2010).

2.3.2 Los límites de los umbrales

El espacio seguro para la acción humana es un concepto sugestivo, que ha producido un gran nivel de discusión y aportes desde la ciencia, con gran potencial de redefinición

de la sostenibilidad en el ámbito político¹⁷. Se acerca, en parte, al desarrollo del planteamiento de “sostenibilidad fuerte” de Gudynas (2005), en la medida en que define unos límites no modificables. Con todo, la visión de límites y umbrales planetarios también viene siendo controvertida (Biermann & Kim, 2020; Recuadro 3). Tanto el marco original como sus críticas tienen implicaciones en el sector hidrocarburos, pues cada vez será usado más como referencia para definir la

sostenibilidad. En este sentido, es importante tener en cuenta que este marco de referencia de umbrales planetarios representa el valor acumulado global y que su traslado normativo a otros niveles y escalas es problemático. En cambio, el concepto de espacio de seguridad ambiental, con su debida revisión en contextos locales, tiene gran potencial para la construcción de transiciones hacia la sostenibilidad. Aquí la gestión local de la biodiversidad adquiere un valor especial.

Recuadro 3 Críticas a los umbrales planetarios.

- El modelo establece límites para la humanidad como un conjunto, sin consideraciones diferenciadas para regiones, países y localidades. Esto traería consecuencias sobre temas de justicia social;
- El modelo no atiende a inequidades protuberantes en emisiones, sobre todo en el uso diferenciado por países o regiones de los presupuestos de carbono, ni a los cambios de uso de la tierra;
- Los límites planetarios pretenden ser apolíticos, en la medida en que se basan en ciencia, pero no están libres de consecuencias políticas;
- Los autores cuestionan la existencia de una ciencia global (mundial) para definir con legitimidad asuntos globales;
- Hubo un documento borrador para una declaración de Naciones Unidas sobre umbrales planetarios que se preparó para la conferencia Rio+20 y no fue incluido ni adoptado. En cambio, sí se adoptaron los ODS;
- Como un esquema basado en la ciencia y “libre de valores” tiene consecuencias sobre la legitimidad y la soberanía nacional. Sin participación de los actores, con los umbrales planetarios se está reeditando un gobierno de los expertos o “expertocracia”;
- El marco no tiene en cuenta las diferencias políticas, legales e institucionales de la gobernanza ambiental global actual;
- Trasladar parámetros de la gobernanza del sistema global a metas políticas implica un cambio en la responsabilidad de las mismas.

Fuente: Biermann y Kim (2020).

2.4 Petróleo y productos derivados: impactos inesperados

La huella ecológica de los hidrocarburos en el ámbito global no se relaciona solamente con los GEI (sobre todo el dióxido de carbono) sino con otros umbrales de cambio planetario. En la producción de derivados de los hidrocarburos se ha abierto la “caja de pandora” de la petroquímica, al liberar sustancias complejas y nuevas para la biosfera (nylon, poliéster

resinas, plásticos, pesticidas, etc.)¹⁸, que a nivel global se estima solo el 6,3 % como reciclado (ver <https://bit.ly/2SrdSc2>). En 1909, Leo Hendrik Baekeland sintetizó el primer plástico (Derrai, 2002). En los años 50 se contaba con el polietileno y el polipropileno, que tuvieron tal acogida que en 1988 en los Estados Unidos se producían anualmente 30 millones de toneladas (Derrai, 2002). En 1950 el plástico fue uno de los materiales de mayor crecimiento

¹⁴ Definido como “cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas” (IPCC, 2012).

¹⁵ El uso de los bosques y del carbón vegetal con fines energéticos produjo una primera gran oleada de deforestación premoderna, entre los siglos XI y XIII, que afectó hasta el 75 % del área forestal original en Europa Occidental, con posibles consecuencias sobre la concentración de CO₂ en la atmósfera que habrían sido compensadas con el retorno de los bosques en esa región durante los siglos XIX y XX (Williams 2006).

¹⁶ Hacia el final de 2017 aumentó la discusión mundial sobre el papel de la ganadería en el cumplimiento de los acuerdos de París. <https://www.sciencedaily.com/releases/2017/10/171003111042.html>

¹⁷ En efecto, una de las grandes críticas vino desde las ciencias sociales y produjo el desarrollo del concepto de “espacio seguro y justo” de Raworth (2017) que se presenta más adelante.

¹⁸ Se estima que entre un 8 y 10 % del petróleo producido en el mundo es usado para producir plásticos. Ver <https://bit.ly/36vCkMC>.

en la historia, mientras en 1950 se produjeron dos toneladas de plástico, en el 2015 se llegó a 448 millones de toneladas (60 Kg/persona/año) (Geyer *et al.*, 2017)

Se estima en la industria y el comercio hay hoy más de 100 000 sustancias de síntesis, en especial los polímeros y los nano materiales (Angus, 2016). Las sustancias derivadas del petróleo, entre ellas los plásticos, hacen parte del bienestar tecnológico de la vida moderna, pero también se constituyen en una desagradable sorpresa que traza nuevos retos ambientales a la sociedad.

Así, no es de extrañar que actualmente los plásticos, en especial los de uso único, se hayan convertido en asunto de preocupación mundial. En 1997 Charles Moore oceanógrafo y capitán descubrió en el océano Pacífico una gran masa ondeante de plástico bautizada como “el séptimo continente”, compuesta por cepillos de dientes, boyas, tapas de botellas y redes de pesca, entre otros. Los plásticos son componente mayor en los residuos municipales (1 % en 1960, a 10 % en 2005). Cuando no son destruidos, por combustión o pirolisis, se acumulan. Una botella de plástico tiene una duración de hasta 700 años. Estos residuos proceden 80 % de fuentes terrestres -poblaciones humanas asentadas- y 20 % marinas -provenientes de embarcaciones, entre otros-. Ericksen y colaboradores calculan que más de 5.25 billones de fragmentos plásticos flotan en el océano, con un peso de 268 940 toneladas. (Herrera, *L et al.*, 2018).

Los plásticos se han convertido, además, en un asunto en la salud de los ríos, lo cuales arrojan entre 1.15 y 2.41 millones de toneladas

de plásticos cada año al mar. Se ha estimado que entre 4.8 a 12.7 millones de toneladas de plástico entran en el océano cada año desde poblaciones costeras (Lebreton, 2017).

La presencia de desechos plásticos en la biosfera es objeto de preocupación creciente y se pueden esperar desarrollos normativos, que posiblemente no se referirían solo al futuro, sino que de alguna manera deberían enfrentar el pasivo ya creado en los ecosistemas.

Los grandes ríos del mundo se constituyen hoy en vehículos que trasladan estos residuos de la tierra al mar. El 86 % provienen de ríos asiáticos, unas 330 300 en el río Yangtsé, mientras que el Amazonas ocupa el séptimo lugar y el Magdalena el puesto quince (Lebreton, *et al.* 2017).

Ante la pregunta de si la liberación de plásticos y sus derivados representa otro umbral planetario, Villarubia *et al.* (2017) exploraron el reto de la sostenibilidad que generan los plásticos en el mar y determinan que, aunque no se trataría de un nuevo umbral planetario en sí mismo, es evidente que es un tema grave de contaminación relacionado con procesos globales y merece una precaución especial. Posiblemente, en la medida en que el asunto avance, el carácter cualitativamente imprevisto e irreversible del proceso llevará a que la analogía umbral planetario sea cada vez más usada en este tema.

La proliferación de plásticos¹⁹ y micro plásticos en el mar es hoy un tema emergente

a nivel global, pues estos son una forma de huella ecológica extendida del petróleo, y esto se anuncia como unos de los problemas ambientales más complejos, pues no se trata solo de la contaminación física (objetos), que es lo que se ve, sino que es el inicio de procesos de contaminación más complejos por su lenta degradación física, que se manifiesta como partículas diminutas en un proceso que podría estar colocando a la humanidad frente a umbrales de nuevas entidades (novel entities) (Recuadro 4). Los microplásticos están distribuidos en todo el planeta y provienen de procesos de foto degradación y fragmentación de plásticos de mayor tamaño, de productos cosméticos y productos de limpieza que contienen microesferas plásticas, así como de fibras sintéticas provenientes de la ropa. La presencia de estos materiales genera impactos en la vida

marina, pues se ha comprobado que, debido a su pequeño tamaño, son ingeridos por el zooplankton, con lo que se transfieren, de la misma forma, a la cadena trófica. La ingestión de micro plásticos ha sido corroborada en mejillones, peces, tortugas y cetáceos, incluso en ciertos organismos que viven a más de 1000 metros de profundidad en el océano se encuentran contaminados por fibras sintéticas (Herrera *et al.*, 2017)²⁰.

Entonces, las consecuencias de la contaminación marítima por plástico es objeto de atención creciente. Las Naciones Unidas (UN Environment), en la cuarta asamblea celebrada en Nairobi, Kenia, en marzo del año 2019, más de 200 países declararon el compromiso de reducir el uso de plásticos de aquí a 2030 (ver https://www.nationalgeographic.com/es/mundo-ng/acuerdo-onu-para-reducir-plasticos-2030_14029).

Recuadro 4 Consecuencias de la contaminación marítima por plásticos.

- Efectos mortales o dañinos cuando son ingeridos por la fauna marina como pueden ser peces, tortugas, aves, etc.;
- Bioacumulación en especies que luego son consumidas por el ser humano;
- Los animales se enredan con restos de artes de pesca, redes, embalajes de empaques de bebidas (los conocidos como ochos);
- Daños en ecosistemas críticos como barreras de coral;
- Asfixia de los organismos del lecho o sedimento marino;
- Contaminación química de los organismos marinos por la ingestión de pequeñas partículas de plástico;
- Potenciales cambios de la biodiversidad debido al transporte de especies alóctonas
- en trozos de plástico;
- Disminución de ingresos para playas turísticas;
- Riesgo de la salud e integridad de bañistas y pescadores;
- Taponamiento de drenajes urbanos;
- Riesgos para la salud: sustancias químicas plastificantes que pueden afectar el sistema endocrino, algunos cancerígenos.

Fuente: Fuhr (2015) y <https://mx.boell.org/es/2017/06/15/hacia-un-tratado-mundial-sobre-los-residuos-plasticos>

²⁰ Adicionalmente, la mayoría de los polímeros, por ejemplo, polietileno y polipropileno generalmente se consideran biológicamente inertes, pero existen ejemplos comúnmente mencionados como el bisfenol A (BPA), un monomérico bloque de policarbonato, también usado como aditivo en otros plásticos y estireno, utilizados en la producción de poliestireno que se utiliza comúnmente en envases de espuma de poliestireno. Se sospecha que ambos monómeros son sustancias químicas disruptoras endocrinas. El BPA es, relativamente, uno de los pocos productos químicos asociados con los plásticos que se han estudiado extensamente y se ha reportado repetidamente su presencia en la orina, muestras de sangre, leche materna y tejidos (Rits, 2018). Aunque en los campos de las nanopartículas diseñadas y el material particulado en el aire proporcionan información interesante sobre los mecanismos de la toxicidad de las partículas, el conocimiento sobre los efectos adversos de las partículas de plástico en humanos es todavía muy limitado y existe una gran necesidad de datos experimentales para investigar posibles mecanismos (Rist, 2018).



Si los costos ambientales del petróleo se producen al traer al presente la energía acumulada en el pasado, los beneficios deberían proyectarse hacia la construcción de situaciones ecológicas y sociales en futuros de largo plazo.

La compleja huella ecológica de los combustibles fósiles sugiere que el tratamiento convencional de los impactos ambientales sectoriales se enfrenta cada vez más a novedades y sorpresas, en especial a través de impactos acumulados y escalamientos con efectos globales inesperados, como es el tema de los GEI en la atmósfera y los plásticos y derivados en la biosfera.

En este sentido, los hidrocarburos no son solo un recurso que se agota o uno que genera impactos ambientales conocidos, sino uno cuyos subproductos deseados e indeseados afectan la capacidad de resistencia y regulación del sistema ecológico global. Hay que concebirlos más allá de los estándares ambientales y sociales convencionales, lo que sería otra razón para tratarlos con suma prudencia como objetos especiales. La convivencia de la humanidad con los combustibles fósiles y sus derivados, sin duda, continuará durante un tiempo largo; no habrá una desaparición total sino un reemplazo parcial.

3. Retos frente al cambio climático

“En asuntos de clima, el tiempo lo es todo²¹”
J. Hansen

²¹ James Hansen es un prominente científico del clima, quien afirmó en 1988 que el ser humano ya había alterado el clima; postuló los 350 ppm de CO₂ en la atmósfera como el límite de espacio seguro y está convencido de que el punto de inflexión ya fue sobrepasado, también que el planeta que viviremos ya será diferente por causa del cambio climático.

Foto: Francisco Nieto Montaño

Hace seis generaciones que el ser humano inició el cambio profundo del mundo, que a través del petróleo se ha venido acelerando en los últimos cincuenta años (Angus, 2016). Sin embargo, más lento en este periodo ha sido el cambio de nuestra conciencia planetaria y aún más lentas han sido las respuestas. Es una evolución del conocimiento, desde lo relativamente simple del laboratorio controlado a la complejidad sociopolítica del cambio ambiental global. La evolución de las narrativas basadas en el conocimiento sobre el clima se constituye ya en un cambio de contexto, todavía no suficientemente reconocido. Anteriormente fue frecuente la tendencia a negar el saber y la evidencia de parte de empresas o gobiernos²².

3.1 El clima como un asunto científico-político

El reconocimiento de los aportes de la ciencia frente a la dinámica del clima, y la derivación de instrumentos normativos, ha sido largo y tortuoso (Carril *et al.*, 2017), con un inicio prometedor en la famosa conferencia de Estocolmo (1972). A partir ese momento la complejidad política de este asunto no tardó en manifestarse y ha venido creciendo. Con la llegada y entrada en vigor en marzo de 1994 del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) la discusión cambió de rumbo para siempre.

El clima se consolidó como un “objeto científico-político”, de manera que los procesos que habían permanecido separados convergen en una narrativa integrada (Aykut

La relación entre el petróleo y el cambio climático se sigue viendo en algunos espacios como un asunto convencional de contaminación, por lo que los instrumentos de ahí derivados son hoy insuficientes. Las nuevas dimensiones del cambio climático marcan el futuro de esta relación.

& Dahan, 2015). Esta situación tiene grandes implicaciones sobre las metas de gestión para el sector de los hidrocarburos.

El carácter eminentemente científico-político se ve reflejado en la forma como se han venido estableciendo las metas de reducción de GEI y su relación con el calentamiento global. Desde el informe del IPCC (1990) el rango de temperatura proyectado se ha venido ampliando de 1,4-4,5 °C a 1,4-5,8 °C. Ese rango expresa la incertidumbre inherente al fenómeno y los modelos, y en relación con las metas de ahí derivadas dibuja la dificultad en la sociedad de enfrentar los futuros posibles. Hoy nos encontramos entre la actualización permanente del discurso científico-político sobre la crisis inminente, y la respuesta de la sociedad, que aparece como muy lenta. Así, se han venido anunciando años críticos, en los cuales ocurriría la inflexión climática en trayectoria por encima de los dos grados²³. Pero no es un asunto exclusivo de la ciencia, de hecho, las decisiones climáticas que se discuten en el marco del IPCC a partir de 2012 incluyen, de manera más explícita, elementos de decisión económica; es decir, es el sistema económico

como parte del sistema ecológico. A partir de ese momento la discusión climática se ha visto impregnada de atributos que son eminentemente científico-políticos, testimonio fehaciente de que “el clima está en nuestras manos” (Flannery, 2008).

3.2 Evolución de la conciencia sobre el clima

En las últimas décadas la conciencia climática ha venido evolucionando. En un inicio fue considerado de interés científico y pronto se convirtió en uno ambiental, al tratarse como un tema de contaminación atmosférica. Hoy es un asunto que tiene que ver con la sostenibilidad, que es ambiental, social y económica, es decir, es un asunto político. Actualmente impregna la vida en general, como uno de los grandes temas de la actual generación. Guzmán-Hennessey (2009) explora las numerosas consecuencias de la irrupción del cambio climático en los asuntos sociales, entre ellas el imperativo de un cambio cultural. “Esto lo cambia todo...”, dice Naomi Klein en su influyente libro sobre la relación entre el modelo de desarrollo y el cambio climático (Klein, 2016).

La evolución del asunto climático a nivel mundial es un tema complejo, en el que convergen conocimiento, incertidumbre percepciones e intereses en juego. Para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) el proceso es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, lo que conlleva una alteración de la composición de la atmósfera y de su variabilidad normal.

El cambio de la conciencia climática lo atestigua la evolución de los conceptos que vienen

madurando en una tendencia de complejidad creciente. Frente a la ocurrencia del cambio climático hay que distinguir además aquellas situaciones que han sido medidas y probadas, las que son objeto de conjeturas fuertes (como las que surgen de los modelos), las conjeturas débiles (interpretaciones mediáticas), las “postverdades” (negaciones y tergiversaciones) y aquellas que son objeto de incertidumbre por falta de datos o incertidumbre esencial, o sea, las que dependen de la complejidad del sistema (en este caso el planetario).

En la conciencia sobre el clima, mientras se siguen estudiando las causas del cambio y sus mecanismos, en la segunda mitad del siglo XX se entró de lleno en el estudio de las consecuencias. En la enseñanza clásica de

La relación entre los gases de efecto de invernadero incrementados en la atmósfera por la acción humana y el cambio climático es el asunto científico-político más complejo de la historia de la humanidad²⁴.

la ecología, hasta la segunda mitad del siglo XX el clima era considerado como uno de los factores formadores del sistema ecológico, esto es, una variable independiente; claramente hoy es una variable interdependiente de la acción humana.

Este cambio también representa un reto para la conciencia, basada en la ciencia y la evidencia. El conocimiento del cambio climático abarca una gama amplia de aproximaciones, desde la ciencia analítica y experimental hasta las ciencias integrativas y los

²² Ver los trabajos de Naomi Oreskes *et al.* (2010) sobre la manipulación del conocimiento de parte de algunas compañías petroleras y su propuesta de confianza en la ciencia.

²³ En el Acuerdo de París 2 °C busca “reducir GEI de forma que se establezcan en la atmósfera y se eviten interferencias peligrosas” con el sistema económico y la vida humana.

²⁴ En efecto, situaciones de contaminación, tan grave como las que produjeron la lluvia ácida en Europa o la degradación de la capa de ozono, hoy están ampliamente controladas, una vez se produce la respuesta del respectivo cambio tecnológico.

saberes sociales. Sin embargo, no todas las dimensiones biofísicas y sociales del cambio climático cuentan con el mismo nivel de validación desde las ciencias y el mismo nivel de aceptación en los acuerdos globales. La aproximación la gestión del conocimiento debe, pues, incluir el saber consolidado y la incertidumbre sobre el devenir del asunto.

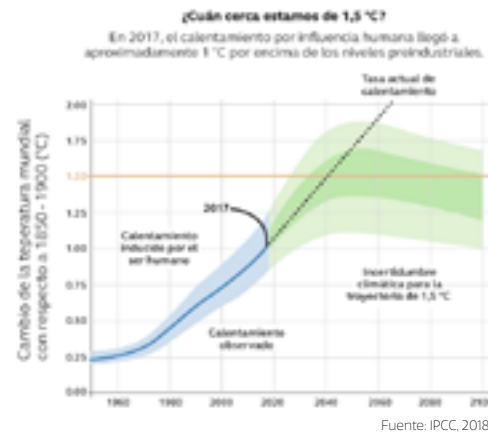
El asunto central en la interfaz ciencia-política sobre el clima ya no es hoy la validación de las causas, sino la constatación paulatina de las consecuencias, con la inquietud de que la humanidad ya esté transitando hacia umbrales de cambio irreversible. Un futuro posible aparece en el horizonte como probable y la prueba científica se consolidaría después del cambio indeseado. Hay que integrar el desconocimiento a la respuesta. La posibilidad de un umbral de cambio irreversible en temas de gases de efecto invernadero se centra hoy en la discusión de cuál sería la cantidad de CO₂ que sería aceptable como gestión de riesgo en la atmósfera.

Si se parte de una línea base antes del año 1800, de 280 ppm (645 GT) de dióxido de carbono preindustrial, hoy se está a punto de duplicar esta cantidad. En marzo 10 de 2021 ya iba en 416 ppm (ver <https://www.co2.earth/daily-co2>), lo cual da una tasa de emisión superior a la estimada en la década de los noventa que fue de 14,6 GT/año. Para Hansen (1979) 350 ppm era el punto de inflexión hacia una ruta de inseguridad global. La Agencia Internacional de Energía (AIE) había dicho que el año crítico era el 2016 (en efecto, ya en el 2009 en Copenhague la sociedad civil pedía reducción global de un 40

% en las emisiones). Desde el primer informe del (1990) el rango de temperatura posible se ha venido ampliando de 1,4-4,5 °C, al IPCC 3 de 1,4-5,8 °C, lo cual refleja la incertidumbre asociada con la modelación climática, en contextos de decisiones políticas.

Así, se han venido anunciando años críticos, en los cuales ocurriría la inflexión climática en trayectoria por encima de los dos grados. La ciencia viene sugiriendo en tiempos recientes que el cambio climático podría estar acelerándose (Xu *et al.*, 2018), debido a que siguen aumentando las emisiones y el sistema terrestre muestra síntomas de desestabilización. El IPCC (2018) produjo un informe en el cual alerta sobre las consecuencias de superar los 1,5° Centígrados (Figura 3).

Figura 3 Calentamiento observado e incertidumbre climática en relación con la trayectoria a 1,5 ° C.



Una discusión cada vez más ilustrada sobre el cambio climático permitirá generar una mejor conciencia y, especialmente, definir el papel de los sectores productivos, entre ellos los extractivos, en una transición hacia la sostenibilidad.

Un tema central relacionado es el “presupuesto de carbono”, entendido como la cantidad acumulada de CO₂ que se puede emitir manteniendo el sistema climático entre 1,5 y 2 °C²⁵. Los países están obligados a desarrollar presupuestos nacionales de carbono, asignados a los diferentes sectores, como base para su repuesta para la reducción de emisiones. Este asunto es altamente demandante, pues existe bastante consenso en que el presupuesto de carbono que queda en la atmósfera (para ser ocupado dentro del marco de la reducción de emisiones) sería de 420 GTonCO₂ para 1,5 °C y 250-1500 GTCO para 2 °C (IPCC, 2018).

Hoy la conciencia viene acompañada de un alto grado de alarma por la irreversibilidad de los procesos en curso y la inercia del proceso. Conforme avanza el consenso sobre la existencia del cambio climático, ha venido evolucionando la aproximación catastrófica y una propuesta de compromiso necesario con un futuro posible basado en la acción. Hoy el asunto crucial es si el tránsito al cambio de condiciones en la atmósfera, o el que podemos modificar, se dará a través de un gradiente de “tensión controlada” o con espasmos catastróficos que llevan a “un gran salto con consecuencias insospechadas” (Figueres & Rivett-Carnac, 2020).

Uno de los temas que impregna la conciencia climática ilustrada es la dificultad y el tiempo que toma para cambiar el rumbo, lo que se conoce como “dependencia del sendero” (*path dependency*²⁶), que es la inflexibilidad del camino asumido en términos de consumo de energía, la cual tiene grandes consecuencias frente al activismo climático

(y ambiental en general). Esto se expresa en que así hubiera un cambio de rumbo, como el que se espera del Acuerdo de París, las consecuencias deseadas tardarían años en manifestarse. Se estima en la hipótesis que los GEI se estabilizaran, que existe una inercia de calentamiento de 0,6 °C para este siglo (ver <https://science2017.globalchange.gov/>); lo cual sitúa hoy a la humanidad en un clima diferente al observado hasta hoy. Según este modelo el planeta iría en una trayectoria desde un estado de estabilidad interglaciaria, producto de un activo proceso de estabilización del Holoceno en paso hacia el Antropoceno²⁷ a un estado de inestabilidad con dos futuros posibles, así: uno de gestión del sistema planetario que permitiría una tierra estabilizada (que podría ser un poco más caliente que el Holoceno) y otro de una tierra “recalentada” (Steffen *et al.*, 2018), producto del calentamiento directo y, sobre todo, de realimentaciones desestabilizantes producto de cambios en los sistemas ecológicos (degradación de la selva tropical, derretimiento irreversible de glaciares marinos, y liberación de metano subártico).

Esto ha llevado a un cierto consenso en la interfaz científico-política que el planeta estaría transitando hacia el peor escenario, en el cual se refuerzan las realimentaciones positivas (feedbacks) que empujarían el planeta a través de umbrales de inseguridad hacia una desestabilización en un estado indeseado, en el cual la temperatura sería superior al promedio de los últimos 1.2 millones de años y el nivel del mar superior al mayor durante el Holoceno, lo cual traería disrupción de sistemas ecológicos y sociales (Steffen *et*

²⁵ Expresado en el artículo 2 del Acuerdo de París.

²⁶ La dependencia del sendero es un concepto original en la economía y gestión de empresas que hace referencia a las restricciones de flexibilidad que impone la historia pasada y que determina la ruta que ha de seguir una organización en el futuro, también la dificultad de abandonarla (Sachs, 2015).

²⁷ Entendido como una nueva época en la dinámica planetaria en la cual se combinan los impactos acumulados de la actividad humana, los cambios de estado de los sistemas ecológicos y la gran aceleración. La literatura sobre el antropoceno es muy amplia. Ver, por ejemplo, el trabajo de Arias-Maldonado (2018). Y para el papel del petróleo en esta situación Angus (2016).

al., 2018). Sería una nueva anomalía, acentuando la trayectoria de los cambios irreversibles en el sistema planetario. En la Tabla 2 se presenta una síntesis de la evolución de los conceptos del cambio climático, según evidencia científica y algunas consecuencias.

Tabla 2 Evolución de conceptos asociados al cambio climático.

Concepto	Asuntos agregados en la relación conocimiento – política
Efecto de invernadero	Hecho experimental de laboratorio, comprobado en el dominio de la física y química. Consenso científico.
Calentamiento global	Medición empírica de la causa (Curva de Keeling) y del efecto. Consenso científico de existencia del fenómeno y sobre sus causas una vez resuelto el tema de la escala temporal (existencia de periodos de enfriamiento por ocurrencia de volcanes ²⁸).
Desorden climático (<i>climate disruption</i>)	Hoy hay consenso entre científicos (IPCC, NOA, etc.) y en el ámbito político. Los detractores inicialmente se basaron en la incertidumbre del conocimiento, hoy se sitúan explícitamente por fuera del ámbito de la ciencia (negacionismo climático y de la ciencia en general). Crisis en la relación ciencia-política, por “verdades inconvenientes ²⁹ ”.
Cambio ambiental global	Observación directa de eventos extremos y especulación sobre aumento de frecuencia, y su relación con el calentamiento global. La evidencia la relación calentamiento-eventos extremos está aumentando.
Cambio Global	Eventos diversos validados independientemente y en convergencia hacia una trayectoria de cambio del sistema planetario. Emergen modelos complejos explicativos del cambio sistémico. Aumenta la advertencia sobre factores adicionales del cambio ambiental, como la pérdida generalizada de la biodiversidad a nivel global (IPBES 2019), realimentaciones y sorpresas, todos ellos en esa escala por fuera de los acuerdos políticos actuales.
2600 (415) Km ² /año	Expansión de una narrativa del cambio global en la cultura y la política. Emergencia de una ciencia del cambio global. Escalamiento en discursos institucional emergente (ONU) a nivel global. Convergencia y coincidencia del cambio climático con otros eventos y procesos globales, finalmente interrelacionados, que generan “exposiciones múltiples” de las sociedades frente a los eventos globales (Leichenko & O’Brien, 2008).
Riesgo y desastres climáticos	Percibido primero a nivel local y ligado como conjetura con el cambio climático. Primer modelo conceptual general de riesgo climático en IPCC (2012). Teleconexiones como potencial evidencia de colapso climático global.
Emergencia climática	Conciencia por el Acuerdo de París. Énfasis en “descarbonización” de la economía y transición energética. Otras dimensiones de las transiciones, como la ecológica, en curso de posicionamiento. Posibilidad de transición más allá de los umbrales a un estado alterno de equilibrio del sistema terrestre (<i>hothouse</i>) (Steffen et al., 2018). Esto lleva a un estado de conmoción climática con fuertes implicaciones en las políticas y la percepción y acción ciudadanas. Aumentan las comunidades, ciudades y países en los cuales se ha venido declarando emergencia climática ³⁰ .
Ética y justicia climática	Tránsito del asunto climático hacia estrados judiciales. Convergencia de agendas entre cambio climático y biodiversidad como dos caras de una misma crisis global. Cambio ecológico global como asunto ético y de justicia. Aceptación que las soluciones deben basarse en cambio de valores (Laudato Si, ver https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html).

Fuente: Fuhr (2015) y <https://mx.boell.org/es/2017/06/15/hacia-un-tratado-mundial-sobre-los-residuos-plasticos>

²⁸ En efecto, durante los años 70 se habló de un “enfriamiento global” en el periodo 1940-1970, hoy explicado por la incidencia contraria al calentamiento producida temporalmente por el efecto de los volcanes Augun, en los sesenta, y Chicón y Pinatubo en los ochentas.

²⁹ Ver la Verdad Incómoda de A. Gore (2006).

³⁰ El Consejo de Bogotá, por ejemplo, declaró la emergencia climática en noviembre de 2020.

3.3 Contexto de Colombia

En Colombia la discusión científico-política sobre el cambio climático, al igual que el resto del mundo movilizada desde 1992 en la Cumbre de la Tierra, hoy se ve acelerada de tal suerte se convierte en un asunto transversal en las políticas de desarrollo (IDEAM, et al., 2017); y a nivel global entra de lleno a la discusión de los ODS, todos relacionados por las acciones que se toman en esta materia (ver <https://www.sei-international.org/press/media-advisory/3805>).

En el país hay cada vez más evidencia sobre la ocurrencia del cambio climático (Tabla 3) y su diferenciación frente a la variabilidad normal

del clima. Los estudios del IDEAM demuestran que en los últimos 60 años el área glaciaria en Colombia se ha reducido en 89%, con un retiro anual entre 20 y 25 metros longitudinales, siendo los nevados del Tolima y Santa Isabel los primeros en desaparecer hacia el año 2020 (Ceballos et al., 2012). La tendencia de pérdida desde 1930-1950 (25,5 %) se acentúa en el periodo 1980-2016 (61 %) (IDEAM, y otras instituciones 2017) (ver <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia>), según el cual cada grado más de temperatura implica una adaptación a nuevas circunstancias climáticas, entre ellas la frecuencia de los llamados desastres naturales³¹.

Tabla 3 Variables del cambio climático en Colombia, estado de conocimiento y tendencia.

Proceso	Estado del conocimiento	Tendencia
Calentamiento global	Medido Aumento de temperatura en dos décadas entre 0,5-0,8 ° C en alta montaña de Colombia y 1-1,2 en zonas bajas. Pérdida del área de glaciares. Cambio en la distribución de especies (conocimiento incipiente).	Proyectado Entre 2011 y 2040 el aumento de temperatura sería de 1,2-1,8 ° C en montañas y 1,6-2 en zonas bajas; hacia 2070-2100 de 2-3 grados en zonas bajas. El cambio climático acarrearía una extinción masiva de especies.
Precipitación	Medida Variabilidad climática “normal” asociada con alternancia El Niño-La Niña ³² .	Conjetura 2011-2100: aumento frecuencia eventos El Niño y La Niña. Aumento de precipitación en 40 % en la Amazonia, disminución 40 % en enclaves andinos, 10 % en zona andina y disminución 40 % en región Caribe.
Eventos extremos	Medido Registrados como casos individuales y frecuencias.	Conjetura Tendencia al aumento de intensidad y frecuencia. En proceso de consolidación de información hacia una eventual confirmación científica

Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM (2017).

Para dibujar un futuro posible es importante mirar los escenarios de cambio climático para Colombia preparados por el IDEAM (2017) para el periodo 2011-2100, los cuales se

construyeron con base en la proyección de la temperatura y la precipitación en un escenario global de aumento de 2,14 °C. Los modelos muestran, en general, aumento de temperatura

³¹ Los desastres llamados naturales son resultado de los que nosotros le infringimos a la Naturaleza (Wilches, 2017).

³² Para el profesor Thomas van der Hammen, experto en paleo ecología, el cambio climático comenzaría a manifestarse como una acentuación de la alternancia de años más secos y húmedos, en el ciclo El Niño-La Niña (van der Hammen 1995).

y precipitación posibles en varias regiones del país, también tendencias contrastantes, lo cual general una alta incertidumbre climática frente a sequías o inundaciones (ver Recuadro 5).

Recuadro 5 Algunas proyecciones sobre el futuro del clima en Colombia.

Según el Ideam (2017), la temperatura sería en promedio 2,6 °C más cálida en departamentos como Arauca, Vichada, Vaupés y Norte de Santander, lo cual podría acarrear aridización y desertificación³³, cambios con disminución en la productividad de los suelos, pérdida de fuentes y cursos de agua, y mayor incidencia de olas de calor, con graves efectos sobre la salud. En las regiones donde sucedería este aumento de temperaturas podrían verse más efectos en presencia del fenómeno de El Niño, que típicamente en el centro y occidente del país reduce las precipitaciones

y aumenta la temperatura promedio; en cambio, en los años del fenómeno de La Niña las regiones donde se esperan aumentos de precipitación podrán verse más afectadas por inundaciones. Para el periodo 2071-2100 se puede esperar disminución de la precipitación media entre 10 a 30 % en cerca del 27% del territorio nacional (Amazonas, Vaupés, sur del Caquetá, San Andrés y Providencia, Bolívar, Magdalena, Sucre y norte del Cesar). Por otro lado, para el mismo periodo se esperaría que la precipitación aumente entre 10 a 30 % en cerca del 14 % del territorio nacional

(Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Eje Cafetero, occidente de Antioquia, norte de Cundinamarca, Bogotá y centro de Boyacá). Es alarmante ver que las consecuencias del cambio climático sobre suelos y agricultura³⁴ y el manejo de los recursos hídricos no se hayan todavía incorporado de manera suficiente en las políticas de estos sectores, o en las discusiones sobre conflictos ambientales. En medio de la incertidumbre de los modelos climáticos resulta imposible todavía diferenciar claramente los patrones de tendencias de la precipitación y sus variaciones en el territorio colombiano.

Fuente: Ideam (2017).

La relación entre eventos extremos del clima y el calentamiento global ha permanecido en el ámbito de lo especulativo y recientemente han comenzado a aumentar las evidencias con datos y modelaciones robustas; en particular, el cambio en la frecuencia de la ocurrencia de eventos extremos, con grandes consecuencias.

Una visión del riesgo climático se presenta en función de la vulnerabilidad y la exposición del sistema frente a una amenaza, en este caso, el cambio del clima. Hoy la relación

La evidencia muestra que estaríamos en un escenario de “desorden climático” (nueva anomalía o *new abnormal*) más que en un uno de cambio del clima que pueda ser modelado con datos normales, que llama a la prudencia y la precaución, así como al aprendizaje adaptativo, es decir una gestión integral del riesgo.

