

**APROXIMACIÓN TEÓRICA Y APLICACIONES POTENCIALES DE LA
POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD
Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS - PNGIBSE EN EL CONTEXTO DE LA
ACTIVIDAD PETROLERA NACIONAL**

SERGIO ARTURO GONZÁLEZ MORENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

**APROXIMACIÓN TEÓRICA Y APLICACIONES POTENCIALES DE LA
POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD
Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS – PNGIBSE, EN EL CONTEXTO DE LA
ACTIVIDAD PETROLERA NACIONAL**

SERGIO ARTURO GONZÁLEZ MORENO

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Director:
RICHARD DÍAZ GUERRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. GENERALIDADES	17
1.1 LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	17
1.1.1 Los ecosistemas como base de estudio.....	19
1.1.2 Servicios ecosistémicos	20
1.1.3 Ecosistemas colombianos	24
1.1.4 La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.....	26
1.2 ACTIVIDAD PETROLERA Y SUS DINÁMICAS	28
1.2.1 Generalidades	28
1.2.2 Actividad petrolera en Colombia: Historia y Actualidad	36
1.2.3 Relación entre los sectores ambiental y petrolero en Colombia.....	38
2. RESULTADOS Y DISCUSION	39
2.1 ECOSISTEMAS COLOMBIANOS Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	39
2.1.1 Páramos	40
2.1.2 Bosques de montaña	41
2.1.3 Bosques húmedos tropicales	42
2.1.4 Bosque seco tropical	43
2.1.5 Sabanas naturales	44
2.1.6 Ecosistemas desérticos, xerofíticos y subxerofíticos.....	45
2.1.7 Humedales	46
2.1.8 Manglares.....	47
2.1.9 Ecosistemas marinos y costeros	48
2.1.10 Ecosistemas agrosilvopastoriles	49
2.2 Principales efectos de actividad petrolera sobre los ecosistemas nacionales .	57
2.3 Diseño del modelo metodológico para integrar la PNGIBSE en el contexto de la actividad y dinámica petrolera nacional	65

2.3.1 Fase preliminar:.....	68
2.3.2 Fase de campo:.....	70
2.3.3 Fase de análisis de información	71
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFÍA	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Interrelación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano	22
Figura 2 Diversidad de especies identificada para Colombia	24
Figura 3 Ejes de acción de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios Ecosistémicos	28
Figura 4 Proceso esquemático de la exploración sísmica terrestre	30
Figura 5 Proceso esquemático de la exploración sísmica marina	31
Figura 6 Proceso esquemático de la perforación exploratoria terrestre	32
Figura 7 Proceso esquemático de la perforación exploratoria marina	33
Figura 8 Proceso esquemático de la etapa de producción terrestre	34
Figura 9 Proceso esquemático de la etapa de producción marina	34
Figura 10 Proceso esquemático de la etapa de transporte terrestre	35
Figura 11 Proceso esquemático de la etapa de transporte marino	36
Figura 12 Ecosistemas continentales y marinos de Colombia	39
Figura 13 Mapa de tierras de la ANH dispuesto sobre los ecosistemas marinos y costeros de Colombia	65
Figura 14 Esquema metodológico general para la aplicación de la PNGIPSE en el contexto de la actividad petrolera.	67

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Conceptos de biodiversidad abordados por diferentes autores _____	18
Tabla 2 Diferentes niveles de organización de la biodiversidad _____	19
Tabla 3 Áreas y porcentajes de los principales ecosistemas terrestres y marinos de Colombia _____	25
Tabla 4 Servicios ecosistémicos identificados para cada ecosistema. _____	51
Tabla 5 Tipo de intensidad y tendencia al futuro de los servicios ecosistémicos afectados por la actividad petrolera _____	59

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
<i>Fotografía 1 Frailejón como especie emblemática de los páramos</i> _____	40
<i>Fotografía 2 Páramo identificado en el santuario de fauna y flora Iguaque</i> _____	40
<i>Fotografía 3 Cuenca identificada en PNN Iguaque</i> _____	41
<i>Fotografía 4 Robledales asociados a ecosistemas de montaña</i> _____	41
<i>Fotografía 5 Estratificación típica de bosque húmedo tropical</i> _____	42
<i>Fotografía 6 Bosques riparios asociados a río Inírida</i> _____	42
<i>Fotografía 7 Vegetación característica de los bosques secos</i> _____	43
<i>Fotografía 8 Panorámica de bosque seco tropical en el cañón de Chicamocha</i> __	43
<i>Fotografía 9 Termiteros característicos de las sabanas naturales</i> _____	44
<i>Fotografía 10 Sabanas ubicadas en el municipio de Maní Casanare</i> _____	44
<i>Fotografía 11 Desierto de la Tatacoa</i> _____	45
<i>Fotografía 12 Cactus como vegetación más representativa</i> _____	45
<i>Fotografía 13 Laguna de Iguaque, Boyacá.</i> _____	46
<i>Fotografía 14 Estero Tres Moriches ubicado en el departamento del Casanare</i> _	46
<i>Fotografía 15 Mangles identificados en la isla de Providencia</i> _____	48
<i>Fotografía 16 Ecosistema de manglar en la ciénaga Cuatro Bocas, departamento del Magdalena</i> _____	48
<i>Fotografía 17 Pastos marinos identificados en la Isla de Providencia.</i> _____	49
<i>Fotografía 18 Desembocadura de cuerpo de agua en el mar Pacífico</i> _____	49
<i>Fotografía 19 Cultivo de maíz identificado en el municipio de San Pedro de Iguaque, Boyacá.</i> _____	50
<i>Fotografía 20 Campesinos labrando cultivo de papa.</i> _____	50

RESUMEN

TITULO: APROXIMACIÓN TEÓRICA Y APLICACIONES POTENCIALES DE LA POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS – PNGIBSE, EN EL CONTEXTO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA NACIONAL*

Autor: GONZALEZ MORENO, Sergio Arturo**

Palabras clave: Servicios ecosistémicos, actividad petrolera, Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, ecosistema, biodiversidad

En el 2012 Colombia presentó la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE con el fin de integrar los conceptos de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el Sistema Nacional Ambiental y en sus ejes de acción, incluido el papel de autoridad ambiental para la evaluación, regulación, control y vigilancia de las actividades industriales, incluida la actividad petrolera.

En ese sentido, el desarrollo de esta monografía estuvo dirigido hacia el desarrollo de un modelo metodológico conceptual para abarcar el contexto de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el marco de la prospección, exploración, explotación y transporte de hidrocarburos, teniendo como unidad de análisis los ecosistemas nacionales, su estado actual de conservación y los factores que inciden en el deterioro ambiental de estos.

Así bien, fueron identificados los servicios ecosistémicos para cada ecosistema macro analizado, a partir de lo cual pudo identificarse su situación de vulnerabilidad frente a las actividades petroleras, estableciendo una calificación de la intensidad de los impactos de la actividad petrolera sobre los servicios ecosistémicos. De esta forma, integrando los resultados obtenidos de manera general y teórica, se pretende contar con las herramientas conceptuales necesarias para abordar estudios de caso particulares, una vez la normatividad ambiental se dirija con los lineamientos de esta política nacional.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental. Director Richard Díaz Guerrero

ABSTRACT

TITLE: THEORETICAL APPROACH AND POTENCIAL APPLICATION OF NATIONAL POLICY FOR THE INTEGRAL MANAGEMENT OF BIODIVERSITY AND ITS ECOSYSTEMIC SERVICES – NPIMBES, IN THE CONTEXT OF NATIONAL PETROLEUM ACTIVITY*

Author: GONZALEZ MORENO, Sergio Arturo**

Key Words: Ecosystem services, petroleum activity, National policy for the integral management of biodiversity and its ecosystemic services, ecosystem, biodiversity,

In 2012, Colombia published the National Policy for the Integral Management of Biodiversity and its Ecosystemic Services – NPIMBES, trying to integrate the concepts of biodiversity and ecosystem services in the National Environmental System and their action axis, including the authority role for the evaluation, regulation, control and surveillance of industrial activities, that includes petroleum and hydrocarbon industry.

In that sense, the development of this monograph was directed in order to develop a conceptual methodological framework to understand biodiversity and its ecosystem services according to seismic prospecting, exploration, production and transportation of hydrocarbons, taking as analysis unit of national ecosystems, their conservation and the environmental impacts related with them. This is important for ecosystems conservation and the management of the natural resources.

Therefore, ecosystem services for the national natural scenario were identified, trying to analyze their vulnerable situation according to hydrocarbon activities, establishing a conceptual approach over potential impacts related with these activities. In that way, this information could be related to environmental practice, developing the action axis of the politics. In this sense, the objective of this paper was integrate the published the National Policy for the Integral Management of Biodiversity and its Ecosystemic Services – NPIMBES in the context of the petroleum and hydrocarbon industry.

* Thesis

** Faculty of Engineering Physicochemica, Chemical Engineer School. Environmental Engineer Specialist. Director Richard Díaz Guerrero

GLOSARIO

Biodiversidad: Según el Convenio de Diversidad Biológica corresponde con la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas conservación (Convenio de Diversidad Biológica).

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el ambiente abiótico con el que interactúan y forman una unidad funcional. Comunidad o tipo de vegetación, entendiendo comunidad como un ensamblaje de poblaciones de especies que ocurren juntas en espacio y tiempo. (Convención de Diversidad Biológica).

Enfoque ecosistémico: Estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de aguas y recursos vivos por la que se promueve la conservación y el uso sostenible. Esta se basa en la aplicación de las metodologías científicas adecuadas enfocándose en los niveles de la organización biológica que abarcan estructuras esenciales, procesos, funciones y las interacciones entre organismos y su medio ambiente. En dicho enfoque se reconoce como componente integral de muchos ecosistemas a los seres humanos con su diversidad cultural (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

Gestión Integral de Biodiversidad: Proceso por el cual se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación (conocimiento, preservación, uso y restauración) de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido con el fin de maximizar el bienestar social, a través del

mantenimiento de la capacidad adaptativa de los socio-ecosistemas a escalas locales, regionales y nacionales.

Servicios ecosistémicos culturales: Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas.

Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento: Bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas, como alimentos, fibras, madera, agua y recursos genéticos.

Servicios ecosistémicos de regulación: Beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos, incluyendo el mantenimiento de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de la erosión, el control de enfermedades humanas y la purificación del agua.

Servicios ecosistémicos de soporte: Servicios y procesos ecológicos necesarios para el aprovisionamiento y existencia de los demás servicios ecosistémicos, entre éstos se incluyen, la producción primaria, la formación del suelo y el ciclado de nutrientes, entre otros.

Servicios ecosistémicos: Son aquellos procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto. Incluyen aquellos de aprovisionamiento, como comida y agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, sequías, degradación del terreno y enfermedades; servicios de sustento como la formación del sustrato y el reciclaje de los nutrientes; y servicios culturales, ya sean recreacionales, espirituales, religiosos u otros beneficios no materiales.

INTRODUCCIÓN

Como parte de la actualización de los planes de uso y gestión de la biodiversidad nacional alineado con el Convenio Internacional sobre Diversidad Biológica, en el 2012 el gobierno de Colombia por medio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (MADS), dio a conocer la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, ilustrando acerca de la dinámica y líneas de acción que deberá asumir el país frente a la biodiversidad y los servicios que presta esta a la comunidad. De esta forma, muchos de las actividades económicas y productivas del país deberán integrarse y desarrollarse bajo la luz de esta política pública, incluidas las actividades propias de la cadena productiva de hidrocarburos.

A pesar de que Colombia recientemente esté desarrollando este tipo de políticas en torno al tema de servicios ecosistémicos, a nivel mundial se han desarrollado diferentes estudios desde hace algún tiempo, en donde se han publicado anotaciones respecto al concepto, metodologías para su estudio, y resultados de diagnósticos y estudios realizados, convirtiéndose en un tema muy actual que está siendo integrado en diversos procesos a nivel público y privado, a diferentes escalas, desde los sectores académicos y técnicos.

Considerando que Colombia es un país megadiverso con un alto valor y potencial a nivel de biodiversidad (genética, de especies, de ecosistemas, de culturas y paisajes), es de suma importancia la adopción y aplicación de este tipo de políticas, ya que pueden convertirse en el punto de partida de acciones e iniciativas de manejo para la búsqueda del uso y aprovechamiento sostenible de estos servicios, desde los diferentes escenarios de relacionamiento con estos, que abarcan las actividades agrícolas y ganaderas, de turismo, de manufactura, y de

industria, desde las más pequeñas hasta las grandes actividades de minería, petróleo, gas, entre otros.

En esta medida, con la presente monografía se pretende establecer los puntos clave para integrar la política en los procesos de licenciamiento, exploración, producción y demás actividades asociadas a la industria petrolera, que permitan integrar las nuevas exigencias y requerimientos de las autoridades ambientales en función de los servicios ecosistémicos, por medio de un diseño metodológico conceptual que abarque de manera general la dinámica petrolera y sus posibles efectos macro, en contraste con el estado actual de los ecosistemas nacionales.

Este diseño metodológico prevé integrar de una manera holística las diferentes dimensiones sociales, ecológicas y culturales con el desarrollo de las actividades petroleras, buscando una aplicación eficaz y asertiva que contemple la complejidad de los servicios ecosistémicos que presta la biodiversidad colombiana, y los posibles efectos que tenga la cadena productiva de los hidrocarburos sobre estos, siendo importante como base para las medidas y oportunidades de manejo subordinados de las actividades petroleras.

Para el desarrollo de esta monografía se tomaron como ejes conceptuales generales los servicios ecosistémicos y la biodiversidad de Colombia, los pilares de la Política Nacional (PNGIBSE), las etapas de la cadena productiva de hidrocarburos, la actividad petrolera a escala nacional, y la relación entre los sectores ambiental y petrolero en Colombia. A partir de esta revisión bibliográfica, se identificaron de manera teórica los principales servicios ecosistémicos que proveen los ecosistemas nacionales, la afectación de las etapas de desarrollo de la industria petrolera sobre estos, y un esquema metodológico a partir de la cual podría abarcarse la dinámica de los servicios ecosistémicos en estudios de caso particulares, integrando las diferentes dimensiones de interacción que existen con estos.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general de esta monografía es Integrar la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos – PNGIBSE, en el contexto de la actividad y dinámica petrolera de la nación. Desarrollando primero la descripción de manera general del conjunto de ecosistemas que conforman el territorio colombiano desde su situación actual de vulnerabilidad y los servicios que prestan. Segundo, relacionando los ecosistemas nacionales y sus servicios, con la dinámica y actividad petrolera de Colombia, y como último, diseñando un modelo metodológico conceptual para integrar el concepto de biodiversidad y servicios ecosistémicos en el marco de la actividad y dinámica petrolera nacional.

1. GENERALIDADES

1.1 LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El concepto de biodiversidad ha sido ampliamente abordado desde diferentes enfoques y perspectivas a través del tiempo, aunque puede referenciarse fácilmente en dos momentos históricos que marcaron el concepto y su uso. Antes de 1986, científicos como Carl von Linné trabajaba sobre este concepto reconociendo las diferencias entre las formas de vida en la tierra, con lo que dio inicio a la ciencia taxonómica para categorizar la existencia de diferentes organismos, hacia el año 1749. Posteriormente autores como Charles Darwin y Alfred Wallace daba origen en 1858 a los inicios de la Teoría de la Evolución, partiendo del gran conjunto de formas de vida en la tierra, y explicando el origen y diversificación de este.

Más recientemente, el concepto comenzó a abordarse desde la perspectiva de la diversidad biológica, haciendo referencia a la gran cantidad de formas de vida presentes en el planeta (Fisher et al., 1943), aunque no fue hasta la década de los ochentas cuando autores como Walter Rosen y Edward O. Wilson desarrollaron el concepto de biodiversidad, como una contracción del término de *diversidad biológica*, haciéndose popular con el Foro Nacional de Biodiversidad realizado en Washington en 1986. A partir de este momento el concepto ha sido tema de discusión, y son múltiples los enfoques y construcciones conceptuales alrededor de este, que varían de acuerdo con los autores y disciplinas que lo aplican en su materia de estudio.

