

Hacia un desarrollo sostenible en sistemas agropecuarios de la Amazonia colombiana



Yelly Yamparli Pardo Rozo
Milton César Andrade Adaime
Claritza Marlés Betancourt



Universidad de la
Amazonia

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES
**EDITORIAL UNIVERSIDAD
DE LA AMAZONIA**

Desarrollo sostenible en sistemas Agropecuarias de la Amazonia colombiana

Desarrollo sostenible en sistemas agropecuarios de la Amazonia colombiana

Esta obra deberá ser citada de la siguiente manera:

Pardo Rozo, Y. Y.; Andrade Adaime, M. C.; & Marlés-Betancourt, C. (2022). Desarrollo sostenible en sistemas agropecuarios de la Amazonia colombiana: 150 pp. (Tamaño 17 x 25 cm).

Incluye bibliografía

© Editorial - Universidad de la Amazonia

Pardo Rozo, Yelly Yamparli; Andrade Adaime, Milton César; & Claritza Marlés Betancourt.

ISBN (Digital - Impreso): 978-958-5484-80-1; 978-958-5484-79-5

Primera edición, 2022

Diagramación y diseño de cubierta: Yelly Yamparli Pardo Rozo

Impresión y terminación: Noviembre 2022

Impreso y hecho en Colombia / Printed and made in Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro con fines comerciales. Su utilización se puede realizar con carácter académico, siempre que se cite la fuente.

“El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del (los) autor(es) y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de la Amazonia, ni genera su responsabilidad frente a terceros. El (los) autor(es) asume(n) la responsabilidad por los derechos de autor y conexos contenidos en la obra, así como por la eventual información sensible publicada en ella”
Florencia, Caquetá, Colombia.

Universidad de la Amazonia
Vicerrectoría de
Investigaciones y
Posgrados
Editorial Universidad de la
Amazonia
Campus Porvenir: Calle 17
Diagonal 17 con Carrera
3F - Barrio Porvenir
Contacto:

vrinvestigaciones@udla.edu.co

Depósito Legal: Biblioteca Nacional de Colombia.



Esta Obra se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación “Determinación de indicadores de sostenibilidad en sistemas ganaderos en Belén de los Andaquíes, Caquetá” financiado por la Universidad de la Amazonia del cual se derivó este libro.

Desarrollo sostenible en sistemas agropecuarios de la Amazonia colombiana

AUTORES

YELLY YAMPARLI PARDO ROZO, y.pardo@udla.edu.co

MILTON CÉSAR ANDRADE ADAIME, m.andrade@udla.edu.co

CLARITZA MARLÉS BETANCOURT, c.marles@udla.edu.co

Docentes Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas.

UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

Fabio Buriticá Bermeo

Rector

William David Grimaldo Sarmiento

Secretario general

Javier Martínez Plazas

Vicerrector Académico

Edna Margarita Plazas Medina

Vicerrector administrativo

Juan Carlos Suárez Salazar

Vicerrector de Investigaciones y Posgrados

DISEÑO DE PORTADA

Título de la portada

Por: Yelly Yamparli Pardo Rozo

Publicado por:

Editorial - Universidad de la Amazonia

2022

Diseño y diagramación:

Edithores, Florencia - Caquetá

Esta Obra se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación “Determinación de indicadores de sostenibilidad en sistemas ganaderos en Belén de los Andaquíes, Caquetá” financiado por la Universidad de la Amazonia del cual se derivó este libro.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	9
Introducción.....	11
Capítulo I.....	13
1. Desarrollo Sostenible y la Evolución del pensamiento ambiental.....	15
1.1 Los sistemas agropecuarios y el desarrollo sostenible.....	15
1.2. Evolución del pensamiento ambiental en el marco del desarrollo sostenible...	18
1.3 El concepto de Desarrollo Sostenible.	21
1.4. Valoración de la sostenibilidad.....	25
1.5. Variables asociadas a la sostenibilidad en los sistemas agropecuarios.	31
1.6 Sistemas agropecuarios del piedemonte amazónico y la sostenibilidad.....	35
1.7 Principales rasgos de los sistemas agropecuarios en la zona de piedemonte amazónico.....	37
1.8. Propuesta de medición de la sostenibilidad en el campo, a partir de indicadores ambientales, económicos y sociales.	42
Referencias bibliográficas	44
Capítulo II	57
2. Dimensión ambiental de la sostenibilidad y los sistemas agropecuarios.	59
2.1. Los recursos naturales y ambientales en el campo.	59
2.1.1. Recurso hídrico.....	60
2.1.2. Suelo	63
2.1.3. Aire	66

2.1.4. Flora y Fauna	67
2.1.5. Servicios ecosistémicos	68
2.2. Principales problemas derivados de las actividades rurales: ganadería y agricultura.....	70
2.2.1. Deforestación	73
2.2.2. Emisión de gases de efecto invernadero	75
2.2.3. Contaminación hídrica.....	76
2.2.4. Contaminación de suelos	78
2.3. Estrategias en el campo para la producción y el consumo responsable: prácticas sostenibles.	80
2.3.1. Sistemas sostenibles de producción.....	82
2.3.2. Sistemas Agroforestales.....	84
2.3.3. Arreglos Silvopastoriles.....	86
2.3.4. Estrategias Agrosilvopastroiles.....	87
2.3.5. Cortinas rompevientos.	88
2.3.6. Abonos orgánicos	91
2.4. Estrategias y política ambiental para la incorporación de principios de la sostenibilidad en la zona rural.....	90
2.4.1. Estrategias de política ambiental.....	90
i. Políticas Públicas Ambientales.....	91
ii. Pagos por servicios ambientales	94
iii. Familia Guardabosques	96
iv. Exención del pago del impuesto predial.....	97
v. Mecanismo de desarrollo limpio.....	99
Referencias bibliográficas	102

Capítulo III.....	115
3. Dimensión económica de la sostenibilidad y los sistemas agropecuarios	117
3.1. Evaluación económica de proyectos, conceptos básicos.....	117
3.2. Consolidación de la información productiva: El Flujo de Fondos.....	122
3.3. Indicadores financieros para el análisis de la rentabilidad.....	125
3.4. Ejercicio aplicado para la evaluación financiera y económica de un proyecto agropecuario.	132
Referencias bibliográficas	137
Capítulo IV	139
4. Dimensión social de la sostenibilidad en sistemas agropecuarios.....	141
4.1. Medición de la pobreza multidimensional.....	141
4.2. Medición de la pobreza Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas NBI. ..	145
4.3. Sensibilización frente a los temas ambientales: Conocimiento, Interés y Participación en la conservación y cuidado del ambiente.	147
4.3.1. La Educación Ambiental.....	148
Referencias bibliográficas	150