³³ Recientemente se produjo una alerta global sobre la posible relación entre aumentos de temperatura y desertificación. Así, más de 1,5 grados implica que, debido al aire seco, aumentarían la desertificación y las pérdidas de cultivos. Ver http://therealnews.com/t2/index.php?option=com_content&task=view&id=31&Itemid=74&jumival=20902

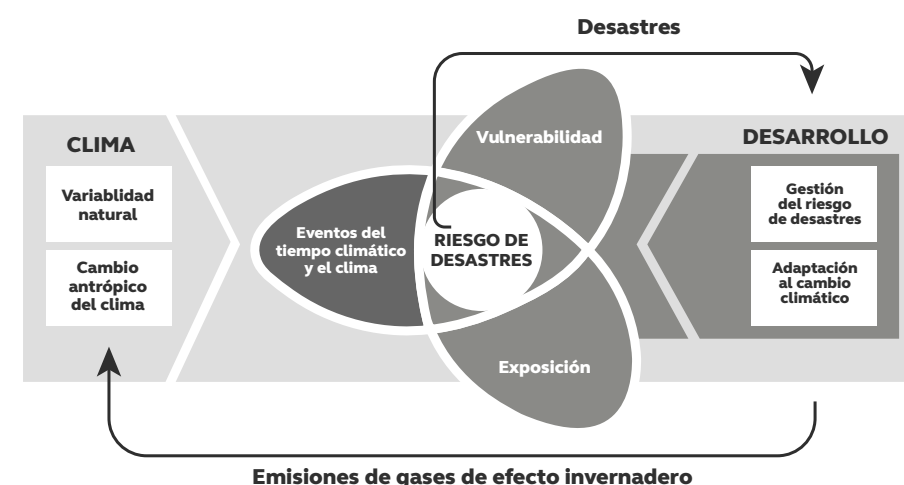
³⁴ Ver los programas de investigación de agricultura y cambio climático del CIAT <https://ccafs.cgiar.org/>.

BIODIVERSIDAD Y PETRÓLEO

aparece como de un nivel superior de complejidad, tal como fue presentado en el modelo del IPCC (2012, Figura 4), que sugiere interacciones complejas entre el cambio climático (natural y de origen antrópico), la exposición, la vulnerabilidad y la ocurrencia de los eventos que generan el riesgo, con su consecuencia negativa en la gestión de desastres

y adaptación. El modelo implica dos tipos de realimentaciones desestabilizantes, así: por un lado, las emisiones de gases de efecto de invernadero y la variabilidad natural, por otro, los desastres climáticos. El funcionamiento adaptativo del sistema socioecológico se ve amenazado por el aumento de las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Figura 4 Riesgo de desastres en relación con el cambio climático y el desarrollo.



Fuente: IPCC, 2012.

3.4 Colombia, país altamente vulnerable

Según los acuerdos, el cambio climático se trabaja en dos frentes, uno es la mitigación, que se refiere a la disminución de las causas, en este caso las emisiones, otro es la adaptación, que significa estar mejor preparados para resistir sus golpes. El énfasis histórico ha estado en el primero y el segundo ha quedado en parte rezagado³⁵. Mientras avanza la

evidencia sobre el curso del cambio climático y su eventual irreversibilidad, la adaptación irá adquiriendo una importancia mayor. En Colombia, esta dualidad se vive a fondo, pues somos un país que aporta una proporción mucho menor de emisiones y, al tiempo, somos reconocidos como uno de los más vulnerables del mundo al fenómeno.

La conciencia de Colombia como un país vulnerable y expuesto al cambio climático

³⁵ La formulación de metas a nivel nacional en el marco del Acuerdo de París presentan en este sentido un significativo avance (Gobierno de Colombia, 2020). Ver https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_COP21/iNDC_espanol.pdf

La asimetría entre mitigación y adaptación tiene profundas implicaciones para la gestión desde un sector que participa mayormente en la generación de las causas, que no podría estar ausente en la atención a tratar de modificar las consecuencias. hacia la sostenibilidad.

ha venido cambiando. Hoy ha aumentado la conciencia de la alta vulnerabilidad del país asociado con el cambio climático, más cuando el país ocupa el puesto 28 de 180 países con un puntaje de 36,33, con un total de 17 fallecimientos por eventos climáticos extremos, con pérdidas de 37 millones de dólares, según el Climate Risk Index 2019, publicado en la tabla 3 de los anexos del reporte del Global Climate Risk Index 2021-1. El impacto de los ciclones tropicales en 2019 envía una clara señal de que el conocimiento y las respuestas previas al peligro, a las vulnerabilidades existentes y la exposición al riesgo sigue siendo un problema crítico; más aún con el cambio climático, que juega un papel cada vez más importante en la intensidad de la crisis por los ciclones tropicales. Los países y las comunidades que han sido golpeados por ciclones a menudo quedan más vulnerables a otros peligros y los impactos del cambio climático (Global Climate Risk Index, 2017).

La tercera comunicación nacional sobre cambio climático (TCNCC, 2017) actualizó a nivel departamental la vulnerabilidad, amenaza y riesgo a nivel departamental y municipal. Para el 13 % de los departamentos resultó una vulnerabilidad muy

alta y la amenaza para el 56 % en la misma categoría también definió que todos los departamentos del país tienen algún riesgo importante, el mayor en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina³⁶, seguido de algunos departamentos de la Amazonia.

Gran parte de las narrativas se han centrado en cuantificar

en escalas superiores el nivel creciente de amenaza. Sin embargo, el entendimiento de la vulnerabilidad y el riesgo climático requiere reflexiones más complejas, usualmente ligadas con procesos de conocimiento y gestión en sitios concretos o escalas locales, o con foco en algunos sectores de la actividad económica. En este sentido, los mapas de vulnerabilidad y riesgo son frecuentemente actualizados. Un caso notorio de un diagnóstico regional aplicado a la planificación del territorio fue el del Plan Regional Integral de Cambio Climático de Bogotá y Cundinamarca (PRICC, ver https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/COL/00059274_PRODUC_PRICC_Region_Capital.pdf), considerado pionero por su diagnóstico y propuestas de adaptación; todo esto requiere un refuerzo en su implementación.

Así, la gestión del cambio climático debería incluir su integración en la planificación de sectores como la agricultura o la infraestructura³⁷; también la incorporación del riesgo al suministro del agua para proyectos mineros o energéticos que podrían competir con el agua en zonas vulnerables y la planificación urbana.

En medio del cambio de conciencia de Colombia como un país vulnerable, surge una verdad incómoda y menos atendida, referida a los actuales niveles de transformación del territorio³⁸ está aumentando la vulnerabilidad frente a los eventos climáticos. Pero el estudio de la vulnerabilidad es incipiente, y no siempre enfocado de una manera integral. En ocasiones, se asume que la vulnerabilidad se manifiesta principalmente por la exposición, como la disponibilidad del agua, frente a situaciones climáticas documentadas, o a los resultados de los modelos de proyección del clima. Son temas relacionados, pero la vulnerabilidad añadida emerge como un asunto más complejo, que debe ser evaluado en circunstancias específicas, relacionado con la disminuida capacidad de los sistemas sociales y ecológicos de responder y mantenerse ante los embates climáticos, esto es la resiliencia socioecológica³⁹.

Uno de los temas más urgentes en la reflexión del cambio climático se refiere a la evaluación de las capacidades en la sociedad para una respuesta adaptativa. En general, la capacidad de adaptación es un tema menos

estudiado que implicaría una dosis no menor de innovaciones. Esto se refleja en que las agendas propositivas, motivadas en torno al cambio climático, concluyen en un llamado a la implementación de los instrumentos existentes en una propuesta de “más de lo mismo”, lo cual no siempre será suficiente. Así se deriva, por ejemplo, del análisis de la capacidad de adaptación en los sistemas de áreas protegidas, en los cuales la brecha de gestión existente se puede

La disminución de la vulnerabilidad y el aumento de capacidad adaptativa del país y las comunidades, esto es la resiliencia socioecológica, es una oportunidad amplia para la gestión del sector hidrocarburos, hasta hoy más centrado en la mitigación.

acentuar notoriamente con el cambio climático y llama a la innovación en el ámbito de las políticas, la planificación y la gestión en los territorios (Franco *et al.*, 2014), con consideraciones de relevancia para la gestión ambiental del territorio y no solo de las áreas protegidas.

³⁶ El evento catastrófico y sin antecedentes recientes producido en 2021 sobre la isla de Providencia es de especial atención.

³⁷ La propuesta del Gobierno de Colombia (2020) referida a las metas de gestión climática incluye “elementos transversales integradores”: 1. Justicia y fuerza laboral; 2. Derechos humanos; 3. Equidad intergeneracional e inclusión territorial; 4. Enfoque diferencial para comunidades etnias y vulnerables; 5. Igualdad de género y empoderamiento de la mujer; 6. Protección del agua, ecosistemas y biodiversidad; 7. Economía circular; 8. Contexto del Covid-19.

³⁸ La reciente publicación sobre ecosistemas amenazados de Colombia así lo confirma (Etter *et al.*, 2020).

³⁹ Guzmán-Hennessey (2015), en una presentación de los conceptos que han guiado el discurso de la sostenibilidad, hace un llamado a “superar el desarrollo sostenible”. Las implicaciones del cambio climático en la teoría y práctica de la sostenibilidad son un tema emergente y en rápido cambio en las ciencias ambientales.

4. Biodiversidad

Foto: Francisco Nieto Montaño

La valoración que recibe la vida en el planeta, por parte del ser humano, es variada. Desde el advenimiento del concepto de biodiversidad ha existido una discusión sobre las formas de valorar las especies y sus variaciones genéticas y los ecosistemas. Actualmente, la Plataforma Intergubernamental de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos⁴⁰ (IPBES, 2021) adelanta un proceso de revisión de la valoración de la Naturaleza centrada en el concepto de valores múltiples, en la interface entre la ciencia, la política y la práctica (Pascual *et al.*, 2021). Estos autores llaman la atención sobre el desajuste que existe entre la capacidad de detener el declive global de la biodiversidad y los conceptos que se usan para valorarla. Proponen una perspectiva pluralista a la biodiversidad, que implica expandir el concepto hacia abarcar los motores múltiples y en diferentes escalas que determinan su cambio.

A continuación, se presentan algunas de esas perspectivas de valoración, con grandes implicaciones en la gestión del sector de los hidrocarburos.

4.1 La vida como valor supremo

Más allá de las percepciones que tenemos los seres humanos sobre la vida en la Naturaleza, la biodiversidad tiene un valor en sí misma, que es en cierto sentido independiente del valor que le otorgamos. Es un valor fundamental porque, como ya se vio, el planeta Tierra no es solamente uno en el cual hubo condiciones para el desarrollo de la vida, sino aquel en el cual la vida en su desarrollo autoorganizativo y diversificador ha

La gestión de la biodiversidad tiene un fundamento en el conocimiento. Sin embargo, son tantas las dimensiones que aún desconocemos que al conocimiento se le deben adicionar la incertidumbre y el respeto frente al desconocimiento esencial.

generado las condiciones para su sustento; lo que se traduce en que son más las manifestaciones de la vida que no conocemos que aquellas clasificadas, y muchas más las relaciones entre los seres vivos que las que ya han sido reconocidas.

La diversidad es una propiedad característica de los seres vivos, no solo como tendencia permanente a ocupar en los espacios adyacentes que permiten su evolución sino como herencia planetaria que recibimos de forma gratuita, que ha tardado miles de millones de años en manifestarse. Nosotros somos una de esas manifestaciones. Hoy la diversidad genética que apreciamos es ante todo diversidad genética-evolutiva. Ningún proceso de gestión, ni el desarrollo tecnológico, permitiría reponer ni siquiera una mínima parte de esta diversidad en caso de que se perdiera o deteriorara. Hoy en algunos medios se habla de revertir la extinción, o de “desextinción”, para reconstituir especies perdidas (Kumar, 2012). Más allá de cualquier desarrollo en el mundo que conocemos, marcado por una pérdida de fondo masiva de la diversidad genética-evolutiva, esta propuesta no pasa de ser una curiosidad científica o de una aspiración humana en espera de expansión, que en cualquier caso

no lograría compensar la pérdida del atributo fundamental de la vida. Cuando nació la biología de la conservación, en la década de los 80 del siglo XX, se produjo una discusión importante que llegó a proponer la necesidad de “conservar la evolución”. Se trata del propósito de mayor envergadura en la conservación de la biodiversidad, que apenas ha pasado como una de las dimensiones en competencia cuando se definen las prioridades de la conservación.

4.2 Biodiversidad como objeto de gestión

El concepto de biodiversidad surgió como respuesta a la amenaza de pérdida global de especies, preocupación que marcó desde finales de la década de los ochenta del siglo XX a las ciencias de la conservación⁴¹. Las dimensiones incluidas en la agenda de la conservación se refieren a especies con algún riesgo de extinción, espacios de interés para la conservación o “ecosistemas estratégicos” como una denominación de uso amplio en Colombia y ecosistemas en riesgo (Etter *et al.*, 2020). También se habla de “objetos de conservación” como

Que la vida tenga un valor intrínseco llama la atención sobre la necesidad de mirar con cautela la valoración práctica de la biodiversidad, bajo el supuesto de que siempre serán más los atributos y dimensiones que escapan a nuestro entendimiento y gestión.

referencia a objetivos específicos de conservación y seguimiento en la efectividad de manejo de las áreas protegidas.

Una dimensión emergente en la conservación de la diversidad biológica en el nivel de especies es la reflexión sobre la situación de las especies comunes, también llamadas “biodiversidad ordinaria”, es decir, las especies que no han sido directamente priorizadas en los procesos de conservación. El estado de las especies comunes es un tema abierto, sobre el cual hay cada vez más preocupación, pues se observa el declive amplio de especies abundantes. En efecto, una adecuada designación de riesgo de pérdida de especies no se refiere solo a su abundancia sino a las tendencias de cambio⁴². Con todo, cuando hay especies abundantes que se convierten en “objetos de conservación”, se evidencia una alerta relativamente temprana para corregir esta situación⁴³.

4.2.1 Biodiversidad y servicios ecosistémicos

En perspectiva de la gestión del territorio es importante revisar la relación entre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (SS. EE.), que hacen referencia a funciones conocidas de los ecosistemas que se soportan en la biodiversidad y que son percibidos por los seres humanos como útiles o importantes (EEM, 2005)⁴⁴. Se consideran los servicios de soporte, regulación, provisión y servicios no materiales (culturales), recogidos en la

⁴⁰ La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) es un órgano intergubernamental independiente que busca fortalecer la interfaz científico-normativa entre la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, el bienestar de los seres humanos a largo plazo y el desarrollo sostenible. Ver <https://www.ipbes.net/>.

⁴¹ La llamada biología de la conservación o conservation biology en su denominación original en inglés.

⁴² En el sistema de la Unión Internacional de Conservación (UICN) de definición de riesgo de extinción se refiere a especies sobre las cuales hay preocupación menor (least concern), lo cual no significa ninguna preocupación.

⁴³ Es el caso de la crisis de las abejas o muchos polinizadores en el mundo, también de las aves comunes en Francia e Inglaterra. En Colombia el trabajo de Stiles *et al.* (2017) han revisado para una región (sabana de Bogotá) el estado de las aves, incluyendo las comunes.

⁴⁴ La Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA) es una iniciativa convocada por el secretario general de las Naciones Unidas, que ha dado pie a un gran desarrollo conceptual y pragmático en la gestión de la biodiversidad.

Política Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), lo que representa una visión principalmente de la Naturaleza por definición centrada en el ser humano. Aunque el concepto ha recibido críticas desde la perspectiva de valoración intrínseca de la Naturaleza, también es importante reconocer que, en contextos marcados por una visión de crecimiento económico, ha permitido un diálogo de actores para una construcción de acuerdos de valor ecológico y social en los territorios. También ha acelerado un

diálogo con sectores corporativos⁴⁵, entre ellos los extractivos, y se ha sido puesto a prueba como concepto integrador en situaciones de conflictos ambientales (ver Castro, 2017). En la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE; Gobierno de Colombia, 2012 (ver <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32546>) esta relación se sustenta en atributos tales como la biodiversidad en los ecosistemas, sus funciones y los flujos hacia la sociedad (Figura 5).

Figura 5 Relación entre biodiversidad en los ecosistemas y el bienestar y la libertad humana.

Modificado de EEM (2006), incluyendo balances agenciados (trade offs) entre conservación y degradación (transformación), uso de servicios ecosistémicos y aumento del bienestar, atravesados por la gestión adaptable y el monitoreo.



Fuente: elaborado por Juliana Delgado en Franco et al., 2009.

⁴⁵ Notoriamente el programa TEEB (Economía de los ecosistemas y la biodiversidad. Ver <http://www.teebweb.org/>, ecosistémicos y aumento del bienestar, atravesados por la gestión adaptable y el monitoreo.

De la figura anterior, y de relevancia para la presente discusión se resalta lo siguiente:

- Balances agenciados (trade-offs) entre biodiversidad y SS. EE. Es decir, la maximización de algunas de las funciones de la Naturaleza que son reconocidas por la sociedad no estaría exenta de algún nivel de declive y pérdida de biodiversidad (balance entre conservación y degradación);
- Balances agenciados (trade-offs) entre servicios ecosistémicos de provisión y aquellos de soporte y regulación. Es decir, el uso (así sea sostenible) de algún beneficio de la biodiversidad no está exento en alterar funciones de soporte o regulación;
- Balances agenciados (trade offs) entre bienestar humano y los demás servicios ecosistémicos, que pueden aumentar o disminuir en la relación;
- Gestión adaptable de la relación biodiversidad y SS. EE.;
- Monitoreo de la relación general entre bienestar humano, biodiversidad y SS. EE.

4.2.2 Biodiversidad y servicios, ligados y desacoplados

La llegada de la biodiversidad y servicios ecosistémicos al lenguaje político, como sustento del bienestar humano, ha llevado

a que en su discurso técnico los términos vayan ligados. En la PNGIBSE esta relación se sustenta en atributos tales como la biodiversidad en los ecosistemas, sus funciones y los flujos hacia la sociedad. Sin embargo, la diferenciación de las propiedades específicas de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos es necesaria en la gestión que pretende aportar a los procesos de transformación de los territorios. Con la Figura 6 se argumenta que conforme avanza la transformación del ecosistema (eje x) hay una disminución de biodiversidad y de servicios ecosistémicos (eje y); sin embargo, esta pérdida no es sincrónica para estos. Con una transformación limitada del territorio (en un 40 %, como ejemplo) habría un umbral de pérdida de ciertos servicios ecosistémicos (como el de regulación hídrica). En la misma trayectoria, un umbral de transformación del 60 % acarrearía pérdidas de componentes de la biodiversidad. También es interesante resaltar que la posibilidad de lograr una reposición de SS. EE. dependería de la biodiversidad, pues menos especies implican mayor dificultad de recomponer ecosistemas funcionales y beneficios; en una tendencia que, como referencia se plantea, sería óptima en un sistema ecológico transformado a un 50 %.

Figura 6 Hipótesis de asimetría entre biodiversidad y algunos servicios ecosistémicos en gradiente de cambio de los ecosistemas naturales.



Fuente: elaboración propia.

En este sentido, no es posible definir una dimensión espacial única que relacione la transformación del ecosistema con la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos. Las dimensiones biológicas, sociales y las emergentes llaman a una visión multiescalar para la gestión de la biodiversidad.

4.2.3 Otras dimensiones de la biodiversidad

Biodiversidad, como concepto que ha transitado desde las ciencias naturales a la gestión ambiental y la política, originalmente definido como diversidad en el ámbito genético, de especies y de ecosistemas, ha venido siendo cargado de un conjunto de “dimensiones humanas”. En el Convenio de Diversidad Biológica, además del conocimiento, las dimensiones de gestión de la biodiversidad son la conservación, el uso sostenible y distribución equitativa de los

Las dimensiones emergentes de la biodiversidad representan un reto para el sector hidrocarburos, en especial en la transformación y pérdida, en la gestión del riesgo de pérdida asociada a su operación, en los diferentes tipos de valoración social en sus áreas de influencia y en la gobernanza territorial.

beneficios. En una mirada socioecológica, los atributos emergentes asociados de la diversidad biológica son la transformación y pérdida, además de los conflictos que se presentan frente a la valoración, así como su gestión a través de esquemas de gobernanza. Finalmente, una dimensión emergente es la gestión del riesgo que surge con la pérdida y transformación de la biodiversidad (Figura 7).

Figura 7 Dimensiones sociales de la biodiversidad: en el círculo interno las reconocidas en el convenio de diversidad biológica y en el círculo externo las dimensiones emergentes en los sistemas socioecológicos.



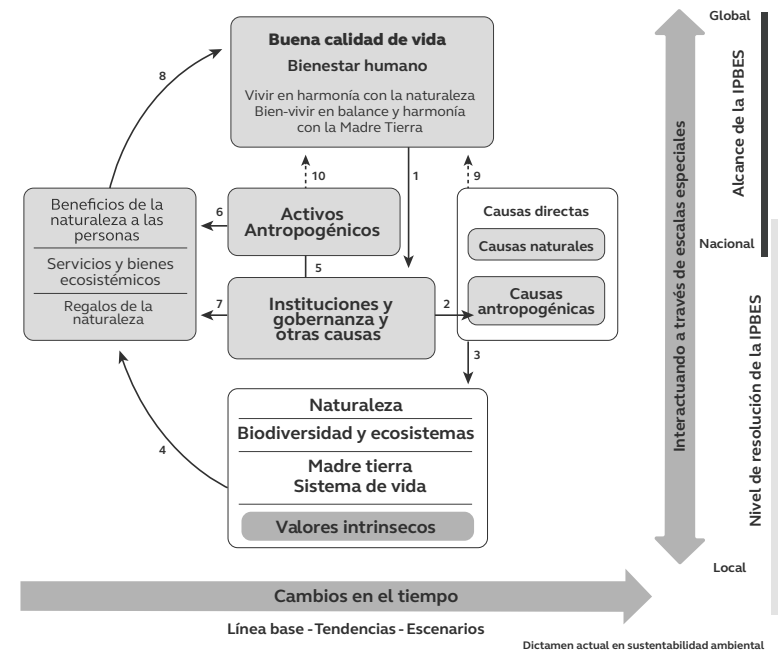
Fuente: Andrade et al., 2011.

4.2.4 Contribuciones de la Naturaleza a las personas

Con la puesta en marcha de la IPBES se ha animado un diálogo que permite ir más allá del concepto de la Naturaleza como servicio lo que reivindica algunas visiones

multiculturales (Díaz et al., 2013) que se manifiestan en el reconocimiento de los bienes de la Naturaleza como regalo y su relación con los “activos antropogénicos” que representan el capital construido y financiero (Figura 8)⁴⁶.

Figura 8 Marco conceptual IPBES.



Fuente: Díaz et al., 2013.

El marco conceptual IPBES representa una oportunidad para diseñar una gestión integral de los valores de la Naturaleza, desde el actuar del sector de los hidrocarburos en el proceso de transición hacia la sostenibilidad. En efecto, de este marco se resaltan algunos de gran utilidad para ampliar el diálogo social y la formulación de propuestas de gestión, así:

- Una visión múltiple de los valores de la Naturaleza que permite un diálogo más amplio en contextos multiculturales. En efecto, en muchas situaciones de frontera de transformación del territorio los actores tienen sus propias formas de valoración y rechazo de la valoración centrada en servicios ecosistémicos.

⁴⁶ En este contexto es importante resaltar el trabajo reciente de Rincón et al. 2021, sobre valoración múltiple de la biodiversidad.

• Mas allá del concepto de servicios ecosistémicos hay también divergencia en las formas limitadas en que se ha concebido el bienestar, que es una dimensión importante a la hora de justificar los beneficios de los emprendimientos energéticos, en especial en territorios de diversidad biológica y cultural;

• Además, es importante el reconocimiento de impulsores de cambio, que en este marco conceptual son aquí entendidos no solo como de origen humano, sino también algunos como “impulsores naturales”. La interacción entre estos y la agencia humana permite una visión socioecológica más comprensiva en la gestión de las transformaciones;

• De la mayor importancia, en este marco conceptual, es la integración de los “activos antropógenos” que incluyen lo construido, el valor social y los activos financieros. Estos últimos, más que una visión de sostenibilidad que separa lo ambiental económico y social, se constituyen en una nueva dimensión de reconocimiento de todos los aspectos relevantes, que tienen un papel a jugar en la nueva visión de transición hacia la sostenibilidad.

4.2.5 Biodiversidad en los sistemas ecológicos y sociales

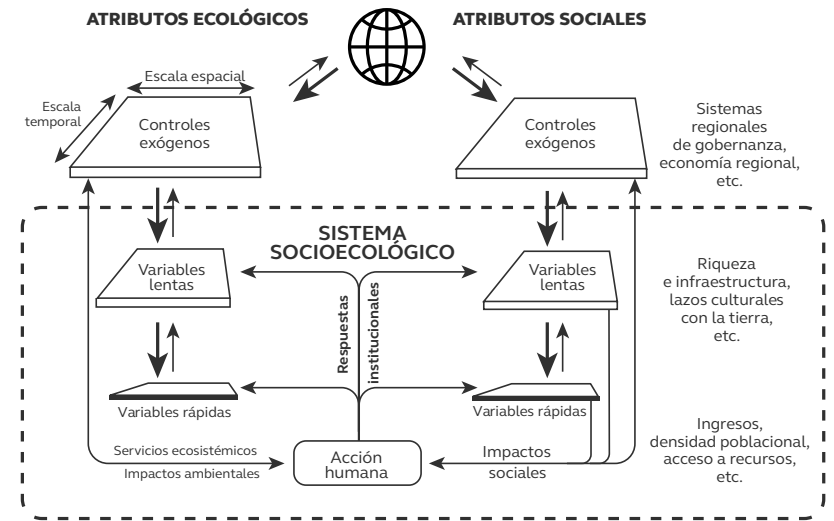
La larga historia de la visión de separación entre lo humano y la Naturaleza, ha creado la dificultad de ver las propiedades ecológicas en los territorios humanizados y las propiedades sociales en los ecosistemas silvestres o mejor conservados. Lo ecológico no tiene que ver solamente con los espacios

El sistema socioecológico se define como un espacio y un tiempo específico, en el cual la identidad y dinámica del territorio son producto de las propiedades emergentes que se derivan de la interdependencia de las variables sociales o ambientales⁴⁷.

sin presencia o menor influencia humana, también se manifiesta cuando esta influencia altera el régimen de estabilidad y la identidad del ecosistema. Esta visión no integra suficientemente las dimensiones económicas y sociales de la sostenibilidad.

La ocupación del planeta de parte del ser humano, la transformación de los sistemas ecológicos y su incorporación en sistemas de vida e interpretación de la sociedad han llevado a que, prácticamente, todo el planeta presente huella humana; por supuesto, de manera diferenciada en el territorio. Además, cada vez más atributos biofísicos entran a hacer parte del gran acervo de Naturaleza reconocida y valorada por la sociedad. Como una forma de superar esta dicotomía Naturaleza ser humano, en las ciencias ambientales progresa una reflexión acerca de la identidad de los sistemas ecológicos-territoriales como sistemas socioecológicos⁴⁸. Para ello, se propone considerar el sistema ecológico y social integrado (Figura 9 y Tabla 4), en el que la diversidad natural, histórica y cultural de Colombia no presenta una sola territorialidad, sino un conjunto de territorialidades⁴⁹.

Figura 9 Elementos y relaciones del sistema socioecológico.



Fuente: De Chapin et al., 2002.

Los enfoques actuales de tienden a favorecer la identificación de atributos definidos desde perspectivas disciplinarias, separando usualmente componentes sociales y ambientales, relegando a un segundo plano -o ignorando- las relaciones.

se ha “inmiscuido” en las variables estructurantes del sistema ecológico, generando sus propias estructuras determinantes eminentemente, sociales⁵¹. Los atributos sociales y ecológicos en los territorios no solo están relacionados (aproximación a los impactos) o interrelacionados (dependencia social del sistema ecológico) sino que son interdependientes e interdefinibles (enfoque de sostenibilidad) (García, 2006⁵²). En el enfoque socioecológico, más que buscar solo los atributos, es necesario encontrar interacciones.

La literatura sobre sistemas socioecológicos es amplia y la base empírica e interpretativa que avanza⁵⁰ muestra cómo el ser humano

⁴⁷ Uno de los mejores textos disponibles en español sobre la gestión interdisciplinaria de sistemas complejos es de Rolando García (2006), al que se hará referencia en este capítulo.

⁴⁸ El profesor Ernesto Guhl hablaba del ecúmene, o espacio geográfico de la tierra habitada (Guhl, 2017). Para Carrizosa (2015) es el “sistema ambiental territorial”.

⁴⁹ Al respecto, se recomienda el trabajo de Patricia Vargas que refresca la visión hegemónica y simplificadora de la relación Naturaleza y sociedad, basada en el desencuentro de disciplinas y saberes (Vargas, 2016).

⁵⁰ Al respecto es recomendable la consulta de la revista académica Ecology and Society, disponible en <https://www.ecologyandsociety.org/>.

⁵¹ Se denominan “variables estructurantes” al conjunto menor de atributos sociales y ecológicos integrados, responsables de un número mayor de otros atributos y relaciones.

⁵² García (2006) habla de una progresión que va desde la interrelación, interacción e interdependencia hacia la imposibilidad de definir las partes por separado, o sea la “interdefinibilidad” en los sistemas socioecológicos.

Tabla 4 Componentes del sistema socioecológico e implicaciones.

Atributo	Significado	Algunas implicaciones
Límite del sistema	El límite del sistema es una decisión del investigador, no es un atributo de la Naturaleza ⁵³ . Es un “recorte” (García, 2006).	La gestión ambiental según unidades político-administrativas, o de autoridades ambientales, dificulta el manejo con enfoque sistemas socioecológicos. En cualquier gestión socioecológica del territorio, la delimitación del sistema es una necesidad operativa, que además se puede redefinir conforme avanza el trabajo.
Atributos ecológicos y sociales	Los atributos definidos por el investigador y que se usan en el diagnóstico.	Los atributos ecológicos y sociales son una decisión del investigador, con base en el conocimiento existente y en las necesidades de la gestión. Se debe prestar atención a asuntos emergentes de importancia que no se tuvieron en cuenta en el inicio del trabajo.
Controles exógenos	Atributos o variables que afectan desde “afuera” al sistema socioecológico definido.	En la gestión del sistema no es posible la intervención directa que busca modificar los controles exógenos. Se gestionan en la escala superior englobante. Se deben buscar las conexiones interescala, para una gestión integral.
Variables lentas	Tanto en lo social como en lo ecológico, se trata de atributos que presentan un cambio lento y determinan el estado del sistema.	Las variables lentas se modifican en el largo plazo. En la gestión en tiempos cortos no se puede aspirar a modificarlas, pero sí a cambiar sus trayectorias de cambio. La biodiversidad en sus dimensiones genético-evolutivas y ecológicas es un atributo de lenta formación.
Variables rápidas	Presentan un cambio dentro de los plazos de la gestión.	Pueden ser modificadas en periodos de gestión. Su gestión (positiva) no siempre representa un mejoramiento de las propiedades del sistema socioecológico.
Acción humana	Modifica en diversas escalas espaciales y temporales las variables lentas y rápidas.	El estudio de impactos y de servicios ecosistémicos, así como las respuestas institucionales, es la forma más común de representar la interacción en los sistemas socioecológicos. Es un tema abierto a investigación e innovación.

Fuente: elaboración propia con datos de IDEAM (2017).

4.2.6 Biodiversidad y resiliencia

La biodiversidad, en sus manifestaciones de diversidad genética y funcional y en sus dimensiones sociales y ecológicas, está en la base de la existencia, mantenimiento y transformación de los sistemas sociales y ecológicos, actualmente sometidos a fuerzas o choques de cambio (como los revisados en relación con el cambio climático). Los sistemas socioecológicos son, además, sistemas dinámicos autoorganizados y adaptativos que tienden a permanecer en el tiempo y resisten cambios

El mejoramiento de la biodiversidad en situaciones en las que han ocurrido cambios que han implicado su declive o pérdida representan para el sector hidrocarburos una de las mejores formas de crear valor social compartido en el territorio.

⁵³ Interesante resulta enmarcar en este concepto las discusiones recientes sobre las delimitaciones de ecosistemas estratégicos, como los paramos, como si se trataran de límites naturales.

infringidos por agentes externos; es decir, tienen resiliencia (Holling 2005) entendida como es la propiedad de retorno a estados de equilibrio similares al de partida (Walker & Salt 2006).

Dado que la proyección a futuro de los procesos de cambio en los sistemas socioecológicos muestran que, hasta cierto punto, ya están imbuidos en trayectorias programadas, el asunto central se relaciona con la adaptación (en el sentido del IPCC de resistir los embates del cambio climático), o con la transformación, que sería la gestión adecuada de la identidad socioecológica en medio de los procesos de cambio. Es lo que se conoce como la resiliencia transformativa (Franco et al., 2014).

En este sentido la biodiversidad en todas sus manifestaciones aparece como una propiedad estructural, lenta y, hasta cierto punto, irremplazable, que determina la estabilidad y cambio en los sistemas socioecológicos.

4.3 Disminución de la biodiversidad

Las acciones que se definen para la gestión de la biodiversidad están íntimamente relacionadas con el concepto de cambio, que

no siempre es negativo, pues hay transformaciones que son benéficas, sostenibles y deseadas por la sociedad. Sin embargo, las tendencias principales de transformación en el mundo actual son negativas, en el sentido en que promueven el declive, pérdida y colapso de la biodiversidad (IPBES, 2019).

4.3.1 Declive, pérdida y colapso de la biodiversidad

La extinción de especies, cuando se produce a nivel local como el caso de especies endémicas o con una distribución restringida, se convierte inmediatamente en un fenómeno de significado global⁵⁴.

Cuando la pérdida se da en otros elementos y procesos de la biodiversidad suma a los procesos de colapso de la biodiversidad en los sistemas socioecológicos. El modelo más simple para explicar la pérdida de la biodiversidad es el declive sistemático que se produce a nivel local con un umbral de aparición de procesos aleatorios que llevan a la crisis, extinción y reemplazo en los territorios (ver parte izquierda en la Figura 10).

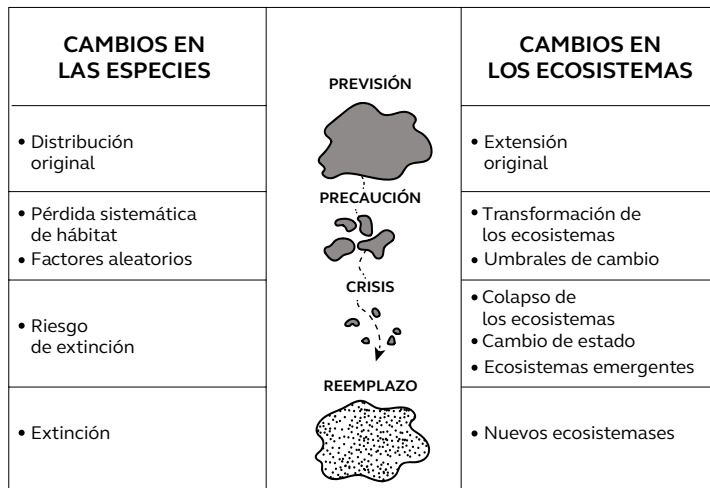


Foto: Felipe Villegas

⁵⁴ Los riesgos de pérdidas de diversidad genética evolutiva (especies) se muestran a nivel global en los libros rojos de la UICN, los cuales vienen siendo producidos en Colombia para numerosos grupos (aves, mamíferos, anfibios, reptiles, peces de agua dulce, etcétera). Una revisión en el tiempo de los libros rojos permite hacer un seguimiento al estado de los grupos estudiados a nivel nacional, con visiones de mayor detalle cuando las especies presentan rangos de distribución restringida (endémica o casi endémicas).

Figura 10 Procesos de cambio en la biodiversidad en el nivel de especies y ecosistemas.