Aunque no existe un consenso ni una definición general sobre el concepto, para el efecto de la presente monografía se hacen relevantes los conceptos desarrollados

en el marco del Convenio de Diversidad Biológica, así como los referenciados por DeLong (1996), los cuales se mencionan en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Conceptos de biodiversidad abordados por diferentes autores

Convenio Internacional de Diversidad Biológica (2003): “La diversidad biológica, o biodiversidad, se refiere a la variabilidad entre los organismos vivos provenientes de diferentes fuentes que incluyen entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos, y otros ecosistemas acuáticos, y el complejo ecológico del que hacen parte; que incluye la diversidad dentro de las especies, entre estas y con el ecosistema”.

DeLong (1996): “La biodiversidad es un atributo de un área, y específicamente se refiere a la variedad dentro y entre los diferentes organismos vivos, ensamblajes, comunidades y procesos bióticos, además de la cantidad (ej. Abundancia, biomasa, cobertura, tasas) y estructura de cada uno, tanto en ecosistemas naturales como en aquellos transformados por el ser humano (...). Puede ser observable y medible a cualquier escala espacial, desde micrositos y parches de hábitat, hasta la biosfera entera”.

Como se puede observar en los conceptos la biodiversidad se hace referencia al conjunto de los seres vivos, sus relaciones y la dinámica que tienen con el entorno, organizándose a diferentes escalas, lo cual se categoriza en los llamados niveles de organización. Estos niveles de organización agrupan la biodiversidad en diferentes escalas de análisis y complejidad, que van desde la variabilidad genética (expresada en alelos y genes), hasta la existencia de zonas biogeográficas que difieren entre sí por la forma en que la vida se distribuye en estas. Los diferentes niveles de organización pueden observarse en la **Tabla 2**.

Tabla 2 Diferentes niveles de organización de la biodiversidad

Nivel	Descriptor	Comparación
Genes	Alelos, genes	Dentro y entre individuos
Organismos	Caracteres	Entre individuos
Poblaciones	Abundancia, parámetros demográficos	Entre poblaciones
Especies, géneros, familias, etc	Riqueza, diversidad, parentesco	Entre taxa
Comunidades	Interacciones ecológicas, riqueza, diversidad	Entre asociaciones de organismos simpátricos espacial y temporalmente
Ecosistemas	Interacciones biótico-abiótico	Entre arreglos de interacciones simpátricos espacial y/o temporalmente
Paisaje	Distribución, estructura	Entre formas y usos del territorio y tipos de vegetación
Biogeográfico	Distribución, abundancia (historia evolutiva)	Entre grupos que comparten historias geológicas (B. Ecológica y B. histórica)

Fuente: Begon et al (1999)

Los niveles de organización de la biodiversidad parten de la teoría de sistemas, en donde el subsistema ecológico agrupa las diferentes interacciones, relaciones y flujos entre los seres vivos y su entorno. Así bien, como herramienta para el estudio de los ecosistemas se ha desarrollado el Enfoque Ecosistémico, el cual permite abarcar de manera integral las estructuras, procesos, funcionalidad e interacciones entre organismos y su medio ambiente, reconociendo a los seres humanos y la diversidad cultural como componente integral de estos (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Este concepto se abordara de manera más detallada en el siguiente numeral.

1.1.1 Los ecosistemas como base de estudio

El Convenio Internacional de Diversidad Biológica (2003) define los ecosistemas como el conjunto dinámico de comunidades de flora, fauna y microorganismos, y el medio ambiente abiótico con el que se relaciones y constituyen una unidad

funcional, que existe en un espacio y tiempo delimitados. Por otra parte, bajo la influencia de la teoría de sistemas, el biólogo Eugene Odum en 1987, definió los ecosistemas como cualquier unidad conformada por todos los organismos que interactúan juntos en un área espacialmente definida, interactuando con su medio físico, en donde los flujos de energía forman estructuras bióticas o subsistemas, y permiten el ciclaje de nutrientes y materia entre las partes vivas y no vivas.

Bajo la mirada de estas aproximaciones conceptuales a los ecosistemas, estos pueden entenderse como sistemas biofísicos abiertos, altamente dinámicos y complejos, que agrupa las interacciones, relaciones y procesos entre los diferentes elementos que lo componen, y que a su vez son determinados por los flujos de energía, materia e información que ocurren en una escala espaciotemporal específica. Esta complejidad puede estudiarse a partir de la funcionalidad (procesos ecológicos, ciclado de nutrientes y flujos de energía), composición (riqueza de los componentes bióticos y sus cantidades relativas (riqueza, diversidad funcional y taxonómica) y estructura (componentes horizontales y verticales de una comunidad o paisaje).

Al entender este concepto puede inferirse la importancia de los ecosistemas como unidad mínima de entendimiento de los diferentes procesos biofísicos que ocurren en un área determinada, que incluye además el ser humano como un elemento más del sistema, en donde este no juega un rol pasivo sino que por el contrario actúa de manera recíproca y constante con los diferentes elementos de este, de los cuales además depende, lo que recientemente se ha estructurado como el concepto de servicios ecosistémicos.

1.1.2 Servicios ecosistémicos

Como primera aproximación a los servicios relacionados con el medio ambiente, se propuso el concepto de Servicio Ambiental, como el conjunto de valores relacionados con el suministro de recursos o bienes prestados por industrias y

organizaciones, como los servicios de acueducto y alcantarillado, manejo de residuos sólidos y líquidos, saneamiento básico, reducción de emisiones de vehículos y ruido, sin reconocer el funcionamiento y manejo ecosistémico que esto implicaba (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -en adelante MADS- , 2012). No obstante, en el momento de tener en cuenta al ecosistema, sus procesos y dinámicas como proveedores principales de estos valores, se comienza a hacer referencia a los Servicios Ecosistémicos, es decir al conjunto de procesos y funciones de los ecosistemas que el ser humano reconoce como beneficios directos o indirectos de tipo ecológico, económico o cultural (Millenium Ecosystem Assessment –en adelante MEA-, 2005 & MADS, 2012).

Así bien, el concepto de Servicios Ecosistémicos reconoce a la biodiversidad y su complejidad, como la base del bienestar humano y la calidad de vida, comprendiendo así la relación estrecha que existe entre el cuidado y estado de la biodiversidad (relaciones entre funciones, componentes y estructuras), con el desarrollo, seguridad y salud de las comunidades humanas, de forma tal que los servicios que esta nos provee son indispensables para la supervivencia de la vida en el planeta (MEA, 2005 & MADS, 2012). De esta forma se han propuesto diferentes tipos de servicios ecosistémicos, de acuerdo con la relación de uso, manejo, percepción y bienestar humano, en términos de aprovisionamiento, soporte, regulación y cultura (**Figuras 1**).

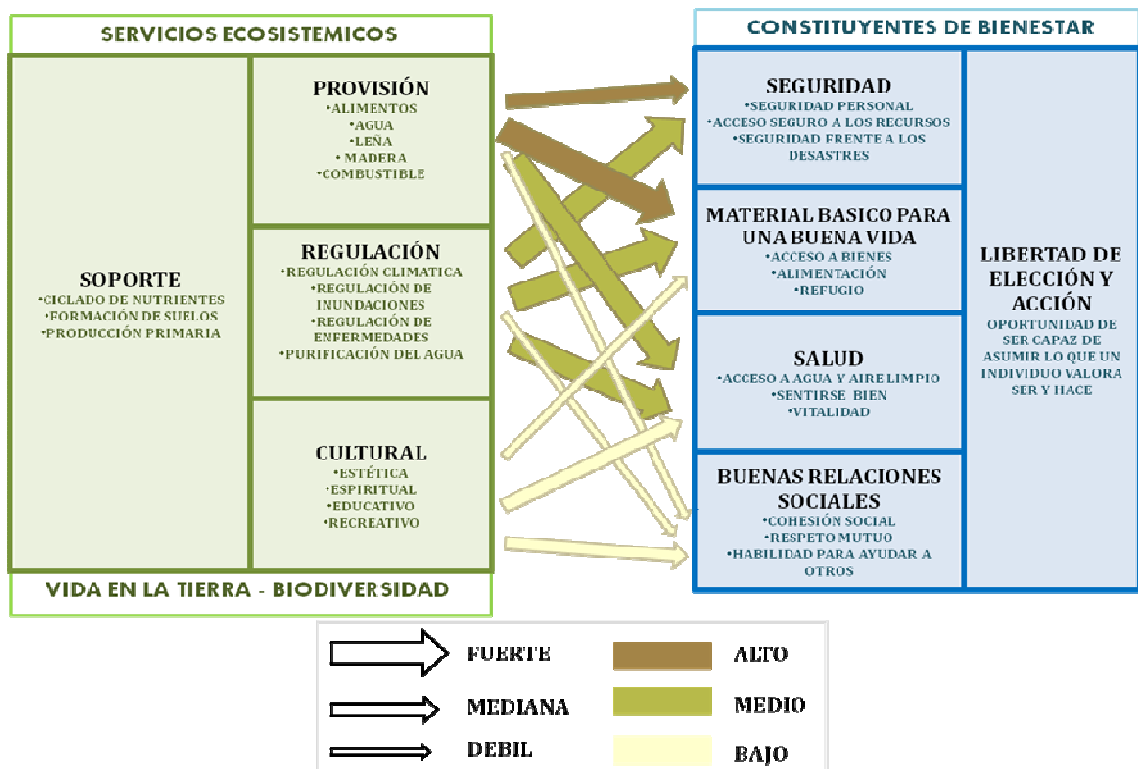


Figura 1 Interrelación entre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano

Fuente: MEA, 2005. Modificado al idioma español

Los diferentes tipos de servicios ecosistémicos representados en la figura anterior se explican a continuación con base en las definiciones conceptuales establecidas por el MEA (2005):

- Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento: Comprenden el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas para la supervivencia, uso y consumo, tales como alimentos, agua, madera, fibras y recursos genéticos.
- Servicios ecosistémicos de regulación: Son aquellos que resultan de los procesos que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas, como el mantenimiento de la calidad de aire, la regulación del clima, el control de los procesos erosivos, la purificación del agua y el control de enfermedades.

- Servicios ecosistémicos de soporte: Incluyen los procesos ecológicos que son necesarios para la existencia y mantenimiento de los demás servicios ecosistémicos, y están relacionados con dinámicas como la producción primaria (fotosíntesis), la formación del suelo y el ciclo de nutrientes, entre otros.
- Servicios ecosistémicos culturales: Agrupan aquellos beneficios intangibles e inmateriales que los ecosistemas ofrecen al ser humano, como el desarrollo cognitivo, la recreación, el disfrute escénico y estético, el enriquecimiento espiritual, entre otros.

No obstante, diferentes autores señalan que los servicios ecosistémicos de soporte, no son un grupo adicional a los otros tres tipos de servicios ecosistémicos, sino que por el contrario los agrupa, ya que los servicios de soporte condicionan el suministro de los demás. Los servicios ecosistémicos de soporte corresponden a procesos ecosistémicos básicos que están relacionados con el ser humano de manera indirecta, y que condicionan la existencia de los demás (Balvanera, 2012). Sin embargo, al estar alineado este documento con la PNGIBSE (MADS, 2012) y con el MEA (2005), se tomará la clasificación descrita por ellos, la cual se describió anteriormente.

Para concluir este numeral es relevante mencionar como los diferentes tipos de servicios ecosistémicos han tenido una incidencia directa y evidente sobre los sistemas culturales, su desarrollo y bienestar, en las dimensiones políticas, sociales, económicas, tecnológicas, simbólicas, míticas y religiosas, por lo que su estudio puede integrar los diferentes sistemas diferentes de uso y manejo de la biodiversidad, y permite reconocer oportunidades para un uso sostenible de estos que no comprometa la permanencia de los ecosistemas, sus dinámicas y los servicios que nos proveen.

1.1.3 Ecosistemas colombianos

Colombia ha sido reconocida mundialmente como uno de los países más megadiversos del mundo ya que gracias a su ubicación geográfica (latitudinal), sus características de relieve (altitudinal), y su gran riqueza cultural, ha resultado en una zona altamente diversa, representada en la gran variedad de paisajes, ecosistemas, culturas y demás formas de vida. En cuanto a la diversidad de especies, por ejemplo, de acuerdo con el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia - SiB (2014), el país cuenta con 54.871 especies descritas, que posicionan al país como el lugar con más especies de aves y orquídeas del mundo, el segundo en riqueza de especies de anfibios, plantas, peces de agua dulce y mariposas, el tercero en reptiles y palmas, y el cuarto en mamíferos, lo que lo posiciona como una de las potencias en términos de biodiversidad en el mundo (ver **Figura 2**). No obstante, no hay que discriminar el hecho de que la biodiversidad del país se está perdiendo a un ritmo muy alto, y que si bien se estima que aún quedan muchas especies por descubrir, estas se pueden estar perdiendo antes de que se conozcan.



Figura 2 Diversidad de especies identificada para Colombia

Fuente: Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia – SiB, 2004

En cuanto a los ecosistemas nacionales, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en apoyo con otras instituciones gubernamentales del país (IDEAM et al, 2007), realizaron una investigación exhaustiva a escala nacional acerca de los ecosistemas marinos y continentales, en donde reunieron información geográfica de clima, geopedología, coberturas de la tierra y geomorfología marina para integrarla y representarla a nivel espacial, proporcionando información acerca de su representatividad y número. Con esta revisión se identificaron 314 diferentes tipos de ecosistemas a nivel nacional, agrupados en 32 biomas y 3 grandes biomas, en donde se incluyen áreas naturales con poca transformación y paisajes transformados por actividades antrópicas de asentamiento, producción y extracción (ver **Tabla 3**).

Tabla 3 Áreas y porcentajes de los principales ecosistemas terrestres y marinos de Colombia

	ECOSISTEMAS	EXTENSIÓN (HA) DATO OFICIAL PARA LA GESTIÓN	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL CONTINENTAL DEL PAÍS	FUENTE
BOSQUES NATURALES	Total Bosques Naturales	61.246.659	53,7	IDEAM et al. 2007
	Bosques Secos	201.200	0,2	
	Bosques Húmedos Tropicales	49.358.834	43,3	
	Bosques de Montana	11.377.943	10	
	Manglares	308.682	0,3	
Paramos		2.067.987	1,8	
Humedales		2.711.473	2,4	
Sabanas naturales		10.017.163	8,8	
Desértico, xerofítico y subxerofítico		1.336.816	1,2	
Glaciares y nieves		8.567	0,01	
Herbazales y arbustales		1.374.041	1,2	
Vegetación secundaria		8.148.154	7,1	
Plantaciones forestales		161.161	0,1	
Cultivos		9.346.948	8,2	
Pastos		17.313.886	15,2	
Afloramientos rocosos		15.709	0,01	

Continuación Tabla 3 Áreas y porcentajes de los principales ecosistemas terrestres y marinos de Colombia

ECOSISTEMAS	EXTENSIÓN (HA) DATO OFICIAL PARA LA GESTIÓN	PORCENTAJE RESPECTO AL TOTAL CONTINENTAL DEL PAÍS	FUENTE
Áreas urbanas y áreas mayormente alteradas	300.824	0,3	
Playas marinas	952.602	n.a	INVEMAR et al. 2009
Arrecifes de coral	181.702	n.a	
Pastos marinos	43.058	n.a	
Litorales rocosos	934.779	n.a	
Fondos blandos	4.290.546	n.a	
Total continental	114.049.388	100	IDEAM et al. 2007
Total ecosistemas marinos	6.402.687	n.a	

Fuente: MADS, 2012

1.1.4 La Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos

Como parte de la Cumbre de la Tierra, liderada por la Organización de Naciones Unidas -ONU y desarrollada en Río de Janeiro (Brasil) en 1992, se dio origen al Convenio sobre la Diversidad Biológica, con el objetivo conservar la biodiversidad y hacer uso sostenible de sus componentes, incluidos los recursos genéticos. Así bien, las partes involucradas en este tratado internacional se comprometían a salvaguardar las diferentes formas de vida en la tierra, incluyendo los ecosistemas, animales, plantas, hongos, microorganismos y diversidad genética, desarrollando y orientando políticas nacionales y públicas con este objetivo (Convenio de Diversidad Biológica, 2014).