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Abstracción del Concepto de Desarrollo Sostenible	16
Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.	17
Figura 3. Abstracción del concepto de desarrollo sostenible según Unesco (2003).....	23
Figura 4. Ejemplo de evaluación de una política frente a la sostenibilidad.....	29
Figura 5. Metas a 2030 objetivos de desarrollo sostenible para Colombia.....	32
Tabla 1. Servicios ecosistémicos inmersos en predios rurales.	33
Tabla 2. Evolución y proporción de área boscosa deforestada por regiones en Colombia (1990 – 2017).	41
Figura 6. Propuesta de construcción de un indicador de sostenibilidad integral a partir de indicadores parciales.	43
Figura 7. Recursos naturales y ambientales.....	60
Figura 8. Componentes del Suelo.	64
Figura 9. Servicios ambientales que presta el suelo.	65
Figura 10. Tipología de la Flora.	68
Tabla 3. Clasificación de servicios ecosistémicos.....	69
Figura 11. Árbol de Problemas Ambientales en las Actividades Agropecuarias.....	73
Figura 12. Modelos de sistemas agroforestales.	82
Figura 13. Sistemas sostenibles de producción.	83
Figura 14. Estrategias de política ambiental.....	91
Tabla 4. Institucionalidad vinculada con el Ciclo de Políticas Sectoriales.	93
Tabla 5. Políticas públicas ambientales objeto de seguimiento corte 2021-1.	94

Tabla 6. Ejemplo de cálculo de período de recuperación descontado.....	130
Tabla 7. Criterios de decisión con Indicadores Financieros del Flujo de Fondos	131
Tabla 8. Ejemplo de amortización del crédito solicitado por el productor.	133
Tabla 9. Flujo de fondos a precios constantes.....	134
Figura 15. Proceso de desarrollo de una actitud hacia el medio ambiente.	147

Introducción

La sostenibilidad es una condición de las unidades productivas y de consumo, que garantiza la atención a las necesidades humanas en la dimensión social, económica, política, cultural y ambiental, teniendo como restricción la conservación de ecosistemas estratégicos y el respeto por su equilibrio. Esta constituye la fundamentación de la política mundial consignada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a 2032, que estuvo antecedido, por los Objetivos de Desarrollo del Milenio desde 2000. En este sentido, la valoración de la sostenibilidad es necesaria para observar el cumplimiento de la incorporación de los principios del desarrollo sostenible, en los principales sistemas productivos de los países y suministra la información para el diseño e implementación eficiente de las políticas ambientales.

La experiencia de la valoración de la sostenibilidad en Latinoamérica y el Caribe, en esencia, trata de indicadores propuestos por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Banco Mundial (BM), entre otras organizaciones, cuyo propósito, además del diagnóstico, es brindar información para evaluar los impactos de proyectos de políticas públicas en los diferentes programas. Tal es el caso de los sistemas agropecuarios, espacio en el que se han propuesto varias formas de evaluar la sostenibilidad, debido a que constituye una de las principales actividades socioeconómicas y culturales en la región y, quizás, una de las más contaminantes.

Las actividades agropecuarias en América Latina han generado impactos negativos, debido a la explotación inadecuada de recursos naturales, que ha modificado los ecosistemas y ha aumentado la cantidad de los residuos lanzados al medio natural (Brown et al., 2005). Después de la industria del combustible fósil, que aporta cerca del 80 por ciento de los gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera, el sector primario a través de la minería y las actividades agropecuarias, ostenta gran responsabilidad en el cambio climático. Las actividades agropecuarias contribuyen al calentamiento global con la emisión del 14 al 18 % de los GEI, principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

Debido a la importancia que tienen los sistemas agropecuarios en la Amazonia colombiana por su aporte económico, social y cultural, este libro presenta una propuesta de incorporación de principios de la sostenibilidad empresarial, a partir del estudio de tres temas relacionados con las dimensiones de la sostenibilidad: lo económico, lo social y lo ambiental. Para ello se presentan tres capítulos. El primero trata del concepto de desarrollo sostenible para comprender cual ha sido la evolución del pensamiento ambiental en el mundo y como se ha incorporado en las normas ambientales del país y en el campo colombiano.

El segundo capítulo trata de la dimensión ambiental de la sostenibilidad en los sistemas agropecuarios, el cual se aborda en tres apartados: i) los recursos naturales en el campo; ii) el impacto ambiental en el sistema agropecuario según las formas de producción tradicionales; iii) las estrategias en los sistemas agropecuarios que pueden mitigar y prevenir parte de los impactos y v) la huella de carbono como un indicador ambiental de la sostenibilidad.

El tercer capítulo presenta la dimensión económica de la sostenibilidad en los sistemas agropecuarios, en el cual se desarrollan los siguientes apartados: i) criterios e indicadores de rentabilidad para la toma de decisiones, ii) flujo de fondos y iii) ejemplo aplicado al ejercicio agropecuario. El cuarto capítulo trata la dimensión social de la sostenibilidad, a partir de indicadores socioeconómicos (edad, ingresos, gastos, niveles educativos, estado de los servicios públicos, pobreza multidimensional), apreciaciones sobre la eficacia de las políticas sectoriales y el grado de conocimiento, interés y participación de la población de productores y propietarios de tierra frente a los temas ambientales y expectativas de mejora en sus sistemas productivos.

Este libro se enmarca en el proyecto de investigación de la Universidad de la Amazonia, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados denominado “Determinación de indicadores de sostenibilidad en sistemas de ganadería de leche en el piedemonte amazónico en Caquetá”.

CAPITULO 1

El Desarrollo Sostenible y la Evolución
del pensamiento ambiental

Capítulo I

1. Desarrollo Sostenible y la Evolución del pensamiento ambiental.

1.1 Los sistemas agropecuarios y el desarrollo sostenible

Los sistemas agropecuarios son un conjunto de componentes físicos, ambientales, socioeconómicos y culturales que se interrelacionan y actúan como una unidad, para responder a una demanda de productos del sector rural (Beach, 1974; Hart, 1990). De forma general se emplea el término *finca* como sinónimo de sistema agropecuario. La finca es una unidad productiva donde existe un flujo continuo de entrada y salida de materiales, energía, información, recursos tecnológicos y de capital, direccionado por subsistemas socioeconómicos que incluyen la vivienda y los hogares al interior de estas (Pardo et al., 2020; Alemán *et al.*, 2020).