A nivel general, se considera que la pérdida de especies individuales sucede a través de un cuello de botella de la crisis (coyuntura crítica) puede revertirse la pérdida de la población vía planes de recuperación, siempre y cuando las poblaciones no sobrepasen un umbral más allá del cual las poblaciones son inviables⁵⁵. Existen numerosos ejemplos a nivel mundial de salvamento de especies en el umbral de la extinción que podrían documentarse, específicamente, dentro de los procesos de licenciamiento y compensación ambiental.



Fuente: Andrade et al., 2011, inspirado en Clark et al. (1990).

Es el caso, por ejemplo, de la especie de primate recientemente descrita *Callicebus caquetensis*, (Defler et al., 2010), cuyo hábitat restringido se encuentra en el centro de una región con alta deforestación y en presencia de la actividad sectorial. De hecho, hay casos conocidos de promoción de actividades de conservación de especies con algún nivel de riesgo, en el Proyecto Vida Silvestre de Ecopetrol, Wildlife

Conservation Society (WCS), Fundación Santo Domingo y Fondo Acción, con avances muy prometedores sobre el mejoramiento de especies en sus contextos sociales en los proyectos apoyados (Recuadro 6)⁵⁶. Igualmente, el Oleoducto Bicentenario realizó un trabajo amplio de investigación y conservación de las especies de armadillos presentes en el piedemonte orinoquense (Trujillo y Superina, 2013)⁵⁷.

El cambio en la biodiversidad también puede entenderse comparando el nivel de las especies (lado izquierdo de la Figura 10) y el de los ecosistemas (lado derecho de la Figura 10). El paralelo en el declive de poblaciones de especies y cambio en los ecosistemas lleva a la extinción y pérdida como un fenómeno que puede ser local, con implicaciones globales. Una aproximación de gran poder se ha venido realizando a través de la consideración de los procesos análogos de riesgo de extinción de especies con riesgo de desaparición de ecosistemas a través de la “lista roja de ecosistemas” desarrollada por la Unión Internacional para la Conservación de

la Naturaleza (UICN) y aplicada recientemente en Colombia (Etter et al., 2018 y 2020). Este modelo es de gran utilidad como una aproximación comprensiva a la pérdida de especies, pues un conjunto importante de las especies en riesgo ocurre en el territorio, en asocio con los tipos de ecosistema considerados. La pérdida de tipos de ecosistema se constituye así en un proxy robusto en ámbito nacional para entender la pérdida de biodiversidad en el nivel de especies, aunque es importante tener en cuenta que los variados patrones de distribución de las especies no siempre coinciden con la expresión espacial de los tipos de ecosistemas.

Recuadro 6 Proyecto Vida Silvestre (PVS). Alianza Ecopetrol y Sociedad de Conservación de la Vida Silvestre (WCS).

El PVS busca demostrar que la conservación de la biodiversidad y las actividades productivas pueden ser compatibles. El objetivo general del PVS es proteger 15 especies silvestres (11 animales y 4 plantas), mediante la protección y restauración de hábitats y la promoción de medios de vida sostenibles en las comunidades locales. Adicionalmente el proyecto desarrolla acciones de conservación en los Llanos Orientales, el Magdalena Medio y el Piedemonte Andino-Amazónico. Ecopetrol es el principal financiador y cuenta con la coordinación técnica de WCS. El PVS trabaja con 14 organizaciones locales.

El enfoque de la iniciativa es bastante innovador, pues combina intervenciones particulares en especies, áreas naturales, áreas protegidas y sistemas productivos. Las especies en riesgo trabajadas son el caimán llanero (*Crocodylus intermedius*), la tortuga charapa (*Podocnemis expansa*), la danta (*Tapirus terrestres*), la marimonda del Magdalena (*Ateles hybridus*), el

paujil de pico azul (*Crax alberti*) y el bagre rayado (*Pseudopstysoma magdaleniatum*); entre las plantas está el congrio (*Acosmium nitens*), árbol de bosques y sabanas inundables, localmente amenazado por el uso de su madera dura para cercas, y el carrito colorado (*Aspidosperma polyneuron*). El trabajo se hizo con enfoques integrados en conjuntos de hábitats, o ecosistemas, como los bosques en las regiones de la Orinoquia, morichales y las ciénagas del Magdalena. También con enfoque subregional en áreas de la Orinoquia (río Bita) y Magdalena Medio. Todos los proyectos se trabajaron de la mano de las comunidades locales y sus testimonios de cambios de actitud frente a la fauna y la flora, y de reconocimiento de beneficios, son notables y prometedores. El uso de las técnicas de cámaras trampa permitió registrar especies y la técnica constituyó en una herramienta de creación de conciencia y educación.

En su fase 1, el proyecto generó acuerdos de conservación

sobre 20 000 ha, creación de reservas privadas de la sociedad civil que cubren 12 000 ha, fincas demostrativas con cambios en la practicas ganaderas, 560 ha restauradas en los hábitats de especies críticas como el paujil pico azul y la marimonda del Magdalena, acuerdos de buenas prácticas con pescadores (bagreros), 100 000 tortuguillos de charapa liberados y algunos de caimán llanero, 2500 ha de playas de tortugas charapa cuidadas por las comunidades locales y, en general, refuerzo del tejido social en torno a las actividades del proyecto.

En conjunto, la experiencia permite hoy diseñar actividades de conservación en contextos complejos, de pobreza o abandono, creación de confianza con las comunidades y viabilizar cambios de prácticas que benefician especies y ecosistemas, a la vez que se mejora la calidad de vida de las poblaciones involucradas. También se resalta el aumento de la confianza de las comunidades frente a las organizaciones.

Fuente: documentos de los proyectos y testimonios directos de actores involucrados.

⁵⁵ El enfoque de planes de recuperación para especies en riesgo es amplio, y corresponde con el planteamiento de la ley de especies amenazadas de los Estados Unidos (*Endangered Species Act*), la cual ha demostrado éxito en muchos casos emblemáticos a través de los planes de recuperación (*recovery plans*). Los Planes de Acción para especies también fueron recogidos en el Sistema Nacional Ambiental y su evaluación está pendiente de revisión.

⁵⁶ La reseña complete de estas intervenciones rebase el alcance de este trabajo. Se presentan aquí algunos casos sobresalientes, para efectos del desarrollo del argumento.

⁵⁷ Se trata de una obra de gran valor investigativo, documental y de educación financiada por el Oleoducto de los Llanos Orientales (ODL), que contó con la participación de Corporinoquia y Cormacarena y las entidades no gubernamentales Fundación Omacha, Bioparque Los Ocarros y Corpometa. Es la mejor monografía disponible sobre los armadillos con descripción y fotografía de las 21 especies que existen en el mundo, seis de las cuales en Colombia. El enfoque es biológico, ecológico y socioecológico, al incluir descripciones amplias sobre los usos y el estado de conservación de todas las especies.

Empero, el uso de la analogía del riesgo de extinción para la desaparición de tipos de ecosistemas naturales, o silvestres, no debe ocultar el hecho que en este proceso hay cambio y transformación de los sistemas ecológicos. En efecto, aunque los ecosistemas naturales o silvestres en su estructura composición y función desaparecen (cuando son totalmente transformados), en el modelo paralelo de cambio de especies y ecosistemas (Figura 10), los umbrales de cambio en estos últimos llevan a ecosistemas de reemplazo o ecosistemas emergentes (novel ecosystems; Hobbs *et al.*, 2014).

4.4 Los ecosistemas del Antropoceno

El cambio ambiental global, acentuado por los motores de cambio de origen humano (también conocido como Antropoceno⁵⁸), implica entender los sistemas ecológicos en un esquema comprensivo de dinámicas de cambio. En la Figura 11 se presenta una relación, desde la perspectiva de la gestión, para los diferentes tipos de cambio y resultados en el sistema ecológico. Se parte de los ecosistemas naturales, que para efectos de esta publicación se refieren a sistemas ecológicos silvestres, que ocurren en su origen y primer devenir sin la agencia humana directa. Este ecosistema natural puede sufrir degradación y, en efecto, una parte importante de las alteraciones de los ecosistemas suceden como cambios de estado, referidos a su valor de uso, integridad o percepción social. En este sentido, una transformación reversible ocurriría con la restauración ecológica. También el modelo

de ecosistemas presentado en la Figura 11 reconoce transformaciones positivas hacia ecosistemas nuevos diseñados según deseos o necesidades humanas, también mediante rehabilitación de áreas degradadas. En líneas punteadas están los cambios espontáneos que ocurren sin agencia humana directa, que serían sucesiones hacia nuevas conformaciones de ecosistemas sin análogos

La gestión de los servicios ecosistémicos y la biodiversidad no aplica solo a los espacios menos transformados. En muchas partes del mundo los ecosistemas de reemplazo emergentes (novel) se constituyen en espacios indispensables para la gestión de las contribuciones de la Naturaleza a las personas.

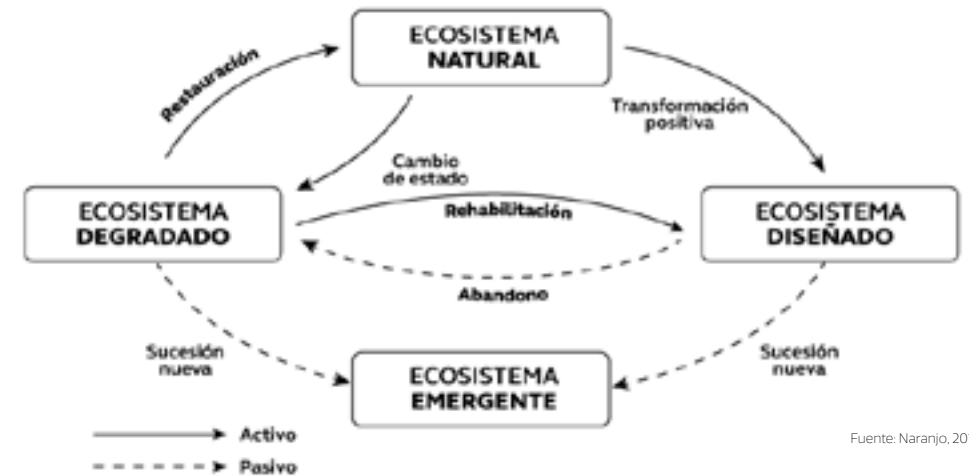
conocidos en el pasado y referidos como ecosistemas nuevos (novel) o emergentes, o transiciones de ecosistemas diseñados hacia áreas degradadas.

El modelo general de cambio en los ecosistemas (citado por Naranjo, 2017), aplicado al diagnóstico de territorios específicos, permitiría ajustar las medidas de gestión con la dinámica del sistema ecológico. La gestión de los ecosistemas, según este patrón de cambios, combina, pues, lo activo y lo pasivo, y en sus escalas adecuadas determina el patrón más general de intervención en el territorio. Este modelo resulta importante en la gestión de sectores con gran impacto inherente

(urbanismo, minería y energía) para incorporar el concepto de transformación regenerativa de las contribuciones de la Naturaleza a la gente. Una forma para lograrlo es ampliar el

concento de la ciencia de soporte, a través del diseño en la ecología del paisaje (Nassauer & Opdam, 2008) para el diseño de nuevos ecosistemas (Higgs, 2017).

Figura 11 Papel de la agencia humana en la creación y mantenimiento de ecosistemas alterados.



Fuente: Naranjo, 2017.

4.4.1 Biodiversidad como umbral planetario

Los efectos de las transformaciones de la biodiversidad que han implicado declive y pérdida se han venido acumulando y están escalando al nivel global. En la segunda versión del espacio seguro y los umbrales planetarios, Steffen *et al.* (2015) diferenciaron dos dimensiones de la biodiversidad que contribuyen a definir el espacio seguro para la humanidad, y que son la diversidad genética (evolutiva) y la diversidad funcional, las cuales presentan umbrales diferentes en el tiempo, aunque relacionados.

Por un lado, frente a la diversidad genética se refiere a la variedad entre las especies y, en su interior, se estima que ya sobrepasamos el umbral planetario, con una tasa de extinción al menos 1000 veces mayor que la línea base. En la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (EEM, 2005; ver <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.754.aspx.pdf>) se estima que la tasa de extinción de especies es 1000 veces mayor por la acción humana que un nivel de pérdida "normal" de base.

El modelo de umbrales planetarios deja abierta la cuestión de la diversidad funcional, aunque es evidente que el cambio de los

⁵⁸ Entendido como una nueva época en la dinámica planetaria, en la cual se combinan los impactos acumulados de la actividad humana, los cambios de estado de los sistemas ecológicos y la gran aceleración. La literatura sobre el antropoceno es muy amplia. Ver por ejemplo el trabajo de Arias-Maldonado, M. (2018).

ecosistemas, y el declive y pérdida de la biodiversidad están acarreado cambios irreversibles en sus propiedades funcionales, lo cual significa la disrupción, ruptura o transformación de procesos ecológicos.

El escalamiento del declive de la biodiversidad de lo local a lo global es el fenómeno actual más apremiante, de tal suerte que su pérdida se considera hoy como uno de los umbrales planetarios. En efecto, el modelo de “espacio seguro” de Steffen et al. (2015) demuestra que la humanidad ha superado el umbral en pérdida de diversidad genética (extinción de especies y unidades evolutivas), aunque hay menos conocimiento en la pérdida de diversidad funcional (rasgos funcionales asociados a las especies que mejor describen la función de los organismos dentro de los ecosistemas).

La pérdida de diversidad genética a nivel local, expresada en la extinción de poblaciones y especies, es un tema que ha demorado en integrarse a la gestión ambiental sectorial, que hoy ya es objeto de atención en los procesos de licenciamiento y participación pública. No así las demás dimensiones del declive, tales como la diversidad funcional.

4.4.2 ¿Hacia un colapso global de la biodiversidad?

La pérdida de la biodiversidad es un asunto mundial, que se estima está alcanzando una escala insultada –hasta un millón de especies estarían entrando al riesgo de extinción- (IPBES, 2019) lo cual significa un declive

“peligroso” para la humanidad (ver <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-naturaleza-esta-en-un-declive-peligroso-y-sin>).

Con todo, no se sabe con certeza hasta qué punto siendo un proceso que se dinamiza desde lo local, se realimenta en sus efectos desde el ámbito global; es decir, si la pérdida de biodiversidad ya está implicando realimentaciones globales desestabilizantes. Por supuesto, existen muchos indicios de las realimentaciones que están en curso desde el cambio global, que podrían incidir ya en procesos de pérdida local. Entre estos, por ejemplo, la disrupción de la estabilidad de la Amazonia frente al cambio de patrones de lluvia y la persistencia de años muy secos. También el eventual colapso sin retorno de la biodiversidad en arrecifes coralinos, actualmente fuertemente afectados por el cambio global. Si estas tendencias se hacen consistentes, la humanidad estaría, vía la pérdida de la biodiversidad, enfrentando un cambio profundo en las funciones de los ecosistemas, procesos que sostienen la vida en el planeta hoy tal como lo conocemos. Estos fenómenos vienen siendo señalados en las deliberaciones sobre las relaciones entre cambio climático y biodiversidad, pero no hacen parte normativa, todavía, de los acuerdos ambientales globales.

Actualmente existe conocimiento para describir y predecir el colapso de sistemas ecológicos en escalas locales, en especial en los ecosistemas en territorios en los cuales sean altos los niveles de transformación (porcentaje de áreas naturales remanentes) y fragmentación. A nivel local y nacional se vienen desarrollando modelos que permiten describir y, hasta cierto punto, predecir la relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio acelerado o súbito en sistemas ecológicos a través del uso espacial del concepto de colapso de la

biodiversidad, que corresponde con la aproximación del estudio de ecosistemas amenazados de Colombia (Etter et al., 2021). Además, en Colombia el concepto de colapso de la biodiversidad fue usado como insumo para la planificación de la conservación en las áreas operativas de Ecopetrol (Corzo et al., 2016).

Un concepto interesante en relación con los cambios abruptos de los sistemas ecológicos es el de “colapsos contagiosos” (Rocha et al., 2018). Los autores estiman que el paso por puntos de no retorno en la pérdida de biodiversidad (tipping points) en un lugar puede estar asociado con el mismo proceso en otros sistemas ecológicos, que incluso se encuentran a distancia. Este estudio sería el primero en proponer un marco conceptual para entender los procesos anidados de colapsos de biodiversidad. La reflexión actual tiende a indicar que existen relaciones funcionales claras entre la degradación y pérdida de la biodiversidad en algunos sistemas ecológicos, y sus conexiones a distancia con procesos de degradación y pérdida en otros sitios relativamente alejados.

En cualquier situación, el concepto es evidente cuando los cambios en la biodiversidad, usualmente en escala local, se están acelerando y sus efectos acumulativos comienzan a manifestarse en espacios mayores. En este proceso pueden suceder cambios inesperados o sorpresas, por relaciones hasta ahora desconocidas, que podrían incluso ocurrir en espacios geográficamente distanciados. Así, existiría un conjunto de macrosistemas ecológicos clave, estratégicos para el mantenimiento de la biodiversidad. El caso más contundente que se viene mencionando es sobre los presumibles efectos catastróficos que el colapso del sistema de la selva amazónica tendría con otros

sistemas sociales y ecológicos en ambientes regionales y globales. Se trata de un campo novedoso de investigación del cambio global.

4.4.3 Biodiversidad como indicador de la salud del territorio

¿Cómo saber si nos aproximamos a una zona de riesgo de pérdida de biodiversidad? No se puede saber hasta qué punto es posible transformar un territorio antes de que se produzca una aproximación riesgosa a un umbral de colapso de la biodiversidad⁵⁹. El gran reto sería hacer modelos de transformación de ecosistemas y riesgo de pérdida, a niveles regionales o locales, en los cuales se identifican acciones clave para revertir la tendencia de pérdida de biodiversidad. Este enfoque suma a la propuesta reciente de “positivos para la Naturaleza”, que podría ser un cometido explícito para las empresas que operan en regiones de importancia para la biodiversidad (Dinerstein, 2020). Para este fin se propone aplicar una serie de indicadores de integridad con atributos biológicos, ecológicos

El concepto de “integridad ecológica” podría usarse para definir hasta qué punto estamos cerca de transgredir los umbrales irreversibles o indeseables del cambio.

gicos y de la interdependencia entre el sistema natural y social; esto es, indicadores de integridad socioecológica. Para ello, los conceptos de integridad (biótica, ecológica y socioecológica) pueden aportar.

Así las cosas, la biodiversidad con algunos de sus atributos más relevantes, en un

⁵⁹ De recordar la frase de E.O. Wilson “un solo planeta, un solo experimento” para referirse a este proceso global en curso.

La diferenciación entre los atributos de diversidad genética y de diversidad funcional, ligados con el declive de la biodiversidad, representan un gran reto y oportunidad para una gestión diferenciada desde el sector de hidrocarburos.

contexto ecológico determinado, puede usarse para crear un sistema de indicadores de alerta de cambio. Los cambios que se deben detectar pueden ser relativamente lentos, como sería el colapso de poblaciones o especies, pero también podrían ser alertas tempranas, cuando de la pérdida o

modificación de algunos de sus componentes clave puede esperarse el desencadenamiento de cambios subsiguientes. La definición de cambios lentos y cambios rápidos requiere de un conocimiento mínimo de cada situación ecológica, aunque se pueden presentar algunos principios generales (Tabla 5).

Tabla 5 Criterios generales para establecer algunos indicadores y alertas sobre pérdida de biodiversidad.

Tipo de cambio	Tipo de cambio	Ejemplos
Rápido	Pérdida local de algunas especies o cambio en la composición de conjuntos de especies.	Extinciones locales de poblaciones, o cambio en ecosistemas, que acarrearán colapsos locales de servicios ecosistémicos, como es el caso de los polinizadores.
	Especies exóticas invasoras.	Infestación con especies no propias del sitio que alteran la funcionalidad de los ecosistemas.
	Pérdida acelerada de ecosistemas silvestres remanentes (tipos o arreglos espaciales).	Pérdida por transformación de elementos clave del mosaico ecológico de un sitio por cambios en el uso de la tierra. Porcentaje remanente general y tipo de áreas silvestres (índices de naturalidad).
Lento	Cambios en composición de conjuntos de especies, que anuncian una recomposición mayor de los componentes y procesos de la biodiversidad.	Cambios en composición de comunidades, que se suceden en periodos de al menos varias décadas.
	Cambios en composición o estructura de comunidades de especies, que involucran especies "paisaje" y las funciones ecológicas asociadas.	Cambios de un conjunto definido de especies, aunque divergen en atributos funcionales comparten el atributo de tener poblaciones viables solo en escalas del paisaje. Grandes depredadores o conjuntos de ellos. Poblaciones de ungulados. Pérdida de especies vegetales clave, que soportan en tiempos definidos un conjunto mayor de especies animales.

Fuente: elaboración propia con base en Andrade (2011).

y espacios) que son de atención especial, por presentar algún riesgo de extinción. En este sentido, más allá de conocer el contenido de biodiversidad en las áreas protegidas (fragmentos, nodos o redes de conservación), es importante resaltar investigaciones recientes que vienen posicionando el papel que tienen las áreas que no están en los sistemas de áreas protegidas, para la conservación de grandes vertebrados (Payán et al., 2016). En algunos casos se trata simplemente de la insuficiencia de las áreas protegidas, que deben ser declaradas, pero en otros se trata de insuficiencia en los conceptos e instrumentos para que el ser humano pueda convivir con especies que no están restringidas a ecosistemas protegidos. Es el caso de, por ejemplo, los grandes depredadores que operan en gran escala e incursionan en paisajes rurales productivos o el caso de especies de ecosistemas acuáticos continentales, para las cuales no hay herramientas de conservación en la escala requerida; también es el caso de manatíes, grandes peces de agua dulce, grandes reptiles acuáticos, nutrias, etcétera. También es el caso de especies comunes que, aunque presentan tendencias de cambio, no se acercan a

umbrales de riesgo de extinción.

Además, una lectura juiciosa del estado de conjuntos de especies en paisajes habitados permite discernir y proponer interpretaciones del significado de los cambios, como el caso de las aves en la sabana de Bogotá (Stiles et al., 2017), que podrían ser por ampliación del área de especies comunes, disminución de hábitat para especies locales, desplazamientos altitudinales como resultado de la tensión climática y cambios de uso de la tierra.

Existen muchas experiencias dispersas de monitoreo de componentes de la biodiversidad que apuntan hacia este fin y se requiere una unificación en torno a situaciones comunes de gestión. Algunas de ellas se vienen encaminando a través de iniciativas tales como la "ciencia ciudadana", pero requieren hipótesis robustas ligadas con los patrones de transformación en el paisaje.

La ciencia ciudadana⁶⁰ aplicada en los procesos de diagnóstico y manejo es una oportunidad que liga el conocimiento de la biodiversidad con la apropiación social y la creación de valor social y ambiental de los proyectos sectoriales.

En cada situación social y ecológica, en escala del paisaje (territorio), se hace necesario avanzar en procesos de construcción colectiva de identificación de elementos de la biodiversidad, que puedan ser usados para el monitoreo de cambios en el territorio, y vislumbrar trayectorias de cambio hacia estados más deseados. Un tema central en

este asunto es la salud del sistema ecológico, según lo indica el estado de las poblaciones de depredadores.

4.4.4 Vida silvestre en la matriz del paisaje

La biodiversidad no se define de manera suficiente solamente con los elementos (especies

⁶⁰ Son muchas las manifestaciones actuales de la ciencia ciudadana en Colombia, en rápido proceso de expansión. En el reporte BIO del Instituto Humboldt de 2017 se presentan algunas de las iniciativas. Ver <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap1/105/#seccion1>.

A photograph of two fishermen in a dugout canoe on a river. One fisherman is standing and pulling a large, intricate net that is draped over the side of the boat and extends into the air. The other fisherman is sitting in the front of the boat, using a long pole to navigate. The background is a dense, lush green forest. The water is calm and reflects the surrounding greenery.

5. Hacia una gestión integrada de biodiversidad y el cambio climático

Foto: Francisco Nieto Montaño

5.1 Dos caras de la misma moneda

El cambio climático y la biodiversidad representan dos de los asuntos principales en la agenda global. Desde el punto de vista científico, entre estas dos categorías separadas en los procesos políticos, siempre ha habido interdependencia. La ciencia ha venido documentando la relación de estos temas, que resultan lecturas de un mismo proceso ecológico en diferentes atributos y escalas temporales.

La pérdida de biodiversidad ha venido adquiriendo, recientemente, un espacio político similar al que ya tiene el cambio climático (IPBES, 2019), en especial por los síntomas preocupantes que anuncian cómo el mundo se dirige a una crisis global, ya identificada como “sexta extinción”, hoy exacerbada por los cambios climáticos. Igualmente, las relaciones entre el cambio climático y la biodiversidad están entrando de forma más integrada en las agendas internacionales.

El sector hidrocarburos tiene una agenda para asumir a los compromisos de cambio climático. Frente a los compromisos actuales, y los retos futuros de gestión de la biodiversidad, tiene una oportunidad de afianzar una agenda regenerativa, más allá de la ley e integrada con la gestión climática.

Los textos académicos que examinan la relación entre cambio climático y biodiversidad muestran su evolución y escalamiento. A partir del reconocimiento del calentamiento

global, y su relación con la diversidad biológica, las reflexiones apuntaron luego a la relación del concepto de biodiversidad y el cambio climático, hacia la constitución desde la ciencia de toda una biología referida a él, en la cual vienen apareciendo grandes patrones emergentes de la respuesta de la biodiversidad ante las tensiones del clima.

El llamado a tratar el asunto como dos caras de la misma moneda es cada vez más frecuente por las sinergias y balances no óptimos que se hacen más evidentes; entre ellos, la constatación de que ya existen sistemas ecológicos en estado crítico como producto directo de las tensiones del clima (manglares, selvas tropicales, arrecifes coralinos, y ecosistemas de la alta montaña, por ejemplo).

También se evidencia que la pérdida de biodiversidad, en relación con factores climáticos, se exagera cuando existen procesos anteriores que ya han llevado a las especies hacia la extinción. En este sentido, de gran importancia fue el lanzamiento del informe biodiversidad y cambio climático, producido de manera conjunta entre IPBES-IPCC (2021), que representa un hito para la necesaria integración a fondo de estos temas.

5.2 Conocimiento de la relación biodiversidad y cambio climático en Colombia

Un llamado de atención sobre las relaciones de los cambios del clima y la extinción de especies, en una perspectiva temporal amplia, lo hizo el profesor van der Hammen en 1993, cuando vislumbró una posible extinción masiva de especies debido a la fragmentación de las selvas andinas, ya avanzada por las acciones humanas y que

sería exacerbada por el cambio climático (van der Hammen, 1995⁶¹). También en Colombia se ha comenzado a investigar el fenómeno de blanqueamiento de corales, influenciado por los aumentos de la temperatura y la acidificación del mar, derivada de la absorción de CO₂, y a nivel local por aumento de la turbidez del agua por la entrada de agua dulce, procesos acentuados en los años de La Niña. El estudio de tres décadas de las aves de la Sabana de Bogotá de Stiles *et al.* (2017) es de gran importancia, pues en una escala temporal adecuada presenta un conjunto de datos de cambios de la avifauna, con la apreciación que cerca de un tercio de las especies estarían siendo ya afectadas por la tensión climática. También se ha señalado el riesgo de extinciones en cumbres, cuando el cambio de variables climáticas lleva a que en la parte más alta de las montañas no existan condiciones para el desplazamiento vertical de las especies (Forero, 2017). Asimismo, se han hecho notar los cambios en los regímenes de fuego en la alta montaña, que tendrían grandes efectos sobre los páramos y los bosques de altura, además del severo efecto que tienen las sequías sobre la composición y estructura de los ya tensionados relictos del bosque seco tropical.

El estudio reciente de Hudson *et al.* (2021) acerca del efecto combinado del cambio climático y las actividades humanas sobre los cangrejos de agua dulce de Colombia (con muchas especies endémicas)

muestra, claramente, como el cambio climático está generando un escenario de extinción masiva de las especies más vulnerables, las cuales están siendo reemplazadas, en algunos lugares, por expansión de otras más resistentes o, incluso, por la invasión de especies exóticas. Con todo, todavía se está lejos de una visión científica de síntesis sobre los efectos posibles y en proceso de ocurrencia del cambio del clima sobre la biodiversidad.

La investigación sobre los cambios en la biodiversidad y su relación con las modificaciones de los patrones del clima es necesaria y representa una oportunidad para el sector hidrocarburos para contribuir a una gestión más robusta de la biodiversidad basada en el conocimiento.

5.3 Responsabilidades comunes e insuficientemente integradas y diferenciadas

5.3.1 Mitigación y adaptación

Como resultado de las negociaciones que llevaron a los acuerdos ambientales de la cumbre de la tierra (Rio de Janeiro, 1992), los procesos políticos referentes al clima y a la biodiversidad siguieron trayectorias diferentes, no así los procesos científicos. Como se ha venido mencionando, las relaciones entre clima y biodiversidad son cada vez más estrechas, de

⁶¹ En una magistral conferencia en 1994 en el Jardín Botánico de Nueva York, van der Hammen presentó un panorama sobre la relación entre el clima y la formación de las selvas andinas en su historia evolutiva y el posible devenir de las mismas ante el cambio climático. En ese entonces el cambio climático, de origen humano, no tenía la misma fuerza de consenso que adquirió más tarde, por lo cual el asunto era percibido como altamente especulativo.

tal suerte que ambas quedan hoy cobijadas como manifestaciones sinérgicas del cambio ambiental global, aunque los instrumentos de política internacional todavía tengan escenarios de discusión y aprobación independientes⁶². Con todo, los elementos narrativos que tienen que ver con biodiversidad y cambio climático han venido entrando a los textos de cada uno estos procesos políticos⁶³.

El Acuerdo de París avanzó en los pilares originales de la convención climática, con énfasis en la disminución de los gases de efecto de invernadero, bajo el concepto de mitigación. Por otra parte, el otro pilar del acuerdo es la adaptación, que también ha sido objeto de avances. Igualmente, hay un lento reconocimiento en el acuerdo climático al tema de reparación, que estaría relacionado con pérdidas y daños, y es uno de los más complejos de abordar en una perspectiva histórica y política. Más lento ha sido, dentro del articulado de los acuerdos, el reconocimiento de la integralidad necesaria entre mitigación adaptación y reparación, en la relación entre la respuesta climática y la gestión de la biodiversidad, la cual viene evolucionando en conceptos tales como enfoque ecosistémico, adaptación basada en ecosistemas y hoy en soluciones basadas en la naturaleza (SBN).

En asuntos del clima, todos como sociedad somos responsables, pero no en el mismo nivel, como tampoco somos igualmente víctimas de los efectos. Lo mismo puede afirmarse frente al declive de la biodiversidad. Los balances y oportunidades de las respuestas más integradas o sinérgicas entre el cambio climático y la biodiversidad vienen siendo discutidos, con especial intensidad, en el año 2021 cuando el mundo se prepara para avanzar en los

compromisos de ambas. En especial, cuando en las respuestas climáticas ya acordadas se pueden presentar desequilibrios complejos y no suficientemente advertidos, que podrían afectar la biodiversidad. No hay duda de que haber estado presentes como país en el Acuerdo de París era una obligación política y ética, pero el énfasis del acuerdo climático en la reducción del aumento de emisiones (mitigación), medida con un indicador agregado (% de toneladas de CO₂ eq), lleva a que la respuesta nacional en la implementación de la meta, por ser Colombia un país responsable de una proporción mucho menor de las emisiones, tenga un efecto menor en la dinámica de la atmosfera. No así, cuando se consideran integradamente al interior del país las diferentes fuentes de emisiones, en especial las producidas por el cambio del uso del suelo, esto es la deforestación y la destrucción de humedales, esta última no suficientemente contabilizada.

Ya es evidente que algunas de las respuestas climáticas convencionales podrían exacerbar cambios negativos en la biodiversidad. Turner *et al.* (2010) llegan incluso a plantear la necesidad de ayudar a la Naturaleza a sobrevivir a la respuesta humana frente al cambio climático, en especial si se atiende solo el tema de la forestaría y la producción de biocombustibles. Para estos sectores se requieren balances integrados de biodiversidad y cambio climático. Si la biodiversidad y el cambio climático se van a trabajar de manera integrada se requiere de la identificación de indicadores de relación en ambas direcciones. La evidencia científica demuestra hoy que no es un simple asunto de gana, en un tema, y gana, en el otro. Hay tensiones que deben ser conocidas y balanceadas.

La relación sinérgica positiva a nivel nacional entre la gestión climática y de biodiversidad se puede acelerar sobre la base de algunos asuntos que ya están suficientemente documentados. En efecto, cuando sabemos que Colombia es responsable de menos del 1 % de las emisiones globales (sin contabilizar las que exporta), y que estas se producen hoy, principalmente, por la destrucción de las selvas tropicales, es evidente que el compromiso climático de Colombia hoy ya es uno directamente relacionado con la gestión de biodiversidad.

Pero las oportunidades de gestión integrada son mayores. Por ejemplo, en las contribuciones nacionalmente determinadas para el Acuerdo de París (Gobierno de Colombia, 2020), el país asume el compromiso de avanzar más rápido en la neutralidad de carbono (ver <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/si-colombia-carbono-neutra/>). Sobre este tema, algunos sectores productivos, entre ellos el de hidrocarburos, ya venían avanzando. Sin embargo, la carbono neutralidad hace parte de la búsqueda de una transición más amplia, en la cual los balances entre la respuesta climática y de biodiversidad deberían concurrir de manera virtuosa. Para ello debería considerarse que la relación tiene que tener en cuenta al menos tres dimensiones de la transición, no suficientemente reconocidas:

- **Energética:** producir energía con menos emisiones de CO₂ (ya reconocida y en proceso). De gran importancia en sectores conocidos por su alta huella de carbono y en permanente expansión, como es la industria del cemento;
- **Fiscal:** reemplazar las “emisiones exportadas”, es decir, aquellas provenientes de

El conocimiento de las relaciones sinérgicas y de compromiso entre la aplicación los acuerdos climáticos y los de biodiversidad es un tema emergente, en el cual el sector hidrocarburos podría participar de forma única e irremplazable.

los hidrocarburos (petróleo y carbón) que son exportadas y son contabilizadas en el país consumido (aquí la transición es hacia unas finanzas del Estado cada vez más descarbonizadas);

- **Ecológica:** entendida como el mejoramiento de los ecosistemas del país, no solo los que presentan una alta huella humana y riesgo de colapso (Etter *et al.*, 2021), sino todo el sistema ecológico nacional, y con atención en especial en las zonas de influencia pasada y actual de la actividad petrolera.

En este sentido, uno de los asuntos menos explorados acerca de la relación de una descarbonización acelerada (por lo demás necesaria) y la gestión de la biodiversidad es la posible generación de motores nuevos de pérdida de biodiversidad con origen directo en la respuesta climática. Uno de ellos la disminución de los ingresos del Estado que llevarían a decisiones que impliquen menos recursos para la biodiversidad. La aplicación de los acuerdos globales y su relación con los procesos nacionales llama a la necesaria diferenciación de las políticas climáticas y de biodiversidad de manera equilibrada a nivel subnacional, en perspectivas de sostenibilidad económica, social y de justicia, incluyendo la ambiental.

⁶² En efecto no existe un espacio de conversación y negociación referido al “cambio ambiental Global” en su conjunto (Aykut *et al.*, 2015).

⁶³ Ver, por ejemplo, la Evaluación Global de la Biodiversidad de la IPBES (2019) y el mismo texto del Acuerdo de París.