Como respuesta a tal convenio, los países involucrados, incluyendo Colombia, comenzaron a desarrollar acciones para conservar la biodiversidad y prevenir la

perdida de esta, desarrollándose así la Política Nacional de Biodiversidad para el país, que fue vigente desde 1996 hasta 2012, y que tuvo como complemento la Propuesta Técnica para la Formulación de un Plan de Acción Nacional en Biodiversidad (1998), que se convirtieron en los documentos de referencia para la formulación de políticas y ejes de acción sobre la biodiversidad a nivel nacional durante más de 15 años. Sin embargo, con el incremento de nuevos desafíos y retos en cuanto a la biodiversidad nacional, surgió la necesidad e iniciativa de actualizar dicha política, promoviendo una mayor articulación con las demás políticas nacionales, y con los diversos actores institucionales, sociales y comunitarios que giran en torno a la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, dando origen a la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (en adelante PNGIBSE) en el 2012.

El desarrollo de la PNGIBSE tiene como objeto ser un modelo de gestión para la planeación, ejecución y monitoreo a corto, mediano y largo plazo de acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos a diferentes escalas, velando por el mantenimiento de la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y el bienestar humano (MADS, 2012). Como puede observarse en la **Figura 3**, la PNGIBSE gira en torno a seis ejes de acción orientados hacia los principales desafíos nacionales relacionados con la biodiversidad, integrando así múltiples escalas de acción y diferentes actores, buscando la efectividad y permanencia de las iniciativas y el cumplimiento de las metas propuestas.

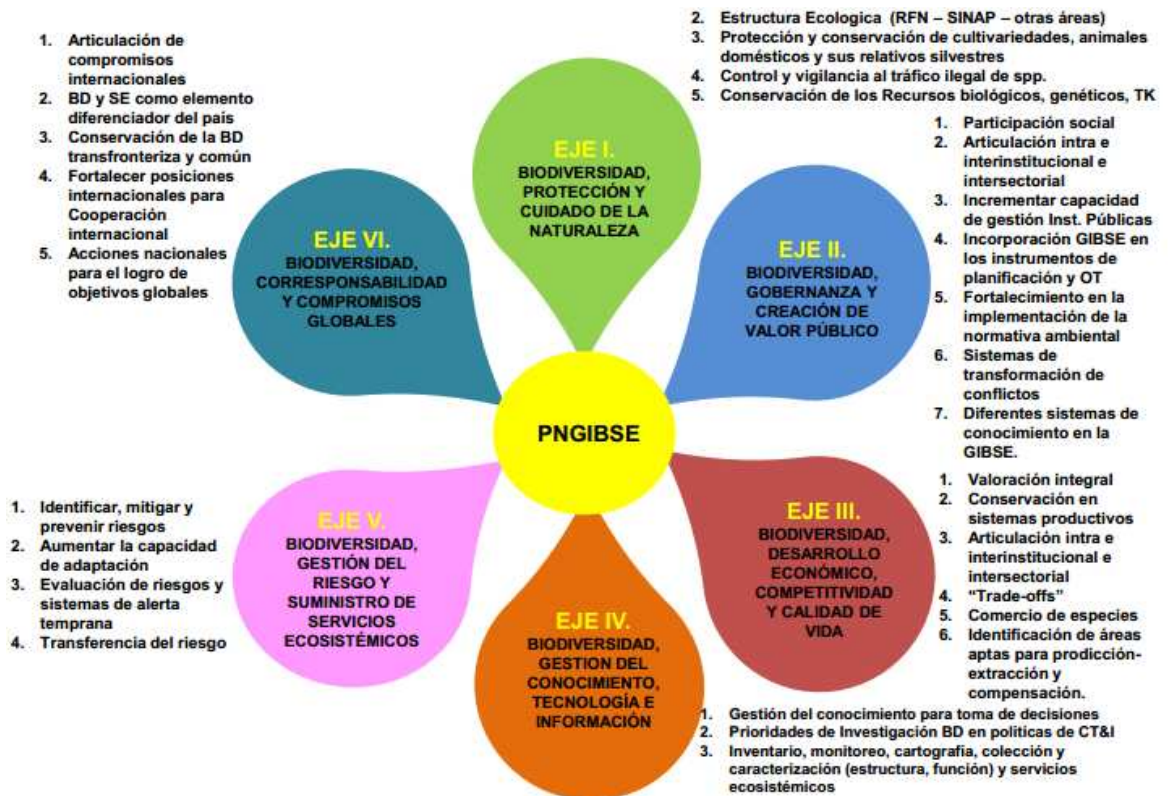


Figura 3 Ejes de acción de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus servicios Ecosistémicos

Fuente: MADS, 2012

1.2 ACTIVIDAD PETROLERA Y SUS DINÁMICAS

1.2.1 Generalidades

El origen del uso de petróleo por parte de las sociedades humanas es muy difuso, ya que todo parece indicar que ha estado presente desde tiempos ancestrales. Respecto a lo anterior, Walker (1913), haciendo un recuento de lo que hasta su momento era una actividad que comenzaba a crecer, databa el origen del uso del petróleo desde antes de la era cristiana, en la Península Absheron (Mar Caspio), en donde personas viajaban desde largas distancias para recoger una sustancia

que hacia permanecer por más tiempo las fuentes de luz. En el siglo XIX, comenzó a comercializarse en Estados Unidos como un ungüento medicinal, aunque pronto se reconocieron propiedades adicionales, como lubricante, aceite y su potencial combustible (destilación y producción de queroseno), que comenzó a hacer su uso más popular.

De acuerdo con Parra (2004), el uso industrial del petróleo comenzó con el establecimiento de las primeras refinerías en la segunda mitad del siglo XIX, momento en el cual este material se disponía para la fabricación de asfalto y aceites lubricantes para máquinas. Con la llegada del siglo XX se daba comienzo a su utilización como combustible, llegando a su internacionalización y expansión después de la Segunda Guerra Mundial, y desarrollándose hasta lo que conocemos de la actividad hoy en día, no solo como combustible sino como la materia prima para un gran número de derivados utilizados en múltiples industrias. Es así como actualmente la industria del petróleo es considerada una actividad altamente rentable y de gran necesidad para la humanidad.

La actividad petrolera tradicional actual se desarrolla a partir de cinco etapas generales que van desde la prospección sísmica hasta la refinación del crudo, que constituyen la cadena productiva de los hidrocarburos, a la cual se hace referencia a continuación. Este tema se aborda de una manera muy general por medio de esquemas ilustrativos.

➤ **Prospección sísmica:**

La prospección sísmica es un proceso que se realiza para conocer la estratigrafía de las formaciones geológicas, mediante la emisión de ondas sonoras que se dispersan en el subsuelo, indicando la presencia de uno u otro material, que posiblemente contengan algún tipo de hidrocarburo. Estas ondas sonoras se generan a partir de detonaciones de explosivos, que al entrar en contacto con los

materiales del subsuelo, resultan en un mapa de este, permitiendo identificar las posibles zonas donde es viable un proceso más detallado de exploración (ver **Figura 4**).

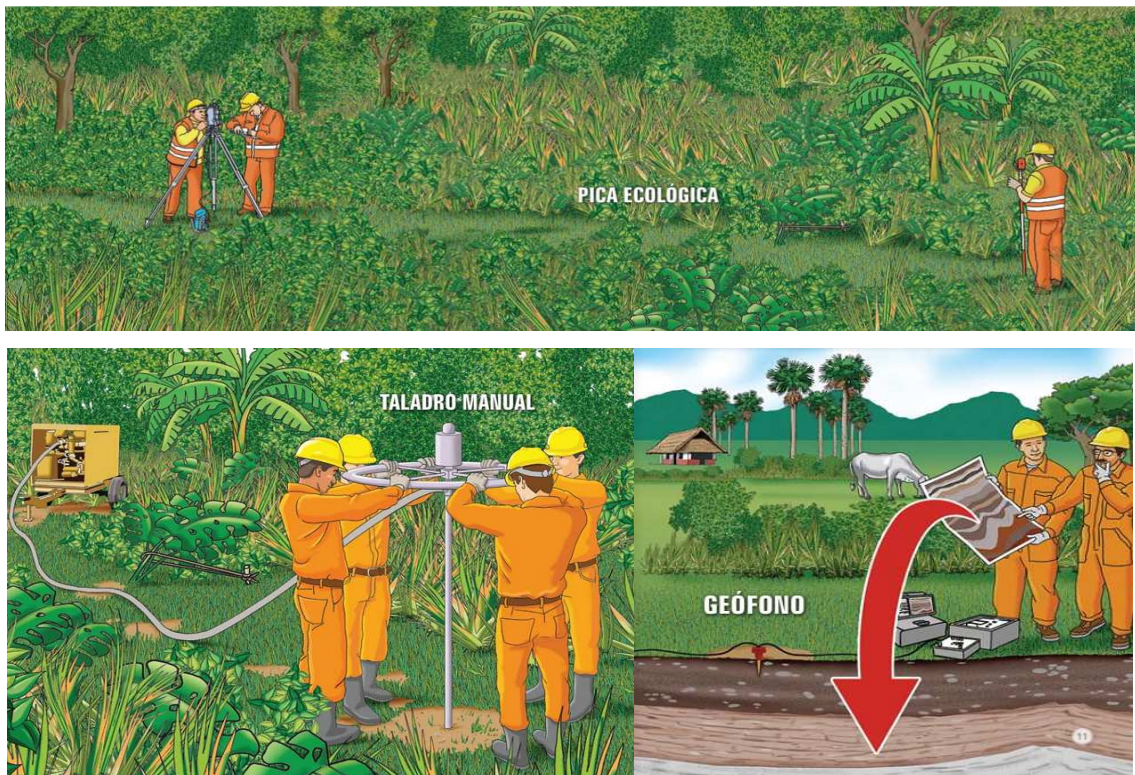


Figura 4 Proceso esquemático de la exploración sísmica terrestre

Fuente: ANH, 2008

Esta etapa cuenta con unas actividades específicas para su realización que incluyen la apertura de trochas y topografía, la ubicación de los puntos de detonación y su perforación (taladro), la instalación del sismigel o material detonante, el cierre de las perforaciones, y la ubicación de los geófonos. Posteriormente se realiza la detonación de los puntos y el registro de los resultados obtenidos.

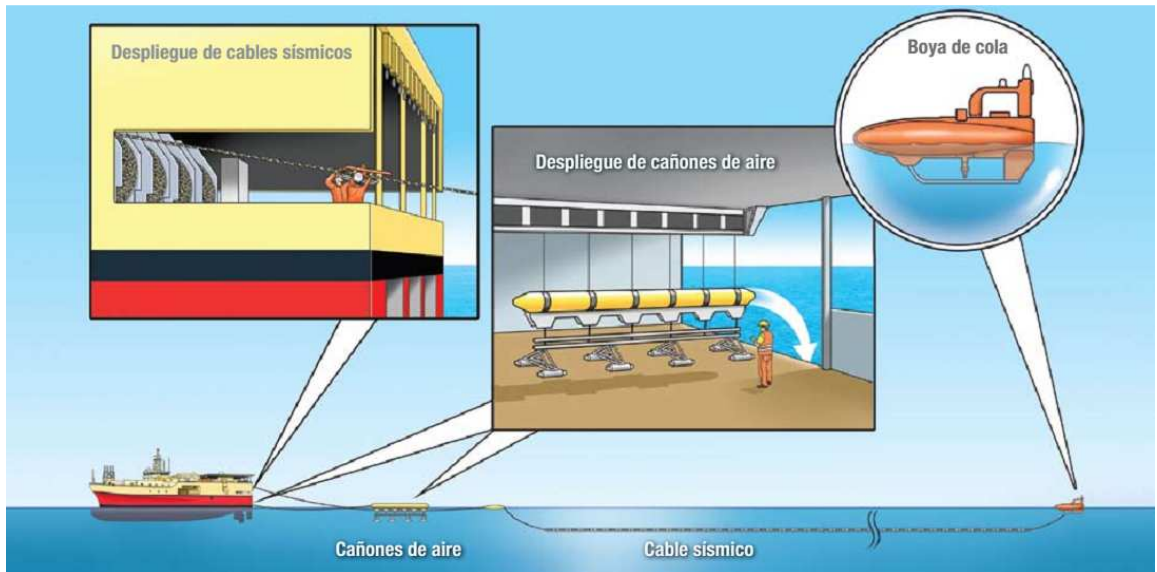


Figura 5 Proceso esquemático de la exploración sísmica marina

Fuente: ANH, 2008

Un esquema similar se utiliza en las prospecciones sísmicas en las zonas marinas, con la excepción de que no se utilizan materiales explosivos ni detonantes, sino un sistema de hidrófonos que emiten ondas sonoras (cañones de aire), que chocan con las capas de roca que se encuentran debajo del lecho marino, produciendo los mismos resultados descritos anteriormente (ver **Figura 5**).

➤ **Perforación exploratoria**

El proceso de perforación exploratoria es necesario para verificar la presencia de petróleo en un lugar mediante la ubicación de un pozo profundo. En términos generales esta actividad requiere un equipo de perforación (Tubería de perforación, broca, sistema de lodos y cementación, y motores), que permite atravesar las diferentes formaciones de roca que se encuentran debajo de la tierra, y localizar la formación con posibles yacimientos de crudo y gas, y estimar su producción. Esta actividad va acompañada de la adecuación del terreno (realizando la remoción de la cobertura vegetal y de los horizontes del suelo, en

una zona de no más de dos hectáreas), y la instalación y operación de la infraestructura (taladro de perforación, plantas eléctricas, tanques de almacenamiento, piscinas de lodos y campamentos). (Ver **Figura 6**)

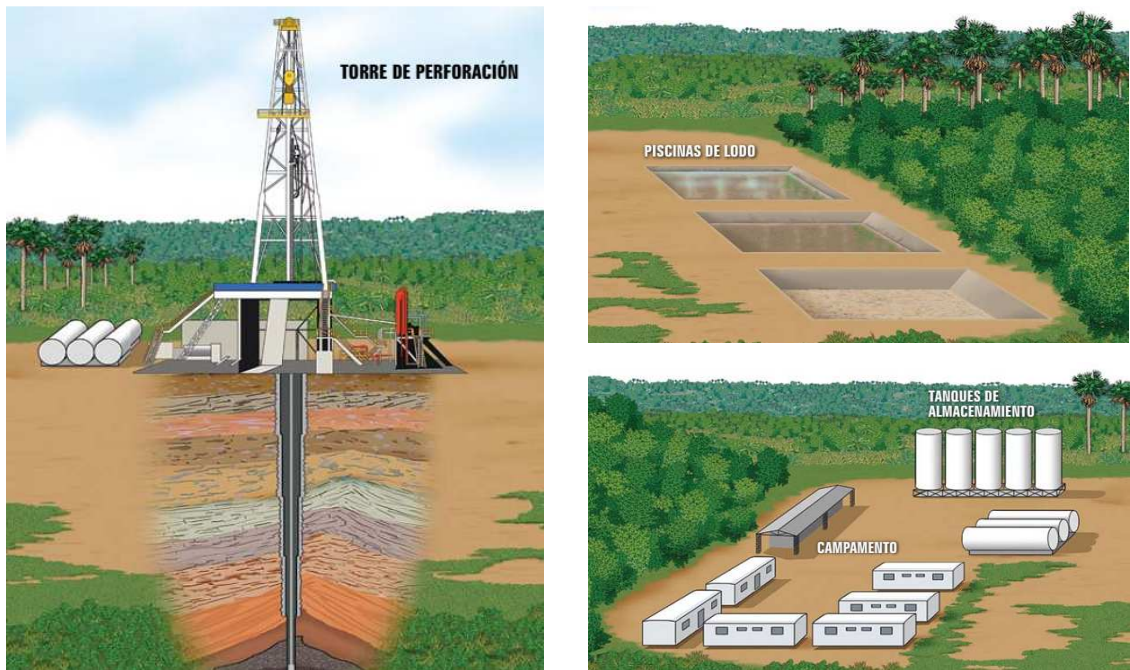


Figura 6 Proceso esquemático de la perforación exploratoria terrestre

Fuente: ANH, 2008

Para el caso de las plataformas marinas, están se ensamblan con los diferentes requerimientos para su funcionamiento (equipamientos de control y comunicaciones, generadores eléctricos, salvavidas, equipamiento para prevenir y apagar incendios, apoyo de helicópteros o barcos de soporte, muggares de manejo de residuos sólidos y líquidos), y posteriormente se anclan al lecho marino, en donde se perforan las diferentes capas del subsuelo marino donde se obtienen fragmentos de roca que se llevan a los contenedores para lodos (ver **Figura 7**).