Los usos del suelo en las fincas, sistemas agropecuarios, predios o extensiones de tierra rural se emplean para la generación de bienes y servicios: agrícolas, pecuarios, forestales y sus derivados, así como la conservación de servicios ecosistémicos para satisfacer necesidades en alimentación, nutrición y generación de materias primas para la agroindustria. El sector ganadero es importante para la economía de Colombia y de su región amazónica. Representa el 1,4% del PIB nacional y el 21,8% del PIB del sector agropecuario (DANE, 2021). Genera el 6% del empleo nacional y el 19% del empleo en el sector agropecuario (FEDEGAN, 2021). Sin embargo, el sector ganadero no ha sido competitivo debido a los bajos niveles de productividad y calidad en comparación con otros países, y por la predominancia de modelos de ganadería extensiva (Pardo et al., 2021).

La región amazónica aporta cerca del 0,9% del PIB del país y el 1,8% del sector primario (DANE, 2021). En la región se produce 7,9% de las cabezas de ganado a nivel nacional. Cerca del 98% de los sistemas ganaderos en el piedemonte amazónico son considerados como tradicionales, 1,8% en transición hacia modelos sostenibles de producción y un 0,2%



cuentan con algún tipo de modelo agroforestal, silvopastoril o agrosilvopastoril (Álvarez *et al.*, 2020; Pardo-Rozo, *et al.*, 2020).

Además del factor económico, la zona rural ofrece otro tipo de ventajas comparativas relacionadas con los servicios ecosistémicos en bosques y pasturas o en arreglos agroecológicos: disponibilidad de agua y fuentes hídricas, protección a fuentes hídricas, microclima, hábitat de especies, sumideros de carbono, formación de suelo, ciclos del agua, entre otros (MEA, Reid, 2005). Además, el potencial frente a la seguridad alimentaria es enorme, así como el desarrollo de actividades turísticas en las modalidades de agroturismo, ecoturismo, turismo de naturaleza y otros servicios de recreación. Por ello, el desarrollo rural debe planearse, ejecutarse y evaluarse desde el principio de la sostenibilidad.

El desarrollo sostenible es un concepto que según el Artículo 3 de la Ley 99 de 1993 lo define como aquel desarrollo que garantiza crecimiento económico, calidad de vida, bienestar social para generaciones presentes y futuras, todo al margen del equilibrio de los recursos naturales. Este concepto nació en 1987 en el llamado Informe de Bruntland (Naciones Unidas) y hoy en día es un criterio para la toma de decisiones en la mayoría de los países del mundo entre ellos Colombia, a través de los llamados ODS. La figura 1 ilustra una abstracción sobre el concepto de sostenibilidad.

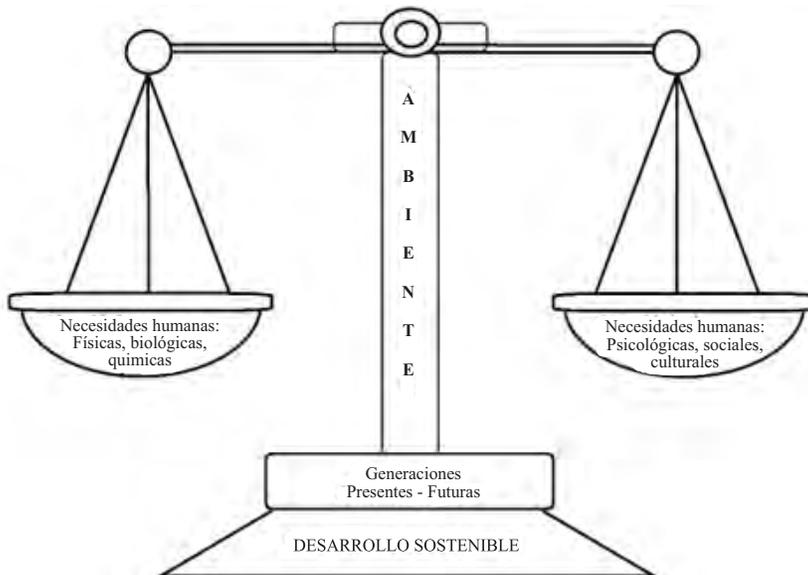


Figura 1. Abstracción del Concepto de Desarrollo Sostenible

Fuente: Los autores



El desarrollo sostenible permite a las generaciones presentes y futuras, contar con un sistema de ambiente que le provea la satisfacción de sus necesidades corporales como psicosociales. Por ello se espera que las empresas del campo o los sistemas agropecuarios puedan generar productos, bienes y servicios, con el mínimo impacto ambiental y respeto por el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, cabe resaltar que el concepto involucra cuatro dimensiones que deben integrarse: lo económico, lo político, lo social y lo ambiental. La política mundial actual establece que se deben incorporar los principios de desarrollo sostenible y para ello es necesario trabajar sobre los siguientes 17 objetivos con las siguientes metas para el campo colombiano evaluables a 2030 (Figura 2).



Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: Naciones Unidas, (2015)

En este capítulo, se expone la evolución del pensamiento ambiental en el contexto histórico a través de una línea de tiempo donde se observa cómo la sociedad apropia los problemas ambientales generados por las diferentes formas de producción y de consumo. Luego, se presentan las principales definiciones e interpretaciones del concepto de sostenibilidad, desde la perspectiva académica y de política institucional global. Posteriormente se exponen ideologías para su valoración y medición, experiencias que permiten identificar cuáles son las variables en las diferentes dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales. Se muestran las metodologías para la valoración de la sostenibilidad de mayor uso en los sistemas agropecuarios en América Latina, incluida la importancia de la relación entre los sistemas agropecuarios y los servicios ecosistémicos. Finalmente, se exponen los principales rasgos y características de los sistemas productivos del piedemonte amazónico colombiano y se citan algunos resultados importantes en la medición de la sostenibilidad en dicho contexto.



1.2. Evolución del pensamiento ambiental en el marco del desarrollo sostenible.

El pensamiento ambiental en el mundo data de los planteamientos realizados por Malthus en su teoría del crecimiento en 1798. La visión de un mundo donde el aumento demográfico es superior a la generación y oferta de alimentos y recursos, es una de las primeras proyecciones catastróficas sobre el impacto del hombre en la naturaleza. Pese a que los críticos de Malthus, como Godwin, en 1820, y Karl Marx, en 1867, entre otros, indican que el autor subestimó los desarrollos tecnológicos en la productividad agrícola, los acercamientos de su teoría coinciden en un 90 por ciento con la proyección actual de la disponibilidad de los recursos naturales para los siguientes 100 años (Azcárate, 2000).