5.3.2 El presupuesto de carbono para Colombia

En el Acuerdo de París se adaptaron dos conceptos que permiten avanzar en una visión más integrada entre la mitigación y la adaptación, con la gestión de la biodiversidad. Se trata del imperativo de la carbono neutralidad y la consideración del presupuesto de carbono para lograrlo. El primero es un balance general agenciado en el ciclo del carbono, entre emisiones y captura. El segundo definido como la cantidad acumulada de CO₂ (y otros GEI) en la atmósfera que representa un límite para su funcionamiento estable del clima, muy en relación con lo que se ha definido como el límite planetario del cambio climático. Con el cambio de uso de la tierra, y en especial la deforestación, el país no solamente está desbalanceando peligrosamente su neutralidad de carbono, sino que está dilapidando ese presupuesto de carbono, a la vez que está destruyendo la biodiversidad.

En efecto, en un país en el cual el cambio de uso de la tierra, y en particular la deforestación, está en el primer lugar de las emisiones de CO₂, el reto de establecer presupuestos de carbono es una tarea mayor⁶⁴. Sin los bosques, a nivel global, el mundo ya habría pasado el nivel de 1,5 grados, en la medida en que estos secuestran hasta 25 % de las emisiones anuales del mundo. Es decir, la relación entre los sectores productivos y la base natural (en especial bosques y humedales⁶⁵) adquiere un

valor estratégico muy especial⁶⁶, con miras a la neutralidad de carbono del país.

En este sentido en medio de la eventual disminución en la pérdida de bosques no se deben desconocer los impactos que se siguen ocasionando con la deforestación sobre la biodiversidad. De hecho, puede constatar que entre 2018 y 2019 Colombia perdió un 19 % menos de bosques, pero la pérdida de 150 894 ha en 2019 es, desde el punto de vista de la gestión del clima y la biodiversidad, un daño no compensable.

En la relación con la biodiversidad, es importante notar, además, que en esta definición no están presentes todos los tipos de ecosistema que tienen incidencia directa (conocida) con el ciclo del carbono y otros GEI, y que son cruciales para la gestión de la biodiversidad. Por ejemplo, el Gobierno de Colombia (2020), en su actualización de las contribuciones nacionales reconoce bajo la categoría de humedales solamente las emisiones en “embalses para la generación de energía”, y reconoce explícitamente como “depósitos de carbono no incluidos en la meta de mitigación” a los páramos, humedales, pastos marinos, arbolado urbano y “remociones por bosque natural que permanece como tal”. Este listado esboza un conjunto de grandes oportunidades para la gestión integrada de la mitigación climática y la biodiversidad, que se presentan a continuación.

- Para los páramos, la agenda de balance de carbono se podría enfocar en evitar las

emisiones irreversibles en depósitos como turberas (que en algunas partes vienen siendo transformadas para la agricultura) y en los suelos bajo uso agropecuario;

- Cuando se habla del necesario enfoque socioecológico hacia la transición productiva de los pobladores del páramo, se tiende a minusvalorar el tema del suelo, en una perspectiva no solo de ciclo del carbono, sino de la sostenibilidad. Claramente, esta frontera de gestión de la biodiversidad se alinea con los objetivos de gestión de climática;

- En cuanto a los humedales, se trata de una enorme oportunidad y necesidad de gestión de biodiversidad y del clima de manera integrada. De una parte, porque hay un conjunto importante de humedales forestales⁶⁷ (Jaramillo et al. 2015) y, de otra, porque se trata de espacios para los cuales no se cuenta con información suficiente para la construcción de una línea base de referencia frente a los GEI;

- Igualmente, los grandes complejos de humedales con habitantes humanos son centrales, en especial por el necesario enfoque socioecológico (y de justicia ambiental);

- Con respecto a los pastos marinos y otros ecosistemas de fondos marinos, es claro que la consideración de balances de carbono frente al uso, en especial los efectos de la pesca de arrastre, es un tema emergente. También se deben tener en cuenta en los procesos de licenciamiento de operaciones petroleras en el mar;

- Sería interesante incluir la gestión de biodiversidad y cambio

climático en el arbolado urbano, asunto que adquiere cada vez mayor relevancia social y política⁶⁸. En este tema, aunque la sinergia entre las contribuciones climáticas de mitigación es menor por el número de árboles en cuestión, en la gestión de la biodiversidad asociada con el bienestar humano, incluyendo la adaptación, son de la mayor importancia;

- Por último, la atención a la degradación de los bosques.

La gestión de los ecosistemas no incluidos en los actuales balances de carbono representa en este sentido una gran oportunidad para el involucramiento del sector de los hidrocarburos, tanto en la generación de conocimiento e información relevante, como en su manejo, en las áreas de influencia. Así las cosas, es claro que las brechas entre mitigación y adaptación y la gestión de la biodiversidad tiene grandes oportunidades de cerrarse, para lo cual debería tenerse cuenta además la mirada necesaria de la biodiversidad como un atributo social y ecológico con dimensiones múltiples en su valoración⁶⁹.

Así las cosas, para una visión integral (ecosistémica) de la carbono neutralidad,

El sector hidrocarburos tiene un lugar especial en la meta de carbono neutralidad en el balance sectorial nacional. En este sentido, podría aportar a la construcción de un presupuesto de carbono de país en la cual la agenda de biodiversidad y la de cambio climático se encuentran.

⁶⁴ La meta acordada en 2021 es que Colombia se compromete a emitir como máximo 169.44 millones de T de CO₂ eq en 2030, equivalentes a una reducción del 51 % respecto a la proyección 2030, iniciando un decrecimiento de las emisiones en 2027-2030, buscando la carbono neutralidad a mediados del siglo (Gobierno de Colombia, 2020).

⁶⁵ Los humedales no están siendo todavía considerados en las metas de carbono neutralidad y mitigación del país (ver Gobierno de Colombia, 2010).

⁶⁶ En este sentido, es de especial importancia el reciente anuncio de Ecopetrol (el 21 de marzo de 2021) de buscar la carbono neutralidad en un horizonte 2021-2050. En este sentido, la empresa busca disminuir en un 25 % las emisiones netas hacia 2030 (de 5 a 6 millones de T de CO₂), lo cual equivaldría a “restaurar” 500 000 hectáreas. De hecho, entre 2020 y 2020 ya había logrado recursos 8.4 millones de T de C₂e, de las cuales 1.7 millones fueron verificadas. (Ver <https://www.portafolio.co/economia/ecopetrol-se-compromete-a-cero-emisiones-netas-de-carbono-al-2050-550401>).

⁶⁷ De hecho, en la tipología desarrollada en la publicación Colombia Anfibia, volumen 1, se presenta una lista amplia y mapas de la extensión actual de los humedales forestales (Instituto Humboldt. 2015).

⁶⁸ Por ejemplo, el Gobierno Nacional está promoviendo la iniciativa de “BiodiverCiudades” en la cual la captura de carbono neutralidad y biodiversidad podría ser un tema relevante.

⁶⁹ Un conjunto de árboles individuales conforma un bosque, pero el bosque es mucho más que ese conjunto de árboles. La inclusión de los valores múltiples de la biodiversidad (ver Pascual et al., 2021) en los bosques como parte de la gestión climática es un asunto esencial.

desde el sector hidrocarburos sería relevante considerar la siguiente progresión:

- La huella de carbono de la operación sectorial (ya incluido y en proceso de mitigación);
- La huella ecológica de la operación en su contexto⁷⁰ (más complejo y reconocido en el marco de la regulación ambiental de los impactos);
- Huella de carbono y huella ecológica en toda la cadena de suministro-producción y consumo, incluyendo la exportación (no considerado y abierto para la innovación de la gestión ambiental empresarial y sectorial);
- Reconocimiento de contribuciones, inicialmente no intencionales y localizadas, de mejoramiento de la biodiversidad en algunas áreas de operación (que demuestran efectos inesperados cuando hay control de factores de destrucción como la ganadería) y su evolución hacia convertirse en otras medidas de conservación (OMECE). Es el caso de las “eco reservas” en los campos de operación de Ecopetrol o sus filiales (Ver Ecopetrol, 2015);
- Adopción de una gestión sectorial territorial regenerativa que implica, más allá de las compensaciones de ley, la apuesta por un “mejor territorio” (ver adelante).

5.3.3 Adaptación: gran brecha global y oportunidad local

La adaptación es el segundo pilar de los acuerdos climáticos actuales. Con el incremento notorio de la amenaza climática, y la posibilidad que la tendencia nos continúe llevando hacia situaciones de alto riesgo (IPCC, 2012), el concepto y alcance original de adaptación es fundamental y debe ser complementado.

El concepto de adaptación se origina en las ciencias evolutivas, las del comportamiento

humano y la antropología. De ahí viene siendo trasladado para enmarcar las respuestas humanas ante el cambio climático. Incluso, en las primeras percepciones se llegó a sugerir que los ecosistemas se adaptarían de manera natural a los embates del clima. Hoy prima una visión de adaptación como una forma de cambio agenciado hacia objetivos sociales. Aparece inicialmente con más claridad asociada con los conceptos de vulnerabilidad y resiliencia, más tarde relacionada con los daños y perjuicios.

Además, el concepto de adaptación nace en el proceso de acuerdos climáticos con un sesgo histórico. Los países con mayores emisiones (los llamados desarrollados) eran vistos como responsables y los considerados como menos desarrollados como las víctimas a compensar. La adaptación emergía, entonces, como una especie de moneda a través de la cual los responsables estarían resarcido los daños. El devenir del asunto climático hoy no permite mantener esta separación, ni este nivel de alcance en los balances globales. Las emisiones crecen en países antes no considerados desarrollados y el riesgo climático es claramente global.

Para el IPCC la adaptación es un proceso de cambio en las actividades humanas frente al clima real o proyectado y sus efectos, a fin de moderar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. A partir de IPCC (2012) la adaptación se comenzó a mirar en el marco de la gestión del riesgo. En este sentido, para propiciar los cambios deseados en esta dirección se hace urgente no solo hablar de adaptación, sino de la capacidad adaptativa de la sociedad frente a los nuevos riesgos climáticos (Franco y Andrade, 2014). Se trata de un tema abierto al reconocimiento político, la gestión de conocimiento y la formación.

La reflexión académica frente a los imperativos y respuestas al cambio climático, entendido hoy como una emergencia climática frente a una crisis, viene generando tendencias nuevas que sin duda harán parte del futuro de esta relación. La adaptación, como

5.3.4 ¿Y la maladaptación?

El primer paso que se debe tener en cuenta en la adaptación es no seguir haciendo lo que estamos haciendo mal e iniciar lo que debemos hacer bien. Es decir, no seguir creando o aumentando la vulnerabilidad.

En este sentido existe la “maladaptación”, concepto que viene adquiriendo un lugar importante en las discusiones ambientales globales (Barnett, 2010). Se refiere al hecho, más general en terrenos de manejo ambiental, de un aumento no intencionado de la vulnerabilidad producido directamente por la gestión, en este caso la climática. Es la creación o aumento de la vulnerabilidad en los sistemas socioecológicos

El tránsito de los temas de gestión ambiental, desde el enfoque técnico-jurídico de comando y control al de la gestión del riesgo, representa un enorme reto para el sector hidrocarburos. La gestión del riesgo es un tema más complejo que involucra la percepción social.

concepto con implicaciones políticas, tiene en sí mismo algunos riesgos:

1. Confundir gestión de la vulnerabilidad al cambio climático como un proceso adicional de mejoramiento de aspectos sociales, sin atención a la vulnerabilidad de fondo en los sistemas ecológicos y sociales (Lampis, 2013). En pocas palabras, aunque relacionados, no es lo mismo ser pobre que ser vulnerable. En este sentido, es importante señalar que los espacios emergentes en la relación cambio climático, vulnerabilidad y gestión del sector de petróleo están migrando a nivel mundial hacia la ética y la justicia ambiental. O sea que el concepto original de adaptación, se verá modificado en los nuevos balances emergentes en relación con lo que es necesario, bueno y justo.

2. Seguir usando adaptación como respuesta genérica sin tener en cuenta que en todas sus dimensiones sociales y ecológicas, claramente existen límites a la adaptación. En particular, la pérdida de oportunidades reales de adaptación conforme la trayectoria climática se separa del camino hacia los 1,5-2 °C acordados en París.

por la respuesta climática que contribuye a aumentar la vulnerabilidad. En este sentido, más grave que la insuficiencia de acciones frente a la adaptación en algunos contextos subnacionales, parecería el hecho de que continúan acciones en contravía (creación de vulnerabilidad) y, sobre todo, medidas que se denominan “adaptación”, pero que llevan directamente a un aumento de la vulnerabilidad frente a la variabilidad del clima y el cambio climático.

Hay algunos asuntos específicos que pueden ayudar a evitar la maladaptación, que incluyen mantener la función protectora de los ecosistemas frente a la variabilidad del clima y evitar la degradación adicional de los ecosistemas, que producen efectos negativos. En este tema en Colombia, entre otros países, aparecen tensiones entre la adecuación hidráulica y los servicios ecosistémicos en los ecosistemas fluviales. En este sentido la adaptación integral, requiere no solo de información o conocimiento previo, sino gestión de conocimiento dentro de los procesos adaptativos, de manera a integrar

⁷⁰ Al inicio de la operación del sector petrolero la apertura de nuevas tierras (deforestación) se consideraba como un efecto positivo del desarrollo (ver Serje y Steiner, 2017) que habría de cambiar con la regulación ambiental después de los años 80.

en tiempo real el aprendizaje social. Para ello un reto importante es actualizar la gestión del conocimiento teniendo en cuenta la incertidumbre de los sistemas ecológicos y sociales frente al cambio climático⁷¹. En la misma línea, es esencial la inclusión de una valoración plural de la Naturaleza y los saberes locales en la adaptación (ver Pascual *et al.*, 2021, Rincón *et al.*, 2021). En suma, es importante considerar la adaptación como un tema para el cual el saber local resulta indispensable.

Además, en la gestión de la biodiversidad la complejidad es mayor; es evidente que ya no solamente en los componentes del acuerdo político (Convenio de Diversidad Biológica) que se refieren a genes, especies y ecosistemas, sino, sobre todo, a las dimensiones humanas emergentes que se han reconocido y algunas en proceso de posicionamiento (algunas en medio de conflictos y judicialización). En este sentido un indicador único o sintético para biodiversidad, como ya existe para el clima, tal como lo sería una tasa de extinción por unidad de tiempo, parece a todas luces inconveniente; porque la extinción es un punto terminal de un proceso y cuando se llega a él ya se han perdido otros elementos y procesos de la biodiversidad, de interés en el acuerdo.

De otra parte, la proximidad en los temas de biodiversidad y cambio climático en el módulo de emisiones de “uso de la tierra” definido en IPCC presenta, además, algunas inconsistencias de lectura o aplicación. Aunque las emisiones de CO₂ (incluida la respiración de los animales) suman a su contenido en la atmósfera, existe un nivel muy amplio de emisiones de base “naturales”, dentro del funcionamiento

de los ecosistemas. El asunto no serían las emisiones per se, sino el desbalance (global) inducido en el ciclo del carbono. Por ejemplo, las emisiones producidas en los sistemas ganaderos que presentan una historia larga en el tiempo serían parte de una línea base sobre la cual se construyen los acuerdos climáticos, con excepción de cuando se producen en tiempos como resultado directo de la deforestación o desecación de humedales. De hecho, las emisiones en sistemas ganaderos extensivos, con larga historia, representan, en cierto sentido y contextos, el reemplazo de otras emisiones producidas por herbívoros silvestres y han generado algunos sistemas extensivos sobre pasturas naturales que son amigables con la vida silvestre⁷². En este sentido, resulta inconveniente que las emisiones producto de destrucción de ecosistemas naturales sean aritméticamente contabilizados sin suficiente diferenciación dentro del módulo cambio de uso de la tierra y en las respuestas climáticas que tienden a la carbono neutralidad. Desde la perspectiva de gestión del conocimiento, es importante tener en cuenta que la asimetría o distanciamiento en la relación cambio climático (mitigación y adaptación) y biodiversidad debe ser vista hoy como un desajuste de complejidad (Carrizosa, 2014) en el tratamiento del sistema social y ecológico. La respuesta está hoy alineada en una visión integral de las soluciones basadas en los ecosistemas y la gente.

5.4 Nuevas fronteras de gestión integrada de cambio climático y biodiversidad

⁷¹ Asunto de especial importancia cuando se parte de un enfoque técnico-jurídico, en el cual predomina el resultado normativo, sin cuestionamiento suficiente o evolución de los sustentos técnicos de los mismos.

⁷² Ver tipología de los sistemas ganaderos de Colombia en Bustamante y Rojas (2012).

5.4.1 La oportunidad a reforzar

Un optimismo fundamentado frente a la relación mitigación adaptación podría surgir de una mirada integral de la gestión del ciclo del carbono. En efecto, las obligaciones de los países en el marco del Acuerdo de París se definen en consideración a la cantidad absoluta en partes por millón ppm y la ppm/per cápita. En nuestro país, que tiene emisiones relativamente pequeñas en el sector energía, frente a los compromisos adquiridos se abre un espacio de oportunidad si la mitigación y adaptación, además de la gestión de la biodiversidad, se miran como dos caras de la misma moneda.

La gestión integrada del cambio climático y la biodiversidad representa, por sus interdependencias, un reto conceptual, político y de comunicación. Allí reside, además, un conjunto amplio de oportunidades para la gestión desde el sector de los hidrocarburos.

A nivel global y nacional las emisiones originadas por el cambio de uso de la tierra ocupan un lugar importante frente a las producidas por la combustión de energías fósiles (McAlpine, 2010), aunque estas últimas han adquirido mayor visibilidad en el discurso político. En efecto, las emisiones netas producidas por el uso de la tierra a nivel global son de 1,5 PgCO₂e, y los ecosistemas terrestres actualmente absorben cerca del 20 % de las emisiones de GEI (9,5 PgCO₂eq). En las acciones de país (2025-2030) se incluye mitigación en sectores tales como agricultura y ganadería, además del forestal (control de deforestación), pero las medidas podrían ser

aún más ambiciosas en relación con el manejo del ciclo del carbono en el territorio.

La relación entre cambio climático y biodiversidad muestra hoy que las actividades de mitigación y adaptación, así como la agenda de reparación a través de la gestión de la biodiversidad, son ampliamente complementarias. Hay consenso sobre lo que se requiere para alcanzar las metas del Acuerdo de París, pues además de disminuir el crecimiento de la tasa de emisiones se requiere un esquema de gran escala para remover parte del dióxido de carbono que ya está en la atmósfera.

Aunque hay algunas propuestas tecnológicas para la remoción de CO₂ de la atmósfera a través de alta tecnología, la forma probada y más eficiente para lograrlo es a través de la gestión del uso de la tierra, ya que los ecosistemas tienen un alto potencial de captura de carbono, en especial en las áreas forestales previamente degradadas. En términos de algunos analistas, en la gestión de los bosques existe una relación indisoluble entre mitigación y adaptación y, en general, el uso de la tierra (McAlpine *et al.*, 2010). Es

claro que la conservación de los bosques es esencial para la mitigación y se estima que los bosques del mundo absorben el 40 % de las emisiones de origen humano, esto es 8.8 mil millones de Tm de C/año, para un total en perspectiva de 100 años es más de 2-2.5 GT carbón/año (Yuanming, *et al.*, 2015). Un aspecto importante de esta reflexión lo presentan Goldstein *et al.* (2020) cuando muestran que existen reservas de carbono forestal amenazadas (por deforestación) y que no podrían ser recuperables al 2050, en especial en bosques de crecimiento antiguo en la Amazonia (que alberga 260 GT de Cequ.) y en las regiones boreales del permafrost.

Pero no solo la conservación de los stocks de carbono en pie, sino considerar el papel de nuevos bosques en el nuevo balance en el ciclo del carbono, pues la reforestación siempre es una opción complementaria para considerar. El potencial de captura adicional en el mundo es muy grande, si se tiene en cuenta que hay menos disponibles cientos de millones de hectáreas para restauración. Sin embargo, en este último punto es necesario tener en cuenta que el cambio climático afecta las respuestas convencionales de restauración, que no sería solo de bosques, sino más integral de la tierra, enfrentando la incertidumbre del cambio de los ecosistemas. Además del papel directo en la mitigación, los bosques actuales y futuros mejoran la resistencia y resiliencia de los territorios frente al clima cambiante.

No se trata solo de los bosques, sino de una mirada más amplia sobre el ciclo del carbono en los ecosistemas. En conjunto, se habla de evaluar el mantenimiento del carbono en los ecosistemas a través de las emisiones evitadas controlando su transformación destructiva, también de conocer y mejorar su capacidad de captura y mantenimiento a través de procesos de restauración. Griscom *et al.* (2017) proponen opciones para mitigación basadas en el incremento de la captura de carbono y la reducción de otros GEI como un conjunto, sopesando actividades de conservación, restauración, manejos mejorados de bosques húmedales y biomas de praderas, en una perspectiva de generación de “cobeneficios”. Estos autores estiman, por ejemplo, que el potencial de disminución de emisiones a través de gestión de húmedales puede alcanzar el 19% de la meta mundial y al menor costo; además, señalan una limitación en el hecho de que a nivel mundial se carece de una cartografía de húmedales suficiente para estimar y contabilizar estas

potenciales contribuciones, lo que no sería el caso de Colombia, pues el país cuenta con un ejercicio de cartografía de húmedales, que podrían ser integrados de manera suficiente a la contabilidad de mitigación de GEI (Gobierno de Colombia 2020). Griscom *et al.* (2017) llegan a afirmar que en el manejo de los húmedales está el 37% de la mitigación (emisiones evitadas) por debajo del umbral de dos grados Celsius de aquí a 2030 y el 20% a 2050, lo que implica que se pueden establecer rutas de soluciones climáticas naturales y al menor costo; es decir, las “soluciones climáticas naturales” habrían sido subestimadas en las metas del país y tienen un papel a jugar en las transiciones hacia una sociedad neutral en carbono de aquí al 2050.

El uso de un abanico diferenciado de opciones de mitigación (incluyendo las mencionadas soluciones naturales) puede ser, en sí mismo, una propuesta de reducción de vulnerabilidad social y ecológica de los sistemas ecológico-territoriales. En especial porque existe una alta incertidumbre sobre la posible ocurrencia de realimentaciones desestabilizantes en los ciclos del carbono, en trayectorias de cambio climático. Sería una acción climática basada en la prevención de eventos inesperados. Por ejemplo,

Hay grandes oportunidades para construir una tendencia hacia un mejor balance de emisiones empresariales y sectoriales si se incluye la gestión de los ecosistemas.

¿qué pasaría con los compromisos climáticos si el calentamiento global y la acentuación de años secos llevaran a que la gran selva amazónica pasara de ser un sumidero a una fuente de dióxido de carbono? (Covey *et al.*, 2021). En

este sentido, es necesario enfatizar la relación existente entre el cambio en los ecosistemas sumideros de carbono; la cual en algunos casos puede mejorar después de disturbios y recuperación, pero que en todo caso es una relación de cambio lento y con una tendencia muy fuerte a permanecer en trayectorias establecidas (Field y Raupach, 2004).

En medio de escenarios negativos e incertidumbre, y balances complejos de opciones, la única posibilidad de acercarse a un ganancia, a nivel de país, está en el imperativo de afianzar una gestión climática basada en una gestión ecológica del territorio. Según Griscom *et al.* (2017), se trata de reverdecer el planeta a través de la conservación, restauración y mejoramiento del manejo de la tierra, como pasos necesarios para la transición hacia una economía global neutra en carbono y un clima estable.

En este sentido, con una mirada integral al territorio, será importante considerar otras alternativas que no han recibido la misma atención, como son la degradación forestal, el manejo de los bosques naturales, el mejoramiento de plantaciones forestales, la prevención del uso de la leña y el manejo del fuego. El uso de estas opciones, ponderado mitigación y captura del carbono en espacios subnacionales permitiría, manteniendo los objetivos nacionales de la misma, abrir espacios de oportunidad para contribuir al 20% de reducción a todos los sectores. Evidentemente, para poder llegar a este nivel de diferenciación se requiere mayor conocimiento de la contribución de diferentes usos de la tierra y sus dinámicas frente al ciclo del carbono, lo cual tomaría más tiempo, pero sería una inversión que, sin duda, traería retornos. En ausencia de un conocimiento robusto de la dinámica del

carbono en las tierras de Colombia se asumen los costos sociales de reducción del 20% a 2030 al igual para todos los sectores.

Así, el Acuerdo de París determina no solo una transición energética, sino que, en sus

Es importante conocer la dinámica del carbono bajo diferentes tipos de uso de la tierra, lo cual dibujaría un gradiente desde pastos y arbustos, cultivos y plantaciones forestales, además de bosques secundarios, hacia sistemas ecológicos con reemplazos más lentos como los bosques maduros y los húmedales.

requerimientos de balancear las emisiones a través del manejo de ecosistemas, crea una oportunidad para mejorar la resiliencia en el territorio y ambas opciones se deberían balancear en una perspectiva social y económica. Esta visión integral, que por demás es urgente (frente a la lentitud de las opciones de transición energética), se fundamenta, de nuevo, en una mirada en las relaciones entre el sistema humano y natural, que constituyen un solo sistema climático (Field y Raupach, 2004). Esto llama a una estrategia integrada de manejo del ciclo del carbono, en la cual se balancean las opciones de mantenimiento y secuestro de carbono en el sistema ecológico y el cambio de la matriz energética.

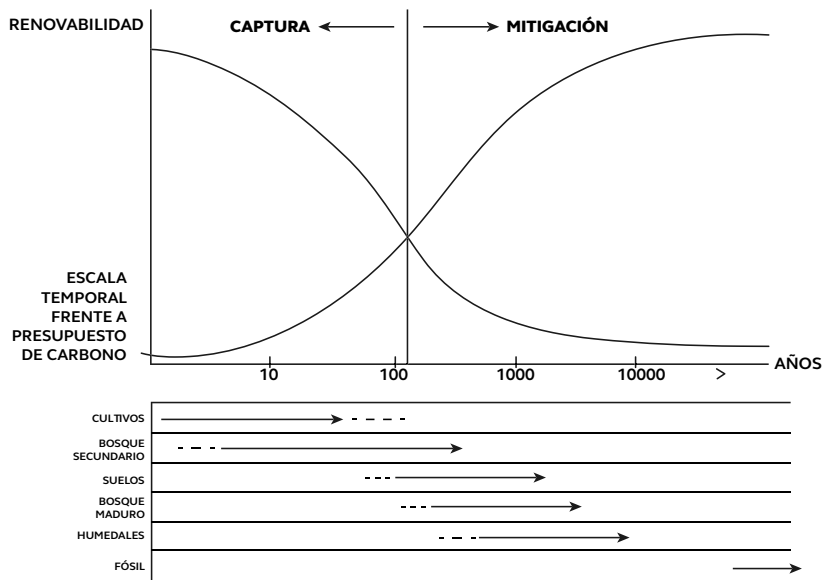
El hecho de que la gestión climática y la gestión de la biodiversidad tengan un punto sinérgico en la gestión de los ecosistemas, no debe alimentar la idea que las opciones basadas en la renovación de la biomasa reemplazan las acciones de mitigación de las emisiones. Recientemente, este tipo de percepciones se ha alimentado en torno del

concepto de carbono neutralidad, es decir el balance entre lo que se emite y lo que se puede capturar en una unidad de tiempo (net-cero); sin embargo, el mismo puede generar ciertas confusiones; por ejemplo, considerar que la plantación masiva de árboles es una medida eficaz para remover el carbono en exceso que tiene la atmosfera. Los científicos han demostrado que, aunque existe un espacio enorme de captura de carbono a través de la gestión forestal, nunca habrá suficientes árboles para llevarnos a una carbono neutralidad en el 2050 (ver <https://yhoo.it/3zRoi5w>).

En efecto, a nivel de hipótesis ilustrativa, se propone centrar la atención en la Figura 12 que presenta un marco general para escalas temporales que van desde una decena

hasta más de 10 000 años con dos tendencias opuestas y un espacio de transición. Al lado izquierdo de la imagen se presenta qué tanto carbono es recuperable, a la derecha su contribución a la mitigación a través del mantenimiento en los sumideros de carbono no recuperables. Estos mismos, por la naturaleza misma del ciclo natural del carbono, son los que mejor contribuyen a la gestión del presupuesto de carbono, es decir, a disminuir las emisiones y mitigar las emisiones acumuladas. La gestión del presupuesto de carbono (emisiones evitadas), en contraposición con las capturas, se eleva contundentemente a partir de la conservación de los bosques de viejo crecimiento, la gestión de los suelos y, en fin, la mitigación de emisiones de combustibles fósiles.

Figura 12 Marco general de hipótesis sobre relaciones entre captura y mitigación de emisiones, frente a la renovabilidad del ciclo del carbono y el aporte a la gestión del presupuesto de carbono.



Fuente: elaboración propia.

5.4.2 Metas más ambiciosas

Colombia presentó en el marco del Acuerdo de París una actualización de sus metas para que fueran “más ambiciosas”. Sin embargo, el mundo debe prepararse para formular y proponer metas de amplio alcance. Alinearse con el Acuerdo de París, y más allá, implica vislumbrar una gestión integral entre el cambio climático y la gestión de la biodiversidad a nivel de las empresas (mitigación y compensación) y a nivel de las políticas (mitigación, compensación, reparación del daño y regeneración de la transición ecológica).

El asunto es de la mayor relevancia en especial en territorios de frontera que soportaron las primeras fases del desarrollo petrolero del país y que son altamente sensibles por su biodiversidad, como es el caso del Catatumbo, Magdalena Medio y Putumayo. En su época, la apertura económica de esos territorios venía acompañada de un discurso de colonización (civilización) (Serje, 2013 y Serje & Steiner, 2017) y desarrollo y la deforestación no fue considerada como algo problemático. El compromiso del sector o algunas empresas con la conservación y restauración de la biodiversidad en territorios petroleros es un tema relativamente nuevo, que abre la puerta a una gestión reparativa o regenerativa de la biodiversidad en escalas locales o regionales, asociada con el desarrollo durante y después de la actividad del sector.

5.5 Gestión transformativa de la biodiversidad

5.5.1 Acción en medio del cambio acelerado

La gestión integrada de la biodiversidad y el cambio climático requiere algunos cambios conceptuales y de enfoque práctico. No sería más de lo mismo. En efecto, se parte de

La gestión integrada de la biodiversidad se basa en un marco conceptual que permite al sector hidrocarburos, más allá del licenciamiento ambiental o la compensación, concebir una integración virtuosa entre las actividades productivas y las regenerativas de la biodiversidad, como un punto de referencia para la transición ecológica.

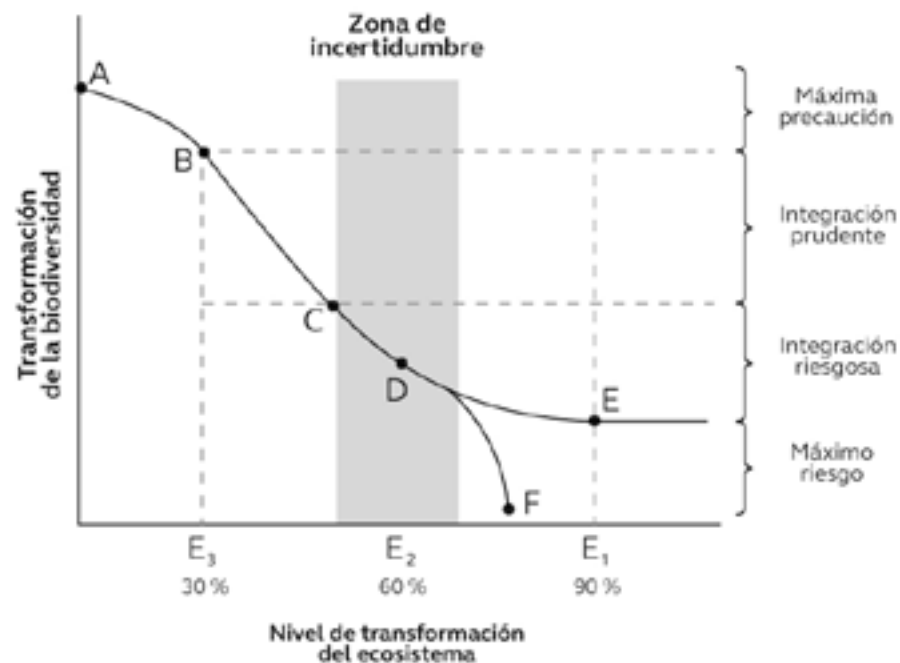
reconocer que la biodiversidad, en sus componentes núcleo (genes, especies y ecosistemas) y en sus dimensiones sociales está sufriendo un proceso agudo de cambio. No se trata solo de un cambio lineal de declive con umbrales de pérdida, sino de un cambio que se caracteriza porque no tiene un futuro único probable establecido con precisión. Es un tema de gran incertidumbre. En este sentido, el abanico clásico de opciones de manejo de la biodiversidad del Convenio de Diversidad Biológica -centradas en la conservación (preservación y restauración), uso sostenible y distribución equitativa de beneficios- debe ser complementado. De una aproximación únicamente basada en evitar cambios y de dirigir (orientar) cambios, hoy estamos abocados a participar e interactuar dentro de los procesos de cambio.

La gestión de la biodiversidad, entendida solo como preservación de espacios naturales, fue superada ampliamente en Colombia cuando se formuló la PNGIBSE (2012). Sin embargo, la apropiación social de la misma ha sido lenta y en ocasiones regresiva. La PNGIBSE, más allá de la gestión de áreas protegidas, llama a la integración de las mismas en el territorio en un equilibrio nuevo (agenciado) entre las actividades productivas y el manejo ambiental; esto es, a la gestión transformativa de la biodiversidad, como un cambio en la trayectoria actual de declive y pérdida.

Esta gestión, integrada con el conjunto de actividades que complementan la conservación y el uso económico de un territorio, depende del estado de partida del sistema ecológico territorial (que sería el de transformación de la biodiversidad). Así, la integración producción-conservación puede darse con precaución máxima, prudente o riesgosa, frente a la incertidumbre de pasar un umbral en un estado en la biodiversidad, el cual es representado en el gradiente de transformación intermedia del ecosistema (Figura 13). Por ejemplo, una actividad económica que afecte la biodiversidad, como sería un emprendimiento agrícola, energético o urbano, que no

se basa en la transformación de ecosistemas forestales o humedales naturales, podría integrarse con una transformación de máxima precaución de pérdida de biodiversidad que, para efectos de ejemplo, estimamos hasta el 30% del territorio e implicaría no superar este límite de transformación del territorio. Una integración “prudente” sería aquella en la cual la transformación severa de la biodiversidad no sobrepasa el 50 % de los ecosistemas. A partir de esta proporción se iniciaría una transformación riesgosa de la biodiversidad en una zona de incertidumbre (50-70%), lo cual definiría un umbral de máximo riesgo de cambio por encima de los 80 % de transformaciones.

Figura 13 Umbrales hipotéticos de transformación y pérdida de biodiversidad, niveles de transformación del territorio y tipo de integración de actividades productivas o disruptivas a la renovabilidad del ciclo del carbono y el aporte a la gestión del presupuesto de carbono.



Fuente: elaboración propia.

5.5.2 Hacia un modelo de gestión enriquecido

Las consideraciones sobre los tipos de cambio y las opciones territoriales en el paisaje, dependiendo del estado de partida y los objetivos de gestión, llevan a postular

la necesidad de una gestión de innovación territorial. Una forma de verlo es considerar la gestión actual, que llamamos convencional, la cual podría ser enriquecida con algunos de los nuevos elementos presentados (Figura 14).

Figura 14 Propuesta de enriquecimiento de elementos de planificación ambiental, hacia una planificación ecológica del territorio.