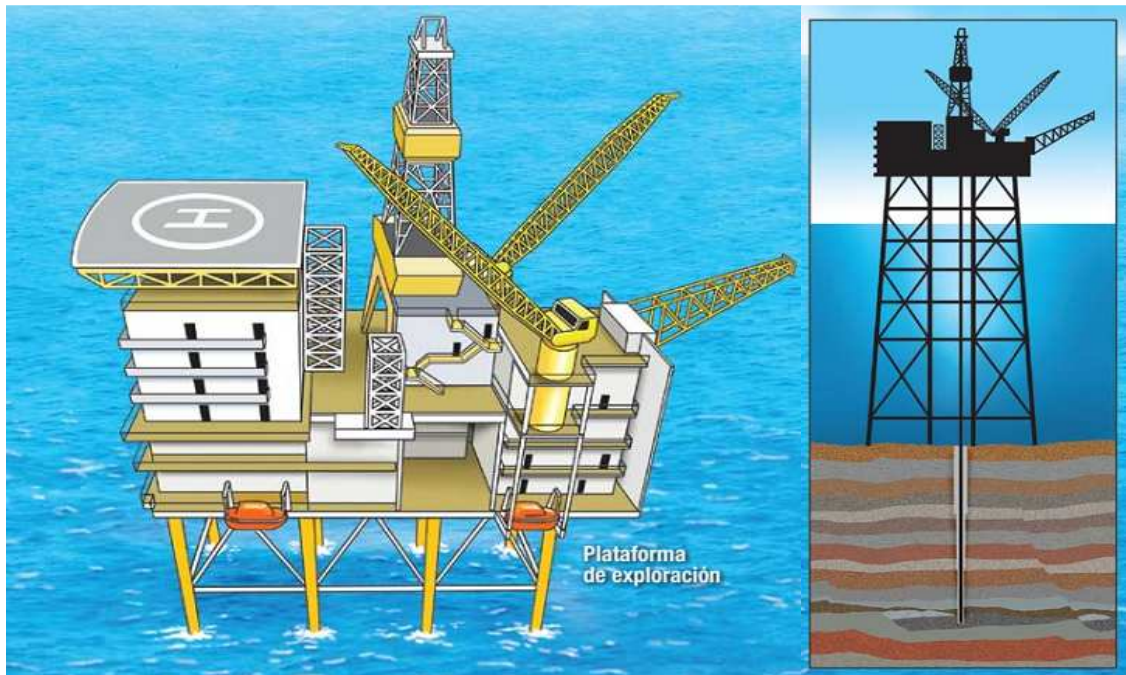


Figura 7 Proceso esquemático de la perforación exploratoria marina

Fuente: ANH, 2008

➤ Producción

El proceso de producción consiste en las actividades necesarias para extraer los hidrocarburos desde la capa de roca donde se encuentran confinados, hasta la superficie terrestre, mediante el funcionamiento de mecanismos que facilitan este proceso (balancín-machín, o árbol de navidad), de acuerdo con las características del yacimiento. Entre las actividades principales para la producción están la construcción y adecuación de infraestructura civil (campamentos y tanques de almacenamiento), y la instalación y mantenimiento de la infraestructura para la extracción. Esta etapa puede requerir además la apertura de otros pozos que implicaría la adecuación del terreno (remoción de cobertura vegetal y de los horizontes del suelo). (Ver **Figura 8**).

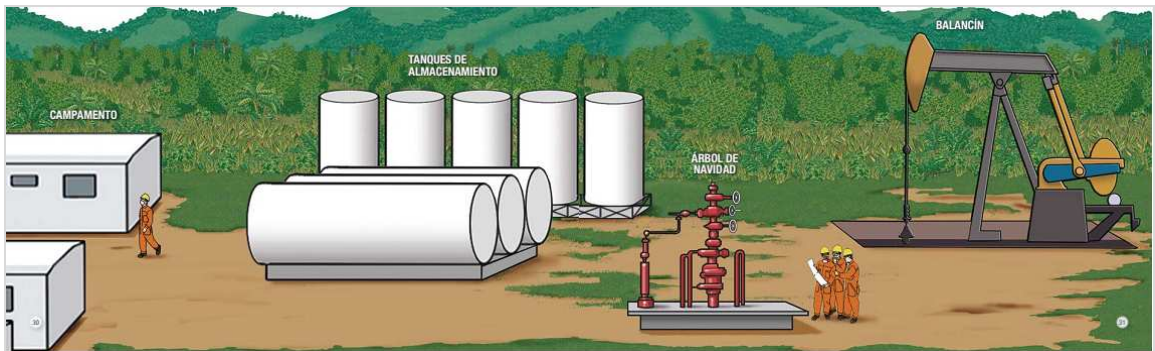


Figura 8 Proceso esquemático de la etapa de producción terrestre

Fuente: ANH, 2008

Para el caso de las plataformas costa afuera (marinas), se debe instalar la infraestructura para la separación y tratamiento de los fluidos extraídos, además de infraestructura industrial de apoyo como perforación de nuevos pozos, sistemas de inyección de agua o gas, líneas de flujo y otras locaciones (que es su conjunto conforman el FPSO (Sistema Flotante de Producción y Almacenamiento), infraestructura que permite procesar el crudo y almacenarlo, abasteciendo barcos u otras plataformas (ver **Figura 9**).

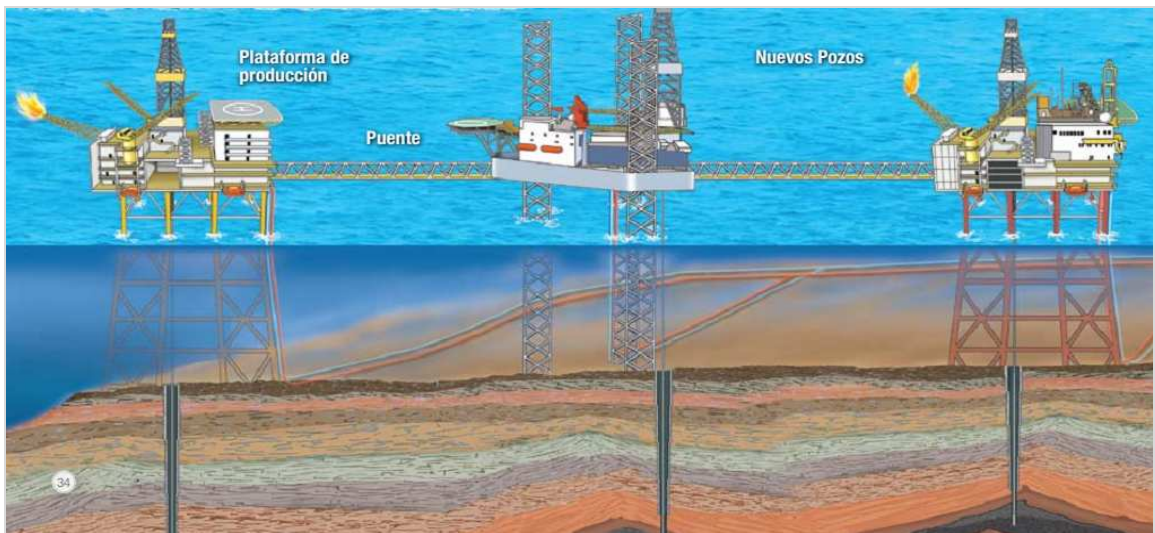


Figura 9 Proceso esquemático de la etapa de producción marina

Fuente: ANH, 2008

➤ Transporte

En la etapa de transporte, el petróleo, gas y otras sustancias obtenidas en los pozos de producción son desplazados desde su origen hasta locaciones intermedias (facilidades de producción, estaciones de bombeo y refinerías), y finales (centros de comercialización y puertos), mediante la utilización de vehículos de carga (carrotaques), o por medio de líneas de conducción (poliductos, oleoductos, gasoductos). Una vez en los puertos las sustancias se comercializan en barcos (ver **Figura 10**).



Figura 10 Proceso esquemático de la etapa de transporte terrestre

Fuente: ANH, 2008

Las principales actividades que conlleva la etapa de transporte son la adecuación y construcción de vías de acceso, y el montaje y mantenimiento de líneas de conducción, que implican la remoción de la cobertura vegetal y el suelo, para el derecho de vía. Sin embargo para el caso de transporte terrestre por carrotaques, este se hace generalmente por vías principales ya existentes, requiriendo solamente adecuar o construir las vías para salir de las locaciones (ver **Figura 11**).

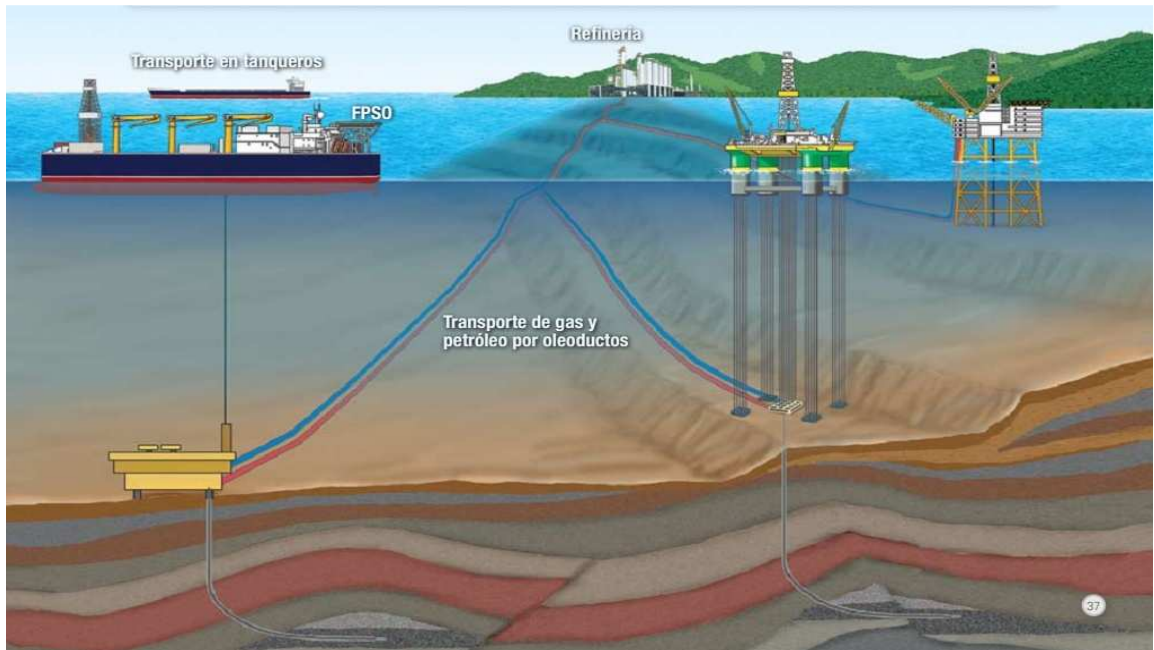


Figura 11 Proceso esquemático de la etapa de transporte marino

Fuente: ANH, 2008

En la parte marina, el tipo de transporte realizado depende del destino que tengan los hidrocarburos. De esta forma, si es necesario llevar las sustancias al continente a una facilidad de producción o a una refinería, este transporte se hace por medio de líneas de conducción. Si las sustancias se comercializan una vez extraídas estas son almacenadas en los tanques, se cargan en los buques y se llevan a su destino.

1.2.2 Actividad petrolera en Colombia: Historia y Actualidad

De acuerdo con Mayorga (2002), los registros históricos de uso del petróleo en Colombia datan del siglo XVI, momento durante el cual Gonzalo Jiménez de Quesada llegó al lugar conocido como La Tora (en lo que hoy es Barrancabermeja), en el Magdalena Medio, en donde los indígenas Yariguies utilizaban un líquido espeso que emanaba del suelo como ungüento corporal y medicinal. De esta forma los españoles comenzaron a utilizarlo a su vez para

impermeabilizar las embarcaciones, comenzando así el uso del petróleo y la base de lo que actualmente es una de las industrias más importantes para el país.

Para los inicios del siglo XX, específicamente en 1905, comenzaron a otorgarse las primeras concesiones para la extracción de hidrocarburos en el país, siendo relevante la actividad de Roberto de Mares (campos Carare y Opón), algunas tierras en Norte de Santander otorgadas a Virgilio Barco, y tal vez la más importante de todas, la concesión del campo La Cira – Infantas, manejada por la Tropical Oil Company (perteneciente a Standard Oil de New Jersey), que fue disputa en el país, pasando a ser de Ecopetrol el 1951 (Mayorga, 2002).

El sistema de concesiones manejado en el país para la industria petrolera, llegó a posicionar a Colombia como el productor del 1,19% del crudo mundial, posicionándolo como el octavo productor mundial en 1927, aunque las regalías eran muy bajas para aquel entonces (6-10% de la producción bruta). Con la crisis petrolera de la década de los 70, se eliminó la figura de concesión, y comenzó a realizarse la actividad bajo asociaciones, vinculando inversión extranjera de riesgo y tecnología internacional, dando inicio a la actividad en otras zonas del país como la Orinoquia. Por ejemplo, para el caso de Casanare y el Meta se dieron los primeros hallazgos en esta década, en las zonas de Trinidad, Tocaría, Apiay y Cubarral, con empresas extranjeras Occidental, Shell, British Petroleum, Triton, Total y Chevron, con Ecopetrol como socio principal en representación del Estado colombiano. De igual manera cabe resaltar después de 1975, el muy importante descubrimiento del campo Caño Limón (Arauca), ya que cambió la industria y economía del país por completo, gracias al gran yacimiento que tiene, que hasta hoy en día ha sido el más importante del país (Aguilar et al, 1998).

Actualmente Colombia sigue contando con un alto potencial de reservas de crudo, que según la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, está estimada en 47 billones de barriles de petróleo, mencionando un alto potencial en campos ya

existentes (Cusiana, Cupiagua, Caño Limón, La Cira-Infantas y Chuchupa-Ballenas), además de una parte importante del territorio que se encuentra sin explorar.

1.2.3 Relación entre los sectores ambiental y petrolero en Colombia

Si bien en Colombia la industria petrolera se encuentra administrada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, en representación del Ministerio de Minas y Energía, y por Ecopetrol, como socio estratégico en las asociaciones para la actividad petrolera del país, las instituciones miembro del Sistema Nacional Ambiental – SINA, son las encargadas de velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente para esta industria, en términos de la verificación, realización y regulación de licencias, permisos, planeación y monitoreos, además de sancionar el desacato de la norma.

Como parte del cumplimiento de la normatividad ambiental para la actividad petrolera, las autoridades ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Corporaciones Autónomas Regionales), expiden unos lineamientos establecidos para realizar una descripción detallada de las características del proyecto a desarrollar, las particularidades específicas de la zona donde se desarrollará el proyecto en términos socioambientales (medios abiótico, biótico y socioeconómico), el panorama de impactos ambientales potenciales asociados al desarrollo de la actividad, y la planeación pertinente para manejar y monitorear dichos efectos en el área del proyecto, además de algunos requerimientos específicos según las condiciones particulares de cada proyecto. Estos lineamientos reciben el nombre de Términos de Referencia y constituyen la “carta de presentación” del proyecto petrolero frente al sector ambiental nacional.