Durante el período 1900-1955, la guerra y la posguerra rezagaron la prioridad en los temas ambientales. Posteriormente, en 1960 surgieron en Norte América los primeros movimientos por la paz y el ambiente, a raíz de las proyecciones de los informes científicos. En 1968 surgió en Europa el llamado Club de Roma, un grupo empresarial, académico y científico que publicó la obra *Los Límites del Crecimiento*, en el cual presentaron los resultados de un estudio elaborado por expertos del Instituto Técnico de Massachusetts (MIT), en donde se demostró que el consumo ilimitado y descontrolado de bienes materiales en un mundo con recursos finitos, traerá como consecuencia escases de recursos, hambre y guerra para una proyección de 100 años (Meadows et al., 1972, Avellaneda, 2013).

Posteriormente, con el deterioro de la capa de ozono debido a la emisión de los clorofluorocarbonados (CFC), luego de los estudios de Molina y Rowland en 1970, surgió el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) cuya primera reunión se conoce como la Conferencia de Estocolmo, donde se acordaron 26 principios para garantizar la calidad de vida del hombre y se reconoció su poder en la transformación del medio que lo rodea a gran escala (Naciones Unidas, 1973).

Simultáneamente, se determinó el calentamiento global como otro problema a gran escala, definido como el aumento de la temperatura promedio del planeta, cuya causa principal son las emisiones de gases de efecto invernadero GEI, en esencia gas carbónico (CO₂), monóxido de carbono (CO), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y otros compuestos de origen antrópico (Rogelj et al., 2019). Las consecuencias inmediatas fueron nuevos patrones climáticos que generaron una redistribución de lluvias y sequías, inundaciones, erosión de suelos, proliferación de nuevas y antiguas enfermedades y cambios en las relaciones ecosistémicas, situación que ha afectado algunas especies, a la supervivencia humana en algunas zonas, en aspectos de adaptación y en sus actividades económicas y sociales (Seneviratne et al., 2018).



Por lo anterior, surgió el Protocolo de Montreal como un tratado internacional diseñado para reducir el consumo de sustancias responsables del agotamiento de la capa ozono. Este Acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor en 1989, con el objetivo de recuperar la capa de ozono hacia el año 2050. El Protocolo de Estocolmo y el de Montreal buscaron fijar plazos máximos para la eliminación de la producción y consumo de las principales sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO).

Al mismo tiempo, el documento *Our Common Future* (1987), más conocido como el *Informe Brundtland*, confrontó el desarrollo económico actual y el deterioro ambiental y, por primera vez, se empleó el término **desarrollo sostenible**, definido como aquel que “*satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*” (United Nations, 1987). El informe recomendó la realización de una nueva conferencia mundial, que se llevó a cabo en Río de Janeiro en el año 1992, conocida como la Cumbre de la Tierra, en la que se fortaleció el concepto desarrollo sostenible, como una convergencia entre lo ecológico, lo económico y lo social en el desarrollo de calidad de vida para el hombre

(CEPAL, 2003; United Nations, 1993). Entre los principales productos de la conferencia, se tienen la Declaración de Río de Janeiro sobre Ambiente y Desarrollo, la Agenda 21, la Convención sobre la Diversidad Biológica y La Declaración sobre los Bosques y Masas Forestales, entre otros, documentos que se convirtieron en política ambiental mundial (Naciones Unidas, 1992, 1991). Colombia participó en esta cumbre, y el resultado inmediato fue la adopción de la política ambiental, materializada con la creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y del Ministerio del Medio Ambiente (que en la actualidad se denomina Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (Ley 99, 1993).

En el año 1997 se realizó un nuevo acuerdo internacional, en el ámbito de Naciones Unidas, el Protocolo de Kioto. Con este se buscó tratar de frenar el cambio climático mediante la reducción de las emisiones de los gases que aceleran el calentamiento global por parte de los países industrializados. Surgieron entonces políticas y medidas para que los sectores industriales puedan compensar sus emisiones de GEI a la atmósfera, mediante los llamados sumideros de carbono (López, 2012).

Posteriormente, los dirigentes del mundo se reunieron en septiembre de 2000 para aprobar la Declaración del Milenio, un compromiso entre los países participantes para reducir los niveles de pobreza y generar desarrollo, mediante los denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), con metas ambientales hacia el 2015 (Naciones Unidas, 2015). En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) consignó los ODM en la política



de gobierno, en los planes de desarrollo nacional y local (DNP, 2005), cuyas metas específicas fueron la reforestación de hectáreas de bosques, la consolidación de las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN) y la eliminación del consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono en el año 2010.

En el año 2002 se realizó una nueva Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, en la que se aprobó el Plan de Aplicación de Johannesburgo, donde se previeron medidas concretas y metas cuantificables para los ODM (Naciones Unidas, 2002). En el año 2012, veinte años después de la histórica Cumbre de la Tierra, se realizó la Cumbre Río+20, donde se evaluaron las acciones y compromisos de la declaración desde 1992. Las conclusiones fueron el no

cumplimiento de las metas desde 1991 y el incremento de la problemática ambiental global. Río+20 se centró en tres temas: la economía verde en el contexto del desarrollo sostenible, la erradicación de la extrema pobreza y el marco institucional para el desarrollo sostenible. Los nuevos objetivos se centraron en asegurar el compromiso político renovado con el desarrollo sostenible y abordar los desafíos nuevos y emergentes (Naciones Unidas, 2012).

En la actualidad, la política ambiental mundial está fundamentada en el Acuerdo de París de 2015, el cual fue el nuevo tratado internacional que se adoptó durante la Conferencia de las Partes (COP21), de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), con el objetivo de reforzar la respuesta mundial a la amenaza de cambio climático en el contexto de desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza (García *et al.*, 2016).

Al mismo tiempo, se desarrolló la Agenda 2030 de Naciones Unidas, denominada Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), considerada la evolución de los ODM, donde se traza la nueva ruta para América latina y el Caribe para afrontar los problemas mundiales con la sostenibilidad como eje transversal. Los ODS consta de diecisiete temas que enlistan los principales problemas mundiales, con metas a conseguir y evaluar en el 2030, entre ellas, reducir las desigualdades de riqueza y género, combatir la pobreza, mejorar la calidad educativa para los niños y jóvenes, construir ciudades ecológicas, proteger y conservar ecosistemas marinos y terrestres, garantizar modalidades de producción y consumos responsables, etc. Estas políticas para Colombia se encuentran en los planes de desarrollo nacional y locales, la política de crecimiento verde (DNP' 2018) y en el Libro Verde de Colciencias (Colciencias, 2018), pues también rige los temas de ciencia, tecnología e innovación.