Modelo convencional	Modelo adaptativo
Zonificación del espacio por criterios y conflictos de uso según visión técnica.	Zonificación según balances basados en una decisión social informada.
Conservación y restauración en relación con composición y estructura: el ecosistema de referencia en estado de desarrollo (Climax).	Sistemas ecológicos en estados múltiples de equilibrio; sistemas de referencia según objetivos sociales múltiples y viabilidad.
Sucesiones naturales de referencia como estados predecibles con base en el conocimiento.	Traectorias de cambio, en parte desconocidas por la incertidumbre.
Oposición entre lo natural y lo transformado.	La naturalidad como criterio diferenciado que aplica a todo el espectro de transformación de los ecosistemas.
Educación ambiental, desde la visión de los técnicos.	Coconstrucción de conocimiento según ciencia y evidencia.
Paisajismo como un énfasis estético en el manejo de la infraestructura verde.	Diseño de paisajes con base en la ciencia y la evidencia.
Énfasis en composición y estructura de los ecosistemas.	Énfasis en funciones y valores sociales asociados a cada conformación de composición y estructura.

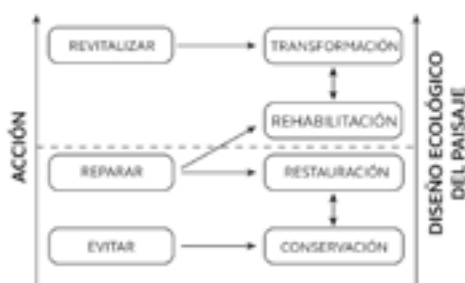


En este sentido, la gestión del territorio se propone que se desarrolle como un concepto de complejidad superior que implica integrar conservación (preservación y restauración), rehabilitación de funciones de los ecosistemas y la transformación dirigida según las circunstancias (Figura 15). El conjunto serviría de base para una gestión de conservación-regeneración, que acude a las herramientas validadas y al concepto emergente de diseño en el paisaje.

Centrar toda la acción de conservación en las áreas protegidas tiene el riesgo de excluir una mirada ecológica para los ecosistemas seminaturales, áreas transformadas y áreas activas de construcción del hábitat humano⁷³.

⁷³ La inconveniencia se ve en el discurso político que enfatiza grandes logros (indiscutibles) en la creación de grandes áreas protegidas, minimizando completamente la gestión ecológica necesaria en territorios transformados. La gestión de la biodiversidad en los sistemas ecológicos transformados llama a la construcción de toda una “nueva conservación”.

Figura 15 Concepto englobante de rehabilitación a través del diseño del paisaje, que incluye conservación, restauración y rehabilitación.



Fuente: elaboración propia

5.6. Soluciones basadas en la naturaleza (SBN)

La evolución de las narrativas de la mitigación y adaptación demuestra un lento proceso de apertura y reconocimiento de la complejidad de los asuntos socioecológicos en juego en los procesos climáticos asociados con la biodiversidad. Una primera definición se refiere exclusivamente a la adecuación de espacios para evitar los efectos climáticos, como sería el caso típico de la construcción de diques para evitar las crecientes de las aguas. Es una adaptación (adecuación) basada en infraestructura. Una segunda dimensión es la adaptación basada en procesos sociales, es decir, modificaciones de comportamientos y reglas de decisión. Aquí cabe resaltar el concepto de adaptación basada en comunidades. En paralelo, se trabajó en el concepto de adaptación basada en ecosistemas (Andrade, A. *et al.* 2010), con un enfoque más integral y con potencial de producción de beneficios múltiples.

Todos estos enfoques son válidos y vigentes, la clave está en establecer hasta qué punto una aproximación entra en sinergia o

establece un compromiso negativo con otra (trade off). En este sentido, aparece el cuarto nivel de evolución del discurso, que se basa en el reconocimiento de las relaciones socioecológicas como fundamento para los cambios requeridos, actualmente en auge en torno al concepto de soluciones basadas en la naturaleza (SBN). Es un concepto que entró de lleno en la usanza técnica y política. La UICN, promotora del concepto (ver <https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions>) generó un estándar global para su uso, entre otras, por parte de actores como las industrias. Las SBN buscan aportar al desarrollo de objetivos sociales de bienestar humano que reflejan los valores culturales y mejoran la resiliencia de los ecosistemas, en su capacidad de aportar la provisión de servicios.

Se trata de un “concepto sombrilla” que recoge gran parte de la experiencia anterior en los temas de conservación de la biodiversidad, manejo de las tierras, respuestas climáticas y desarrollo en general. La UICN define para las SBN una serie de condiciones, entre ellas las siguientes:

- Se enmarcan en las normas y principios de la conservación y no pretende sustituirlas;
- Pueden aplicarse solas o integradas como parte de otros retos sociales (como soluciones tecnológicas o basadas en la ingeniería);
- Están determinadas por contextos específicos naturales y culturales, que incluyen conocimientos científicos y tradicionales;
- Deben producir beneficios sociales en una forma justa y equitativa para promover la transparencia y la participación;
- Mantienen la diversidad cultural y biológica y la capacidad de los ecosistemas de evolucionar en el tiempo;
- Se aplican en la escala del paisaje;
- Deben reconocer y enfrentar balances agenciados de gestión (*trade offs*), en particular con beneficios económicos inmediatos

BIODIVERSIDAD Y PETRÓLEO

para el desarrollo y opciones futuras en una gama amplia de servicios ecosistémicos;

- Son parte integral del diseño de políticas y medidas de acción para enfrentar retos específicos.

Las SBN, como soluciones climáticas, tienen un gran potencial. Girardin *et al.* en su reciente artículo (2021) retoman con datos recientes la discusión sobre la importante contribución que tienen las SBN para hacer frente al reto del aumento de temperatura y su repercusión en la crisis climática. Estas soluciones, aunque no pueden por sí solas lograr la meta, sí son un complemento que, de ser planificado correctamente en el largo plazo, garantiza la resiliencia. Por otra parte, la capacidad mitigación a través de las SBN sigue siendo menor en el tiempo en comparación con lo que se puede lograr mediante la descarbonización de la economía en el largo plazo; teniendo en cuenta que lograrían enfriar al planeta luego de alcanzada la temperatura máxima, pueden suprimir parte del calentamiento. Así mismo, según estos autores, su impacto puede ser considerable si se tienen en cuenta sus efectos en otros gases de efecto invernadero.

En la evaluación de las oportunidades de aplicar las SBN en la conservación se señala que la meta de áreas protegidas conservación de áreas para la biodiversidad implica a nivel global superar el 30 % de la tierra dedicada exclusivamente a la conservación, de tal suerte que a través de todas las herramientas se pueda llegar hasta un 50 % de la superficie terrestre del mundo, sin generar tensiones insalvables con la misma conservación de la biodiversidad y la seguridad alimentaria (Seddon *et al.*, 2020). En particular, estos últimos autores encuentran tensiones insalvables en la aplicación de la aforestación o reforestación comercial, lo cual, además, podría constituirse en un caso tipificado de maladaptación como respuesta al cambio climático.

Las soluciones basadas en la naturaleza son una oportunidad para que el sector hidrocarburos pueda contribuir y generar aprendizajes en torno a la gestión de la biodiversidad y el cambio climático, en un contexto de desarrollo sostenible.



Foto: Felipe Villagas



6. Transiciones hacia la sostenibilidad

Foto: Francisco Nieto Montaño

La historia humana del siglo XX, en gran parte marcada por el acceso a energía fósil, marca hoy un camino certero hacia la insostenibilidad, que se manifiesta en el riesgo planetario (Rockström *et al.*, 2009). La ciencia y la evidencia son contundentes en este sentido. La necesidad de prevenir el riesgo mayor cambia la narrativa en la relación entre la ciencia y las políticas, toda vez que más allá de dar simplemente recomendaciones, los escenarios

críticos que se vislumbran desde la ciencia se convierten en advertencias (Figueres y Rivett-Carnac, 2020). La encrucijada de fondo no es sobre lo que se debe hacer para cambiar de rumbo hacia la sostenibilidad, sino sobre cómo y cuándo lograrlo. En el centro de esta polémica están los sectores que generan réditos a través de la extracción de combustibles fósiles y las políticas que los han constituido en factores centrales del modelo económico, “la dependencia de sendero”, es decir, la dificultad que existe en la sociedad de cambio de rumbo de un sistema económico y social es evidente.

El asunto de la insostenibilidad en la dimensión emergente del riesgo es hoy un imperativo social económico y ambiental, pues estamos en un mundo que va más rápido hacia el riesgo global y la inequidad. Lo anterior, teniendo en cuenta que la sostenibilidad no es un estado de cosas, sino una tendencia. En este sentido, como narco general, se propone adoptar el concepto de transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad (TSE; Andrade *et al.*, 2018) que se refieren a procesos de cambio en el territorio en los cuales el futuro de la biodiversidad,

Los “retos para transformar el futuro” que se delinean en el presente libro son indicaciones para que el sector de los hidrocarburos, que ya ha jugado un papel importante en la historia del país, se aliste a jugar de manera más contundente en las transiciones sociales y ecológicas que se avizoran en el horizonte.

los beneficios de la Naturaleza y el bienestar humano están en juego; con grandes implicaciones en la forma como se conciben hoy las medidas derivadas de los compromisos de los acuerdos climáticos (Hoffmann, 2015).

Pero hablar de transiciones, en un contexto de marcada insostenibilidad como el que se delinea en las trayectorias del cambio climático y del declive de la biodiversidad, requiere de algunas precisiones, entre ellas:

- Como dice Gudynas (2017), es importante no caer en la retórica de las transiciones, mientras se afianzan los modelos extractivistas⁷⁴;
- El concepto de transiciones debe ganar legitimidad porque adoptarlas es reconocer que es necesario actuar rápidamente para cambiar las trayectorias, mientras se transita a través de umbrales de cambio irreversible. De hecho, en la comunicación sectorial no se contribuye a mejorar la percepción social, cuando se anuncian expansiones, sin que de manera clara estén enmarcadas en un discurso que reconoce la transición;
- Debe haber un compromiso político real para pasar de un modelo basado en la extracción hacia una economía productiva y diversificada;

• La propuesta se basa en la ciencia y en la evidencia. A nivel mundial, desde la ciencia global y la evidencia local, se siguen produciendo señales que llaman a la adopción, más temprano que tarde, de los cambios necesarios para la transición;

• En este sentido, se propone que las contribuciones del sector hidrocarburos a la TSE del país se puedan focalizar mientras se cumplen los objetivos globales de descarbonización a nivel global, mejoran las condiciones sociales y ecológicas de los territorios, incidiendo de manera efectiva en el cambio de trayectoria.

6.1 Objetivos de desarrollo sostenible en coyuntura crítica

La participación del sector hidrocarburos a una transición hacia la sostenibilidad, además de los ajustes necesarios a la gestión ambiental y social convencional (no sería simplemente más de lo mismo), enfrenta hoy nuevos retos de cambio transformativo, producto del escalamiento del cambio global en sus diferentes manifestaciones sociales, económicas y ambientales; pero no es una transición simplemente sectorial, sino una que implica transformaciones profundas en la sociedad. No sería el fin del petróleo como recurso, sino de la “era del petróleo” como modelo económico, de modo que nuestro modo de vida debe adecuarse con el presente y, sobre todo, proyectarse hacia un futuro que hoy apremia. Para los optimistas, el éxito de la civilización en la reducción estadística de la pobreza, acceso al agua, vivienda o la longevidad sería impensable sin el petróleo o sus derivados, sobre esto hay evidencia. Pero no hay cena global gratis, porque la otra cara del petróleo está en la insostenibilidad. Los humanos estamos traspasando los umbrales de seguridad ecológica planetaria, jalado

por las emisiones de dióxido de carbono y el declive de la biodiversidad.

El Antropoceno (Crutzen, 2006) es la era del planeta en la que predominan los procesos determinados por las acciones humanas, es una consecuencia de la era del petróleo, con grandes implicaciones sociales y políticas (Arias-Maldonado, 2018). No solo por las emisiones propias, sino por algunos de los derivados. Éxito y fracaso son dos caras de la misma moneda, es la paradoja de la civilización. La economía baja en carbono se avizora en el horizonte 2050. La emergencia climática aumenta la presión para mayores metas de reducción, cuyo resultado depende de la coyuntura crítica de cambio de trayectoria en el periodo 2020-2030.

Debería, pues, el sector hidrocarburos entrar en “modo transición”. El argumento no es solo ya en torno a las contribuciones, ni siquiera un análisis costo-beneficio. El asunto hoy es si es posible alcanzar la sostenibilidad en un mundo en riesgo, en el cual hay que enmarcar su devenir y sus contribuciones para la transición, que no es solo energética, sino también fiscal, productiva y ecológica. Esto

La atención sinérgica a los ODS 13 (Acción por el clima), 14 (vida submarina), 15 (vida en la tierra) y 16 (paz justicia e instituciones sólidas), por su situación estructural, tiene el potencial de generar un valor social superior en la gestión de los hidrocarburos en el territorio.

tiene grandes implicaciones sobre las agendas acordadas de sostenibilidad. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS no representan un modelo de desarrollo, pero la lista de 17 objetivos y 169 metas es un acuerdo global del que se derivan grandes retos y derivar múltiples

⁷⁴ La crítica de Gudynas (2017) es precisa en los “extractivismos de izquierda” en Ecuador y Bolivia, en donde la ampliación de la frontera extractiva es simultánea con el discurso de la Madre Tierra y los derechos de la Naturaleza.

aportes a la transición hacia la sostenibilidad; esto es una gran oportunidad para el sector de los hidrocarburos para transformar el futuro.

Un punto interesante es que aunque los ODS se presentan como una agenda en la que participan todos por igual, es claro que hay un conjunto de ellos el que se refieren directamente al planeta (6, 12, 13, 14 y 15), algunos que se refiere a la gente (1, 2, 3, 4 y 5), unos que en conjunto definen la prosperidad (7, 8, 9, 10

y 11) y otros que a su vez determinan la paz y alianzas (ODS 17 y 18) (Figura 16). Igualmente, es importante considerar en este escenario de dependencias que las respuestas climáticas no están exentas en generar costos sociales, como se ha explorado en la relación entre la lucha contra la pobreza y la disminución de emisiones (Hubacek et al., 2017), lo cual llama de nuevo a la necesidad de respuestas más integrales y balanceadas.

Figura 16 El modelo de dependencia jerárquica de los ODS.



Fuente: Karl Folke et al., 2016.

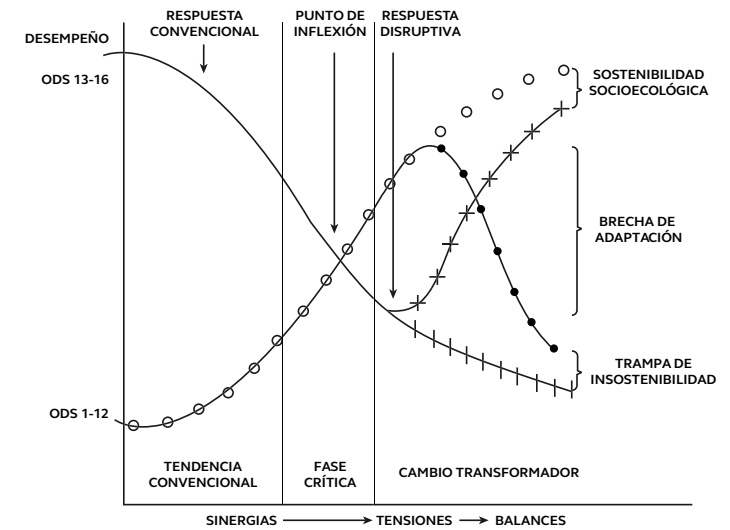
La Figura 17 presenta, de manera hipotética, tres escenarios de transición en los ODS en los cuales la gestión climática y de biodiversidad aparecen como clave para el acuerdo en conjunto. Muestra unos caminos de desempeño en los temas críticos en los cuales participa el

nivel de gestión de los ODS. La primera trayectoria, llamada aquí convencional, establece esquemáticamente que el desempeño en los ODS 13 a 16 no viene mejorando sustancialmente, a pesar de los indicadores en ocasiones y, sobre todo, por la evidencia científica del

cambio climático y el declive de la biodiversidad. Esto porque hay evidencia científica que muestra que en estos ODS la trayectoria convencional actual estaría llevando a un

declive en el desempeño, mientras el resto de los ODS (1-12) estarían mostrando un desempeño a la mejora⁷⁵. En esta primera trayectoria es común buscar las sinergias entre los ODS.

Figura 17 Desempeño de los ODS y trayectorias hacia escenarios futuros en la sostenibilidad.



Fuente: Andrade, 2019, con base en la ponencia en el encuentro de la Asociación Colombiana del Petróleo y Gas (ACP, 2019).

En este esquema, la trayectoria general entraría en una fase crítica cuando se manifiestan las tensiones entre los ODS y las trayectorias a la baja y al alza en el cumplimiento de las metas se cruzarían en un punto de inflexión que llama a el cambio sustancial en el rumbo de los ODS estructurantes (13-16). En una fase de cambio transformador, una respuesta disruptiva de cambio de trayectoria en clima y biodiversidad (ampliamente argumentado en este documento) permitiría evitar el colapso en el cual todo el sistema ODS. El cambio disruptivo se refiere a la sostenibilidad

socioecológica como regeneración y permitiría recuperar la trayectoria. Si ese cambio no se logra en los ODS estructurantes, podría darse un efecto de arrastre hacia la trampa de la insostenibilidad. La distancia entre la trampa de la insostenibilidad y la sostenibilidad socioecológica aparece como una brecha de adaptación.

Así las cosas, a continuación se identifican algunos retos estructurales en lo social y lo ecológico que permitirían una inserción virtuosa del sector en una transición hacia la sostenibilidad, que resultan ser estructurantes.

75 Situación que, sin embargo, es preciso revisar por los efectos devastadores del Covid-19.

6.2 Ajuste de las políticas.

6.2.1 Extracción sin extractivismo

Frecuentemente todas las actividades extractivas de recursos naturales se agrupan con el apelativo de extractivismo, pero no existe un solo tipo sino varios (en actividades mineras, de hidrocarburos, agricultura o forestería), que involucran la extracción de recursos naturales en todas sus fases, desde el descubrimiento hasta el cierre de operaciones, con explotación de materias en altos volúmenes y con impactos intensos, en el cual el 50 % o más de la producción va dirigida a la exportación como materias primas sin procesos o con procesamiento mínimo (ver también Gudynas, 2017)⁷⁶.

- Un primer tipo de extractivismo según este autor sería el “depredador”, que es aquel que genera grandes impactos sociales y ambientales, en situaciones de alta irracionalidad social, económica y ambiental;

- Un segundo extractivismo sería “sensato”, la política extractiva no se hace en menoscabo de las políticas ambientales y sus actividades se ajustan a los estándares acordados. Implica controles efectivos del Estado y un sistema de transferencia de beneficios adecuado, en términos de regalías, impuestos y cánones;

- Un tercer tipo sería uno “indispensable”, llevando el extractivismo a unas proporciones justas en relación con otras alternativas de desarrollo.

De esta manera, este autor delinea si se trata de una “apropiación sostenible en medio natural” como una actividad de

menor impacto y reversibilidad, una “cosecha sostenible en ambientes modificados” con impacto un poco mayor y menos reversibilidad, una “extracción intensa en ambientes modificados” con impactos grandes y gran irreversibilidad, lo que denomina una “extracción máxima con amputación ecológica” con impactos irreversibles; además de escenarios sociopolíticos con legitimidad cuestionada (ver Gudynas 2017).

En este sentido, las actividades del sector, en el marco de una situación cercana al “extractivismo indispensable”, podrían ser generadoras de recursos para programas sociales y ecológicos⁷⁷, con impactos controlados y en territorios adecuados. Serían actividades “solidarias” que se deberían aprovechar como sociedad para mejorar las condiciones de los territorios, generando prosperidad compartida con inversión en bienes públicos en el territorio.

6.2.2 El postextractivismo

El postextractivismo no es solo una abstención política de basar el crecimiento en la extracción de recursos, sino además propiciar

Uno de los retos estructurales para el sector hidrocarburos es liberarlo del entorno de decisiones políticas que lo llevan al extractivismo y situarlo como un sector que brinda aportes necesarios a las transiciones hacia la sostenibilidad.

de manera efectiva su reemplazo. ¿Qué hay después del extractivismo? Las políticas basadas en el extractivismo han dejado su huella en nuestra incapacidad de imaginar un modelo de desarrollo.

Algunas condiciones para el post extractivismo (mencionadas por Gudynas, 2017), que se pueden retomar para el caso de las actividades extractivas en Colombia, son reducir consumo de materia y energía (desmaterialización), urgente, pues aumenta el nivel de desechos sólidos de productos duraderos en usos efímeros (como los plásticos), lo cual genera una gran materialización ineficiente de la economía. Es indispensable ajustar procesos productivos a la capacidad de los ecosistemas, controlar y reparar los impactos y dirigir beneficios hacia mejorar esa biocapacidad. Orientar los procesos productivos a erradicar la pobreza⁷⁸; en fin, sincerar los costos sociales y ambientales de las actividades extractivas que no se contabilizan (Cárdenas, 2018). Se hace necesario clarificar en qué condiciones es aceptable un emprendimiento basado en la extracción.

6.3 Mejores territorios

Se trata de incorporar en la gestión sectorial, de manera explícita, la creación de valor ecológico y social en los territorios petroleros o en aquellos que tienen alguna influencia principal de este sector, a través de la ampliación conceptual y funcional de la herramienta

La transición hacia el postextractivismo desde el sector hidrocarburos debería garantizar el control de los impactos actuales, resarcir la huella de pasivos ambientales, evitar el escalamiento de impactos y nuevos cambios irreversibles en los ecosistemas y situarse en una perspectiva de regeneración social y ecológica de los territorios.

de jerarquía de mitigación hacia la “ganancia neta”. Es una forma de crear sinergias positivas en lo local en la gestión de la biodiversidad y el cambio climático.

6.3.1 Ganancia neta: del impacto al beneficio

El concepto convencional que guía la gestión sectorial en temas ambientales y del cual se derivan los instrumentos es la “jerarquía de la mitigación”. Surge del concepto de no pérdida neta (no-net-loss), desarrollado inicialmente frente a la transformación de los humedales en los Estados Unidos, extendido a otros ecosistemas y actividades⁷⁹. Se amplió su aplicación hacia la ganancia neta (net gain), concepto fundamental para el desarrollo de los argumentos de este libro (ver UICN, 2017).

La jerarquía de mitigación se compone de una serie de pasos que se incorporan a las

⁷⁶ Estrictamente, en Colombia el sector estaría en el límite del concepto de extractivismo, toda vez que hasta el 52 % de los 433 000 barriles diarios de crudo en 2020 se destina a la exportación, con una leve tendencia al aumento de la producción en los últimos años. Ver <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/ResponsabilidadEtiqueta/InformesGestionSostenibilidad/Informesdegestionbuena>.

⁷⁷ En gran parte esto ya existe, pues en Colombia Ecopetrol, como empresa estatal petrolera, genera una cantidad importante que recursos que son transferidos a las finanzas del Estado.

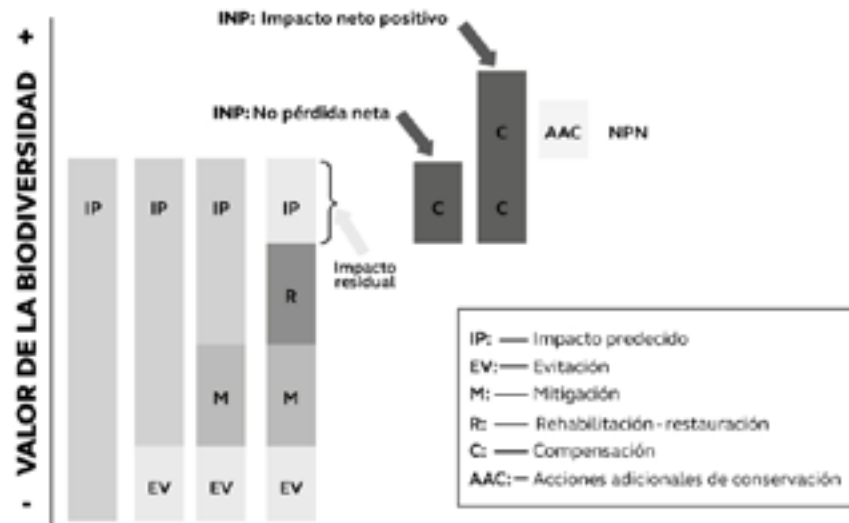
⁷⁸ En efecto, la existencia de huellas ecológicas globales que afectan a todos los seres humanos lleva a que en el desarrollo del desarrollo la lucha contra la pobreza no se da solo sin la lucha contra la opulencia que despilfarra capital natural y nos coloca a todos seres humanos en la zona de riesgo ambiental. Sobre este tema no hay ningún consenso político, ni siquiera en ciernes.

⁷⁹ Según Robertson (2000), experto en aplicación del principio de la “no pérdida neta” en los Estados Unidos, el mecanismo ha disparado la práctica de la restauración en humedales, y generado un mercado de valoración económica a través de mitigación y de la creación de bancos de humedales. Sin embargo, encuentra que la restauración es ampliamente insatisfactoria, y más bien se trata de una negociación entre actores en donde hay resistencia y sobre todo conflicto frente a los valores percibidos y en juego, que no son incluidos en la transacción.

políticas y al ciclo de proyectos de desarrollo sectorial, cada uno de ellos subordinado al anterior en su alcance frente a la gestión de la biodiversidad (Figura 18). Después de

un largo periodo de aplicación, en tiempos recientes ha recibido análisis, críticas y adiciones (ver <http://www.thebiodiversity-consultancy.com/>)⁸⁰.

Figura 18 La jerarquía de la mitigación en la visión convencional actual, aplicada ampliamente en la planificación ambiental sectorial hacia escenarios futuros en la sostenibilidad.



Fuente: tomado de BBOP, Rio Tinto y Gobierno de Australia (2008a⁸¹).

Los pasos de la jerarquía de mitigación analizados son evitar impactos, mitigar o minimizar y compensar (restauración y conservación) para lograr el balance de no pérdida neta y la generación de ganancia neta (o impacto neto positivo), cada uno de ellos con alcances y limitaciones, desde una perspectiva de las ciencias ambientales y de la práctica⁸², como insumo en el desarrollo del argumento de

papel de la actividad extractiva en una transición hacia la sostenibilidad. Todos estos pasos presentan retos importantes para la participación del sector en la transición hacia la sostenibilidad.

6.3.2 Identificación de impactos

Se parte del hecho de que los impactos sobre la biodiversidad se pueden conocer o hacer

En Colombia, en numerosas regiones en donde se llevan a cabo actividades extractivas se está lejos de contar con un inventario de la biodiversidad en el nivel de especies, para no hablar del vacío generalizado sobre sus atributos funcionales y genéticos. Mejorar el conocimiento de la biodiversidad es una contribución básica hacia la sostenibilidad.

de hidrocarburos. La tendencia en términos generales no tiende a mejorar en el ritmo que lo requieren la expansión del sector y los retos de gestión y resulta preocupante notar que en el periodo 2014-2016, según Escobar *et al.* (2016), la dinámica de los registros biológicos⁸⁴, aunque se aumentó en un 21 % del territorio (zona andina y algunos sectores de Amazonia y Orinoquia y la región de la costa del Pacífico, principalmente), se mantuvo estable en un 67 %, es decir, no hubo generación de nuevos datos, permaneció “sin información” en vastas regiones en donde justamente se habían definido los grandes vacíos.

evidentes en las fases de licenciamiento. Sin embargo, esto no puede darse por sentado, en especial en contextos de gran diversidad biológica, conocimiento limitado e incertidumbre asociada.

En ausencia de datos e información de biodiversidad validada, los instrumentos de gestión se constituyen en una aventura con alta incertidumbre asociada.

La posibilidad de organizar los datos básicos de biodiversidad (identidad y ocurrencia de individuos de una especie en el territorio) en sistemas de información, ha inaugurado una nueva era en desarrollo de la gestión informada de la biodiversidad⁸³. González *et al.* (2015) presentaron el panorama de contribuciones de Ecopetrol al inventario de la biodiversidad en sus zonas de operación. Igualmente, Londoño *et al.* (2014), al compilar los registros biológicos en línea, definen unos grandes vacíos de información en el territorio, que corresponden con amplias zonas de la Amazonia, Catatumbo, Orinoquia, Chocó biogeográfico y bajo Magdalena; algunas son aquellas en donde se da de manera más intensa la actividad extractiva

Un tema que añade al vacío de conocimiento se refiere a los servicios ecosistémicos, que requieren una aproximación diferenciada⁸⁵. Esta situación limita la gestión informada de todo el proceso de la jerarquía de mitigación y, en particular, de las compensaciones, cuando se definen como ambientales o de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

6.3.3 Evitar o prevenir los impactos

La prevención de impactos (evitación) es el componente que le da mayor fortaleza a la jerarquía de mitigación, porque desde una perspectiva científica, las pérdidas no

⁸⁰ Por ejemplo, el simposio “Mainstreaming biodiversity y mitigación” realizado por la Asociación Internacional de Evaluación de Impacto (IAIA), en Washington en noviembre de 2017.

⁸¹ https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-La-jerarquia-de-mitigacion-De-Rio-Tinto-y-la-Biodiversidad-logrando_fig1_265110396

⁸² Este capítulo se benefició de la asistencia al encuentro sobre compensaciones ambientales promovido por las Empresas Públicas de Medellín EPM y llevado a cabo en Medellín en 2017.

⁸³ Sin embargo, en los procesos de gestión ambiental sectorial, incluido el licenciamiento y el seguimiento, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), se basan, en ocasiones, en diagnósticos de biodiversidad no validados en los sistemas nacionales de información, como el Sistema de Información de Biodiversidad de Colombia (SIB).

⁸⁴ Entendida como la tasa de aumento, estancamiento o disminución por validación científica de los datos básicos de evidencia de datos de organismos vivos en el territorio, según el SIB.

⁸⁵ A pesar del gran interés por el estudio de los servicios ecosistémicos, estamos lejos de contar con un estándar mínimo que permita hacer un balance nacional y regional del conocimiento. Ver el aporte de Waldrón *et al.* (2015) en la caracterización de los servicios ecosistémicos asociados con el proyecto Oleoducto Bicentenario.

evitadas, difícilmente se recuperan a través de mitigación de impactos y de la compensación. En lo formal, la aplicación de la jerarquía de mitigación depende de la identificación previa de “hábitats críticos” (revisado por López y Quintero, 2015), que son la base para la exclusión de actividades con potencial de impacto⁸⁶. El tema de las exclusiones viene evolucionando rápidamente.

A nivel internacional, de tiempo atrás se ha venido cuestionando la presencia de actividades extractivas en regiones completas, como es el caso de la Amazonia (Finer *et al.*, 2008), lo cual, en el futuro, cuando no hay control posible de los impactos desencadenados, debería cambiar la política de inserción sectorial en este tipo de regiones críticas para el futuro del clima, la biodiversidad y sus relaciones.

En la práctica actual de gestión ambiental sectorial en Colombia están identificados los espacios que la autoridad ambiental define como áreas excluidas para las actividades

extractivas, que son explícitamente las áreas que pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), en sus tipos de áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) y Parques Nacionales Regionales (PNR); pero no es claro el caso para las reservas forestales. Hoy también están excluidas áreas de “ecosistemas estratégicos” tales como los páramos y los humedales de importancia internacional (Convención Ramsar). En Colombia, la evitación en áreas protegidas ha sido objeto de un especial desarrollo desde la perspectiva de la autoridad sectorial, esto es la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH; Recuadro 7). Es notorio que los resguardos indígenas, cada vez más presentes los discursos políticos de la conservación, no son considerados en la práctica de la exclusión como política nacional y existen tantas limitaciones en la aplicación de la consulta previa como mecanismo garantista⁸⁷.

Frente a la necesidad de evitar los impactos que no sean posteriormente mitigables o compensables, los actuales instrumentos podrían ser insuficientes porque los criterios usados y la escala de identificación de espacios excluidos, así como los principios que guían la compensación, están vinculados, principalmente, con los objetivos nacionales de conservación, a través de un factor de compensación que depende de la representación de esos ecosistemas en las áreas protegidas. Aunque hay necesidad de revisar en el nivel nacional la prevención del daño en ecosistemas no representados suficientemente en el SINAP⁸⁸, el asunto se refiere a la viabilidad ecológica de los territorios bajo influencia petrolera. En este sentido, la exclusión debe revisarse en una aproximación con objetivos multiescala, en especial en la escala de paisaje de los territorios bajo influencia directa, que complemente los criterios que corresponde con el concepto superior de exclusión (land sparing) y los criterios de integración de actividad en el territorio (land sharing; Rueda *et al.*, 2021).

6.3.4 Mitigación o minimización de impactos

En la práctica actual, las medidas de mitigación de impactos frente a la biodiversidad incluyen una lista larga de herramientas en la implementación de una licencia ambiental. Con todo, excluir espacios sensibles para evitar impactos, o mitigarlos, no es un asunto blanco o negro, sino que hay visos intermedios importantes, sobre todo mediante la implementación de medidas de disminución del riesgo⁸⁹. El asunto, además de la gestión del riesgo conocido inherente, es hacer frente a los impactos desconocidos o sobrevinientes. Una salida a esta situación es la aplicación de la jerarquía de mitigación esté acompañada por una gestión de conocimiento, con componentes explícitos de monitoreo y evaluación de los atributos de la biodiversidad.

6.3.5 Compensación

Las compensaciones por pérdida de biodiversidad (biodiversity offsets) se han desarrollado producto de la necesidad de conservar y restaurar la diversidad biológica propia de cada territorio y sus hábitats, afectados por el desarrollo de actividades humanas. En Colombia, la participación del sector en las compensaciones es amplia y tiene ya una historia de práctica y aprendizajes (ver la revisión de Soto y Sarmiento, 2015). Con todo, la definición de equivalencias entre lo que se pierde y lo que se compensa en la biodiversidad es un asunto de gran controversia científica. La hay desde una postura que define el carácter único en términos espaciales y temporales (históricos) de la biodiversidad,

La jerarquía de mitigación (incluyendo especialmente las compensaciones) debe usarse como una herramienta abierta a mejoramiento, en un proceso de aprendizaje en el cual el sector hidrocarburos puede jugar un papel central.

Recuadro 7 Acuerdo entre Parques Nacionales Naturales y la Agencia Nacional de Hidrocarburos para ampliar los espacios de evitación de impactos sectoriales.

Un caso novedoso de gestión de la biodiversidad desde el sector de hidrocarburos se ha desarrollado en Colombia. En un acuerdo entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Unidad de Parques Nacionales (UAESPNN), como resultado de la visión de algunos líderes en el sector de hidrocarburos (el entonces presidente G. Zamora, y continuada por los siguientes), la

ANH ha venido participando en el apoyo a los estudios previos en áreas susceptibles de expansión del sector petrolero que no estaban declaradas como áreas protegidas. Es decir, se trata de una autoimposición de restricciones, que resulta en un ejercicio sin precedentes de responsabilidad sectorial ambiental. Esto se llevó a cabo a través del mapeo cruzado de sitios de interés para la

conservación y de sitios de interés petrolero. Como resultado se produjeron decisiones conjuntas para la creación de parques nacionales naturales como el de Corales de Profundidad y el de Churumbelos, por ejemplo. No se conoce de un caso similar en otros lugares del mundo en donde prima todavía el conflicto entre el sector petrolero y las áreas protegidas, ya declaradas.

Fuente: Idearn (2017).