2. RESULTADOS Y DISCUSION

2.1 ECOSISTEMAS COLOMBIANOS Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Como se mencionó en las generalidades, Colombia es un país megadiverso con una alta oferta de biodiversidad y servicios ecosistémicos, lo cual lo posiciona con una potencia en este sentido. A partir de la información suministrada por el IDEAM y el INVEMAR (2007), se realizó el mapa de ecosistemas del país, el cual puede observarse a continuación (**Figura 12**).

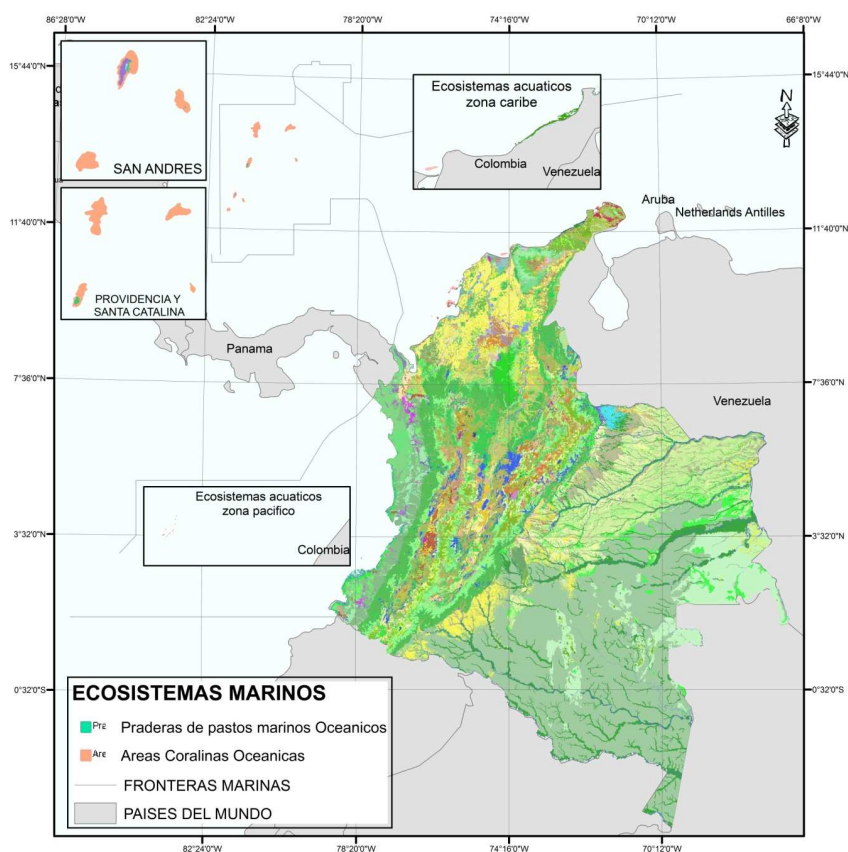


Figura 12 Ecosistemas continentales y marinos de Colombia

Fuente: IDEAM et al. 2007; INVEMAR et al. 2009

La leyenda se encuentra en los anexos

Con el fin de realizar la identificación de servicios ecosistémicos se realizó una revisión de fuentes secundarias de información acerca de los ecosistemas identificados, su estado actual en el país, sus principales factores de amenaza y vulnerabilidad (riesgo), y su importancia socio ecológica:

2.1.1 Páramos

Los ecosistemas de páramo se encuentran distribuidos en las zonas montañosas, en la franja altitudinal ubicada entre los 3.200 y 4.500 metros sobre el nivel del mar, principalmente en las cordillera Oriental, Central y Occidental, y en la Sierra Nevada de Santa Marta, aunque en el departamento de Nariño existen formaciones paramunas azonales en cotas altitudinales inferiores a este rango. La importancia de estos ecosistemas radica en su función de producción, regulación y almacenamiento de agua, ya que actúa como una esponja que absorbe el agua almacenada en la niebla. Además de lo anterior, estos ecosistemas se caracterizan por presentar condiciones climáticas extremas (baja presión atmosférica, escasa densidad de aire, bajas temperaturas y radiación solar directa), que determinan las formaciones florísticas y condicionan las comunidades faunísticas que allí se encuentran (ver **Fotografía 1** y **Fotografía 2**).



Fotografía 1 Frailejón como especie emblemática de los páramos



Fotografía 2 Páramo identificado en el santuario de fauna y flora Iguaque

Entre las principales amenazas para los ecosistemas de páramo se encuentran la transformación y degradación para las actividades antrópicas, principalmente por el uso de la leña para combustible y cercas vivas, techados de casas de campo, alimento para el ganado, actividades agrícolas y ganaderas, explotación del recurso hídrico, actividades mineras y procesos de revegetalización mal formulados con especies invasoras (MMA, 2002).

2.1.2 Bosques de montaña

Los ecosistemas de montaña incluyen las franjas subandinas y andinas de las cadenas y formaciones montañosas del país (principalmente las cordilleras Oriental, Central y Occidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía del Perijá, Serranía de San Lucas, Montes de María, y Serranía de la Macuira), que por su ubicación geográfica y condiciones de clima y suelo, poseen una singularidad ecosistémica que salvaguarda una gran cantidad de flora y fauna (Ojeda et al., 2001). (Ver **Fotografía 3** y **Fotografía 4**)



Fotografía 3 Cuenca identificada en PNN Iguaque



Fotografía 4 Robledales asociados a ecosistemas de montaña

Los principales factores de amenaza de estos ecosistemas son las actividades agropecuarias, cultivos y tenencia de ganado, ya que han sido los principales agentes de transformación del paisaje de estas zonas. Adicionalmente hay que

tener en cuenta que para el caso de Colombia la mayoría de la población se encuentra concentrada en las zonas de montaña, lo cual ha implicado una densificación muy alta y una fuerte presión sobre los recursos, por la alta demanda que existe de servicios ecosistémicos, y el uso insostenible que se ha hecho de estos (Armero, 2009).

2.1.3 Bosques húmedos tropicales

Corresponde a ecosistemas típicos de tierras bajas, caracterizados por contar con una gran complejidad ecológica y una estructura bien consolidada, que alberga la mayor diversidad de especies vegetales del mundo, representada en cerca del 50% de las plantas descritas. Para Colombia se estima que este ecosistema tiene un área aproximada de 415000 km², representando cerca del 36.5% del territorio nacional, que se ubica espacialmente en las tierras bajas del Pacífico, Chocó Biogeográfico, Amazonía y Orinoquía, estribaciones de los Andes, valles medios de los ríos Magdalena y Sinú, valles bajos de los ríos Cauca y San Jorge y en la cuenca del río Catatumbo (Dueñas et al, 2007). (Ver **Fotografía 5** y **Fotografía 6**)



Fotografía 5 Estratificación típica de bosque húmedo tropical



Fotografía 6 Bosques riparios asociados a río Inírida

Para este tipo de ecosistemas, aunque la ganadería y la agricultura ejercen presión sobre los recursos, cabe resaltar que otras de las amenazas más

significativas radican en la tala selectiva de especies de flora, la cacería de fauna para comercio y tráfico ilegal, y el establecimiento de cultivos de uso ilícito, lo cual ha generado grandes contrastes en los ecosistemas.

2.1.4 Bosque seco tropical

Este ecosistema característico de tierras bajas se encuentra distribuido en el país en seis regiones principales que son el Caribe, los valles interandinos, la región norandina de Santander y Norte de Santander, el valle del Patía y en los Llanos Orientales en Arauca y Vichada. De acuerdo con el IAVH (1998), este ecosistemas es uno de los más amenazados en el país pues se estima que de las más de 9 millones de hectáreas que ocupaba originalmente, queda apenas el 8% de estas, principalmente por la presión ejercida por la producción agrícola y ganadera, minería, desarrollo urbano y turismo, lo cual ha generado una alta transformación de las coberturas originales, además de una tasa significativa de pérdida de hábitat (ver **Fotografía 7** y **Fotografía 8**).



Fotografía 7 Vegetación característica de los bosques secos



Fotografía 8 Panorámica de bosque seco tropical en el cañón de Chicamocha

En términos de características propias de este ecosistema, se cuenta con que albergan cerca de 2600 especies de plantas (26 de las cuales son endémicas), 230 especies de aves (33 endémicas), y 60 especies de mamíferos con 3

especies endémicas. Sin embargo, paralelo a lo anterior, se tiene escenario en el que solamente el 5% del ecosistema remanente se encuentra protegido dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), haciéndolo aún más vulnerable, pues los factores de pérdida siguen siendo muy fuertes y siguen ejerciendo una presión constante sobre la biodiversidad.

2.1.5 Sabanas naturales

Para el país, estos ecosistemas se encuentran distribuidos principalmente en la región de la Orinoquía, aunque también se encuentran en menor proporción en zonas del Caribe, los valles interandinos y la Amazonía. Estos sistemas naturales cuentan con formaciones vegetales muy particulares, ya que sus suelos son poco fértiles, ricos en óxido de hierro y aluminio que actúan como una sustancia tóxica para la mayoría de las especies de flora, por lo que son dominantes las gramíneas, arbustos, arboles e incluso algunas palmas (Ojeda et al., 2001). A pesar de estas características, las sabanas representan ecosistemas de gran importancia, ya que soportan una gran diversidad de fauna adaptada a las dinámicas propias de estos (Usma & Trujillo, 2011). (Ver **Fotografía 9** y **Fotografía 10**)



Fotografía 9 Termiteros característicos de las sabanas naturales



Fotografía 10 Sabanas ubicadas en el municipio de Maní Casanare

La principal amenaza de las sabanas es que al parecer ecosistemas aparentemente simples y poco complejos, el ser humano las ha utilizado como zonas de pastoreo para ganadería extensiva, introduciendo especies exóticas de gramíneas y pastos, desecando los cuerpos de agua y alternado las dinámicas propias de este. Por esta razón se habla de procesos de sabanización, que consiste en la expansión de la sabana, eliminando zonas boscosas para convertirlas en pastizales, por lo que las principales amenazas radican en el cultivo de pastos, la tala de especies vegetales y la quema del terreno, degradando los ecosistemas y sus características naturales (Ojeda et al., 2011).

2.1.6 Ecosistemas desérticos, xerofíticos y subxerofíticos

Este tipo de ecosistemas se encuentran asociados a zonas que presentan un déficit significativo de agua durante todo el año, por lo que tiene formaciones vegetales particulares asociadas a estas condiciones ambientales de sequía y de alta temperatura, siendo comunes las especies con espinas como los cactus o los matorrales espinosos, con follaje escaso y caducifolio. Estas características vegetales hacen que la fauna que habita allí sea especialista, y se encuentre adaptada a estas condiciones, desarrollando múltiples estrategias para hacer uso efectivo de los recursos y nutrientes, siendo altamente eficientes (Ojeda et al., 2011). (Ver **Fotografía 11** y **Fotografía 12**)



Fotografía 11 Desierto de la Tatacoa



Fotografía 12 Cactus como vegetación más representativa

Para el país, las zonas desérticas, xerofíticas y subxerofíticas se encuentran distribuidas principalmente en La Guajira, aunque también son importantes las formaciones secas de los valles del Patía, Juanambú, Dagua, Cauca y Suarez, y las zonas secas de Villa de Ojeda et al. y la Tatacoa. Al igual que los ecosistemas de sabana, estos sistemas son afectados por la degradación antrópica relacionada con la sobreexplotación de los recursos, principalmente la flora y el suelo, lo cual ha generado procesos de desertificación y afectación edáfica, acelerada por las condiciones extremas de estos ecosistemas (Ojeda et al., 2011).

2.1.7 Humedales

De acuerdo con la convención Ramsar (1971), los humedales se definen como extensiones acuáticas ubicadas en zonas marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas. Estos ecosistemas son de gran importancia debido a que ecológicamente son muy productivos, por lo que de estos dependen un gran número de animales, principalmente fauna ictica (Ojeda et al., 2001). (Ver **Fotografía 13** y **Fotografía 14**)



Fotografía 13 Laguna de Iguaque,
Boyacá.



Fotografía 14 Estero Tres Moriches
ubicado en el departamento del Casanare

En Colombia estos ecosistemas se encuentran ubicados a lo largo del territorio nacional, siendo relevantes los complejos cenagosos del Caribe, los cuerpos de agua lenticos de la llanura y altillanura orinocense y del piedemonte amazónico (morichales, esteros, surales, bajos inundables, lagunas y cananguchales), las lagunas y lagos de los ecosistemas de montaña, y otros cuerpos de agua lenticos de la Amazonía, como las lagunas e igapos (Ojeda et al., 2001).

Al igual que los manglares, estos ecosistemas acuáticos se encuentran amenazados principalmente por la inadecuada disposición de residuos líquidos y sólidos que generan contaminación, la sedimentación, la deforestación y la sobreexplotación de los recursos. Sumado a lo anterior, es de relevancia mencionar que estos ecosistemas están sujetos a regímenes ambientales muy fluctuantes y extremos en términos de clima (periodos de inundaciones y sequías), por lo que cuentan con una alta vulnerabilidad en el transcurso de estos ciclos.

2.1.8 Manglares

Se estima que para Colombia, teniendo en cuenta las costas Pacífica y Atlántica, existe una extensión de manglares de aproximadamente 380.000 hectáreas, distribuidas a lo largo de los deltas de ríos como el Atrato, Sinú y Magdalena, así como en las zonas costeras de golfos y bahías como Sispatá, Morrosquillo, Buenaventura, entre otros. Estos ecosistemas son muy particulares ya que se encuentran asociados a formaciones estuarinas (interfase acuática entre sistemas continentales y marinos), lo que los convierte en ecosistemas azonales, con una vegetación propia (asociaciones de mangle con formaciones boscosas y/o matorrales), cuya heterogeneidad estructural ofrece un gran número de nichos y hábitat para especies de fauna (Sánchez - Páez et al, 1998; Ojeda et al., 2001). (Ver **Fotografía 15** y **Fotografía 16**)



Fotografía 15 Mangles identificados en la isla de Providencia



Fotografía 16 Ecosistema de manglar en la ciénaga Cuatro Bocas, departamento del Magdalena

Entre las principales amenazas para este tipo de ecosistemas se encuentran la contaminación de las fuentes hídricas superficiales por inadecuado manejo de residuos líquidos y sólidos, la sedimentación originada por procesos de erosión en las zonas terrestres, la tala de mangle para construcción y leña, y la sobreexplotación de recursos ícticos, que ha generado desequilibrio dentro del ecosistema.

2.1.9 Ecosistemas marinos y costeros

Debido a las características climáticas y a la transición entre la plataforma continental y el océano, en la zona costera del país sobre el Atlántico y el Pacífico existe un conjunto de ecosistemas de gran importancia, representado en las áreas de estuarios y deltas, lagunas costeras, arrecifes coralinos, praderas marinas, playas y acantilados, que albergan una gran diversidad de fauna y flora, y que cuentan con una alta complejidad ecológica. Además de lo anterior cabe resaltar el conjunto de formaciones insulares y coralinas que también hacen parte de estos ecosistemas (Ojeda et al., 2011). (Ver **Fotografía 17** y **Fotografía 18**)



Fotografía 17 Pastos marinos identificados en la Isla de Providencia.



Fotografía 18 Desembocadura de cuerpo de agua en el mar Pacífico

En cuanto a las amenazas más representativas de estos ecosistemas están el deterioro de la calidad del agua, los aportes de sedimentos provenientes del continente, los residuos sólidos y el relleno de zonas húmedas para la expansión de asentamientos humanos e industrias. En el caso específico de las formaciones coralinas, los principales factores de amenaza están relacionados con la descarga continental que llega con las corrientes de los ríos, ya que tienen una alta concentración de materiales alóctonos nocivos para estas asociaciones, además de la pesca exhaustiva, que ha llevado a la disminución de la oferta hídrica (Ojeda et al., 2011).