1.3 El concepto de Desarrollo Sostenible.

Como se dijo anteriormente, el punto de referencia del concepto *Sustainable Development* (SD) fue el Informe de Brundtland y su posterior institucionalización en la Cumbre de Río, donde dicha expresión se consolidó como uno de los fundamentos filosóficos de la política ambiental mundial. La traducción del término *sustainable development* para Naciones Unidas en *Our Common Future* (1987), la Declaración de Río (1992), el Protocolo de Kioto (1998), la Cumbre de Johannesburgo (2002), los ODM y en diferentes artículos y citas realizadas es: “*aquel desarrollo que permite el crecimiento económico, aumento de la calidad de vida y el bienestar social, sin agotar la base de los recursos naturales, garantizando la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y ambientales para la generación actual y futura*”. En la página 23 de la primera traducción al español de este documento original aparece el título de *desarrollo duradero*, pero luego en el cuerpo del documento aparece la traducción al español como “desarrollo sostenible”. El documento de 1987 expuso la definición literalmente así:

“Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias; este concepto implica límites no absolutos, sino limitaciones que impone el estado actual de los recursos, la tecnología, la organización social y la capacidad de la biosfera para absorber las actividades humanas y sus consecuencias; las cuales de ser organizadas, pueden crear una nueva era de crecimiento económico...”

Sin embargo, autores como Urteaga (2008) y Moreno (2007) consideran que el concepto de DS es antecedido por el término *ecodesarrollo* que apareció en los reportes de los límites de crecimiento en 1972, entendido como un modelo de desarrollo que busca armonizar la producción de bienes y servicios con la dinámica de los recursos naturales.

De otro lado, Sepúlveda (2008) interpretó el concepto como la convergencia espacio temporal del desarrollo económico y el uso racional de los recursos naturales. De acuerdo con esto, el desarrollo sostenible plantea la necesidad de continuar la vida humana y generar las condiciones ambientales para lograrlo. Además de las dimensiones sociales, económicas y ambientales, el autor incluyó la dimensión de lo político institucional cuando indicó que esta también depende de la voluntad política en los territorios. También mencionó que lo



ambiental genera lo sostenible, lo económico busca lo competitivo, lo social busca lo equitativo y lo político institucional busca la gobernabilidad.

Otra de las principales reflexiones de Sepúlveda (2008) plantea dos perspectivas del *desarrollo sostenible*, circunscrito al ámbito regional (Desarrollo Sostenible Regional – DSR, United Nations 2014). La primera perspectiva establece el desarrollo sostenible que se aborda a partir de la economía ambiental como generador de crecimiento económico y calidad de vida; y la segunda se refiere al desarrollo sostenible de *oportunidades (capabilities)*, referente al desarrollo como generador de bienestar común (este último entendido como el acceso que tienen las personas a las oportunidades reales o posibilidades realizables), donde el objetivo del bienestar es la libertad humana y, por ello, el crecimiento económico difiere del desarrollo. De otro lado, la sostenibilidad según Fallas, Chacón & Castro (2009) es un proceso estable y regenerativo en el tiempo; los autores comentaron que lo sostenible es complementario a lo ecológico, económico y social.

En el ámbito político e institucional del contexto europeo, la definición de *desarrollo sostenible* fue adoptada según el informe de Brundtland (1987), que fue aprobado por el Consejo Europeo de Gotemburgo (2007) y constituyó el marco para una visión sobre el crecimiento económico, la cohesión social y la protección del medio ambiente. En este documento se interpreta la sostenibilidad como un modelo de desarrollo compatible con la dinámica económica, social y ambiental, para mejorar continuamente la calidad de vida en las generaciones actuales y futuras. Además, aclara la necesidad de crear comunidades capaces de gestionar y emplear recursos de forma eficiente, para aprovechar el potencial de innovación ecológica, tecnológica y social que ofrece la economía (Tratado de Lisboa, 2007; Estrategia de Desarrollo Sostenible, 2001; Acuerdo de Bruselas, 2006).

En América Latina, las instituciones de ambiente del gobierno de países como Colombia (Ley 99, 1993), Bolivia (Ley 1333, 1992, artículo 2), Perú (MinAmbiente Perú, 2015) y Brasil emplean el concepto de desarrollo sostenible, refiriéndose al expresado en 1987. Para el Banco Interamericano de Desarrollo BID, la sostenibilidad se define como: la promoción del crecimiento económico y la reducción de la pobreza a merced de las intervenciones que aseguren beneficios ambientales, sociales y económicos perdurables (IIC, 2013).



La *Environmental Protection Agency* (EPA) de los Estados Unidos, la organización mundial para la conservación (WWF), el Greenpeace, el PNUMA y la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), definieron el término de sostenibilidad como “*aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la satisfacción de las generaciones futuras*” (De Camino & Muller, 1996). En Unesco (2003) se interpretó el Desarrollo Sostenible. Allí se definió el equilibrio entre lo social y lo económico como equitativo; el equilibrio entre lo ecológico y lo social como viable; el criterio entre lo económico y lo ecológico como soportable, y la intersección de los tres ámbitos y su equilibrio como “sostenible” (Figura 3).

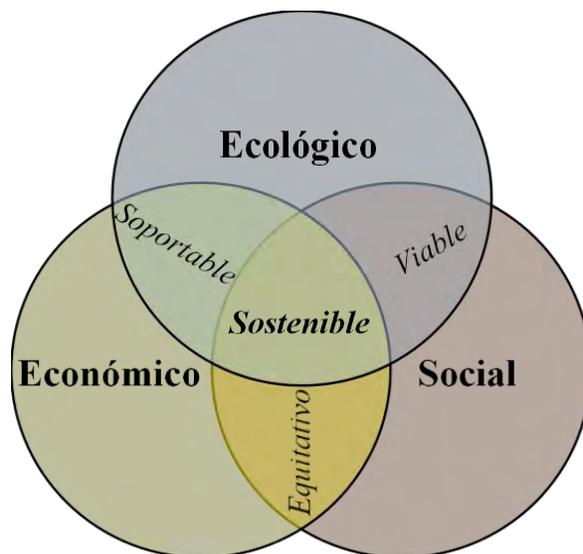


Figura 3. Abstracción del concepto de desarrollo sostenible según Unesco (2003)

En Colombia, se ha adoptado la traducción de *desarrollo sostenible* de conformidad con la norma ambiental colombiana (Ley 99, 1993) que, en su artículo tercero, lo define como generador de crecimiento económico, calidad de vida, bienestar social, para las actuales y futuras generaciones, sin agotar la base de los recursos naturales. Desde la perspectiva académica, en economía ambiental y de recursos naturales, Daly (1990) definió el *desarrollo sostenible* como el escenario en el que la capacidad de explotación humana se iguala a la capacidad de sustentación del medio. Es decir, el área sustentada deberá ser proporcional al área que la sustenta, lo cual puede cumplirse si se regula los consumos de un número de habitantes que la tierra puede sostener, e implica que la velocidad de explotación será

consecuente a la resiliencia o velocidad de regeneración de los recursos naturales. Para Max-Neef (1993), la dimensión económica es una esfera inherente a lo político y ambiental. Luego, el desarrollo debe referirse solo a las necesidades humanas fundamentales para garantizar autodependencia y la articulación orgánica del ser humano con la naturaleza y la tecnología.