⁸⁶ La decisión de cuáles son las zonas excluidas para la actividad petrolera varía notoriamente en los países, incluso cuando están incluidas en los sistemas nacionales de áreas de conservación en diferentes tipos de área protegida (categorías de manejo sensu UICN). También varía en los países el nivel en el cual en el gobierno (a nivel ejecutivo o legislativo) podría tomar una decisión de abrirlas al uso de hidrocarburos.

⁸⁷ En efecto, según la ONG Ambiente y Sociedad, en abril de 2021 de 51 bloques de actividad petrolera, 37 están ubicados dentro de territorios de resguardos indígenas. Ver <https://www.ambientesociedad.org.co/el-reto-de-los-83-resguardos-indigenas-a-los-que-se-les-cruzan-bloques-petroleros/>.

⁸⁸ Entre ellos las sabanas tropicales, el bosque seco tropical, además de ecosistemas raros y únicos como arbustales en zonas secas como el cañón del Chicamocha (Walschburger, 2018).

⁸⁹ Es el caso, por ejemplo, de lo sucedido en el Estero de Lipa, en Arauca (Chipirón), en el cual el tipo de infraestructura con un fuerte componente de gestión del riesgo ha permitido un nivel importante de mantenimiento y recuperación de la vida silvestre en el ámbito local.

La biodiversidad es un producto único de la historia y un atributo singular de la geografía, es hoy diferente de lo que fue en el pasado y también difiere entre un lugar y otro. No existen replicas para biodiversidad en el espacio y en el tiempo. Cada lugar y tiempo es único en su diversidad particular (Fuentes, 1994)⁹⁰.

como eventos irrepetibles (Fuentes, 1994), hasta el uso pragmático de atributos que se usan como proxy en el nivel de ecosistemas.

En la normativa colombiana, las compensaciones son el principal instrumento de gestión de la biodiversidad a ser aplicado dentro de los programas de los sectores que la pueden afectar. En este contexto se definen con factores de equivalencia (multiplicadores) que se basan en criterios de la representatividad, rareza, y remanencia de los ecosistemas en relación con el Sistema de Áreas Protegidas, y el potencial de transformación del ecosistema afectado original. Igualmente, en Colombia se han desarrollado manuales que establecen los procedimientos técnicos para cumplir estas obligaciones en diferentes tipos de proyectos, con una nueva versión que entró en vigor (Ministerio del Medio Ambiente 2018; ver <http://www.andi.com.co/Uploads/Manual%20de%20Compensaciones%20del%20Componente%20Bi%C3%B3tico%202018.pdf>) que introduce principios simples, transparentes y entendibles. En efecto, supera el enfoque de “árbol por árbol” que llevó a

un sinnúmero de proyectos de reforestación con un “balance lamentable, porque no solo no se evitó la pérdida de ecosistemas, sino que las reforestaciones resultantes carecen de atributos claros de conservación” (Walschburger, 2018: 18). Con todo, una de las fronteras más importantes en la gestión de la biodiversidad a través de las compensaciones consiste en monitorear sus efectos, frente a la propia complejidad histórica y geográfica en la que se manifiesta y evoluciona la biodiversidad.

Una parte importante de las acciones de compensación en Colombia se hace con enfoques de restauración ecológica, sobre la cual hay gran experiencia, con importantes retos de mejoramiento (Murcia *et al.* 2017), especialmente en lo que tiene que ver con el nuevo reto de practicar la restauración en un contexto de cambio de los ecosistemas jalonado por el cambio climático (Harris *et al.* 2006).

6.3.6 Mejoramiento ecológico y social del territorio

El mayor reto que persiste en la aplicación de las compensaciones, como parte de la jerarquía de mitigación, es lograr objetivos de disminuir la pérdida de biodiversidad y generar ganancias netas (*net gain*) que deberían ser a través de la biodiversidad, los ecosistemas y sus funciones, los servicios y beneficios, hacia los actores sociales en los territorios en cuestión y no solamente frente a los componentes de la biodiversidad reflejados en la política nacional de áreas protegidas. Hay numerosa literatura sobre la ganancia neta en la jerarquía de mitigación, tanto en sus aspectos conceptuales, como

metodológicos⁹¹. Una forma de maximizar beneficios y buscar una ganancia neta sería enfocar las obligaciones y compensaciones con objetivos relacionados con mejoramiento de atributos a nivel regional y local. Para este fin es necesario partir de la necesidad de construir, conjuntamente con los actores involucrados, modelos

de visión del territorio actual y futuro. En este sentido, para la construcción de un mejor territorio, adquiere relevancia el “enfoque ecosistémico”, que es “una estrategia para la ordenación integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de manera equitativa” (CDB; Tabla 6).

Tabla 6 Los principios del Enfoque Ecosistémico de CDB, Decisión VII/5 y su relación con la gestión socioecología del territorio.

Principio formulado en el CDB	Énfasis sugerido
1. La elección de los objetivos de la gestión de los recursos de tierras, hídricos y vivos debe quedar en manos de la sociedad.	La gestión social y ecológica del territorio no es solo una propuesta técnico-científica, sino una decisión que debe ser apropiada y validada por la sociedad.
2. La gestión debe estar descentralizada al nivel apropiado más bajo.	La descentralización de las decisiones que afectan el territorio debe encontrar un equilibrio entre el interés nacional, y los mandatos locales.
3. Los administradores de ecosistemas deben tener en cuenta los efectos (reales o posibles) de sus actividades en los ecosistemas adyacentes y en otros ecosistemas.	El sistema ecológico es una unidad funcional que puede incluir varios tipos de ecosistema. En una perspectiva social y ecológica de adaptación, el sistema ecológico incluye “paisajes multifuncionales” y en la gestión puede aterrizar mediante “mosaicos de conservación” (Andrade, 2012).
4. Dados los posibles beneficios derivados, es necesario comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico.	En una perspectiva de sostenibilidad, la gestión de la biodiversidad tiene las dimensiones sociales, económicas y ecológicas. No es una armonía preestablecida, sino relaciones tensas que deben encontrar equilibrios agenciados.
5. Los ecosistemas se deben gestionar dentro de los límites de su funcionamiento.	Se refiere a definir unidades funcionales para la gestión de los ecosistemas más allá de ecosistemas como tipo y en los cuales habría que definir umbrales de funcionamiento en estado normal.
6. El enfoque ecosistémico debe aplicarse a las escalas especiales y temporales apropiadas.	Implica reconocer que las funciones de los sistemas ecológicos y sociales tienen manifestaciones de escala espacial y temporal explícitas que deben ser tenidas en cuenta para su gestión.
7. Se deben establecer objetivos a largo plazo en la gestión de los ecosistemas.	No hay cambio ecológico y social agenciado en el sentido deseado si no se mira en el largo plazo de “variables lentas” socioecológicas.
8. En la gestión debe reconocerse que el cambio es inevitable.	Debe reconocer diferentes tipos de cambio posible en los sistemas socioecológicos, y sus trayectorias, incluyendo aquellos casos en que el cambio ya programado aparece como inevitable.
9. En el enfoque ecosistémico se debe procurar el equilibrio apropiado entre la conservación, la utilización de la diversidad biológica y su integración.	Es parte del equilibrio ecológico, económico y social que debe propiciarse.
10. Se deben tomar en cuenta todas las formas de información, incluidos los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales.	Los problemas del territorio se abordan mejor mediante su gobernanza, que de incluir una del conocimiento plural, que alimenta la toma de decisiones y su apropiación.
11. Deben intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.	Un enfoque multiactor y multidisciplinario es la base para la gestión del territorio basada en el conocimiento.

Fuente: elaboración propia.

⁹⁰ Difícil encontrar un planteamiento con bases científicas tan contundente que pone en cuestión la propuesta de gestión de la biodiversidad a través de la jerarquía de mitigación. Esta reflexión fue desarrollada en el contexto de la gestión de los bosques de Chile sería mucho más válida para la biodiversidad tropical, que es más rica y compleja.

⁹¹ Referencia obligada es el protocolo para la ganancia neta de la UICN (2017).

6.3.7 Restauración ecológica con valor agregado

La restauración ecológica se establece para compensar pérdidas de biodiversidad causada por la actividad de desarrollo, de tal forma que no haya una reducción global del tipo, cantidad o condición de la biodiversidad en el espacio y tiempo (Bussines and Biodiversity Offsets Programme, 2012b).

El uso general de la restauración incluye la recuperación de la estructura, composición y funciones de los ecosistemas; aunque también se introduce como objetivo recuperar “servicios ambientales”. En la práctica, la aplicación de la restauración ecológica busca casi siempre recuperar algunos atributos estructurales y no se consideran suficientemente los aspectos funcionales (Murcia *et al.* 2016 y 2017). Por este motivo, resulta limitado pretender, a través de la recuperación de solo estructuras, que se deriven beneficios relacionados de la actividad, con una provisión amplia de servicios ecosistémicos.

La dimensión espacial y temporal de la restauración ecológica es, además, un aspecto esencial para la aplicación juiciosa del instrumento. En efecto Murcia *et al.* (2017) encontraron que 41 % de los proyectos abarcan de 5 a 10 mil hectáreas, lo cual es una gran oportunidad, aunque hay presencia de muchos proyectos demasiado pequeños (1 a 10 Ha) que no logran generar el impacto deseado. El 75 a 95 % del área concentrada en 100 a 5000 ha. En general, las compensaciones más efectivas se dan en escala del paisaje (Gardner *et al.*, 2013), combinando acciones que van desde

la preservación hasta la ingeniería ecológica, en un concepto integrado de diseño de paisaje. También hay un tema de fondo en relación con la escala temporal, en especial para definir las medidas que se pueden aplicar durante la operación del proyecto⁹² o al final del mismo. Además, la práctica de la restauración ecológica se ve en la necesidad de revisar sus alcances y enfoques en relación con los cambios ambientales globales.

La posibilidad de alcanzar los objetivos de no pérdida neta a través de la restauración ecológica se ve hoy limitada por el cambio climático, que está modificando las condiciones de referencia y de desarrollo del proceso en los ecosistemas (Harris *et al.*, 2006).

6.4 Gestión ambiental para una nueva normalidad

6.4.1 Impactos sociales

Una de las mayores debilidades en la forma de operar del sector se refiere a la forma como se consideran los impactos sociales, resultado de formas inadecuadas o poco imaginativas de los procedimientos (Serje, 2015). Si no se reconoce la dimensión y cualidad de los procesos de cambio que están en juego es muy difícil pretender que los protocolos que usan las empresas para aproximar estos fenómenos sean los más adecuados.

En este contexto, la separación de los aspectos sociales de los culturales (Serje, 2015) es aún más inconsistente con la forma

como estas dimensiones pertenecen a una misma realidad indivisible. En efecto, tal como lo señala la misma autora (2015), si consideramos que el impacto social se define como el conjunto de cambios que se manifiestan en los grupos sociales y sus entornos como consecuencia de la acción de programas y proyectos, la separación artificial que se hace de impactos directos o indirectos (o secundarios) es parte del problema de apreciación. En el ámbito de los proyectos, los impactos se identifican como eventos, lo cual dificulta al técnico conocer los procesos, sus contextos, las redes complejas en que se manifiestan y los hechos sociales totales que conforman (Serje, 2015).

6.4.2 Conflictos socioambientales

Los conflictos socioambientales se derivan, se supone, de los capítulos de impactos sociales. Aunque relacionados, el concepto de conflicto socioambiental es una categoría de análisis diferente; es un tema emergente

Los conflictos socioambientales asociados con las actividades extractivas tienen un origen lejano, producto de la tardía incorporación de estándares ambientales y sociales. El entendimiento de sus causas y manifestaciones latentes se hace necesario para propiciar su transformación.

que denota falencias en la relación entre las actividades del sector y los contextos sociales y ambientales (ver <https://ejatlas.org/>). Los conflictos socioambientales son redistributivos (Martínez Alier, 2004), es decir, en su desarrollo hay una desigual distribución de los impactos y los beneficios (ver [\[olca.cl/oca/index.htm\]\(http://olca.cl/oca/index.htm\)\). De tiempo atrás se han evidenciado los procesos sociales que llevan a situaciones de conflicto, en regiones petroleras; como el caso agudo del Ecuador \(Fontaine 2003\). Por supuesto, la presencia del sector hidrocarburos en regiones periféricas no siempre conlleva el mismo nivel de conflictividad y la misma relación de beneficios y costos y, en la práctica, de la responsabilidad social \(Parra, 2016\).](http://www.</p>
</div>
<div data-bbox=)

La irrupción en las regiones de los proyectos petroleros, en especial en zonas de frontera (Serje, 2015), hace que las empresas se vean obligadas a reemplazar al Estado o adjudicar beneficios económicos inmediatos, lo cual distorsiona a futuro la actividad. Es un asunto relacionado no solamente con la viabilidad de los proyectos, la cual se ha venido poniendo a prueba en numerosas ocasiones, sino con una mirada más amplia, como dice Rodríguez (2018:121), con la construcción de una sociedad justa y democrática y con participación. Esto implica una reflexión profunda desde los sectores acerca del lugar que le dan a lo social en sus políticas, planes y proyectos.

Actualmente, en Colombia los conflictos socioambientales vienen escalando. El Atlas de Justicia Ambiental (en Rodríguez, 2018) presenta diez tipos de conflicto en temas como turismo, conservación de la biodiversidad, agua, residuos, acceso a la tierra y combustibles fósiles. Entre estos últimos se señalan los que ocurren en el piedemonte orinocense (Arauca, Casanare, Meta), el piedemonte amazónico (Putumayo), el Catatumbo y el Bajo Magdalena, lo que significa al menos 12 los conflictos.

Según Rodríguez (2018) el ejercicio de la participación social en estas situaciones constituye una forma de “capital social”, básico para su gestión en un escenario democrático. En efecto,

⁹² Caso en Colombia ha sido el proceso de “restauración” ecológica del bosque seco tropical” (que en realidad es rehabilitación), que se viene haciendo desde el inicio de operación de la mina el Cerrejón en La Guajira.

para tal fin se utilizan instrumentos de participación tales como acción de tutela, acción de cumplimiento, acción popular, acción de grupo, audiencia pública ambiental y consultas populares, que difieren en sus fines e instancias de aplicación (Tabla 7). En general, los procesos de participación se deben acercar mucho más a los procesos de decisión propiamente dicha,

pues este es su desajuste funcional y de legitimidad (Ver Rodríguez et al., 2021). Los instrumentos, diferenciados según las situaciones, se aplican sin que exista a la fecha una apreciación suficiente de su funcionamiento y eficacia; con un análisis incipiente referido solamente a los asuntos en cuestión, lo cual privilegia la visión desde lo local (Rodríguez, 2018:126).

Tabla 7 Mecanismos de participación y algunas relaciones con los sectores de hidrocarburos.

Instrumento	Finalidad	Relación con hidrocarburos
Acción de tutela	Garantizar la protección inmediata de los derechos fundamentales.	
Acción de cumplimiento	Hacer efectivo el cumplimiento de una ley o un acto administrativo para que se ordene a la autoridad que realice las acciones omitidas.	
Acción popular	Proteger y defender los derechos e intereses colectivos (ambiente sano, equilibrio ecológico, manejo y aprovechamiento racional de recursos naturales).	Norma nacional sobre niveles de inmisión por partículas o calidad de aire (Tribunal Administrativo de Cundinamarca, agosto 23 de 2006).
Acción de grupo	Conseguir el reconocimiento y el pago de la indemnización respectiva a personas que reúnen condiciones uniformes respecto a una misma causa que originó perjuicios individuales.	Derrame de petróleo de Oleoducto Trasandino (Consejo de Estado, mayo 13 de 2004).
Audiencia pública ambiental	Abrir espacios para recibir opiniones, información y documentos que aporten a las comunidades y las demás entidades públicas o privadas interesadas con el fin de ser tenidas en cuenta en el proceso de licenciamiento.	Proyecto de perforación exploratoria serranía, Hupecol (julio 4 de 2015). Proyecto de explotación de hidrocarburos en el Campo Rubiales, Puerto Gaitán (abril 8 de 2017).
Consultas populares	Convocar al pueblo para que decida acerca de algún aspecto de vital importancia, tal como el destino de un territorio, su uso, explotación (en temas mineros) o conservación, máxime cuando este es la base de la economía y la subsistencia local.	Hidrocarburos en municipios (Piedras, Tauramena, Cabrera, Arbeláez).

Fuente: De Rodríguez (2018:125)

Es de especial importancia entender las dinámicas de origen y evolución de los conflictos socioambientales, que usualmente se relacionan con condiciones de vida insatisfechas, marginación política y limitado acceso a los beneficios de las actividades en cuestión. Para avanzar en este sentido es ineludible no desconocer la comprensión de testimonios y

su interpretación en las principales regiones petroleras del país que presenta Censat-Agua Viva (2017), lo que debería derivar en una aproximación analítica sobre las causas de los conflictos y, sobre todo, de sus complejos desarrollos que se inmiscuyen en los contextos de violencia y limitada gobernabilidad en los territorios.

6.5 Gestión del conocimiento

El concepto de biodiversidad que se maneja en los procesos sectoriales pone énfasis en aspectos bióticos y no incluye explícitamente de forma suficiente las dimensiones humanas de la misma (ver Andrade y Londoño, 2016); sobre todo, cuando se plantea una gestión de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, pues estos últimos incluyen necesariamente los flujos y relaciones entre la sociedad humana y la Naturaleza.

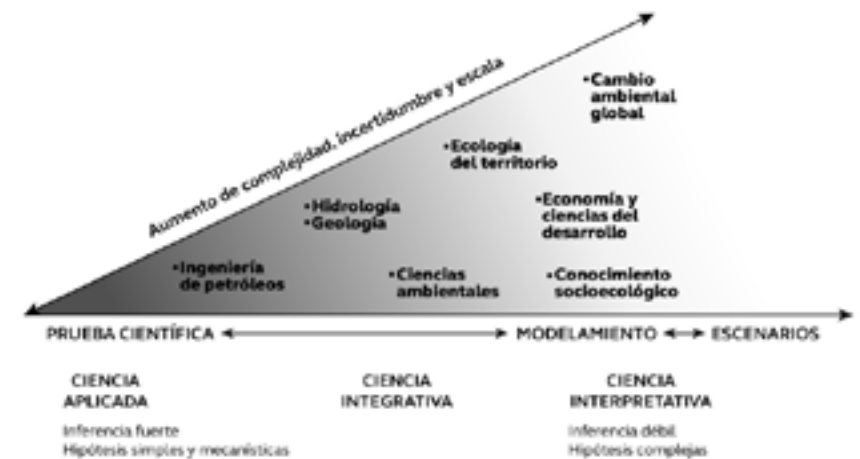
En Colombia, se esperaría que por el hecho de que el Estado adoptó una Política Nacional de Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, las aproximaciones de gestión y sectorial deberían tener en cuenta una aproximación explícita a la valoración de la Naturaleza (Rincón et al., 2014; <http://www.humboldt.org.co/es/test/item/533-valoracion-integral-de-la-biodiversidad-y-los-servicios-ecosistemicos>).

6.5.1 Tipos de conocimiento en la gestión ambiental

La gestión del conocimiento como parte de la transición hacia la sostenibilidad implica adoptar una mirada integral que incluye tipos de conocimiento y disciplinas involucradas, en relación con un gradiente de aumento de la complejidad, incertidumbre y escala. Esto conlleva a la necesidad de superar la visión única de las ciencias aplicadas y pasar a la ciencia integrativa interpretativa (Figura 19).

Una de las mayores necesidades de gestión de conocimiento, y de oportunidades para la gestión sectorial, es la incorporación en todo el proceso empresarial de los conceptos y métodos desarrollados para este fin por las ciencias sociales.

Figura 19 Disciplinas del conocimiento relevantes en relación con el tipo de ciencia y la complejidad y escala de los asuntos.



Fuente: elaboración propia, inspirada a partir de Bradshaw y Borchers. (2000).

Entre las disciplinas emergentes de mayor relevancia en esta transición, basadas en la gestión del conocimiento y más allá de la ingeniería y las ciencias aplicadas, están, entre otras, el conjunto de disciplinas abrigadas bajo el concepto amplio de “ciencias ambientales”, que incluyen ecología y socioecología del territorio, economía y ciencias del desarrollo, ecología política, además de cambio ambiental global.

En la operación del sector hay asuntos que se relacionan directamente con el aumento de complejidad, incertidumbre y escala. Uno de ellos son los impactos acumulativos que se manifiestan con mayor evidencia en sitios o regiones con alta contaminación y, en general, en el tránsito a través de umbrales que llevan a situaciones sorpresa con alta incertidumbre. Los impactos acumulativos que conllevan cambios no lineales se han documentado de manera más rigurosa desde las ciencias ambientales y apenas comienzan a recibir atención en la gestión sectorial. No se reconocen suficientemente pérdidas inevitables, pues el instrumento se define asumiendo que es eficiente para que esto no suceda⁹³.

Más allá de la atención de desastres (ver Wilches, 2017), no existe una aproximación técnica suficiente para los cambios no lineales y las sorpresas, manifiestos en la ocurrencia de procesos inesperados en los sistemas ecológicos y sociales, no hacen parte suficiente de las agendas de gestión

El modelamiento científico participativo de procesos sociales y ecológicos en los territorios bajo influencia directa del sector en el pasado y en el futuro podría hacer parte de su agenda de gestión del conocimiento, para mejorar su incidencia en el riesgo y resiliencia de las comunidades y territorios.

del conocimiento y de la responsabilidad ambiental sectorial.

La práctica del sector y de las empresas de hidrocarburos se enfrentan en este sentido a un reto metodológico mayor, a partir de las consideraciones de las ciencias ambientales sobre la incertidumbre. Un concepto central en este sentido que viene siendo desarrollado con enfoque social y ecológico, es de la resiliencia, relacionado originalmente con la vulnerabilidad (Holling, 2005).

6.5.2 Incertidumbres

Frecuentemente se usa el termino incertidumbre para denominar falta el conocimiento. Sin embargo existe al menos dos tipos de incertidumbre (ver Tabla 8), la primera de ellas es la estadística, la cual se produce por la falta de datos por lo cual puede ser reducida para ser manejada. La segunda es la “esencial”, producto de la alta complejidad del fenómeno a estudiar y no puede ser reducida mediante más datos o modelos.

Tabla 8 Niveles de certeza o incertidumbre, situaciones y manejo.

Nivel del conocimiento	Forma de manejarlo	Tipo de situación
Conocimiento consolidado •Certeza	Prevención Control de impacto ambiental	Manejo de impactos
Impactos o riesgos identificados como posibilidad •Incertidumbre estadística	Cálculo de probabilidades de ocurrencia.	Manejo de riesgo
Riesgos no conocidos •Incertidumbre esencial	Precaución	Sorpresas. Manejo e situación de crisis

Fuente: elaboración propia.

El trabajo a través de alianzas con actores científicos validados representa una de las mayores oportunidades de aporte del sector a las transiciones a la sostenibilidad.

6.6.1 El nudo gordiano de los hidrocarburos

Los hidrocarburos en Colombia hoy se han convertido en un asunto retorcido (wicked) caracterizado por problemas que son difíciles de estructurar y para los cuales hay divergencias de valores en la sociedad (De Fries & Nagendra 2017.), lo cual genera consecuencias

complejas, en las que los factores que lo influyen conforman un “nudo gordiano”⁹⁵ (Figura 20).

El punto de partida es el reconocimiento de que los hidrocarburos tienen una larga historia en el país, en un contexto de inequidad territorial profundo que genera una gran huella en el pasado (Ferguson et al., 2017). En tiempos más reciente la inserción de los hidrocarburos en el territorio ha venido adquirido dimensiones emergentes que hacen que no se pueda tratar simplemente en el marco del control ambiental convencional.

6.6 Hacia una licencia social

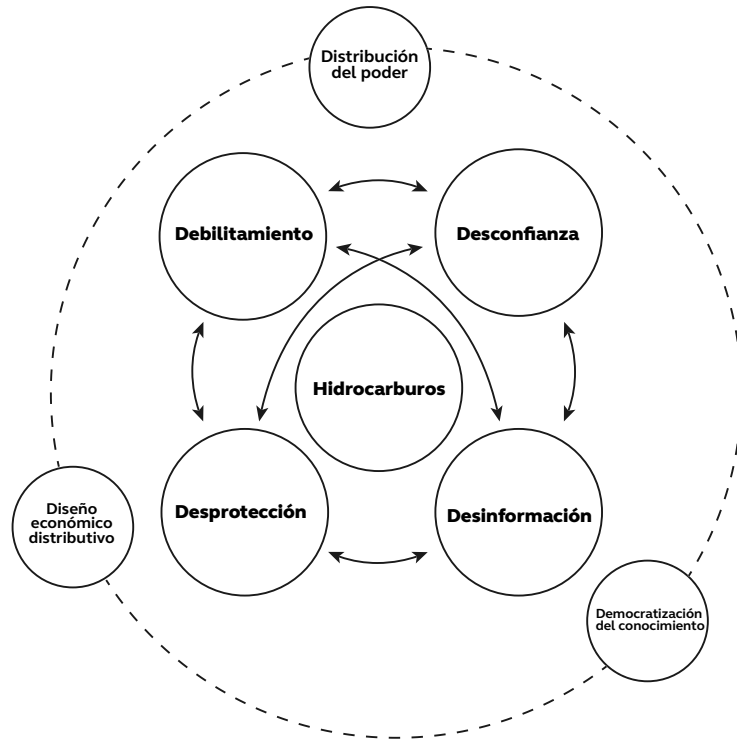
La transformación de los conflictos socioambientales asociados con la actividad sectorial tiene que partir de reconocer que existen actores involucrados con percepciones e intereses legítimos. Esto permitiría avanzar en la adopción de buenas prácticas para las empresas, las agencias del Estado promotoras del sector y las reguladoras y controladoras de los impactos sociales y ambientales. Esto permitiría contribuir a la generación de una licencia social⁹⁴.

⁹³ Es de notar que uno de los asuntos más complejos en la negociación del Acuerdo de París se refiere al artículo 8, según el cual se deben advertir, minimizar y enfrentar las pérdidas y daños asociados con los efectos adversos del cambio climático.

⁹⁴ Licencia social para operar, concepto ligado con el de legitimidad, en la práctica empresarial fue reconocido como clave en el International Finance Corporation y actualmente es muy importante en el sector extractivo.

⁹⁵ La expresión nudo gordiano se refiere a una dificultad que no se puede resolver. Es un obstáculo difícil de salvar o de difícil solución o desenlace, en especial cuando esta situación solo admite soluciones creativas e innovadoras no convencionales para entender y solucionar situaciones complejas.

Figura 20 El “nudo gordiano de los hidrocarburos”. Situaciones que lo favorecen (líneas continuas) y estrategias para deshacerlo (líneas discontinuas).



Fuente: elaboración propia.

La identidad de los territorios petroleros, basada en el balance de impactos y beneficios, debe transitar a través de la gestión soportada por el sector a una nueva identidad construida a través de la regeneración social y ecológica.

Los hidrocarburos en Colombia están afectados por, al menos, cuatro situaciones (las “4 D” que aquí se proponen) que lo convierten, por ahora, en un asunto social muy complejo⁹⁶. La primera de ellas es producto de una visión de desarrollo que históricamente produjo un debilitamiento de la institucionalidad ambiental. La

construcción de institucionalidad ambiental a finales del siglo XX dejó como legado a la sociedad un sistema técnico-jurídico racional (el Sistema Nacional Ambiental) con instrumentos para planificar, prevenir y gestionar los impactos ambientales con algunos elementos sociales explícitos. Un cambio de visión a inicios del siglo XXI, compartido con otros países del mundo, llevó a una desregulación, lo que en Colombia produjo una institucionalidad ambiental debilitada (OCDE, ONU y Cepal, 2014⁹⁷). Esto se refleja en el ciclo ambiental del desempeño del sector, cuyos desajustes en escala superior de políticas acumulan tensiones a nivel de planes y proyectos.

El debilitamiento de la gestión pública sectorial también se manifiesta en la falta de coordinación y, en ocasiones, incoherencia entre las políticas. La emergencia compleja de pasivos ambientales no suficientemente atendidos, de tiempo atrás, también aumenta la percepción social negativa frente al tema.

Con raíces históricas más profundas, el debilitamiento de las instituciones entra en relación con la desconfianza que los ciudadanos tienen en las instituciones y en el Estado. En general, en Colombia progresa un complejo veto al sector extractivo, que difícilmente recibe licencia social. Esta situación es notoria en aquellas regiones del territorio que han sido consideradas como frontera y para las cuales se ha generado el mito de la no presencia del Estado. En Colombia, las fronteras petroleras durante el siglo XX fueron particularmente violentas (Serje y Steiner, 2017) y de mal recuerdo son los conflictos entre los indígenas yariguíes que recibieron con flechas a

los geólogos (Tovar, comunicación personal) con la llegada del petróleo al Magdalena Medio también. También, ya casi en el olvido, la conquista petrolera del Catatumbo, que enfrentó al Estado civilizador (representado por las petroleras) con los indígenas motilones, nombre dado a los indígenas Bari. La revisión de estos choques entre nativos y la frontera extractiva rebasa ampliamente el alcance de este documento, pero es de notar que esta situación existe en algunos sitios como memoria viva de repudio frente a la actividad petrolera, la cual no siempre es vista por el tipo de conocimiento profesional que usualmente efectúa la operación⁹⁸. La desconfianza también se ve alimentada por la “captura del Estado” cuando las instituciones, en el sentido general del término, no sirven de manera transparente al interés público.

La evolución del concepto Licencia Social para Operar (SLO) (ver Recuadro 8) se ha vuelto muy común en la actividad extractiva y requiere de un análisis particular para

La construcción de confianza social en las regiones petroleras, a través de planes de gerencia de la legitimidad debe ser un objetivo central de la operación del sector y no una externalidad del mismo.

su transparencia y una verdadera construcción de valor social en el territorio. También se hace necesario avanzar en un marco de gestión de este tipo de conflictos, que incluya prevención de los nuevos y la gestión de los existentes; especialmente en contextos de

⁹⁶ Tema de gran relevancia en el caso de la aplicación de tecnologías no convencionales, las cuales a pesar de la comisión creada para este fin por el gobierno, parecen haberse consolidado en este “nudo gordiano” que los lleva a convertirlos en un “imposible social”.

⁹⁷ En el informe de temas ambientales para el ingreso de Colombia a la OCDE se habla no de debilidad, sino de debilitamiento.
⁹⁸ Muy relevante la emergencia de aproximaciones tales como la “antropología del desarrollo”, en Colombia desarrollada por Margarita Serje de la Universidad de los Andes, entre otros, y relevante en el análisis y gestión de estas situaciones (Serje, 2015; y Serje y Steiner 2017).

diversidad y transformación cultural en fronteras de expansión de actividades extractivas y retos de desarrollo (Serje, 2015; Recuadro 8). En particular, el desarrollo de un renovado

concepto de responsabilidad social empresarial, enfocado en asuntos sociales y ambientales, tiene un gran potencial y está en proceso de evolución (Fynas, 2009)⁹⁹.

Recuadro 8 Licencia Social para Funcionar. Elemento emergente para el sector y las empresas de hidrocarburos.

Esta licencia se refiere a la aceptación de los proyectos del sector de parte de los actores involucrados y las comunidades. Se trata de una tendencia en la cual en términos prácticos no es suficiente la licencia obtenida a través de los mecanismos legales establecidos. Es un “permiso” que otorga la sociedad, cuya no consideración lleva a aumentar los conflictos socioambientales; pero también podría verse como una oportunidad en el marco de la responsabilidad social empresarial

para el manejo de los riesgos sociales en las empresas mineras y de hidrocarburos, principalmente. Se trata de ampliar el discurso de los beneficios con los cuales las empresas se presentan en las comunidades locales. Algunos autores argumentan que las políticas dirigidas a obtener licencia social deben ser llevado al corazón (core) del modelo de negocios corporativo. Un conjunto de experiencias validadas desde la práctica de las empresas podría llevar a la revisión y enriquecimiento

de los marcos regulatorios definidos por el Estado. Lo más importante es que las iniciativas tendientes a la construcción de la licencia social desde el principio sean innovadoras y vayan más allá de los marcos reguladores y metodológicos actuales. Deben involucrar la participación de los actores relevantes, incluyendo los detractores de las actividades sectoriales para romper audazmente el “diálogo de sordos” en que frecuentemente caen estos procesos.

Fuente: elaboración propia.

El debilitamiento institucional (reciente) y la desconfianza (con raíces profundas) generan una sensación de desprotección en las comunidades locales¹⁰⁰, que se manifiesta en una alta vulnerabilidad¹⁰¹; que en el caso de las poblaciones locales representa una expresión de la inequidad histórica, la presencia extractiva del Estado y la pobreza.

La pobreza multidimensional de Colombia es mayor en las zonas en las cuales el Estado hace una presencia solo extractivista, lo cual convierte al aborigen en ciudadano marginalizado. La llegada de la conciencia ambiental a los pueblos originales (Ulloa 2015) y la

“ecologización” de los asuntos sociales, es caldo de cultivo del conflicto socioambiental en las zonas petroleras. Algunas de las compañías en las fronteras de extracción lo enfrentan miopemente, buscando una captura económica de los líderes naturales y las poblaciones.

A todo lo anterior, debilitamiento, desconfianza y desprotección, se vincula activamente la desinformación, que no es solo falta de información y conocimiento sino manipulación de la misma en un proceso de descontextualización, privilegio de discursos ideológicos y políticos generales frente a situaciones locales.

El discurso de beneficios del sector, que tiene elementos estructurales importantes, en ámbitos locales puede ser mal recibido y se convierte en parte de la construcción social del problema y no en aporte a la solución.

Así, la deriva conceptual compleja en que está atrapado este tema se da en los espacios digitales y mediáticos en los cuales evoluciona la “postverdad”, procesos en los cuales los promotores y detractores del extractivismo tratan de agilizar su presencia sin suficiente discusión en lo técnico. En este sentido, Gudynas (2017) habla de los “nudos” que amaran el extractivismo, en referencia a aquellas situaciones que desde la política lo perpetúan. También hay que reconocer que el nudo gordiano a nivel local no es solo la actividad extractiva per se, sino que contribuye también una visión política que puede consolidar conflictos “endémicos”. Según Santandreu y Gudynas (1998: 35) se trata de aquellos conflictos que “devienen en una dinámica cíclica, desarrollado por un periodo prolongado de tiempo, durante el cual no es posible alcanzar ningún tipo de finalización, ya que los actores en pugna entienden que su mantenimiento favorece sus estrategias de acción”.

Entonces, el nudo gordiano es claramente una situación de difícil solución, que no compete solamente al sector extractivo y a las empresas que son el medio por el cual se implementan las políticas en el territorio. Este modelo es, además, presentado con una órbita envolvente de elementos que permitirían contribuir

a deshacerlo, y que se presentan con otras cuatro d, en minúscula.

La primera de ellas es la distribución del poder, para conjurar el debilitamiento institucional. Esto se podría buscar a través de gobernanza del territorio, en especial en casos de alta complejidad (Vasseur et al., 2017), que incluye nuevas formas de ejercicio de la democracia, en las

cuales el bien común ambiental, y el desarrollo se convierten asuntos centrales. Se trata de nueva institucionalidad para nuevas ciudadanías, en el sentido de Guzmán Hennessey, 2015, para la construcción de abajo hacia arriba de la democracia. No solo es un espacio para el ejercicio de la coordinación de agencias del Estado sino que suple, además, de manera virtuosa, sus falencias, contribuyendo a la resiliencia socioecológica.