2.1.10 Ecosistemas agrosilvopastoriles

A pesar de que no corresponden a ecosistemas naturales propiamente dichos, es importante hacer alusión a estas áreas transformadas, no solamente porque ocupan una alta proporción del área del país (más de 29.210.000 hectáreas), sino porque además es en esta gran matriz donde se encuentran inmersos la mayoría de relictos de ecosistemas naturales, principalmente bosques, formando un gran mosaico donde se encuentra distribuida la diversidad nacional. De igual forma corresponden a los ecosistemas con una alta importancia socioeconómica ya que es allí donde se desarrollan las actividades productivas que dinamizan la

economía nacional (Ojeda et al., 2001; MADS, 2012). (Ver **Fotografía 19** y **Fotografía 20**)



Fotografía 19 Cultivo de maíz identificado en el municipio de San Pedro de Iguaque, Boyacá.



Fotografía 20 Campesinos labrando cultivo de papa.

En cuanto a las actividades pecuarias, el censo nacional del año 2009 reportó un total de 22.540.251 cabezas de ganado vacuno, y como principales cultivos el plátano, café, cacao, cereales, palma de aceite, tubérculos, frutas, panela, hortalizas, heliconias, entre otros (MADS, 2012).

Como problemáticas ambientales de estos ecosistemas se han identificado en incremento de procesos erosivos por desprotección del suelo, sedimentación en los cuerpos de agua, expansión de la frontera agrícola, deforestación, transformación y pérdida de hábitat (Ojeda et al., 2001).

De acuerdo con los ecosistemas identificados y la revisión de información realizada se presenta a continuación un cuadro resumen de los servicios ecosistémicos relacionados para los ecosistemas del país (**Tabla 4**).

Tabla 4 Servicios ecosistémicos identificados para cada ecosistema.

		SERVICIOS ECOSISTÉMICOS			
		DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
ECOSISTEMAS	Paramos	<ul style="list-style-type: none"> -Suministro de agua -Leña para materiales de construcción, combustible y cercas. -Alimento y agua para el ganado. -Recursos genéticos -Extracción de carbón. 	<ul style="list-style-type: none"> -Captación de agua proveniente de las nubes por medio de la vegetación. -Reguladores de las corrientes de agua. -Prevención de avalanchas e inundaciones en épocas de lluvias -Reservorio de carbono y materia orgánica - Fuente de suelos fértiles que con el paso del tiempo se depositan en áreas de laderas y valles de alturas inferiores. -Moderan la contaminación atmosférica y el clima -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Hábitat especies de flora y fauna. -Retención y protección de suelos -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> - Lugares sagrados para las comunidades indígenas de las montañas (Ej. Chibchas y Laguna de Iguaque). -Valoración estética y disfrute escénico -Investigación y educación -Creencias religiosas y cosmológicas.
	Bosques de montaña	<ul style="list-style-type: none"> -Suministro de agua -Provisión de frutos que dan alimento al ser 	<ul style="list-style-type: none"> sostenimiento físico y social de comunidades campesinas e 	<ul style="list-style-type: none"> -Hábitat de especies de flora y fauna. -Retención y protección 	<ul style="list-style-type: none"> -Turismo -Valoración estética y disfrute escénico

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS					
		DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
		<p>humano.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Material vegetal como fuente de combustible. -Recursos genéticos -Combustibles fósiles -Artesanías 	<p>indígenas allí asentadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reservorio de carbono y materia orgánica - fuente de suelos fértiles que con el paso del tiempo se depositan en áreas de laderas y valles de alturas inferiores. -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 	<p>de suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación y educación -Creencias religiosas y cosmológicas.
	Bosques húmedos tropicales	<ul style="list-style-type: none"> -Suministro de agua -Provisión de frutos que dan alimento al ser humano. -Fuente de combustible -Materia prima para productos farmacéuticos. -Materia prima como gomas, fibras y otros insumos industriales. -Fauna como recurso para autoconsumo y tenencia domestica de especies. -Germoplasma y recursos genéticos 	<ul style="list-style-type: none"> -Regulación del clima -Captura de carbono -Ciclado de nutrientes -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Hábitat de especies de flora y fauna. -Retención y protección de suelos -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación y educación -Valoración estética y disfrute escénico -Creencias religiosas y cosmológicas.

		SERVICIOS ECOSISTÉMICOS			
		DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
		-Combustibles fósiles -Artesanías			
	Bosques secos tropicales	-Disponibilidad de agua y nutrientes -Especies de leguminosas, ornamentales y frutales para uso de las comunidades. -Frutos que abastecen el forrajeo del ganado -Banco genético in-situ. -Alimentos -Fuentes energéticas -Materiales de construcción -Materia prima para productos farmacéuticos. -Madera para leña y comercio -Fauna para comercio, alimento y tenencia doméstica -Artesanías -Combustibles fósiles	-Regulación hídrica -Captura de carbono -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización. -Regulación de clima -Regulación de la erosión -Regulación de inundaciones	-Retención y protección de suelos. -Hábitat de especies de flora y fauna -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis	-Especies de importancia ceremonial -Recreación y turismo -Investigación y educación -Valoración estética y disfrute escénico -Creencias religiosas y cosmológicas.
	Sabanas naturales	-Material vegetal para combustible y construcción -Suministro de agua. -Suministro de alimentos (fauna silvestre como	-Regulación de procesos climáticos -Regulación de ciclos hiperestacionales. -Fijación de CO" -Disminución de gases	-Retención y protección de suelos -Hábitat de especies de flora y fauna -Refugio de aves migratorias	-Recreación y turismo -Potencial de transporte -Creencias religiosas y cosmológicas. -Valoración estética y

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS				
	DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
	<ul style="list-style-type: none"> fuelle de proteína) -Combustibles fósiles -Recursos genéticos -Artesanías 	<ul style="list-style-type: none"> efecto invernadero -Regulación hídrica -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> disfrute escénico -Investigación y educación
Ecosistemas desérticos, xerofíticos y subxerofíticos	<ul style="list-style-type: none"> -Suministro de agua -Alimento (frutas) -Material vegetal para leña y construcción -Fuentes de energía alternativa (solar, eólica y marina) -Artesanías 	<ul style="list-style-type: none"> -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización -Reservas freáticas de recurso hídrico -Regulación morfosedimentaria -Mecanismos frente a incendios -Regulación calidad de aire 	<ul style="list-style-type: none"> -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación y educación -Valoración estética y disfrute escénico -Creencias religiosas y cosmológicas. -Deportes
Humedales	<ul style="list-style-type: none"> -Suministro de agua -Pesca para autoconsumo, y comercio de peces para consumo y ornamentales. -Recursos genéticos 	<ul style="list-style-type: none"> -Depuración de sustancias contaminantes provenientes de las corrientes loticas superficiales. -Control de enfermedades y contenidos tóxicos en contaminantes. -Amortiguamiento en épocas de lluvia (control inundaciones). -Regulación nivel 	<ul style="list-style-type: none"> -Almacenamiento de agua. -Hábitat de microfauna acuática, -Sitio de anidación y refugio de aves migratorias -Hábitat para la fauna ictica. -Producción primaria -Albergue de fauna en épocas secas -Fotosíntesis -Reciclaje de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> -Recreación y turismo (incluye pesca deportiva) -Potencial de transporte -Creencias religiosas y cosmológicas. -Investigación y educación -Valoración estética y disfrute escénico

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS				
	DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
		<ul style="list-style-type: none"> freático de suelos. -Recarga de acuíferos subterráneos. -Recolección de aguas lluvias en el invierno. -Regulación de clima y mitigación frente al cambio climático. -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 		
Manglares	<ul style="list-style-type: none"> -Alimento (principalmente peces y moluscos) -Suministro de agua -Material vegetal para construcción y leña. -Recursos genéticos -Artesanías 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabilización de línea costera y control de la erosión de la costa. -Retención de sedimentos y sustancias tóxicas. -Protección frente a tormentas y fuertes vientos. -Regulación de clima y mitigación frente al cambio climático -Regulación de plagas, de vectores de enfermedades y de la polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Hábitat y lugar de desove para la fauna ictica. -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Recreación y turismo -Potencial de transporte -Creencias religiosas y cosmológicas -Investigación y educación. -Valoración estética y disfrute escénico
Ecosistemas marinos y costeros	<ul style="list-style-type: none"> -Pesca y acuicultura para autoconsumo y comercio -Combustibles fósiles. 	<ul style="list-style-type: none"> -Fijación y captura de Carbono -Regulación de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Caladeros y hábitat de especies marinas -Producción primaria -Reciclaje de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> -Turismo de gran escala (incluye buceo y pesca deportiva) -Recreación

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS					
		DE ABASTECIMIENTO	DE REGULACIÓN	DE SOPORTE	CULTURALES
		<ul style="list-style-type: none"> -Recursos genéticos -Fuentes de energía alternativa (solar, eólica y marina) -Minerales estratégicos -Medios de transporte -Artesanías 	<ul style="list-style-type: none"> -Disminución de gases efecto invernadero -Regulación hídrica y de clima -Estabilización costera 	<ul style="list-style-type: none"> -Fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> -Valoración estética y disfrute escénico -Investigación y educación.
	Ecosistemas agrosilvopastoriles	<ul style="list-style-type: none"> -Disponibilidad permanente de recursos alimenticios (cultivos y ganadería) -Productos Forestales Maderables -Espacio de vivienda 	<ul style="list-style-type: none"> -Ciclado de nutrientes -Fijación y captura de carbono -Polinización 	<ul style="list-style-type: none"> -Lugares de paso para la fauna silvestre (parches fuente de recursos y hábitats temporales) 	<ul style="list-style-type: none"> -Valoración estética y disfrute escénico -Investigación y educación. -Trabajo

Fuente: IAvH (1998), IAvH (2014), MADS (2012), Ojeda et al., (2001)

2.2 Principales efectos de la actividad petrolera sobre los ecosistemas nacionales

Con los resultados obtenidos para el conjunto de ecosistemas nacionales, se realizó un análisis integral para establecer la relación que existe entre las actividades petroleras que se desarrollan en el país frente a los servicios que prestan los ecosistemas. Este análisis integral se realizó siguiendo el método propuesto por la MEA (2005), en donde se presenta la intensidad de los impactos sobre los ecosistemas y su tendencia, en este caso frente a las etapas de la cadena productiva de los hidrocarburos y los servicios ecosistémicos afectados.

Este análisis integral se realizó de una manera muy general, tomando como base los servicios ecosistémicos presentados en el numeral anterior, y contrastándolos posteriormente con las actividades marco de las diferentes etapas para la prospección, exploración, explotación y transporte de hidrocarburos, tomando como referencia la intensidad de la incidencia de dichas actividades sobre los servicios y la tendencia que dicha afectación tendría de acuerdo con las características de la actividad.

Esta evaluación parte de un escenario teórico y general para los ecosistemas del país y sus servicios ecosistémicos, a manera de ejercicio conceptual, aunque vale aclarar que en la medida en que se aplique esta metodología a estudios de caso puntuales, en procesos de licenciamiento particulares por ejemplo, su uso deberá ser más detallado y contemplar las características socioecológicas específicas para la zona, integrando la mayor cantidad de variables posible para alcanzar un nivel de análisis mayor.

Para comparar la afectación de los servicios ecosistémicos por las actividades de la cadena productiva de hidrocarburos, se tomaron como referencia los servicios ecosistémicos comunes identificados para los ecosistemas nacionales, de forma tal que fuera posible tener una perspectiva general de estos. Así bien, como

servicios generales de abastecimiento se tomaron el *Suministro de agua, alimentos, materiales vegetales y recursos genéticos*; de regulación la *Regulación del clima, la regulación hídrica, el ciclado de nutrientes y la captura de carbono*; de soporte la *Formación y protección del suelo, la productividad primaria y la oferta de hábitat*; y como culturales la *Valoración y disfrute escénico, la investigación y educación, la recreación y turismo, y las creencias religiosas y cosmológicas*.

Por otra parte, como bien se sabe la cadena productiva de hidrocarburos tiene un gran número de actividades que incluyen gran variedad de procesos, que de manera indirecta y directa afectan los servicios ecosistémicos del lugar donde se desarrollen. Sin embargo para este análisis se tomaron actividades muy generales que agrupan las acciones transversales a cualquier proyecto, aunque deberá detallarse y disgregarse a la escala pertinente para estudios de caso puntuales.

En la **Tabla 5** puede apreciarse la síntesis del ejercicio realizado:

Tabla 5 Tipo de intensidad y tendencia al futuro de los servicios ecosistémicos afectados por la actividad petrolera

		SERVICIOS ECOSISTÉMICOS			
		ABASTECIMIENTO (Alimento, agua, maderas y fibras)	REGULACIÓN (Clima, hídrica, desastres)	SOPORTE (Ciclado de nutrientes, formación de suelo, producción primaria)	CULTURALES (Calidad estética, espiritual, educacional y recreacional)
Prospección sísmica	Instalación y operación campamentos base y campamentos volante				
	Apertura de trocha y topografía				
	Perforación (apertura, cargado y tacado de pozos)				
Explotación	Remoción de cobertura vegetal, descapote y movimientos de tierras				
	Construcción e instalación de obras civiles (incluidas vías), y montaje de infraestructura y equipos				
	Perforación (operación del RIG, motores y generadores)				
	Manejo de lodos y cortes de perforación				
	Demolición y/o desmonte de estructuras y limpieza de áreas				
Explotación	Construcción e instalación de obras civiles (incluidas vías), y montaje de infraestructura, equipos y facilidades de producción e inyección (machin y árbol de navidad)				
	Almacenamiento y disposición para transporte				
	Generación y disposición de residuos domésticos e industriales y material sobrante de excavación				
Transporte	Construcción, uso y mantenimiento de líneas de flujo				
	Uso de carrotaques				
	Uso de buques				
		<p>Cuadros de color: Influencia de la actividad sobre los servicios ecosistémicos</p> <p>Bajo</p> <p>Moderado</p> <p>Alto</p> <p>Muy alto</p>		<p>Flechas: Tendencia de dicha influencia sobre los servicios ecosistémicos partiendo del escenario actual</p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	

Como se puede observar en la anterior tabla, los impactos de intensidad muy alta, con una tendencia en aumento acelerado (cuadro rojo flecha ascendente), se encuentran relacionados con las actividades constructivas, incluidas la remoción de la cobertura vegetal, descapote del suelo y movimiento de tierras, principalmente por el efecto adverso que estas tienen sobre los servicios ecosistémicos, en términos de la afectación directa de recursos como el suelo y la cobertura vegetal, que implica la alteración de procesos ecológicos y de las condiciones iniciales de los componentes más vulnerables.

Si bien el análisis se realizó para ecosistemas que difieren en sus características y elementos particulares (altitud, flora, fauna, comunidades asociadas), se estima que para cualquier ecosistema, incluso los de tipo agrosilvopastoril, las afectaciones sobre el suelo y la cobertura vegetal implican una afectación consecuente sobre los servicios ecosistémicos, pues se alteran de manera directa los procesos ecológicos propios del sistema.

En cuanto a los servicios ecosistémicos que mayor afectación presentan por la ejecución de las diferentes actividades petroleras, se pudo identificar que estos corresponden a aquellos de tipo cultural, ya que la percepción de las comunidades sobre acciones y actividades que se realizan en su territorio por parte de industrias externas, tenderán casi siempre hacia una posición defensiva y negativa de estas, debido principalmente a la llegada de un nuevo actor que influencia de manera directa los componentes sociales, culturales y económicos de la región, además de que desarrolla una actividad económica no tradicional en la zona, alterando las dinámicas sociales en general, incluido el relacionamiento con los servicios ecosistémicos. En una situación paralela, cuando la actividad petrolera genera expectativas en las comunidades, es posible también que se cambie el uso del suelo y las actividades productivas, lo que a su vez ocasiona un cambio en el relacionamiento con el territorio, y el paso de actividades tradicionales a otras actividades relacionadas con el nuevo mercado emergente.