Por su parte, Pearce y Turner (1995) establecen que la noción de DS podría ser vista como una tentativa de ampliar el concepto de eficiencia intertemporal, para un contexto donde existen recursos naturales o recursos que no son producibles por el sistema económico. En este sentido, el DS implicaría utilizar los recursos naturales de forma que se maximice la producción actual sin reducir su capacidad de producción futura o la maximización de los beneficios netos del desarrollo económico sujeto al mantenimiento de los servicios y la calidad de los recursos naturales a lo largo del tiempo.

Para Conrad (1999), cada disciplina define el DS de acuerdo con su campo de aplicación. Por ejemplo, los economistas tienden a pensar en el concepto de estado estacionario (*steady state*) o en macroeconomía como un modelo económico. Los sociólogos pueden pensar que se refiere al equilibrio entre el sistema social y la presión en los recursos. En las ciencias naturales, se piensa en el respeto por el equilibrio de los ecosistemas dada una intervención humana.

Entre los paradigmas de la sostenibilidad, se encuentra la sostenibilidad débil y fuerte. La primera establece que el bienestar no depende de una forma específica de capital, sino que puede mantenerse sustituyendo el capital natural por el capital manufacturado sin excepción (Solow, 1997). De otro lado, la sostenibilidad fuerte se refiere a la sustituibilidad del capital natural, limitado por características ecológicas como la integridad, la irreversibilidad, la incertidumbre y la existencia de componentes críticos de este, que hacen una contribución única al ser humano.

Estas visiones son complementarias, pues en la primera no existe una incompatibilidad entre el crecimiento económico y la conservación del capital natural, bajo el supuesto de una evolución e innovación tecnológica que así lo permita, lo que lo convierte en un enfoque antropocentrista y mecanicista. La segunda postula al sistema socioeconómico totalmente dependiente del ambiente y los recursos naturales, desde un enfoque ecologista y sistémico, donde la riqueza natural no debe ser cuantificable económicamente. Estas posturas incorporan principios de la economía neoclásica.



Con lo anterior, se puede decir que el concepto DS surge del informe de 1987 y su interpretación ha recibido diversas connotaciones, pero todas ellas apuntan al mejoramiento de la calidad de vida y el respeto por el equilibrio natural de los ecosistemas para garantizar bienestar social a las generaciones actuales y futuras.

1.4. Valoración de la sostenibilidad.

Algunas experiencias y metodologías en América Latina y en el sector rural. Son múltiples los ejercicios, las disciplinas, interdisciplinas y los sectores en los que se ha realizado la valoración de la sostenibilidad como argumento de la incorporación de los principios de desarrollo sostenible. Su medición inicia con la Agenda 21 de la Cumbre de Río, donde se estableció la construcción de indicadores ambientales como acercamientos iniciales para la valoración de la sostenibilidad. Sin embargo, ya desde 1940 habían iniciado los estudios de evaluación de impacto ambiental (EIA) como una de las herramientas tradicionales que se habían implementado para derrames petroleros y que se incrementaron desde el accidente del Exxon Valdez en 1989. La metodología que consiste en hallar la diferencia entre el impacto que genera un proyecto al medio ambiente, frente al estado del ambiente o del recurso sin dicha intervención (CEPAL, 2003). En Colombia, los EIA son requeridos para la obtención de licencias ambientales, pero solo para aquellos proyectos, negocios o empresas que establece la Ley 99 de 1993 en el artículo 52.

Otros métodos que surgieron para valorar la sostenibilidad a raíz de la Agenda 21 fueron las normas ambientales ISO 14000 que surgieron por el compromiso adquirido por la Organización Internacional para la Estandarización en la Cumbre de Río de Janeiro, para prevenir y disminuir la contaminación y mejorar la gestión ambiental, como instrumento de carácter voluntario para empresas, instituciones y organizaciones. De allí han surgido métodos y técnicas para la medición de la sostenibilidad en el sector rural de América latina de acuerdo con López (2012), entre ellos: el análisis de capitales, ciclos de vida, decisiones multicriterio y los indicadores parciales de sostenibilidad, entre los principales. Estos últimos métodos debido a la naturaleza multidimensional del concepto de sostenibilidad, emplean muchas variables cualitativas y cuantitativas para su medición y se han apoyado en la aplicación de métodos cuantitativos paramétricos y no paramétricos.



Por ejemplo, los indicadores de sostenibilidad proporcionan información sobre valoraciones cuantitativas y cualitativas que ayudan a los individuos, instituciones, comunidades y sociedad a tomar decisiones con base en información objetiva (Quiroga, 2007) y han sido las técnicas de mayor uso para este campo. Entre las primeras experiencias de la valoración de la sostenibilidad con indicadores dirigidas específicamente al sector agropecuario en Latinoamérica, se encuentra el documento de De Camino & Müller (1993).

Los autores propusieron la integración de variables, funciones complejas y dinámicas involucradas con la definición de sostenibilidad en un sistema económico integrado por la tecnología, producción y productividad, rentabilidad, recursos, población y sus variables sociales, necesidades, consumos y el tiempo. Según Astier et al. (2000), la importancia de los indicadores de sostenibilidad es que se construyen a partir de la evaluación de sistemas reales, tomando como referencia características fundamentales de agroecosistemas.

Otra herramienta desarrollada para el sector agropecuario fue el *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Mediante Indicadores de Sustentabilidad* (MESMIS) que comienza con una caracterización del sistema productivo, para determinar las fortalezas y debilidades, luego se seleccionan indicadores estratégicos de cada atributo y se realiza la toma de datos para su construcción, luego se analizan y presentan los resultados para finalmente concluir y recomendar acciones de mejora. El MESMIS considera que un agroecosistema es sostenible si posee atributos como productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad, autosuficiencia, entre otros. Cada atributo puede evaluarse a través de diversos criterios diagnósticos por medio de los cuales se proponen indicadores que permitirán evaluar el grado de sustentabilidad del sistema (Quiroga, 2007).