También se propone la democratización del conocimiento como antídoto para la desinformación. No solo se trata de informar a la población sobre algunos temas o socializar los proyectos sobre decisiones externas frecuentemente ya cumplidas sino, sobre todo, de una construcción desde adentro (las comunidades) hacia afuera, dirigida a los territorios y el país. Se trata de procesos profundos de gestión del conocimiento, con formas inclusivas de participación social y de creación de valor (Ver Rodríguez et al. 2021). Esta es una oportunidad para el sector y las empresas para acoger al concepto de “ciencia ciudadana”, que es un desarrollo de la investigación con participación social hacia la construcción social del conocimiento a través del diálogo de saberes¹⁰².

Además, un elemento englobante es el diseño económico redistributivo. La actividad

⁹⁹ Relacionado con este tema, la IPBES adelanta actualmente (2021) una evaluación global de la relación entre empresas y biodiversidad (business and biodiversity) de la cual se esperan lineamientos actualizados sobre los retos que surgen de la presencia sectorial en territorios de importancia para la diversidad.

¹⁰⁰ Con base en la intervención de Carolina Urrutia de la Revista Semana en el evento de IAL (2018).

¹⁰¹ La desprotección de los líderes sociales y ambientales viene evolucionando de manera muy negativa para la viabilidad de los intereses del sector y la sociedad en las regiones productoras y debería ser objeto de un análisis de parte de científicos sociales, además de una atención muy especial de parte del sector y las empresas.

¹⁰² En esta práctica los ciudadanos, a nivel local o en comunidades organizadas, participan en la recolección e integración de los datos y dan insumos para la construcción social del conocimiento con valor agregado. La ciencia ciudadana, como proceso apoyado por las empresas, contribuiría además a la creación de capacidades locales y legitimidad, a través de la coproducción del conocimiento.

sectorial se justifica como parte del desarrollo económico. Pero ya ha sido probado que el desarrollo económico no siempre produce beneficios en todas las escalas, además es común la situación de que los beneficios sociales no permean suficientemente hacia la sociedad. Como contrapropuesta, Raworth (2018) habla de una “economía redistributiva por diseño”. El rediseño de la actividad sectorial como una intervención económica redistributiva representa el mayor reto de construcción de legitimidad y recepción de licencia social en los territorios.

La apreciación de los elementos complejos del nudo gordiano lleva a la necesidad de un cambio transformativo en la forma como el sector se ve así mismo y al contexto social en que opera. Estamos claramente frente a una frontera de la gestión ambiental y social, que no queda bien servida con “más de lo mismo” y deberá incorporar elementos de innovación social frente a la cual se debería esperar, hasta que las condiciones sociales estén mejor dotadas para una discusión con aprobación social.

6.6.2 Escalamiento de complejidad en los asuntos en juego

Los temas relacionados con el cambio climático, hoy visto como una urgencia climática,

La sistematización de las formas de gobernanza que se desarrollan en torno a la actividad sectorial representa una oportunidad única para que el sector pueda ligar su propia viabilidad con las transiciones hacia la sostenibilidad.

y los de biodiversidad, que también han entrado en coyuntura crítica, ya no son de resorte exclusivo de las instituciones públicas que los tienen a su cargo, ni de los espacios sectoriales o empresariales y están llenando los espacios internacionales de discusión y litigio social. El seguimiento a los casos de litigio en estrados internacionales en los conflictos socioambientales asociados con los hidrocarburos debería ser de especial atención en los espacios de pensamiento y construcción de conocimiento sectorial (*think tanks*¹⁰³), con enfoques proactivos tales como derechos humanos y justicia climática.

Es un hecho comprobado que el siglo XXI está marcado por la irrupción generalizada de los derechos, denominados de tercera generación por las Naciones Unidas (Recuadro 9). Es evidente que sobre esta base se pueden leer los conflictos socioambientales en torno al petróleo y se podría hacer lo mismo con sus beneficios. La operación del sector en ocasiones parte de una situación de imposible social y ambiental, lo cual lo debe llevar de una manera a formular criterios de sostenibilidad, con inclusión social y protección de poblaciones. Estos enfoques, convertidos en procesos sociales (en el sentido de Serje, 2015), llevarían a la minería (y al sector hidrocarburos) a ganar licencia social.

La situación requiere la incorporación transparente en el ciclo de los proyectos de lineamientos del tipo salvaguardias. Lo que no debería suceder es que las políticas sectoriales o las actividades empresariales se hagan explícitamente en contravía al ejercicio de

esos derechos, vía su modificación legal o menosprecio en la práctica, lo cual ampliaría el espacio de sus litigios.

Un ejemplo claro de esto es la judicialización creciente de los asuntos climáticos, como producto de la nueva consciencia del clima en la sociedad, que ve con alarma el retraso de los gobiernos y las empresas en asumir decisiones que revertan la situación¹⁰⁴.

Las demandas contra empresas y sectores petroleros por presunta responsabilidad o culpabilidad frente al cambio climático ya llegaron a Colombia. La organización De justicia interpuso la primera tutela de este tipo en Latinoamérica, a nombre de niños y jóvenes, centrada en la obligación que tiene el Estado colombiano frente a la grave

deforestación de la Amazonia (ver <https://www.dejusticia.org/primera-tutela-contra-el-cambio-climatico-en-latinoamerica/>).

Interesante anotar que el proceso recibió apoyo de James Hansen, considerado el científico más autorizado del cambio climático a nivel mundial, que se dirigió a las autoridades colombianas recalcando la importancia y urgencia de actuar en este tema.

Se trata, pues, de un espacio emergente, frente al cual los gobiernos, sectores y empresas no están preparados. En el futuro inmediato se espera aumente la migración de los asuntos ambientales y sociales asociados con el petróleo hacia los estrados judiciales y se produzcan decisiones que puedan afectar el desarrollo del sector.

Recuadro 9 . Derechos de Tercera Generación según ACNUR. Énfasis añadido con aquellos que se relacionan directamente con el sector hidrocarburos.

- | | | |
|--|---|--|
| <p>1. Derecho al desarrollo sostenido: modelos y estructuras económicas que, además de generar beneficios propios, permitan el acceso a servicios básicos y garanticen la sostenibilidad del planeta;</p> <p>2. Derecho a la autodeterminación de los pueblos: el que tienen los países de determinar libremente su condición política y su modelo social y económico;</p> <p>3. Derecho a la paz: entendido no solo como ausencia de guerra</p> | <p>sino como la puesta en marcha de procesos positivos que fomenten la participación, el diálogo, la inclusión, la cooperación y la superación de conflictos;</p> <p>4. Derecho a la protección de los datos personales: pone la atención sobre los eventuales peligros y abusos a los que se exponen las personas ante el cada vez más extendido proceso de informatización¹⁰⁵;</p> <p>5. Derecho al patrimonio común</p> | <p>de la humanidad: alude al acceso a los bienes de tipo material e inmaterial que constituyen un legado de especial relevancia para comprender la evolución humana.</p> <p>6. Derecho a gozar de un medioambiente sano: todas las personas tienen derecho a disfrutar de ambientes sanos limpios y sostenibles. romper audazmente el “diálogo de sordos” en que frecuentemente caen estos procesos.</p> |
|--|---|--|

Fuente: elaboración propia sobre la base de ACNUR⁹⁶.

¹⁰⁴ Caso notorio es el reciente de la ciudad de Nueva York que demanda a las cinco mayores compañías petroleras del mundo, que en conjunto representan el 11 % de los GEI a nivel mundial. La ciudad estima que la demanda podría llegar a los miles de millones de dólares, necesarios para proteger la ciudad de los efectos directos del cambio climático. Ver https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2018/01/10/new-york-city-sues-shell-exxon-mobil-and-other-oil-majors-over-climate-change/?utm_term=.ce081bdf10a.

¹⁰⁵ Que sería más inconveniente cuando el diálogo directo es reemplazado por procesos virtuales.

¹⁰⁶ Ver https://eacnur.org/blog/derechos-humanos-tercera-generacion-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/.

¹⁰³ Frecuentemente estos espacios son trabajados con profesionales y expertos del sector de la ingeniería y las ciencias de la tierra. Parece un asunto crucial la entrada en estos espacios de profesionales y expertos de la ecología y las ciencias sociales.

6.6.3 Nuevos sujetos de derechos

Los marcos jurídicos regulatorios y las referencias legales frente a las cuales se analizan o dirimen los conflictos frente a las actividades extractivas están evolucionando rápidamente. En particular, en el reconocimiento de los derechos a la Naturaleza en general, como fue el caso de Ecuador (Gudynas, 2011) y su desarrollo particular para el caso de ríos (en Colombia el Atrato) y, recientemente, grandes espacios como la Amazonia colombiana. Estas declaraciones son vistas por los interesados en los asuntos ambientales y sociales como grandes victorias frente a la gestión ambiental insuficiente y también frente a los extractivismos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la adopción de los derechos de la Naturaleza no siempre viene acompañada por la dejación o siquiera disminución de los modelos extractivistas.

Hoy no es claro cómo y hasta qué punto el reconocimiento de los derechos de espacios de la Naturaleza afectará el desempeño ambiental y social de las empresas y del sector. En estos temas el sector no está preparado y a falta de una mirada prospectiva desde las ciencias ambientales y del Derecho, presumiblemente en el futuro cercano estará reaccionando frente a decisiones y sorpresas.

6.7 Petróleo y gas. Hacia un lugar preciso en la ruta hacia la sostenibilidad

La transición para el sector hidrocarburos es un asunto complejo, pues el modelo productivo y las finanzas del Estado son altamente dependientes del petróleo. Un plan de disminución de emisiones, en el marco de

la “contribuciones nacionalmente determinadas” (Gobierno de Colombia, 2020), debe ir acompañado de una estrategia de transición energética fiscal y ecológica en los territorios.

En particular, una menor disponibilidad del petróleo, por escasez, costo o imperativos jurídicos, genera retos para el modelo económico actual, esto porque los hidrocarburos, por

La creación de un observatorio socioambiental para el sector, con fuerte componente jurídico, permitiría prever situaciones no deseadas y, sobre todo, afinar cuál será su desempeño en el marco de transiciones socioecológicas a la sostenibilidad que indefectiblemente contendrán estos temas.

ejemplo, juegan un papel de soporte a la red interconectada que se basa principalmente en energía hidroeléctrica; papel que podría aumentar o variar en un escenario de aumento de la demanda en los próximos veinte años. Además, el suministro de la energía hidroeléctrica no está exento de las incertidumbres asociadas con el cambio climático. Por último, a nivel interno, la demanda de energía podría seguir subiendo y, aunque una parte de la energía hidroeléctrica y del petróleo extraído se exporta, el país tiene que definir cuáles serán sus fuentes energéticas para el futuro.

No es un escenario fácil para la sostenibilidad, pues las represas tienen costos ambientales y sociales importantes y se estarían arriesgando grandes funciones ecológicas propias de los en ríos no regulados y sus planos de inundación¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Recientemente la revista Science publicó un artículo referido a los grandes retos de sostenibilidad en el sector hidroenergético (Le Roy & Olden, 2017).

Los costos ambientales y sociales de la expansión de la canasta energética se deben sopesar cuidadosamente en un escenario de estabilización o decrecimiento del sector de hidrocarburos¹⁰⁸. Por supuesto, la historia reciente demuestra que no es un fin determinado¹⁰⁹ sino una tendencia en la que hay fluctuaciones dentro de una indefectible trayectoria a la disminución.

Además, las transiciones deberían venir acompañadas de una decisión sobre el bienestar, con énfasis en indicadores a escala local. Colombia se sitúa como una sociedad emergente, en la cual recientemente se han visto mejoramientos en los indicadores de pobreza monetaria y multidimensional expresadas como porcentaje de la población¹¹⁰, lo cual requiere el mantenimiento de este proceso, que podría reversarse. Esto tiene que

ver con la paz, la seguridad y la dinámica económica, que afecta los indicadores de bienestar. No parece viable que en medio de la creciente demanda de recursos al Estado sea posible prescindir en el corto plazo de las rentas y regalías provenientes del petróleo.

Por último, la transición también debe ser social y ecológica en los territorios (Tabla 9). Todos los diagnósticos ambientales, incluyendo los oficiales¹¹¹ y los independientes, coinciden que el país ha recibido un legado histórico de una importante huella ecológica espacial (Etter *et al.*, 2011) que continúa aumentando y llevando algunas regiones y ecosistemas a un estado crítico (Etter *et al.*, 2020). Por ahora es un proceso que se mantiene hacia la insostenibilidad social y ecológica de grandes territorios, en gran parte los que coinciden con las actividades extractivas.

Tabla 9 Relaciones entre las dimensiones de la sostenibilidad.

	Componentes		
	Ambiental	Social	Económico
Ambiental	Conservacionismo. No interesan los costos sociales y económicos	Enfatiza los elementos ambientales que facilitan la calidad de la vida humana.	Enfatiza la viabilidad económica y ambiental del sistema social.
Social	Socioambientalismo. Enfatiza las funciones ambientales que benefician grupos sociales vulnerables.	Agendas de bienestar social que no reconocen dependencias con lo ambiental.	Equidad. Aspectos redistributivos de la economía.
Económico	Viabilidad o factibilidad económica de las medidas ambientales.	Empleo. Beneficios sociales producto del crecimiento económico.	Economicismo. Los ambiental y social son externalidades.

Fuente: elaboración propia.

¹⁰⁸ Pero no se trata aquí del agotamiento del recurso en sí sino de la emergencia de situaciones sociales y ambientales que lo limitarán. En efecto, a nivel global el máximo de disponibilidad del petróleo se habría dado en 1974 o en 2002 (fecha en las cuales se habría consumido la mitad). Hacia 2009 se estima existían todavía 7 mil millones de barriles, lo cual claramente muestra que no es el agotamiento del petróleo el que traiga consigo la solución.

¹⁰⁹ Al respecto resulta oportuno el libro de Roberts (2004) “The End of Oil. On the Edge of a Perilous New World” (El fin del petróleo, en el borde de un mundo peligroso) que muestra las tendencias que actualmente se están consolidando, en especial en torno al cambio climático.

¹¹⁰ La pobreza multidimensional ha mantenido una tendencia decreciente desde 2010, paso del 30,4% (13 719 999) a inicio de la década a 17,8 % (8 586 000) en 2016. Ver <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2016>. Esta tendencia se ha visto modificada por la irrupción en el 2020 de la pandemia del Covid-19, cuyos efectos sobre esta tendencia son apenas hoy objeto de estudio.

¹¹¹ Ver, por ejemplo, los análisis multitemporales de las coberturas del país presentados por el IDEAM en 2017.

Lo anterior lleva a proponer que las transiciones fiscales, energéticas y de la calidad de vida y el bienestar se deben traducir en territorios más saludables en sus atributos sociales y ecológicos. La transición implica curvar explícitamente la tendencia hacia el 2030-2050 en relación con los ODS y cumplir con el Acuerdo de París, además de otros compromisos ambientales como el CDB.

Así las cosas, se propone que los beneficios económicos que aporta la actividad extractiva sean dirigidos hacia la gestión de los factores que permitirían superar la pobreza, en especial cuando esta se manifiesta en una trampa socioecológica de la pobreza, esto es cuando y degradación ambiental es producto de la pobreza y es causa, a su vez, de la imposibilidad de salir de ella. La bioeconomía se sitúa en esta dirección.

Los beneficios distributivos de la actividad petrolera (impuestos, regalías y dividendos) podrían convertirse en un factor externo de choque que mueva el sistema más allá del dominio de estabilidad del estado de trampa y promueva su reorganización en otro estado de mayor complejidad y resiliencia deseada. Ningún otro sector está en capacidad de tener en el corto plazo el músculo financiero para hacerlo y generar indicadores materiales de ganancia neta en los territorios.



Foto: Felipe Villegas

“No hay dos crisis separadas, una ambiental y otra social, sino una sola y compleja crisis socioambiental. Las líneas para la solución requieren una aproximación integral para combatir la pobreza, para devolver la dignidad a los excluidos y, simultáneamente, para cuidar la naturaleza.”

Papa Francisco. Carta Encíclica Laudato Si

7. Nueva valoración para una Naturaleza vulnerable

7.1 El daño ecológico

Reencontrar el lugar del ser humano en el devenir de la Naturaleza lleva a considerar una lectura del concepto de daño ambiental (harm) y su relación con la responsabilidad. El daño ecológico es uno de los temas menos atendidos en Colombia y de los más complejos (Rodríguez y Vargas, 2016) por sus escalas espaciales y temporales y las ramificaciones profundas que tiene en el sistema socioecológico.

La gestión ambiental, en su sentido convencional, se proyecta a la prevención del daño (probado) y la gestión del riesgo (probable). En escenarios de cambio global la prevención y gestión del riesgo se ve limitada por el tipo y magnitud de los procesos socioecológicos en cuestión. En estas condiciones es importante explorar el concepto de responsabilidad frente al riesgo ambiental.

Desde la perspectiva de las ciencias ambientales, y frente al cambio ambiental global, el concepto convencional de daño ambiental y ecológico resulta insuficiente, bajo la premisa de que las dinámicas de la Naturaleza y de los seres humanos son inseparables e interdependientes. Esto requiere una nueva conceptualización de la causa directa y de las redes de causalidades complejas, también de las responsabilidades individuales y colectivas. Para ello, el cambio climático se constituye en un tema del cual dependerá el desarrollo futuro de una ética ambiental en contextos de cambio acelerado.

7.2 Ética y cambio climático

Para entender la dimensión ética del cambio climático Broome (2012) presenta el concepto del daño ambiental, que puede ser accidental o imprevisible, incidental como resultado de algo que se hace y se conoce e intencional o culposo. El daño accidental se maneja a través de la prevención y se resarce a través de la reparación. Hacer el daño por accidentalidad no es inmoral o injusto; lo sería sin resarcimiento de la obligación que genera. También hay daño incidental a través de las emisiones, cuando la consecuencia de una acción es conocida y reconocida a través del análisis

Las acciones del sector hidrocarburos, como agente de la sociedad en la generación de causas del cambio climático, lo proyectan peligrosamente hacia escenarios de presunta culpabilidad. Por eso su respuesta debe integrar consideraciones no solo técnicas sino éticas.

científico. En este sentido, las emisiones de GEI que causan un daño ambiental son incidentales. Se conciben como impactos acumulados, cada vez más conocidos y reconocidos, de los cuales emergen sorpresas. La sorpresa es uno de los atributos emergentes más reconocidos en el cambio ambiental global¹¹². Por supuesto, el daño ambiental también puede ser intencional.

Para distinguir en la tenue línea entre la causa y la culpabilidad, Broome hace una

distinción entre injusticia e inmoralidad. Las emisiones son injustas cuando quien las efectúa tiene la opción de no hacerlo y, en este caso, debe compensarlas, pero la compensación no cancela la injusticia. La compensación que parte de una inequidad debe tener una condición redistributiva, es decir, debe ayudar a mejorar el bienestar de los sectores más vulnerables de la población.

En este sentido, las acciones de prevención, precaución y reparación deben buscar, adicionalmente, un efecto redistributivo hacia una mayor equidad. Por las grandes implicaciones que tiene el proceso climático sobre el bienestar o malestar de los seres humanos actuales y futuros, y la inequidad en esta relación, el asunto tiene que ver con los valores. Emerge como un asunto ético (Laudato Si). Esto requiere una diferenciación y complemento entre la acción individual y la colectiva.

La ética prevalente en la sociedad de mercado actual es hija de la ilustración y privilegia los derechos individuales, sobre los colectivos¹¹³. Sin embargo, en una perspectiva socioecológica del cambio ambiental global esta postura es insostenible. En un mundo en cambio ambiental, la salud del sistema ecológico como expresión del bien colectivo determina la posibilidad de existencia del ejercicio de los derechos individuales y colectivos. Son interdependientes.

Según (Broome, 2012), en el ámbito de lo individual (privado) prima el principio de ser justo y de no hacer daño al otro. En el ámbito de lo colectivo (público) se trata de

mejorar el mundo (o evitar que empeore), es decir, estamos en el ámbito de la moralidad colectiva. No es lo mismo la responsabilidad de un consumidor, que la de quien define las políticas que llevan a una forma de consumo. Las responsabilidades dependen, además, del ámbito de influencia del actor y de los procesos ecológicos en la escala en que se afectan.

Igualmente, el daño generado en el pasado no puede derivar en responsabilidad individual, pues la decisión se produjo mucho antes de que pudiera entrar en juego el ejercicio individual del juicio moral. La responsabilidad es colectiva se remonta a los antecedentes históricos de la civilización del petróleo, pero emerge como culpa solamente cuando hay actores que existen hoy (como individuos, empresas o colectivos políticos) que han tomado decisiones contrarias en medio de la evidencia de la ciencia o que han manipulado la verdad científica para favorecer sus propios intereses¹¹⁴. No podría decirse lo mismo hacia el futuro de continuar aplazando decisiones, caso en el cual la responsabilidad se traslada hacia individuos que pueden ser llevados a los tribunales¹¹⁵ (Recuadro 10). En cambio, las decisiones en el ámbito de lo público si tienen la posibilidad, en tiempos más cortos y adecuados, de mejorar el mundo. Los gobiernos tienen en sus manos instrumentos que regulan el comportamiento de los individuos, incluso si los ciudadanos responden solo por obligación y en nada por conciencia.

¹¹² La continuidad de las sorpresas por fuera del comportamiento normal, cuando se repiten en el tiempo, estarían generando una "nueva normalidad".

¹¹³ La ética prevalente en la sociedad de mercado actual es hija de la ilustración y privilegia los derechos individuales sobre los colectivos. "No existe la sociedad sino solo el individuo" en la visión Thatcher (Ver <https://www.theguardian.com/politics/2013/apr/08/margaret-thatcher-quotes>). Sin embargo, en una perspectiva socioecológica del cambio ambiental global esta postura es insostenible.

¹¹⁴ Ver el libro *The Merchants on Doubt* (Los mercaderes de la duda), de Oreskes y Conway (2010).

¹¹⁵ De hecho, un tema emergente es la creciente judicialización de los asuntos ambientales en torno a conceptos como justicia ambiental, que están generando numerosos procesos judiciales en los cuales los responsables de decisiones que han ocasionado daño son requeridos a comparecer.

Recuadro 10 Escalamiento judicial de la crisis climática.

La preocupación internacional por las emisiones de CO₂ generadas por distintos sectores industriales y las repercusiones que tienen en el cambio climático impulsaron a que la ONG Milieudefensie (rama holandesa de Amigos de la Tierra), junto con otras seis organizaciones, interpusieran una demanda contra el gigante petrolero¹¹⁶. En efecto esta compañía tiene actualmente un

objetivo de reducción de emisión de carbono de sus productos de al menos un 6 % para 2023; 20 % para 2030; 45 % en 2035 y del 100 % (descarbonización) para 2050, comparados con los niveles de 2016. Con este acuerdo se esperaría una reducción del 45 %¹¹⁷ con respecto al 2019, de sus emisiones de gases de efecto invernadero antes de finalizar el 2030 y no de tan solo el previsto 20 % para el mismo

año. Con este fallo se busca que más empresas se sumen a reducir sus emisiones, cumpliendo con el Acuerdo de París sobre el cambio climático, que entraron en vigor el 4 de noviembre de 2016. Por otra parte, el tribunal al reconocer la significancia de la compañía en las metas de reducción globales, la obliga también a que de manera directa busque también reducir las emisiones de CO₂ de sus clientes.

Fuente: tomado de Milieudefensie¹¹⁸.

Los gobiernos tienen la obligación de generar las condiciones que hacen posible el ejercicio del comportamiento justo del individuo. De ello son moralmente responsables.

Así las cosas, según Broome (2012), las compensaciones al daño (en el sentido general) no cancelan la injusticia, pero solo serían moralmente aceptables si se dan en un contexto que no agravan o realimentan el daño, o sea, en nuestros términos no retrasan o cancelan la transición. Hay injusticia generacional, pues cada ser humano nuevo, nace en un ambiente de menos espacio de regulación del carbono en la atmosfera¹¹⁹.

En este sentido, la ética ambiental transita de lo que es justo o no (daño accidental, incidental y dolo) a los que es bueno; es decir, de la moralidad privada a la pública. La postura ética implica reconocer que más allá de lo que es bueno o malo para la tierra (en el sentido de Aldo Leopold), hay un espacio para hacer el bien en medio de una trayectoria que hasta cierto punto acarrea ya un cambio o una inercia hacia lo inevitable.

7.3 Ampliar el espacio para la reparación

Corresponde al Estado, como obligación moral, la creación de las condiciones para que el ejercicio individual de la justicia ambiental pueda tener un impacto en los procesos planetarios. Se hace necesario modificar la regla de creación de valor social asignada a la actividad

extractiva de hidrocarburos, que se expresa en rentas, impuestos, regalías y otras contribuciones como tasas y dividendos, esta última diferenciando entre los actores involucrados stakeholders y quienes comparten beneficios directamente en el negocio shareholders .

En el caso de ciclo del carbono, las transferencias que se producen por una actividad que inherentemente (incidentalmente) produce emisiones deben estar dirigidas a compensar el balance o a mejorar la capacidad de resistencia de los sistemas sociales y ecológicos en el territorio ante el cambio climático.

En Colombia, la respuesta para mitigar a huella de carbono proviene del sector energía (y de su exportación, que no se contabiliza como huella de carbono de quien exporta) podría integrarse con la respuesta a la otra parte de la huella representada en la deforestación.

Así las cosas, las regalías, por ejemplo, podrían verse como una transferencia desde el capital natural no renovable al capital social y ecológico. En este sentido, son iluminadoras las palabras de Kate Raworth (2017): “no se cambian las cosas luchando contra la realidad existente. Para cambiar algo, construya un nuevo modelo que haga obsoleto el modelo actual”. Esto debería ir más allá de la visión convencional de la acción social y ambiental del sector hidrocarburos. Hablar con propiedad de un rol para las actividades extractivas, en una ruta hacia la sostenibilidad, debe partir de un postulado explícito de verdad, justicia, reparación y no repetición, así:

- Verdad: evidencia, cuando no se puede negar el daño. En este sentido, la ciencia es cada vez más contundente;
- Justicia, porque no se trata solo de una falla técnica o una insuficiencia tecnológica sino de un conflicto socioambiental, en el cual se producen cambios redistributivos, que pueden exacerbar la inequidad;

• Reparación es reconocer que el único camino para corregir la injusticia ambiental es escalar la reparación en el sistema socioecológico y convertirlo en un elemento de práctica de la ética pública ambiental;

• No repetición, porque la transición en espacios locales y subnacionales tiene que crear de manera genuina el espacio para cambios en la política y poder afirmar que se está en una transición.

7.4 Acuerdo sobre lo fundamental

El bien común puede constituirse en un referente para construir una gestión alineada con las transiciones hacia la sostenibilidad. Ya no sería suficiente hablar de biodiversidad-ecosistemas y bienestar humano o incluso gestión del riesgo. La IPBES habla hoy de “beneficios de la Naturaleza para la gente”, que no fluyen automáticamente desde los ecosistemas a través de los decisores racionales hacia el bienestar humano, sino que están mediados por los sistemas de conocimiento y valoración y las relaciones políticas en la sociedad, enmarcados dentro de un modelo previo interpretativo del mundo, en el que los sistemas múltiples de valores tienen, por fin, una voz (Díaz et al., 2015).

Hoy el asunto no es si se dará o no este paso, sino cuándo y si será en un tiempo suficiente para revertir la tendencia hacia un mundo de inseguridades e injusticias

El sector hidrocarburos podría constituirse en un motor de una bioeconomía o economía ecológica para convertirse en una fuerza regenerativa (reparativa y redistributiva) de la relación entre la sociedad y la Naturaleza.

¹¹⁶ Shell tiene actualmente un objetivo de reducción de emisión de carbono de sus productos de al menos un 6% para 2023; 20% para 2030; 45% en 2035 y del 100% (descarbonización) para 2050, comparados con los niveles de 2016”.

¹¹⁷ Tal como lo menciona Gudynas en su crítica a los gobiernos extractivistas de izquierda, que declaran que están en una transición del extractivismo hacia el buen vivir, mientras en la práctica contribuyen a profundizar el extractivismo.

¹¹⁸ Ver <https://en.milieudefensie.nl/climate-case-shell>.

¹¹⁹ En efecto, una persona promedio de un país más desarrollado en su vida emite 800 toneladas de dióxido de carbono.



La postura ética que aquí se propone para trabajar con las actividades extractivas implica un compromiso previo (político y empresarial) de reconocer la necesidad de la transición y demostrar que se están dando los pasos hacia ella. Sería una postura por demás ética y en situación.

socioambientales. Por este motivo, es urgente un cambio de visión no solamente sobre el no uso del petróleo (el que se dice debe quedar en tierra) sino sobre el uso de múltiples beneficios que se generan en una perspectiva de transiciones energéticas, fiscales ecológicas y culturales; en especial porque en el corto plazo los beneficios de los hidrocarburos no son fácilmente reemplazables. Mientras existan se deben usar con extrema prudencia y justicia. El petróleo, “el fuego de los dioses” es sagrado (ver <https://www.las2orillas.co/recursos-naturales-tan-sagrados-como-los-publicos/>) y solo debería ser usado para fines superiores, como sería la regeneración social y ecológica de los territorios en los que ha basado su accionar.

GLOSARIO

Sostenibilidad

Formas de progreso que satisfacen las necesidades de recursos naturales y servicios ambientales de las generaciones actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Fuente: Glosario de Agricultura Orgánica de la FAO. 2009.

TSS

Diez puntos estratégicos o procesos de cambio cuya importancia es decisiva para obtener un estado nacional de bienestar que modifique la inconveniente trayectoria actual del país en materia ecológica y social. La propuesta identifica estado, tendencias recientes, obstáculos y oportunidades en la gestión sostenible de la biodiversidad, y hace un llamado de emergencia para la puesta en marcha de políticas y acciones en los planes de desarrollo nacional, regionales y locales, asimismo en los compromisos pactados en el Acuerdo de Paz.

Fuente: Andrade, G. I., Chávez, M. E., Corzo, G. & Tapia, C. (Eds.). 2018. Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad. Gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio en el territorio continental colombiano. Primera aproximación. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Huella ecológica

Se trata de un enfoque que pretende cuantificar el impacto de un individuo promedio sobre la biósfera partiendo de su consumo de energía, alimentos y recursos naturales, en relación con la capacidad que tiene el ambiente biofísico para subsanar este impacto, con lo que es posible derivar en el cálculo comparativo de índices por países y su variación en el tiempo. **Fuente:**

Revista Javeriana. Tomado de: <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/tag/huella-ecologica/>.

Organismos aeróbicos

Organismos aerobios o aeróbicos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno diatómico.

Fuente: EcuRed. Tomado de: https://www.ecured.cu/Organismo_aerobio.

Estromatolitos

Estructuras organo-sedimentarias laminadas (típicamente de CaCO₃) que crecen adheridas al sustrato y emergen verticalmente del mismo, produciendo estructuras de gran variedad morfológica, volumétrica y biogeográfica. Su inicial formación y desarrollo a lo largo del tiempo, se debe a la actividad de poblaciones microbianas (típicamente dominadas por cianobacterias), que pasivamente facilitan la precipitación de carbonatos.

Fuente: Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. Tomado de: <https://www.geologia.unam.mx/contenido/estromatolitos>.

Combustibles fósiles

Depósitos geológicos de materiales orgánicos combustibles que se encuentran enterrados y que se formaron por la descomposición de plantas y animales que fueron posteriormente convertidos en petróleo crudo, carbón, gas natural o aceites pesados al estar sometidos al calor y presión de la corteza terrestre durante cientos de millones de años.

Fuente: Esolcourse. Tomado de: <https://www.esolcourses.com/content/topics/environment/climate-change/climate-change-vocabulary.html> unam.mx/contenido/estromatolitos.

Cambio Climático

Variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Fuente: IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra.

Cambio Climático

Variación del estado del clima identificable (p. ej., mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios

antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

Fuente: IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra.

Flujos biogeoquímicos

Ciclos biogeoquímicos (Gr. Bio - vida, geo - suelo, químico - procesos) o ciclos de los nutrientes a los caminos o vías por las que circulan los elementos y algunos compuestos de manera continua a través de los ecosistemas o entre los ecosistemas, es decir, pasan una y otra vez entre los organismos y el ambiente. El flujo de energía y los ciclos biogeoquímicos son procesos importantes, ya que están relacionados con la circulación de sustancias y energía a través de los niveles de alimentación del ecosistema, con la particularidad de que en los ciclos biogeoquímicos el movimiento de la materia es circular dentro del ecosistema.

Fuente: Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Tomado de: <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/estructura-procesos-ecosistema/ciclos-biogeoquimicos>.

Acidificación de los océanos

Durante los últimos 200 años, la quema generalizada de combustibles fósiles, la deforestación y la producción de cemento han liberado más de 500 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera de las cuales aproximadamente la mitad en los últimos 30 años. La emisión de cada vez más y más CO₂ en la atmósfera, conlleva a que los océanos absorban mayores cantidades de dióxido de carbono a un ritmo cada vez más rápido. Cuando el CO₂ adicional liberado en la atmósfera se disuelve en el agua de mar, tienen lugar una serie de reacciones químicas que resultan en el proceso conocido como la acidificación oceánica. El CO₂ se disuelve en el agua de mar para formar ácido carbónico, cambiando la química de los océanos hacia condiciones más ácidas y alteran la capacidad del sistema marino para ajustarse a otros cambios de CO₂ que se producen naturalmente a lo largo de los milenios, cambiando significativamente la química de los mares y llevando a una acidificación progresiva.

Fuente: Laffoley, D., Baxter, J.M., Turley, C., Jewett, L., y Lagos, N.A., (editores). 2017. Una introducción a la acidificación del océano: Lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder. UICN. Tomado de: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/Rep-2017-012-Es.pdf>.

Cadena trófica

Flujo de energía y materia dentro de una comunidad mediante relaciones de alimentación.

Fuente: Begon, M., Mortimer, M., & Thompson, D. J. (2009). Population ecology: a unified study of animals and plants. John Wiley & Sons.

Contaminación química

Se considera contaminante (agente) químico al elemento o compuesto químico cuyo estado y características fisicoquímicas le permiten entrar en contacto con los individuos, de forma que pueden originar un efecto adverso para su salud. Sus vías principales de penetración son la inhalatoria, la dérmica y la digestiva.

Fuente: <http://www.uco.es/RiesgosLaborales/fisicoyquimico/contaminantes/tutorials/view/6-Introduccion-a-los-contaminantes>.

Bioacumulación

Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos. Algunos metales pesados e hidrocarburos clorados son acumulados por los organismos acuáticos. Es por eso que pueden encontrarse concentraciones muy altas de estos elementos químicos en tejidos biológicos, aún cuando se hallen extremadamente diluidos en el medio acuático circundante.

Fuente: Marcovecchio, J.E.; Moreno, V.J. & A. Perez. 1991. Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca Estuary, Argentina. Marine Environmental Research vol. 31: 263-274.

Antropoceno

El término se ha creado para designar las repercusiones que tienen en el clima y la biodiversidad tanto la rápida acumulación de gases de efecto de invernadero como los daños irreversibles ocasionados por el consumo excesivo de recursos naturales.

Fuente: Laboratorio Virtual de Riesgos Laborales. Universidad de Córdoba. Tomado de: <https://es.unesco.org/courier/2018-2/antropoceno-problemativa-vital-debate-cientifico>.

Sistema socioecológico

Sistema integrado de ecosistemas y sociedad humana con retroalimentaciones recíprocas e interdependencias. El concepto hace énfasis en la perspectiva humanas en la naturaleza. Es el sistema en el que interactúan los componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, entre otros.

Fuente: Dourojeanni, A., Jouralev, A., & Chávez, G. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica. Santiago de Chile: ONU.