Para citar algunos ejemplos de afectación a los servicios ecosistémicos culturales por parte de las actividades petroleras, se puede hacer referencia a procesos de consulta previa incompletos y superficiales que no han contemplado la multidimensionalidad de las culturas y han llevado a posiciones de inconformidad y desconfianza de las personas hacia estos procesos.

Un ejemplo de lo anterior es el caso de la comunidad indígena U'wa cuyo territorio se encuentra en jurisdicción de los departamentos de Norte de Santander, Arauca, Boyacá y Casanare, cerca de las laderas de la Sierra Nevada del Cocuy y la cordillera Oriental. De acuerdo con el Gobierno Nacional la no explotación de zonas con potencial petrolero en el territorio de los U'wa tiene un costo económico muy alto ya que es una fuente de ingresos significativa para el Estado. No obstante, para la comunidad indígena, que de por sí es en sí misma un ejemplo de la biodiversidad nacional, las actividades petroleras conllevan a daños irreversibles en el ambiente, que destruye el entorno vital de las comunidades restringiendo la subsistencia y vida de estas comunidades, y llevándolas a un estado de fragilidad muy alto ligado a la intervención de su territorio y cultura (Restrepo, 2007).

Dando continuidad a los resultados obtenidos con el análisis realizado, se pudo observar que los Servicios de aprovisionamiento se verían afectados principalmente por la demanda de agua que requieren las actividades petroleras, no solamente para las actividades constructivas y operativas, sino para el mantenimiento del proyecto (personal y campamentos). Por ejemplo para la fase de perforación el uso del agua es de gran importancia ya que se requiere de este recurso para inyectar en los pozos, debido a que el agua estimula el desplazamiento y salida del crudo. Luego de este proceso, el agua es tratada alcanzando parámetros de calidad, si bien para recircularla nuevamente en los procesos productivos reinyectando el recurso nuevamente a los pozos, para ser vertida en el cuerpo de agua del que se tomó, o para asperjarla en el suelo.

En otros casos, actividades como la apertura de trochas y topografía (prospección sísmica), y la construcción de obras civiles (vías, plataformas, líneas de flujo y otra infraestructura), requieren la remoción de la cobertura vegetal y la adecuación del terreno para la realización de estas, lo que ecológicamente implica el origen de procesos de fragmentación del hábitat y paisaje, contribuyendo a la pérdida de procesos y dinámicas ecológicas, que afectan los servicios de aprovisionamiento como la disponibilidad de agua, recursos madereros, recursos alimenticios (fauna y flora), y la pérdida de recursos genéticos.

Para el caso de los Servicios de regulación y soporte, la afectación potencial de las actividades de la cadena productiva de hidrocarburos se encuentra relacionada principalmente a la afectación del suelo ya que por una parte las actividades de prospección sísmica y construcción de obras civiles implica un proceso de descapote, como se ha denominado la acción de remover el suelo orgánico y fértil (que contenga materia viva), lo cual desencadena en un efecto adverso sobre este recurso, teniendo en cuenta que el proceso de formación de los suelos es lento y muy complejo, por lo que es irrecuperable. Si bien las actividades petroleras contemplan el manejo de suelos para su posterior utilización en actividades como la reconfiguración geotécnica y del paisaje, se pierden las características intrínsecas del suelo, así como los flujos de materia, energía e información de este, vulnerando su riqueza estructural y funcional.

De manera transversal a las actividades petroleras se alteran los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas, ya que los procesos ecológicos funcionan en cadena, y todos están conectados entre sí, por lo que si observamos tan solo una actividad como la remoción de la cobertura vegetal, esta implica la desprotección del suelo, la intensificación de procesos erosivos, el arrastre de materiales a los cuerpos de agua, la sedimentación y colmatación de estos, incidencia en los ciclos hídricos y climáticos (humedad relativa, precipitación, evapotranspiración), y la

alteración de la fotosíntesis y la captura de carbono, así como el ciclado de nutrientes. Así bien, cualquier actividad que se realice durante la vida útil del proyecto estará generando nuevas afectaciones, que a su vez harán sinergia con actividades del proyecto ya realizadas, con otras actividades que se desarrollan en la zona (por ejemplo agricultura, ganadería, minería, cacería), o con eventos naturales (inundaciones, sequías, remoción en masa), alterando todos los servicios ecosistémicos.

Es importante mencionar que el Gobierno Colombiano, en su meta de desarrollo de actividades petroleras, está contemplando la exploración y producción de hidrocarburos no convencionales, que según la Asociación Colombiana de Petróleo - ACP (2014), requeriría una demanda de servicios ecosistémicos mayor, ya que se habla de una densificación de los pozos (pasando de 1 pozo/10 Km² a 1pozo/Km²), además de un requerimiento hídrico entre 2000 y 20000 metros cúbicos de agua por pozo (1,6% del agua que consume Bogotá diariamente). De acuerdo con este panorama, este tipo de extracción tendrá una mayor incidencia y magnitud sobre los servicios ecosistémicos, habiendo una mayor necesidad de terreno adecuado, mayor cantidad de recurso hídrico, y más significancia en los impactos generados.

En cuanto a la cantidad de agua utilizada, la cual es captada de los cuerpos de agua superficiales cercanos a dichas operaciones, la ACP (2014) habla de un porcentaje de retorno de entre 20 y 80% del agua inyectada a los pozos, aunque hay que tener en cuenta que el fracturamiento de la roca en el subsuelo puede llevar a que una vez retorne el agua a la superficie esta se encuentre contaminada con diversos materiales como minerales y metales pesados, lo cual pese a su tratamiento, imposibilitaría el vertimiento de esta a su fuente de origen. Bajo este panorama teórico, teniendo en cuenta que un alto porcentaje de las actividades petroleras se desarrollan en zonas rurales como la Orinoquía, el valle del Magdalena, y el Catatumbo, citando algunos ejemplos), el acceso al recurso

hídrico es una limitante para las comunidades (mayor uso de aguas subterráneas), que alternado a las actividades no convencionales vulneraría la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las poblaciones.

Como parte del análisis se realizó un mapa que integra los ecosistemas del país con la actividad petrolera (áreas en exploración, áreas en producción y áreas disponibles para exploración), en el que se relaciona espacialmente las concesiones otorgadas hasta el momento y el potencial de la actividad económica (**Figura 13**). Como se puede observar, en el mapa, todos los ecosistemas sensibles y estratégicos para el país, incluidos los ecosistemas marinos y costeros, estarán afectados por estas actividades en el panorama de desarrollo nacional. Zonas como el Caribe colombiano incluidas las costas, el valle del Magdalena, la Orinoquía, el Piedemonte amazónico y el Catatumbo, tienen una fuerte incidencia de actividades de las actividades de explotación y producción (polígonos rojos en el mapa), aunque otra proporción significativa de extensión del territorio nacional (Chocó Biogeográfico, Llanuras del Caribe, Amazonas, Costa pacífica y océano Atlántico, está disponible para su exploración y potencial producción, lo cual genera un panorama de grandes desafíos en términos socioambientales, pues son muchos los procesos que quedan por realizarse y estudiar.

Aunque en muchos de estos ecosistemas se ha restringido la actividad petrolera por aspectos como el difícil acceso o la presencia de grupos armados al margen de la ley, además de las restricciones que existen de la normatividad ambiental del país, como las áreas protegidas a nivel local, regional y nacional, y los resguardos de minorías étnicas, cada día se hace más fácil el acceso a estas zonas, con lo que podrían repetirse los patrones de transformación de ecosistemas ya existentes en zonas con alta producción, acelerándose la colonización de áreas remotas, y la demanda de servicios ecosistémicos, lo que incidiría de una manera significativa en la calidad de estos.

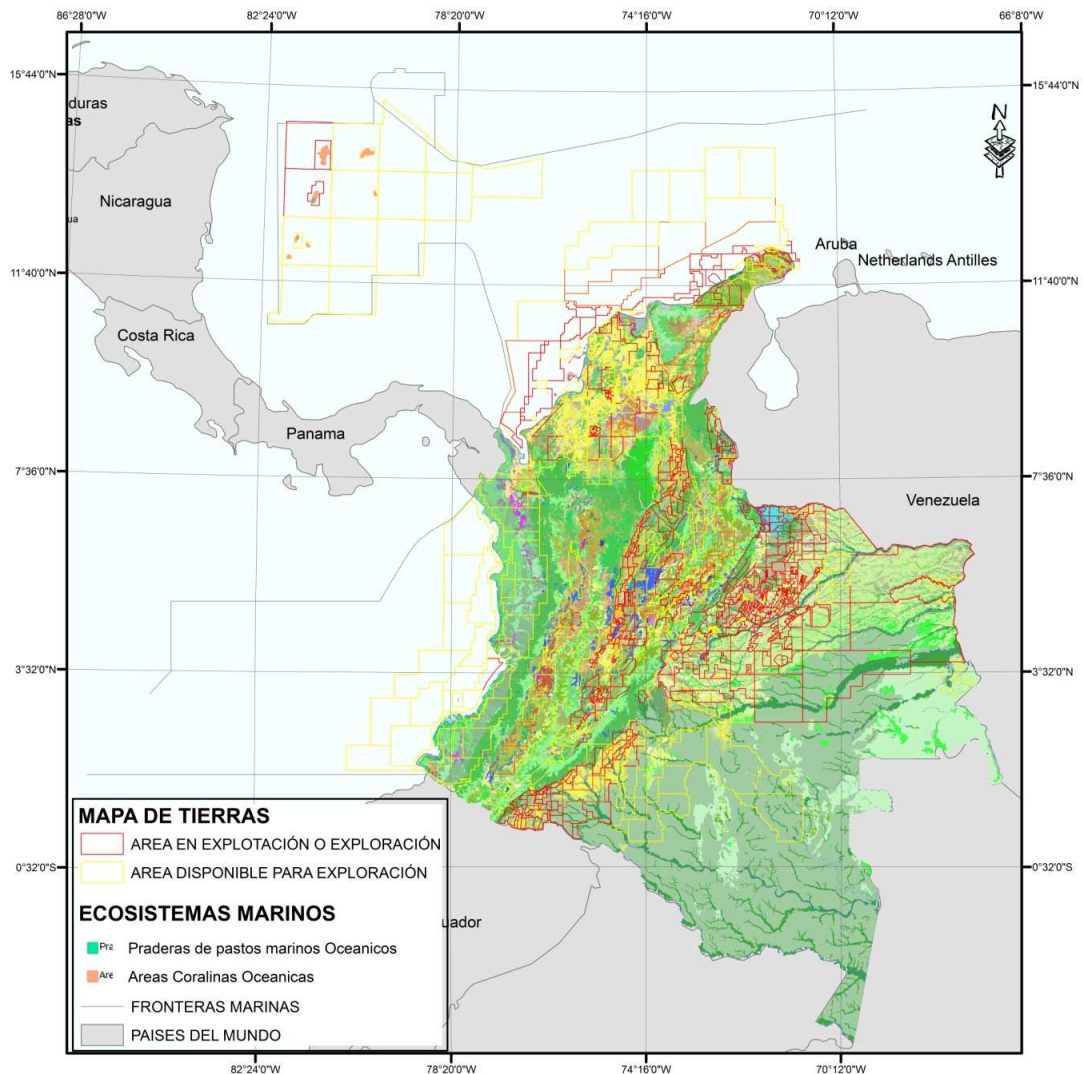


Figura 13 Mapa de tierras de la ANH dispuesto sobre los ecosistemas marinos y costeros de Colombia

2.3 Diseño del modelo metodológico para integrar la PNGIBSE en el contexto de la actividad y dinámica petrolera nacional

Como parte de la realización de esta monografía se planteó la elaboración de un modelo metodológico conceptual para abordar el tema de servicios ecosistémicos en el contexto de la actividad petrolera, para estudios de caso específicos. Como

se ha explicado a lo largo del documento, el concepto de biodiversidad y de los servicios que esta presta, es una construcción humana por lo que su base de estudio radica en las comunidades y en el relacionamiento que estas tengan con su entorno. De igual forma al reconocer a las comunidades como el eje central de los procesos, se garantiza además el alcance de los objetivos planteados y el éxito de las medidas y alternativas de manejo de su territorio, bajo lo cual cualquier actividad desarrollada allí deberá entender e integrar este conocimiento en sí misma.

De acuerdo con lo anterior, uno de los insumos más importantes en el momento de realizar un análisis de servicios ecosistémicos consiste en la comprensión de la relación de las comunidades con su entorno en función de su uso, percepción, relacionamiento, manejo y demás relaciones que haya establecidas con este. Por último, y para puntualizar la importancia de las comunidades este tipo de estudios, es relevante mencionar que una vez se realice en un territorio específico una actividad externa y no tradicional, como es la industria petrolera, son las comunidades las que van a percibir los cambios en el territorio, y eventualmente, en el escenario más crítico, las que deberán asumir las externalidades y pasivos derivados de una actividad específica.

Ahora bien, una vez comprendida la importancia del conocimiento local sobre la biodiversidad en este tipo de procesos, se pueden abordar los demás componentes de, modelo metodológico conceptual planteado (**Figura 14**), sobre los cuales se hará referencia y detalle a continuación.

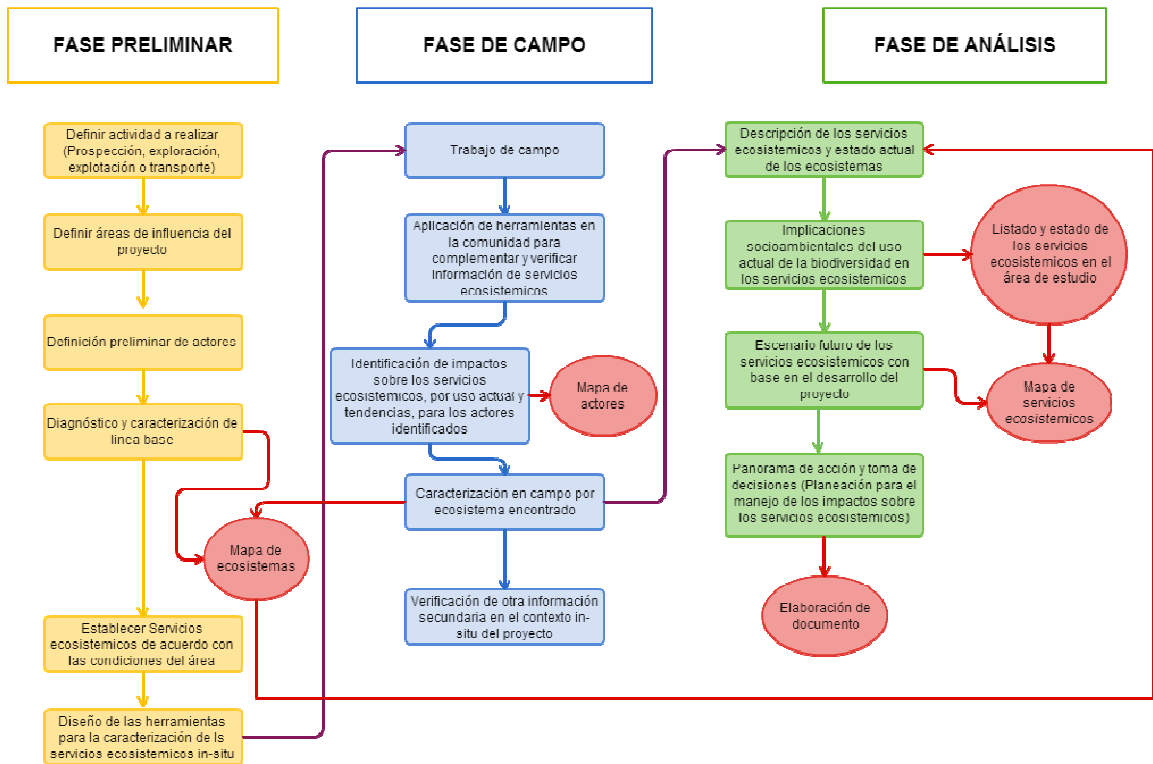


Figura 14 Esquema metodológico general para la aplicación de la PNGIPSE en el contexto de la actividad petrolera.