De igual forma, aparece el análisis de capitales (natural, tecnológico, social) que ha sido otra herramienta de amplio uso en América Latina para medir la sostenibilidad en sectores, naciones y regiones. Berkes, Couling & Folk (2000) argumentaron que el desarrollo sostenible de un territorio puede expresarse a partir de su capital natural, capital construido y el capital cultural, donde se obtiene un indicador a partir de la interacción de las tres dimensiones para hallar la valoración del sistema.



Luego, Cherchye & Kuosmanen (2002) propusieron la medición del desarrollo sostenible mediante el cálculo del índice de sostenibilidad, a través de la construcción de una frontera mediante el análisis de la envolvente de datos, en la que se comparan y vinculan varios países cuyas variables de medición de carácter económico fueron: el índice de desarrollo humano, el índice de pobreza y un indicador de bienestar; las variables de carácter sociopolítico fueron: el índice de desarrollo relativo al género (GDI), el índice de potenciación de género (GEM) y el índice de bienestar humano; y las variables de carácter ambiental fueron: la huella de carbono, el índice de bienestar ecosistémico y el índice de sustentabilidad ambiental. Este estudio manejó los criterios como la disponibilidad de los valores calculados; grado de cobertura de países desarrollados y uniformidad metodológica entre los países.

El aporte crucial de Cherchye & Kuosmanen (2002), radica en dos aspectos. El primero es el uso de indicadores compuestos de lo socioeconómico, político y ambiental, para obtener uno solo más complejo y multidimensional, con el propósito de sintetizar la medición de la sostenibilidad en un país. El segundo, es el uso de métodos cuantitativos de mayor alcance como la programación lineal (específicamente el uso del análisis de envolvente de datos, DEA por sus siglas en inglés), para construir un indicador sintético a partir de otros, el cual tiene la ventaja de tratar las variables de las diferentes dimensiones con la misma importancia y de forma simultánea.

Los autores suponen que, aunque no se puede inferir directamente si una región cumple o no con los patrones de sostenibilidad, aducen que la propuesta de medición permite realizar un análisis de tipo comparativo, para identificar y promover políticas, programas y proyectos sostenibles; la tarea para los gobiernos será la difusión, diseño e instauración de mecanismos de regulación y políticas eficientes coherentes al contexto. Finalmente, Cherchye & Kuosmanen (2002) mencionan que el tiempo como variable inherente a la sostenibilidad, que representa el factor generacional, es posible mediante la realización de estudios de largo plazo con series de tiempo.

Otras propuestas recientes de indicadores compuestos de mayor complejidad fueron las presentadas por Schuschny & Soto (2009) quienes propusieron la medición de la sostenibilidad en sistemas productivos diferenciando indicadores provenientes de las ciencias puras, los indicadores de desempeño de políticas, los indicadores de sistemas contables, entre otros. Así mismo, Fallas, Chacón y Castro, (2009) emplearon el análisis de capitales para medir la sostenibilidad en sistemas productivos rurales, que consiste en la caracterización del

sistema productivo mediante el análisis del capital social, económico, físico, humano y natural, mediante la agrupación de indicadores por atributos, como la estabilidad, la adaptabilidad, la productividad, la eficiencia, la participación, la organización comunal y los servicios ecosistémicos de los predios con manejo ecológico. Los autores concluyeron que la evaluación de la sostenibilidad por análisis de capitales requiere de la participación y organización de la comunidad, quien es la beneficiaria de los proyectos o procesos de mejoramiento.

De otro lado, dentro de las perspectivas regionales del desarrollo sostenible de Naciones Unidas (2014), como en Sepúlveda (2008) y desde el punto de vista de la sostenibilidad territorial, adicional a lo propuesto por De Camino & Müller (1993), se introdujo la dimensión político-institucional, que comprende la gobernabilidad democrática y la participación ciudadana, variables relacionadas con el fortalecimiento institucional, la participación ciudadana en la toma de decisiones y la autonomía administrativa de los gobiernos locales.

Nociones de la sostenibilidad desde el enfoque de la economía ambiental. Desde la ciencia económica, paralelamente una propuesta para la medición de la sostenibilidad fue dada por Pearce & Atkinson en 1993, quienes indicaron que el concepto de desarrollo sostenible es dinámico, donde la variable tiempo se conjuga y traslapa las dimensiones de la evaluación. La pregunta es ¿cómo valorar si una política, plan, programa, o proyecto cumple con los criterios de desarrollo sostenible? Siguiendo este enfoque, Tietenberg & Lewis (2010) y Constanza et al. (1997), proponen hallar la curva de demanda por el recurso (que puede conocerse a través de la disponibilidad a pagar marginal y el costo marginal).

Es necesario conocer la cantidad disponible del recurso natural a evaluar y, con ello, la tasa de descuento del dinero, entendida como un parámetro que permite comparar los beneficios y costos económicos de un proyecto en un tiempo determinado, convirtiendo los valores futuros de un flujo de fondo a valor presente (Castro & Mokate, 2008). Con fundamento en Constanza et al. (1997) introdujeron un nuevo concepto: el costo de oportunidad de uso del recurso, el cual es entendido como el valor económico al que debe renunciar la generación actual, para garantizar el disfrute de los mismos beneficios para la generación futura.

Tietenberg & Lewis (2010) plantearon un ejemplo en el cual existen dos generaciones (actual 1 y futura 2) que cuentan con un inventario o stock de recursos (Q_T) y una tasa de descuento del valor del dinero en el tiempo (r) y el costo de oportunidad de uso del recurso (λ). Mediante



un ejercicio, establecieron que el valor de λ deberá hacer que los beneficios marginales para ambas generaciones sean exactamente iguales; esto es, el punto donde la oferta y demanda por el recurso son iguales, partiendo de las restricciones en el stock del recurso ($Q_T \geq 0$ no agotamiento del recurso).

Con ello se cumplirían las premisas de la sostenibilidad: el disfrute de los beneficios derivados del consumo del recurso para las generaciones actuales y futuras, donde la explotación de cada generación, que garantizaría un desarrollo sostenible, será en Q_1 para la generación 1 y Q_2 para la generación 2, donde la disponibilidad de los recursos para ambas generaciones no supera la cantidad total; esto es $Q_T \geq Q_1 + Q_2$ (Figura 4).