Gestión del riesgo de desastres

De acuerdo con la ley 1523 del 2012, la Gestión del Riesgo corresponde al “proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, (rehabilitación y reconstrucción). Esto con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”.

Fuente: Ministerio de Ambiente. Tomado de: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/gestion-del-riesgo-de-desastres/>.

Mitigación

La mitigación actúa a largo plazo sobre las causas del cambio climático para evitar consecuencias globales a través de acciones como la reducción de GEI, captura de CO₂, reduciendo el uso de combustibles fósiles o usando energías renovables.

Fuente: Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Informe de Síntesis

del IPCC. Tercer Informe de Evaluación. Retrieved March 18, 2017 MinAmbiente. (2017). Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones. Florián Buitrago, Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. Tomado de: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Poli_CC_A2_B16_C6_WEB_Resumen_de_la_PNCC_dirigido_a_tomadores_de_decision.pdf.

Adaptación

La adaptación actúa de forma más rápida sobre las consecuencias del cambio climático para reducir sus impactos, a través de acciones principalmente locales de conservación, restauración, diversificación agrícola y productiva, uso de infraestructura, medios de vida alternativos sostenibles, entre otras.

Fuente: MinAmbiente. (2017). Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones. Florián Buitrago, Maritza; Pabón Restrepo, Giovanni Andrés; Pérez Álvarez, Paulo Andrés; Rojas Laserna, Mariana; Suárez Castaño, Rodrigo. Tomado de: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Poli_CC_A2_B16_C6_WEB_Resumen_de_la_PNCC_dirigido_a_tomadores_de_decision.pdf.

Servicios ecosistémicos

Beneficios que los ecosistemas proveen a los seres humanos.

Fuente: Millenium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being. Vol. 5. Island Press, Washington, DC.

Resiliencia

La ‘resiliencia ecológica’ es a la capacidad de un sistema ecológico para recuperar sus

propiedades después de verse alterado por un perturbación. Es la capacidad de comunidades y ecosistemas para resistir perturbaciones (incendios, inundaciones, etc.) y regenerarse después de la perturbación.

Fuente: Oikos. Tomado de: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/index.php/articulos/produccion-de-carne/17-recuadros/233-resiliencia>.

Lista Roja

La Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, como inventario mundial, permite alertar al respecto del estado de la biodiversidad mundial; sus aplicaciones a nivel nacional permiten a los tomadores de decisiones considerar las mejores opciones para la conservación de las especies.

Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Tomado de: <https://www.iucn.org/es/regiones/am%C3%A9rica-del-sur/nuestro-trabajo/pol%C3%ADticas-de-biodiversidad/lista-roja-de-uicn>.

Ecología del paisaje

La Ecología del Paisaje (EP) busca aportar un marco de integración a través de la aplicación de conceptos unificadores e interdisciplinarios, y de la incorporación de los avances tecnológicos disponibles para el estudio de los ecosistemas, como los Sensores Remotos y los Sistemas de Información Geográficos. La EP se ha venido consolidando durante los últimos 40 años en un marco científico interdisciplinario, que busca abordar la compleja relación de las sociedades humanas y sus espacios de vida, de manera que permita estudiar y entender los ecosistemas naturales y sus diversos grados de transformación antropogénica, cada día más extendido.

Fuente: Etter, A. 1991. Introducción a la ecología del paisaje. Un Marco de

Integración para los Levantamientos Ecológicos. Tomado de: <file:///E:/Descargas/NotasEPvers2012a.pdf>.

Diversidad funcional

La diversidad funcional tiene el objetivo de incorporar las características funcionales de cada una de las especies dentro de la dinámica de los ecosistemas y ha sido propuesta como la clave para entender la relación entre la diversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas.

Fuente: F. Córdova-Tapia¹ y L. Zambrano. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 24(3): 78-87 [Septiembre-Diciembre 2015] Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-3.10.

Integridad ecológica

Concepto que informa sobre el nivel de conservación de los ecosistemas. El término supone el reconocimiento de una cierta condición original, una naturaleza básica.

Fuente: F. Córdova-Tapia¹ y L. Zambrano. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas* 24(3): 78-87 [Septiembre-Diciembre 2015] Doi.: 10.7818/ECOS.2015.24-3.10.

Integridad ecológica

Concepto que informa sobre el nivel de conservación de los ecosistemas. El término supone el reconocimiento de una cierta condición original, una naturaleza básica.

Fuente: Vélez R., L. A., & Gómez S., A. 2008. Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *ARBOR Ciencia, Pensamiento Y Cultura*, 729,31-44. Retrieved from.

Huella de carbono

La huella de carbono (HC) es un indicador de la cantidad de gases de efecto

invernadero (GEI) generados y emitidos por una empresa o durante el ciclo de vida de un producto a lo largo de la cadena de producción, a veces incluyendo también su consumo, recuperación al final del ciclo y su eliminación¹⁴. La HC considera los 6 GEI identificados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). La HC se mide en toneladas equivalentes de dióxido de carbono (tCO₂e), a fin de poder expresar las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero en una unidad común. **Fuente:** Alicia Frohmann, A y Olmos, X. 2013. Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Tomado de: <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4101/S2013998rev1.pdf>.

Carbono neutralidad

La carbono neutralidad se da cuando un país, una industria, una organización, una ciudad, e incluso, un ser humano, logra que las emisiones que genera a través de las actividades que realiza sean proporcionales a la captura de carbono que éste o ésta hace.

Fuente: Fondo Mundial para la Naturaleza. Tomado de: <https://www.wwf.org.co/?367514/Que-significa-que-Colombia-quiera-ser-carbono-neutral-para-2050>.

Compensación

Consiste en las acciones que tienen como objeto resarcir a la biodiversidad por los impactos o efectos negativos que no puedan ser evitados, corregidos,

mitigados o sustituidos y que conlleven pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas naturales terrestres y vegetación secundaria; de manera que se garantice la conservación efectiva de un área ecológicamente equivalente donde se logre generar una estrategia de conservación permanente y/o su restauración ecológica, a fin de que al comparar con la línea base se garantice la no pérdida neta de biodiversidad.

Fuente: MADS. 2012. Manual para la asignaciones por pérdida de Biodiversidad.

Preservación

Es la protección y salvaguarda del conjunto de valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y en un determinado momento y que influyen en la vida del hombre y en las generaciones futuras. Esto abarca no solo el espacio en donde vive, sino también las diferentes especies animales, plantas, agua, suelo, aire y la relación entre ellos.

Fuente: Parque Nacionales Naturales de Colombia. Tomado de: <https://sites.google.com/site/lpmojb2019/definicion>.

Restauración ecológica

Recuperación asistida de un ecosistema degradado o destruido con el objetivo de recuperar su composición y función natural.

Fuente: Jackson, L. L. (1992). The role of ecological restoration in conservation biology. In *Conservation biology* (pp. 433-451). Springer US.

Soluciones basadas en la naturaleza

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) define las soluciones basadas en la naturaleza como “acciones para proteger,

gestionar de forma sostenible, y restaurar los ecosistemas naturales o modificados, que abordan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad”. En términos más generales, “soluciones basadas en la naturaleza” es un término que se puede utilizar para describir enfoques alternativos y no tradicionales a los problemas ambientales, como inundaciones, escasez de agua o erosión del suelo, mediante el aprovechamiento del capital natural.

Fuente: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Tomado de: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/que-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-por-que-son-importantes/>.

Conflictos socioambientales

Son procesos interactivos entre actores sociales movilizados por el interés compartido en torno a los recursos naturales, como tales: son construcciones sociales, creaciones culturales, que pueden modificarse según cómo se los aborde y se los conduzca, según cómo sean transformados y según cómo involucren las actitudes e intereses de las partes en disputa. Son aquellos producidos por la interacción de los seres humanos con su ambiente y tienen que ver con el manejo de recursos escasos, como el agua, el suelo, el aire, entre otros.

Fuente: Spadoni, E. (n.d.). Los conflictos socioambientales en el contexto Latinoamericano. Tomado

de: [http://www.ifp-ew.eu/resources/ConflictosSocioAmbLatAm\(esp\).pdf](http://www.ifp-ew.eu/resources/ConflictosSocioAmbLatAm(esp).pdf).

Gobernanza

Realización de relaciones políticas entre diversos actores involucrados en el proceso de decidir, ejecutar y evaluar decisiones sobre asuntos de interés público, proceso que puede ser caracterizado como un juego de poder, en el cual competencia y cooperación coexisten como reglas posibles; y que incluye instituciones tanto formales como informales. La forma e interacción entre los diversos actores refleja la calidad del sistema y afecta a cada uno de sus componentes; así como al sistema como totalidad.

Fuente: Whittingham M., M. V. (2010). ¿Qué es la gobernanza y para qué sirve?. Revista Análisis Internacional, 2., 219–235.

Gestión ambiental

La Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos se define como el proceso por el cual se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido y en diferentes estados de conservación, con el fin de maximizar el bienestar humano, a través del mantenimiento de la resiliencia de los sistemas socio ecológicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la biodiversidad y sus Servicios ecosistémicos. PNGIBSE. Bogotá, D.C., Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade Pérez, A., Herrera Fernández, B., Cazzolla Gatti, R., (Eds.), 2010. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-Based Adaptation and Lessons from the Field. Ecosystem Management Series No. 9. IUCN, Gland, Switzerland. 164 pp.
- Andrade, G. I. 2019. El petróleo en la coyuntura crítica de la sostenibilidad. En Asociación Colombiana de Petróleo y Gas. ACP. Conferencia magistral, Bogotá, D. C.
- Andrade G. I., M. E. Cháves, G. Corzo & C. Tapia (eds.). 2018. Transiciones socioecológicas hacia la sostenibilidad. Gestión de la biodiversidad en los procesos de cambio en el territorio continental colombiano. Primera aproximación. Bogotá, D. C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 220 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35145>.
- Andrade, G. I. & M. C. Londoño. 2016. Cadena de valor en la generación del conocimiento para la gestión de la biodiversidad. *Biodiversidad en la Práctica* 1 (1). Disponible en <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/45>.
- Andrade, G. I. 2012. Biodiversidad: contrasena inestable entre la ciencia y la gestión. En. Cap. 15. J. A. Sánchez & S. Madriñán (Eds.). Biodiversidad. Conservación y Desarrollo. Ediciones Uniandes. Colección Ciclo Básico. Bogotá, D. C. Colombia.
- Andrade, G. I. 2011. Propuesta preliminar para el monitoreo y conservación de la biodiversidad en la transformación agrícola de la Orinoquia. Pp. 88-105. En. Lasso, C., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Señaris, J., Díaz-Pulido, A., Corzo, G., Machado-Allison, A. (Eds.). Biodiversidad de la cuenca del Orinoco. II Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible. ISBN 978-958-8343-60-0. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Bogotá, D. C. Colombia 304 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9870>.
- Andrade, G. I., J. C. Sandino & Aldana. 2011. Biodiversidad y territorio: innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global. Insumos técnicos para el plan nacional para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. MAVDT; IAVH. 64p.
- Angus, I. 2016. Facing the Anthropocene: Fossil Capitalism and the Crisis of the Earth System. Monthly Review Press. New York.
- Arias-Maldonado, Manuel. 2018. Antropoceno. La política en la época humana. Taurus. Madrid.
- Aykut, S.C., & A Dahan. 2015. Gouverner le climat? 20 ans de négociations internationales. Presses de Sciences Po Paris.
- Barnett, J., O'Neill. 2010. Maladaptation. *Global Environmental Change* 20: 211-213
- Beck, U. 2015. La Sociedad del riesgo global. Siglo XXI editores. México DF.
- Biermann, F. & Kim. 2020. The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to define a "Safe Operating Space" for Humanity. *Annual Review of Environment and Resources*.
- Bradshaw, G. A. y J. G. Borchers. 2000. Uncertainty as information: narrowing the science-policy gap. *Conservation Ecology* 4 (1): 7.
- Bridge, G. Ph. Le Billon. 2017. Oil. Polity Press, Cambridge, UK.
- Broome, J. 2012. Climate Matters. Ethics in a warming world. W. W. Norton Company. New York & London.
- Bustamante, C. & L. Rojas-Salazar. 2018. Reflexiones sobre transiciones ganaderas bovinas en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica* (Instituto Humboldt). 3 (1): 5-17.
- Cárdenas, J. C. 2018. La paz y la sostenibilidad en los territorios compartidos: hacia un contrato social. En Pp. 131-143 Pérez-Medina & Restrepo-Calle (eds.). En diálogo con la tierra. Por una Colombia sostenible. Bogotá. Editorial Universidad del Rosario. DOI:doi.org/10.12804/la9789587844456.
- Carril, L.F., A. Cardoso & F. Marcellesi. 2017. Editorial. El Antropoceno. Economía política y biopolítica del cambio climático. *Ecología Política* 53: 4-6. Editorial Icaria. Barcelona.
- Carrizosa, J. 2014. Colombia compleja. Bogotá: Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 295 pp. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32548>.
- Castro, L. G. (Ed.). 2017. Preguntas y respuestas sobre conflictos ambientales. Aprendizajes del Rio Orotoy. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y IDRC Canadá. 108 pp. Bogotá, D. C. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/34269>.
- Ceballos, J. L., C. E. Rodríguez & E. L. Real. 2012. Glaciares de Colombia. Más que montañas de hielo. Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. Bogotá, D. C.
- CENSAT-Agua Viva. 2017. Como el agua y el aceite. Conflictos sociales por la extracción petrolera. Centro Nacional de Salud Ambiente y Trabajo CENSAT. Bogotá, D. C.
- Chapin, F.S., G.P. Kofinas, & C. Folke. 2009. Principles of Ecosystem Stewardship/Resilience Based Natural Resource Management in a Changing World. Capítulo 1. A Framework for Understanding Change. pp 3-28. ISBN 978-0-387-73032-5. DOI 10.2007/978-0-387-73032-2.
- Clark, T. W., R. M. Warneke & G.G. George. 1990. Management and Conservation of Small Populations. In. T. W. Clark & J. H. Seebeck. Management and Conservation of Small Populations. Chicago Zoological Society. Chicago. USA.
- Cohen-Shachama, E., A. Andrade, J. Daltons, N. Dudley, M. Jonesa, Ch. Kumard, S. Maginnisd, S. Maynards C. R. Nelsonai,, F. Renaud, R. Wellingd, & G. Walters. 2019. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy* Volume 98:(20-29).
- Corzo, G., M. E. Chaves, H. García & M. Portocarrero (Eds.). 2016. Conservación y desarrollo: oportunidades para la gestión integral del territorio. Volumen 4. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Ecopetrol. SA. Bogotá, D. C. 141 pp. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9311>.
- Crutzen, P. J. 2006. The antropocene: The current human-dominated geological era. Pontifical Academy of Sciences, (Acta 18), 199-293. Recuperado a partir de <http://www.pas.va/content/dam/accademia/pdf/acta18/acta18-crutzen.pdf>.
- Defler, T. R., Bueno, M.L., & J. García. 2010. Callicebus caquetensis: A New and Critically Endangered Titi Monkey from Southern Caquetá, Colombia. *Primate Conservation* 25: 1-9. 2010 <https://doi.org/10.1896/052.025.0101>
- De Fries, R. & Harini Nagendra 2017. Ecosystem management aw a wicked problem. *Science* 356 (6335) 265-70.
- Derraik, J.G.B. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44: 842-852
- Diamond, J. 1987. The Worst Mistake in the History of the Human Race. *Discovery Magazine* 87: 64-66.

- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., & Zlatanova, D. 2015. The IPBES conceptual framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>.
- Dinerstein, E., A.R. Joshi, C. Vynne, A. Lee, F. Pharand, M. Franca, S. Fernando, t. Birchs, K. Burkanrt, G. P. Asner & D. Olson. 2020. A “Global Safety Net” to reverse biodiversity loss and stabilize Earth’s climate. *Sci. Adv.* September.
- Ecopetrol. 2015. Guía metodológica para la construcción de portafolio de áreas prioritarias para inversión ambiental en áreas de interés de proyectos y operación de Ecopetrol. Gestión HSE. Unidad de Gestión Ambiental.
- Escobar, D. I. González, D. Amariles, J. M. Benítez, & M. C. Londoño. Inventario de biodiversidad de Colombia a nivel de especies. Una aproximación desde los datos abiertos. En: Gómez M. F., Moreno L. A., Andrade, G. I. & Rueda, C. (eds.). *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, D. C., Colombia. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9305> y en <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>.
- Etter, A., McAlpine, C. A., Seabrook, L., & K. A. Wilson. 2011. Incorporating temporality and biophysical vulnerability to quantify the human spatial footprint on ecosystems. *Biological Conservation* 144. 1585-1594.
- Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., P. Amaya, J. Cortés & P. Arévalo (2020). Ecosistemas colombianos. Amenazas y riesgos. Una aplicación de la Lista Roja de los Ecosistemas a los ecosistemas terrestres continentales. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D. C., Colombia.
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio (2005). Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: synthesis*. (I. Press, ed.). https://doi.org/10.5822/978-1-61091-484-0_1
- Fergusson, L., C. Molina, J. A. Robinson y J.F. Vargas. 2017. The Long Shadow of the Past: Political Economy of Regional Inequality in Colombia. *Documentos CEDE*. Universidad de los Andes. Número 22.
- Field, C. B. & M. R. Raupach. (Eds) 2004. *The Global Carbon Cycle. Integrating Humans, Climate, and the Natural World*. SCOPE 62. Island Press. Washington, DC.
- Figueroes, C. Y T. Rivett-Carnac. 2020. The future we choose. *Surviving the climate Crisis*. Alfred Knopf. New York.
- Finer M., Jenkins, Pimm, Keane, & Ross. 2008. Oil and gas projects in western amazon. Threats to wilderness, biodiversity and indigenous people *Plos ONE* (3): 8 august 2008.
- Flannery, T. 2008. El clima está en nuestras manos. *Historia del calentamiento global*. Taurus Minor. Aguilar (Buenos Aires) y Santillana (Madrid y México). 289 pp.
- Foley, J. (2009). The other inconvenient truth: The crisis in global land use. Recuperado 18 de junio de 2017, a partir de http://e360.yale.edu/features/the_other_inconvenient_truth_the_crisis_in_global_land_use.
- Folke, C., R. Biggs, A. V. Norström, B. Reyers & J. Rockström. 2016. Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Societ* Vol. 21, No. 3 (Sep 2016) (16 pages).
- Fontaine, G. 2003. El precio del petróleo. Conflictos socio ambientales y gobierno en la región Amazónica del Ecuador. Editorial FLACSO. Quito. 484 pp.
- Forero, G. 2017. Cambio climático y extinciones de cumbre. Efecto en los ecosistemas de montaña. En: Informe Nacional sobre el Estado y Tendencias de la Biodiversidad BIO 2016. Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32962> y en <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>.
- Franco, L., J. Delgado, S. Hernández, M. Valderrama, & Valderrama et al. 2009. Humedales Altoandinos frente al Cambio Climático Global. Evaluación de la vulnerabilidad y estrategia de adaptación en un complejo de humedales de la cordillera oriental colombiana: Lagunas de Fúquene, Cucunubá y Palacio”. Convenio Ecopetrol-Fundación Humedales. Convocatoria Ecopetrol Biodiversidad 2009.
- Franco Vidal, L., & Andrade-Pérez, G.-I. (2014). Buscando respuestas en un entorno cambiante: Capacidad adaptativa para la resiliencia socioecológica de los sistemas nacionales de áreas naturales protegidas. Lima: Cooperación Alemana; GIZ.
- Fuentes, E. 1994. ¿Qué futuro tienen nuestros bosques? Hacia la gestión sustentable del paisaje del centro y sur de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
- Fuhr et al. 2017. Hacia un tratado mundial sobre los residuos plásticos. Disponible en <https://mx.boell.org/es/2017/06/15/hacia-un-tratado-mundial-sobre-los-residuos-plasticos>.
- Fynas, J. G. 2009. *Beyond Corporate Social Responsibility*. Cambridge UP. Cambridge.
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S., and De Vrees, L. 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. – *ICES Journal of Marine Science*, 70: 1055–1064. DOI:10.1093/icesjms/fst122.
- García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa Editorial. Barcelona. ISBN: 94-9784-164-6 Disponible en <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/eureka/pudgvirtual/GarciaR.pdf>.
- Gardner, T. A., A. von Hase, S. Brownlie, J. M. N. Ekstrom, J. D. Pilgrim, C. E. Savy, R. T. Stephens, J. Treweek, G. T. Usser, G. Ward & T. Kate. 2013. Biodiversity Offsets and the Challenge of Achieving no Net Loss. *Conservation Biology* 27 (6): 1254-1264.
- Geyer, R., J. R. Jambeck, K.L. Law. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 1-5. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.
- Gobierno de Colombia. 2020. Contribución prevista y determinada a nivel nacional. IDEAM. Bogotá, Colombia
- Goldstein, A. A. W, Turner, S., A. Spawn, K. J. Anderson, S. Cook, J. Fargione, H. H. Gibbs, B. Griscom, J. H. Hewson, F. F. Howard, J. C. Ledezma, S. Page, L. Pin-Koh, J. Rockström, J. Sanderman, & D. H. Holea. 2020. Protecting irrecoverable carbon in Earth’s ecosystems. *Nature Climate Change* 10 : 297-259.
- González M. F., Díaz-Pulido A., Mesa L. M., Corzo G., Portocarrero-Aya M., Lasso C., Chaves M. E. & M. Santamaría. (Eds.). 2015. Catálogo de biodiversidad de la región orinoquense. Volumen 1. Serie Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en áreas operativas de Ecopetrol. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Ecopetrol S. A. Bogotá D. C., Colombia. 408 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9312>.
- Griscom, B. W. 2017. Natural climate solutions. *PNAS* (44): 11645–11650, DOI: 10.1073/pnas.1710465114.
- Gudynas, E. 2005. *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Coscoroba Ediciones. Centro

- Latinoamericano de Ecología Social CLAE. Montevideo. Uruguay.
- Gudynas, E. 2011. Caminos para las transiciones post-extractivistas. En: A. Alayza y E. Gudynas (Eds.). *Transiciones. Post extractivismo y alternativas al extractivismo en el Perú*. Centro Peruano de Estudios Sociales CEPES. Lima. Perú.
- Gudynas, E. 2017. Extractivismos y corrupción. Anatomía de una íntima relación. CooperAcción, Lima (Perú). 1a. edición, 2017.
- Guhl, E. 2017. Colombia. Bosquejo de su geografía tropical. Volumen 2 Segunda Edición. Universidad Nacional de Colombia. 550.
- Guzmán-Hennessey, M. 2010. La generación del cambio climático. Editorial Universidad del Rosario. Bogotá.
- Guzmán-Hennessey, 2020. La armonía que perdimos. El desafío educativo frente a la crisis climática. Editorial Universidad del Rosario, Bogotá, D. C.
- Harris, J. A., Hobbs, R. J., Higgs, E. & Aronson, J. 2006. Ecological Restoration and Global Climate Change. *Restoration Ecology* 14 (2) 170-176.
- Hartmann, T. 2004. *The Last Hours of Ancient Sunlight: Revised and Updated Third Edition: The Fate of the World and What We Can Do Before It's Too Late*
- Herrera, A., A Liria, P Ostiategui & M. Gómez. 2017. Los microplásticos amenaza de los ecosistemas marinos. *Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos* (5): 11-17.
- Higgs, E. 2017. Novel and designed ecosystems. *Restoration Ecology* 25 (1): 8-13. DOI: 10.1111/rec.12410.
- Hobbs, R. J., E. S. Higgs, & J.A. Harris. 2014. Novel ecosystems: concept or inconvenient reality. *Trends in Ecology and Evolution* (12): 645-646.
- Hoffmann, D. 2015. Cambio climático y transiciones. *Revista Interquorum Nueva Generación*, (19), 1-5 Disponible en <http://transiciones.org/wp-content/uploads/2016/03/HoffmanCambioClimaticoTransicionesIQ.pdf>.
- Holling C. 1995. "Resilience and vulnerability". Poverty and Vulnerability Programme - GECAFS Project. Stockholm Environment Institute. Disponible en http://www.gecafs.org/publications/Publications/Resilience_and_Vulnerability.pdf.
- Hubacek, K., Baiocchi, G., Feng, K., & A. Patwardhan. 2017. Poverty eradication in a carbon constrained world. *Nature* 8: 912 |DOI: 10.1038/s41467-017-00919-4.
- Hudson, D. M., G. Phillips, C. A. Lasso & M. R. Campos. 2021. Threats to Endemic Freshwater Crabs (Pseudothelphusidae) Associated with Climate Change and Human-Mediated Activities. Chapter 12. *Advances in Crustacean Research* 11.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2017. Tercera Comunicación Nacional de Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá, D. C., Colombia.
- Higgs, E. 2017. Novel and designed ecosystems *Restoration Ecology* 25 (1) 8-13 Doi 10.1111/rec.12410.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático. 2007. Fourth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>
- IPCC , 2012. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Available from Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, 582 pp. <https://www.ipcc.ch/report/managing-the-risks-of-extreme-events-and-disasters-to-advance-climate-change-adaptation/>
- IPBES 2019. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. Disponible en https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_es.pdf.
- IPBES - IPCC. 2021. Co-Sponsored Workshop Report on Biodiversity and Climate Change. Bonn. June 2021.
- IUCN Business and Biodiversity Programme. 2017. IUCN Review Protocol for Biodiversity Net Gain: A guide for undertaking independent reviews of progress towards a net gain for biodiversity. Gland, Switzerland: IUCN. 32pp. DOI 10.2305/IUCN.CH.2017.08.en.
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. *Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 140 pp.
- Klein, N. 2016. Esto lo cambia todo. El capitalismo y el cambio climático. Paidós.
- Kumar, S. 2012. Extinction need not be forever. *Nature* 492 (7427): 9.
- Lampis, A. 2013. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía* 22(2): 17-34.
- Lebreton, L.C., Zwet, J., Damsteeg, J.W., Slat B., Andrady, A., & J. Reisser. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*. 8:15611. DOI: 10.1038/ncomms15611.
- Leroy, N J. & D. Olden 2017. Can dams be designed for sustainability? *Science*. Vol. 358, Issue 6368, pp. 1252-1253 DOI: 10.1126/science.aag1422.
- Londoño, M. C., I. González & L. C. Bello. 2014. Registros biológicos en línea y vacíos de información. En Bello, J.C., Báez, M., Gómez, M. F. Orrego, O. & Nagele, L. (ed.). Biodiversidad 2014. Estado y tendencias de la biodiversidad continental en Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia. 2014. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32538> y en <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>.
- Lovelock, J. 1979. Gaia: A new look at life on Earth.
- MADS, PUJ, IAVH, GTZ y DNP (2012). Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Pontificia Universidad Javeriana, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Agencia de Cooperación Alemana y Departamento Nacional de Planeación. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32546>.
- Martínez-Alier, J. 2004. El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración. Icaria Y Antrazyt, FLACSO. Barcelona.
- McAlpine, C.A., Ryan, J., Seabrook, L., Thomas, S., Dargusch, P., Syktus, J., Pielke, R., Etter, A., Fearnside, P., & W. Laurance. 2010. More than CO2: a broader paradigm for

- managing climate change and variability to avoid ecosystem collapse. *Science Direct*. DOI 10.1016/j.cosust.2010.10.001.
- Moore, C.J. 2015. How much plastic is in the ocean? You tell me! *Marine Pollution Bulletin*, Volume 92, Issues 1–2, 15, Pages 1-3.
- Murcia, C. Guariguata, M. R. Andrade A., Andrade G. I., Aronson J, Escobar E. M., Etter A, Moreno F.H, Ramírez W., & Montes E. 2016. Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. CIFOR.
- Murcia, C., M. R. Guariguata, E. Quintero & W. Ramírez. 2017. Análisis crítico sobre la restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. CIFOR Occasional Paper no. 176. DOI: 10.17528/cifor/006611.
- Oreskes, N. & Erik M. Conway. 2010. Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming Editorial: Bloomsbury Press. ISBN: 978-1-59691-610-4. P 355.
- Naranjo, L. (2017). Ecosistemas del Antropoceno en Colombia. In Medina D. & Calle S. (Authors), En diálogo con la tierra. Por una Colombia sostenible (pp. 31-45). Bogotá D. C., Colombia: Editorial Universidad del Rosario. doi:10.2307/j.ctv11wjh4.6.
- Nassauer, J., & Opdam, P., 2008. Design in science: extending the *landscape ecology* paradigm. *Landscape Ecology* 23(6), 633–644.
- OCDE, ONU y Cepal. 2014. Evaluaciones del desempeño ambiental Colombia. Recuperado a partir de http://www.oecd.org/env/country-reviews/Evaluacion_y_recomendaciones_Colombia.pdf.
- Parra, D. 2016. Responsabilidad social y ambiental empresarial en la industria de hidrocarburos. En Pp 23-29 Corzo, G., M.E. Chaves, H. García y M. Portocarrero (Eds). 2016. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt Ecopetrol. SA. Bogotá, D. C. 141 pp.
- Payán, E., C. A. Lasso y Carlos Castaño-Urbe. El rol de las áreas no protegidas en la conservación de los grandes vertebrados. En Moreno, L. A., Andrade, G. I. y L. F Ruiz. (Eds). 2017. Biodiversidad 2016. Estado y tendencias de la biodiversidad en Colombia Instituto Humboldt. Bogotá, D. C. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32962> y en <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>.
- Pascual. W. Adams, S. Diaz, S. Lele, G. M. Mace & E. Turnhout. 2021. Biodiversity and the challenge of pluralism. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00694-7>.
- Raworth, K. 2018. Economía rosquilla: 7 maneras de pensar la economía del siglo XXI. Chelsea. Paidós.
- Rocha, JC, Peterson, G, Bodin, Ö, & Levin, S. 2018. Cascading regime shifts within and across scales. *Science* 362 (6421), 1379-1383. DOI: 10.1126/science.aat7850.
- Rincón-Ruiz, A., & Echeverry-Duque, M. A. 2014. Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: aspectos conceptuales y metodológicos. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32547>.
- Rist, C. *et al.* (2018) *A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics*. *Science of the Total Environment* 626 720–726.
- Roberts, P. 2004. The End of Oil. On the Edge of a Perilous New World. Houghton Mifflin Co. Boston New York.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F. & J. A. Foley. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475. Recuperado a partir de <http://dx.doi.org/10.1038/461472a>.
- Robertson, M. 2000. No net loss: Wetland restoration and the incomplete capitalization of nature. *Antipode* 32:4, 2000, pp. 463–493 ISSN 0066-4812. DOI 10.1111/1467-8330.00146.
- Rodríguez, G. A. 2018. Incidencia social y participación para la construcción de una Colombia sostenible. En Pp. 119-130 Pérez-Medina & Restrepo-Calle (eds.). En diálogo con la tierra. Por una Colombia sostenible. Bogotá. Editorial Universidad del Rosario. DOI: doi.org/10.12804/la9789587844456.
- Rueda, X., D. M. Trujillo, M. C. de la Hoz & P. Sanabria. 2021. Separar o compartir la tierra: una revisión de la literatura con implicaciones de política para América Latina. *Documento CODS* Número 7. Febrero de 2021.
- Sachs, J. 2015. The Age of Sustainable Development. Columbia University Press. New York.
- Sahlings, M. 1972. La economía de la edad de piedra. Traducción al castellano de Emilio Muñoz y Erna Rosa Fondevila. Akal editor, Madrid, España.
- Santandreu, A. & E. Gudynas. 1976. Ciudadanía en movimiento. Participación y conflictos ambientales. Centro Latino Americano de Ecología Social CLAES. Ediciones Trilce. Montevideo.
- Seddon, N. A. Chausson, P. Berry, C. A. Girardin, Al Siunth & B. Turner 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Phil. Trans. R. Soc. B* 375: 20190120.
- Serje, M. 2013. El mito de la ausencia del Estado: la incorporación económica de las “zonas de frontera” en Colombia. *Cahiers des Amériques latines* [En línea], 71 | 2012, consultado el 25 de noviembre 2017. URL: <http://cal.revues.org/2679> ; DOI: 10.4000/cal.2679.
- Serje, M. 2015. Los impactos sociales. Guía de campo. Colección Agora. Facultad de Ciencias Sociales. Departamento de Antropología. Universidad de los Andes. 74 pp.
- Serje, M. y C. Steiner. 2017. La magia del petróleo: una aproximación a la historia social de Ecopetrol. En Pp. 237-266. Benavides (Ed) 2017. Ecopetrol. Sesenta años de historia (1951-2011). Ediciones Universidad de los Andes y Ecopetrol. Bogotá, D. C.
- Soto, A. & M. Sarmiento. 2015. Hidrocarburos y compensaciones por pérdida de biodiversidad: oportunidad para el desarrollo sostenible. *Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes*. Enero – Junio, pp. 63-68 Bogotá. DC, Colombia.
- Steffen *et al.* 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* Vol. 347, Issue 6223, 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855.
- Stiles, F., Rosselli, L, & A. De la Zerda. 2017. Changes over 26 Years in the Avifauna of the Bogotá Region, Colombia: Has Climate Change Become Important? *Front. Ecol. Evol.* 5:58. doi: 10.3389/fevo.2017.00058.
- Trujillo, F. & M. Superina (Eds.). 2013. Armadillos de los llanos orientales. Fundación Omacha, ODL, Corporinoquia, Cormacarena, Bioparque los Ocarros y Corpometa. Bogotá. 174 pp.
- Turner, W. R., B. A Bradley, L. E Estes, D. G. Hole, M. Oppenheimer & D. S. Wilcove. 2010. Climate change: helping nature survive the human response. *Conservation Letters* 00: 1-9.
- Ulloa, A. 2015. Políticas globales, nacionales, locales de cambio climático y sus incidencias en desigualdades de género

- y etnicidad. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CLACSO.
- Van der Hammen, T. 1995, Global Change, Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. En: S. P. Churchill, H, Balsev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds), "Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests" p.603-608. New York Botanical Garden.
- Vargas, P. 2016. Historias de territorialidades en Colombia. Biocentrismo y antropocentrismo. CEP-Banco de la República. Biblioteca Luis Ángel Arango. Zetta Comunicadores. Bogotá, D. C.
- Vasseur, L., D. Horning, M. Thornbush, E. Cohen, A. Andrade, E. Barrow, & S. R. Edwards. 2017. Complex problems and unchallenged solutions. Bringing ecosystem governance to the forefront of the U.S. sustainable development goals. *Ambio* Doi 10.1007/s13280-017-0918-6
- Villarubia, P., Cornell, S., & J. Fabres 2017. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. *Marine Policy*, DOI: 10.1016/j.marpol.2017.11.035
- Waker, B. & D. Salt. 2006. Resilience thinking. Sustaining ecosystems and people in a changing world. Island Press. Washington DC. USA
- Walschburger, T. 2018. Ojo por ojo, ecosistema por ecosistema. La Silla Vacía.
- Williams, D. 2006. Deforesting the Earth. From Prehistory to Global Crisis. An Abridgment. The University of Chicago Press. Chicago and London.
- Wilches-Chaux, G. 2017. El concepto-herramienta de la seguridad territorial y la gestión de humedales. Biodiversidad en la práctica. Instituto Humboldt. Volumen 2 - Número 1 - 2017 - PP. 87-121
- Wilches G. 2014. El océano de aire en que vivimos. Recuperado de http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/library/environment_energy/ese-oceano-de-aire-en-que-vivimos.html.
- Wilson, E. O. 2016. Half Earth. Our Planet's Fight for Life. Norton. New York/London.
- Wilson, E. O. 2012. La conquista social de la tierra. Editora Géminis. Ltda. Bogotá, D. C. Colombia.