Como base del modelo metodológico conceptual se elaboró un esquema metodológico que se dividió en tres fases específicas, comenzando por una fase de preliminar, seguida de una fase de campo, y finalizando con una fase de análisis de la información. En el diagrama referenciado en la **Figura 14**, se pueden observar las fases referenciadas en diferente color (fase preliminar en naranja, fase de campo en azul, y fase de análisis en verde), además de los subproductos y productos finales esperados al finalizar los procesos (referenciados en círculos rojos). Así bien, a continuación se explicará de manera general los diferentes pasos lógicos que se seguirán para el desarrollo de cada fase, así como sugerencias metodológicas idóneas para su realización, cuando esto aplique.

2.3.1 Fase preliminar:

Esta fase tiene como objetivo recopilar la información base necesaria para diseñar las herramientas y métodos necesarios para abordar el tema de servicios ecosistémicos en un estudio de caso determinado, buscando el empalme y familiarización con los diferentes aspectos socioecológicos que caracterizan el área estudiada. Como línea lógica para su desarrollo se proponen entonces los siguientes pasos:

- Definir actividad a realizar (Prospección, exploración, explotación o transporte): Al ser esta metodología propuesta en el marco de la cadena productiva de hidrocarburos y su correspondiente proceso de licenciamiento y relación con las autoridades ambientales, es necesario al inicio del análisis de servicios ecosistémicos (en adelante ASE), definir la actividad que se va a realizar en la zona, las dimensiones del proyecto, sus principales actividades, la vida útil potencial, y otra información técnica relevante sobre esta. Esto consolida el punto de partida para el ASE, ya que de allí deriva la información sobre la nueva actividad que se realizará en la zona.
- Definir áreas de influencia del proyecto: Una vez comprendida la magnitud de la actividad petrolera a realizar, y en línea con los requerimientos de información que solicitan las autoridades ambientales, se hace necesaria la delimitación de las áreas de influencia del proyecto con base en un análisis multicriterio e interdisciplinario (medios abiótico, biótico y socioeconómico), en donde se ubica espacialmente la actividad o proyecto, y se localizan las áreas potencialmente impactadas por este en términos socioambientales. Esta será entonces el área de estudio para el ASE.
- Definición preliminar de actores: Al conocer el área de influencia de la actividad o proyecto, esta información espacial debe relacionarse con la

información social y político-administrativa, con el fin de identificar los diferentes actores locales, regionales y nacionales que tienen acción en el área y que estarían relacionados con los servicios ecosistémicos del área de estudio. Dentro de la identificación de actores se deben incluir tanto aquellos de naturaleza pública, así como entes privados, y a diferentes escalas. Esto es importante ya que la diferencia entre actores implica a su vez la diferencia en la percepción que tienen de los servicios ecosistémicos.

- Diagnóstico y caracterización de línea base: La información obtenida como parte de la caracterización y estudio del área de influencia desde las diferentes disciplinas involucradas, constituye la información clave para comprender el territorio desde una perspectiva técnica, y tener una aproximación hacia sus características principales en términos biofísicos, ecológicos, sociales y ambientales.
- Establecer servicios ecosistémicos de acuerdo con las condiciones del área: Con la información obtenida en los pasos anteriores se puede realizar un listado preliminar o check list de los servicios ecosistémicos potenciales del área de estudio, siendo esta información de gran importancia para abordar el tema una vez en campo durante el desarrollo de la siguiente fase.
- Diseño de las herramientas para la caracterización de los servicios ecosistémicos in-situ: En este paso se deben diseñar las metodologías que se utilizaran durante el desarrollo de la siguiente fase para recolectar la información sobre servicios ecosistémicos con el apoyo de los diferentes actores identificados. Para esto es necesario contar tanto con la definición preliminar de actores, como con la definición preliminar de servicios ecosistémicos, ya que desde esta información parte el ajuste de las herramientas metodológicas específicas con base en las condiciones del área. Dentro de las herramientas metodológicas potenciales que pueden

utilizarse para el ASE, están las entrevistas semiestructuradas, herramientas de DRP (desarrollo rural participativo), y otros ejercicios y encuestas.

➤ **PRODUCTOS ESPERADOS:**

Mapa de ecosistemas: Este mapa se realiza con base a la información de la línea base de los diferentes componentes, y será útil en la siguiente fase al momento de relacionar los servicios ecosistémicos con los ecosistemas y sus características principales.

2.3.2 Fase de campo:

Durante esta fase se desarrollan las diferentes actividades en el área de influencia, para verificar y complementar la información obtenida en la fase preliminar. De esta forma se confronta la información teórica obtenida, con su línea base tomada en campo, actualizándola al momento del estudio. Los pasos principales se describen a continuación:

- Trabajo de campo: Esta actividad es transversal a la fase e incluye todas las actividades in situ realizadas, incluido el trabajo con las comunidades y el reconocimiento del estado de los ecosistemas.
- Aplicación de herramientas en la comunidad para complementar y verificar información de servicios ecosistémicos: En esta fase se realizarán los diferentes ejercicios definidos en las herramientas metodológicas, con apoyo de los actores identificados. Lo ideal es que estos procesos y herramientas metodológicas se desarrollen en el marco de las socializaciones del proyecto, ya que es un tipo de información que se enriquece mucho en estos espacios.

- Identificación de impactos sobre los servicios ecosistémicos, por uso actual y tendencias, para los actores identificados: En este paso se utilizan otras herramientas metodológicas para identificar de manera conjunta con las comunidades los impactos potenciales derivados de la realización y desarrollo de las diferentes actividades del proyecto a realizar. El principal objetivo de este ejercicio es contar con insumos para realizar la posterior evaluación de impactos durante la elaboración del documento.
 - Caracterización en campo por ecosistema encontrado: Este paso comprende las actividades técnicas de reconocimiento y evaluación de los ecosistemas en el área de estudio. Principalmente implica la visita y reconocimiento de los ecosistemas identificados en el *Mapa de Ecosistemas*, verificando los servicios ecosistémicos que prestan, su estado de vulnerabilidad y riesgo, los factores de amenaza, y otras características particulares importantes para el ASE.
 - Verificación de otra información secundaria en el contexto in-situ del proyecto: Comprende el ajuste de información preliminar en el contexto práctico realizado en campo. Se verifica información como nombres de lugares, nombres de organizaciones, ubicación de lugares de interés, etc.
- PRODUCTOS:
- Mapa de actores: Una vez verificada la información de los actores como parte de las actividades realizadas con la comunidad, y de la actualización de la información de la línea base, se realiza el mapa de actores.

2.3.3 Fase de análisis de información

En esta fase se recoge la información secundaria y primaria de las fases anteriores, se organiza, se sintetiza y se direcciona hacia los diferentes objetivos

planteados, para posteriormente ser analizados en el contexto del proyecto. Dentro de esta fase también se incluye la elaboración parcial y final de informes y documentos. Los pasos principales comprenden los descritos a continuación:

- Descripción de los servicios ecosistémicos y estado actual de los ecosistemas: En este apartado se agrupa la información referente a los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos, agrupando la información proporcionada por los diferentes actores, junto con las observaciones de campo realizadas por el profesional. Así se realiza un análisis integrado desde estas dos perspectivas.
- Implicaciones socioambientales del uso actual de la biodiversidad en los servicios ecosistémicos: En este paso se agrupa la información referente a los impactos actuales que hay sobre los servicios ecosistémicos, con base en la información proporcionada por las comunidades y las observaciones de campo realizadas.
- Escenario futuro de los servicios ecosistémicos con base en el desarrollo del proyecto: En este paso se agrupa la información referente a los impactos potenciales que podrían ocurrir sobre los servicios ecosistémicos, como parte del desarrollo y operación del proyecto y de sus diferentes actividades.
- Panorama de acción y toma de decisiones (Planeación para el manejo de los impactos sobre los servicios ecosistémicos): Con base en la información obtenida en los pasos anteriores, se plantean las líneas y las estrategias de acción sobre la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos en el contexto del proyecto. Esta información es relevante para el planteamiento de las medidas de manejo, seguimiento y monitoreo para la gestión de los impactos.

➤ PRODUCTOS:

- Listado y estado de los servicios ecosistémicos en el área de estudio: Descripción del estado de conservación y de la calidad de los servicios ecosistémicos, con base en la información obtenida en las 3 fases metodológicas.
- Mapa de servicios ecosistémicos: Es la elaboración del mapa de servicios ecosistémicos con base en el mapa de ecosistemas y de actores, ajustado a la información final.
- Elaboración de documentos finales: Comprende la versión final del documento para presentar a la autoridad ambiental como parte del proceso de licenciamiento adelantado con esta.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta que el esquema metodológico conceptual presentado en esta monografía tiene una escala global y general de los ecosistemas del país y de las actividades petroleras, por lo que para su aplicación en estudios de caso particulares debe puntualizarse y detallarse a las escalas espacio temporales pertinentes para el estudio de caso abordado. En esta medida se deben tener en cuenta las particularidades específicas del área de estudio, sus ecosistemas y actores, base sobre la cual podrán ajustarse las herramientas metodológicas oportunas para el estudio realizado.
- El éxito del análisis de servicios ecosistémicos y su complejidad es altamente dependiente de la calidad y detalle de la información obtenida para los diferentes componentes desarrollados en la línea base del proyecto. De esta forma, dicho análisis corresponde a la suma e integración de las diferentes dimensiones abiótica, biótica y socioeconómica del área de estudio, por lo que a mayor información obtenida desde las diferentes disciplinas de estudio, se podrá realizar mayor análisis, con un mayor detalle y complejidad.
- De acuerdo con el anterior punto, el análisis de servicios ecosistémicos constituye una herramienta sólida para la toma de decisiones y para el planteamiento de líneas de acción definidas desde una perspectiva integral del proyecto, por lo que su realización es claramente relevante para tener una apreciación integra y detallada del sistema socioecológico estudiado. A partir de lo anterior pueden desarrollarse estrategias de planeación viables, alineadas con el panorama de manejo y uso de la biodiversidad, buscando la sostenibilidad temporal y ambiental de estas.
- Como el análisis de servicios ecosistémicos integra las diferentes dimensiones, componentes y elementos de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y requiere solamente una fase de campo para verificar y puntualizar la

información específica en el área de estudio alrededor de este tema, resulta en un proceso viable y confiable respecto a la relación costo beneficio de su realización, ya que además de proporcionar información sintetizada e integral del proyecto, resulta útil para las otras disciplinas y los requerimientos de información que acompañan un proceso de licenciamiento.

- Resulta de gran relevancia mencionar el papel fundamental de los actores y comunidades en el análisis de servicios ecosistémicos, que está igualmente equiparado y al mismo nivel que el resto de información utilizada. Por lo anterior es sumamente importante tomarse el tiempo y tener los espacios necesarios para trabajar de la mano con los actores del área de estudio, ya que es en ellos donde se fundamenta la percepción y comprensión del territorio y su biodiversidad.
- Con el ejercicio realizado se pudo observar la importancia de abordar y alinear de manera integral los procesos de licenciamiento para el sector de hidrocarburos desde las diferentes políticas públicas nacionales sobre medio ambiente, biodiversidad, servicios ecosistémicos, recursos naturales, entre otros temas ambientales, como base para la toma de decisiones asertivas y de largo plazo, buscando el desarrollo económico del país de la mano con la conservación de la biodiversidad, potenciando la importancia de ambos aspectos.
- Por último cabe resaltar que al ser los servicios ecosistémicos altamente perceptibles e importantes para las comunidades y otros actores, y al agrupar condiciones sensibles a cambios en los ecosistemas, cualquier actividad desarrollada en un área determinada, para este caso propia de la cadena productiva de hidrocarburos, justifica la realización de un análisis de servicios ecosistémicos, por lo que no debe estar sujeto a juicios de valor ni subvalorarse los procesos. Cualquier escala de detalle es igualmente importante.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, O., Galeano, C y Pérez, L. 1998. Petróleo y desarrollo. Tomado en: Colombia Orinoco. Fondo FEN Colombia. Bogotá. 289-301 pp.

ANH. 2008. Cartilla informativa cadena productiva de los hidrocarburos. Agencia nacional de hidrocarburos. Bogotá. 23 pp.

Armero, S. 2009. Plan de Manejo del Páramo de Chiles Enfoque y Avances en la Formulación del Plan Participativo de Manejo y Conservación del Páramo de Chiles. Proyecto Páramo Andino. 9 pp.

Avellaneda, C. 1998. Petróleo, colonización y medio ambiente en Colombia. De la Tora a Cusiana, Santafé de Bogotá, Ecoe Ediciones.

Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Asociación española de ecología terrestre .Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. 21 (1-2). 136-147 pp.

Begon, M., Harper, J & Townsend, C. 1999. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega. Barcelona. 1147 pp.

DeLong, D. 1996. Defining Biodiversity. Wildlife Society Bulletin. Vol. 24, No. 4. 738-749 pp.

Dueñas-C, A., Betancur, J y Galindo-T, R. 2007. Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del parque nacional natural Catatumbo Barí, Colombia. Revista Colombia Forestal Vol. 10 No. 20.

Fisher, A., Corbet, A & Williams, C. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology* 12: 42–58 pp.

IDEAM, IGAC, IAvH, Invermar, Sinchi & IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon Von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá. 276 pp.

MEA. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 155 pp.

MMA. 2002. Páramos. Programa de manejo sostenible y restauración de ecosistemas de alta montaña colombiana. Ministerio del medio ambiente. Imprenta nacional de Colombia. Bogotá. 73 pp.

Odum, E. 1987. *Fundamentos de ecología*. Primera edición en español. Nueva Editorial Interamericana. 421pp.

Ojeda, D., Pinto, J., Cardona, M., Cuellar, M. Cruz, S., De la Torre, L., Castañeda, J., Barrera, C., Gonzalez, Y & Alarcón, J. 2001. Capítulo 7 Ecosistemas. En: Leyva, P (Ed). 2001. *El medio ambiente en Colombia*. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM). Ministerio del medio ambiente. República de Colombia. 543 pp.

MADS. 2012. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Colombia. 134 pp.

Mayorga, F. 2002. La industria petrolera en Colombia. Lo que va de las concesiones a las asociaciones. Revista Credencial Historia. Edición 151. Bogotá - Colombia.

Parra, F. 2004. Oil Politics: A modern history of petroleum. IB Tauris. Replika Press Pvt Ltd. 373 pp.

Restrepo, O. 2007. Por qué el pueblo U'wa se niega a la exploración petrolera en su territorio. Artículo de prensa. Revista Semana. Edición del 3 de Diciembre de 2007.

Sanchez-Paez, E., Ulloa, G y Alvarez-Leon, R. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del caribe colombiano. Ministerio del medio ambiente. Asociación colombiana de reforestadores (ACOFORE). Organizacion internacional de maderas tropicales (OIM).

The International Convention on Biological Diversity. 2003. Convention on Biological Diversity. Tomado en: <http://www.biodiv.org/convention>

Usma, J & Trujillo, F. (Ed). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare – WWF Colombia. Bogotá. 286 pp.

Walker, G. 1993. Petroleum: Its history, occurrence, production, uses and tests. American chemical society. Imperial Printing Company. The Van Tilburg Oil Company. Minneapolis. 46 pp.

Referencias Electrónicas

Convenio sobre la biodiversidad biológica. <http://www.cbd.int/>. Consultado en abril de 2014.

Instituto de investigaciones biológicas Alexander von Humboldt. <http://www.humboldt.org.co/>. Consultado en abril de 2014.

Sistema de información sobre biodiversidad de Colombia. <http://www.sibcolombia.net/>. Consultado en abril de 2014.