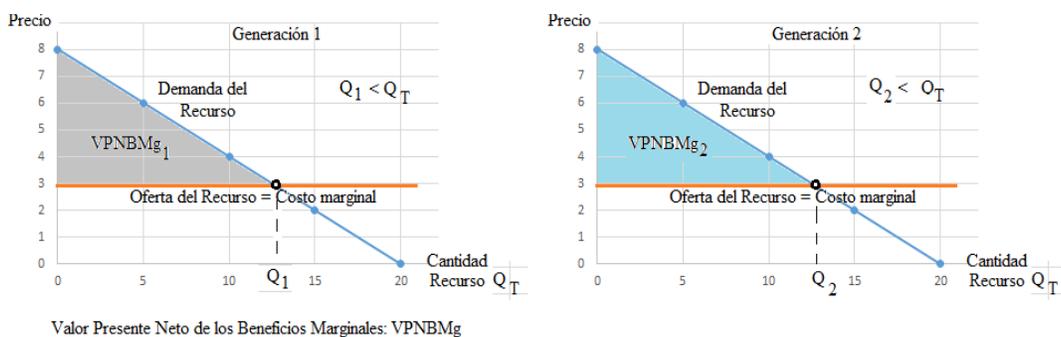


Figura 4. Ejemplo de evaluación de una política frente a la sostenibilidad.
Fuente: Tietenberg & Lewis, (2010).

Luego, existen varios mecanismos ya conocidos para lograr medir el beneficio marginal que se plantean a través de las medidas de bienestar económico, las cuales son los indicadores utilizados por la economía para cuantificar la utilidad social atribuible a una política o proyecto; entre las principales se encuentran: el excedente del consumidor; el excedente del productor, la variación compensatoria y la variación equivalente. Estas dan cuenta de los beneficios en el comportamiento agregado de un conjunto de consumidores y de productores, respectivamente.

Por ejemplo, se entiende por excedente del consumidor el beneficio monetario que experimentan los consumidores en un mercado al pagar un precio por debajo del valor máximo que estaría dispuesto a dar; esto representa un ahorro para el consumidor, lo cual se traduce en un nivel de utilidad mayor. Este concepto permite valorar monetariamente la utilidad experimentada por los diferentes agentes que interactúan en un mercado, para este caso, del recurso natural (Pindyck & Rubinfeld, 2009).



Entre los desarrollos académicos para estimar estos beneficios económicos provenientes de los bienes no mercadeables como es el caso de los recursos naturales y servicios ecosistémicos, la valoración económica ambiental VEA se apoya en la microeconomía y econometría para construir las curvas de oferta y demanda hipotéticas o indirectas, y luego calcular las medidas de bienestar económico (cambios en la variación compensada, variación equivalente o el excedente del consumidor) (Freeman, Herriges & Kling, 2016). La intencionalidad de este tipo de estudios es demostrar que los recursos naturales y los servicios ecosistémicos son susceptibles de generar un mercado para promover la conservación y la protección de estos. Adicionalmente, estos estudios actúan como una línea base en el diseño de políticas ambientales (Cristeche & Penna, 2008).

Unos de los objetivos de la VEA es contribuir al desarrollo metodológico que permita estudiar el sistema económico, y cómo sus actividades afectan al ambiente. La VEA permite estimar beneficios de naturaleza económica, mediante la imputación de un valor económico a los bienes y SE para lograr la eficiencia económica y el crecimiento sostenible (Barzev, 2002; Azqueta, 2007). Para aplicar y elegir un método de VEA, es necesario comprender el concepto de Valor Económico Total (VET) del SE, esto es, el valor económico según la asignación dada por las personas a los SE, ya sea por el uso o no uso (Uribe et al., 2003; Cristeche & Penna, 2008; Pardo et al., 2012; Freeman et al., 2016).

Por tanto, el VET está compuesto por dos elementos: el valor de uso, que puede ser directo (VUD) o indirecto (VUI) y el valor de no uso (VNU). El VUD representa el valor económico asignado al recurso natural por los beneficios generados de su uso en actividades productivas. El VUI estima el valor del bien ambiental a través de los servicios que presta, lo cual puede afectar positiva o negativamente a las actividades productivas y económicas. De otro lado, el VNU comprende el valor económico asignado por la conservación, dada la disponibilidad de contar con este recurso natural a futuro, para que otras generaciones puedan beneficiarse de su intervención o tomen la decisión de protegerlo, es decir, se considera como un legado para las futuras generaciones y, en algunas ocasiones, la literatura lo denomina *valor vicario* (Uribe et al. 2003; Freeman, Herriges & Kling, 2016).

Entre los métodos más conocidos de la VEA se encuentran la valoración contingente, precios hedónicos, costo evitados o inducidos, función de producción de salud, costo viaje, valoración conjoint, transferencia de beneficios, entre otros (Azqueta, 2007; Labandeira, León & Vásquez, 2007; MADS-PNUMA, 2014).



El método de precios hedónicos, se ha utilizado ampliamente en la valoración de atributos ambientales que inciden en el mercado de tierras (Leeth & Kniesner, 2010), y varios estudios han incorporado cómo las variables de la sostenibilidad tales como las sociales, económicas, políticas y ambientales, pueden influir en el precio económico de las fincas o sistemas productivos rurales.

1.5. Variables asociadas a la sostenibilidad en los sistemas agropecuarios.

Las fincas son unidades de sistemas productivos con diferentes tipos de recursos, procesos y componentes de producción, que los agricultores o ganaderos pertenecientes a un grupo individual o a un colectivo combinan para subsistir o desarrollar económicamente el sector rural. Estas constituyen sistemas dinámicos que responden a cambios continuos de las dimensiones sociales, económicas y ambientales (Hart, 1990). En virtud de ello, las fincas presentan características multidimensionales y heterogéneas desde lo geográfico, estructural, económico, social, político, cultural y ambiental y, en ese sentido, se orientan las variables de la sostenibilidad, y los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible ODS adoptados en Colombia (DNP, 2018), con metas a 2030 para el sector rural (Figura 5).

ODS	Indicadores nacionales, línea base y metas trazadas	
	Indicador nacional: índice de pobreza multidimensional (%).	
	Línea base (2015): 20,2 %.	Meta nacional a 2018: 17,8 %. Meta nacional a 2030: 7,4 %.
	Indicador nacional: tasa de mortalidad por desnutrición en menores de 5 años (por cada 100.000 niños y niñas menores de 5 años).	
	Línea base (2015): 6,8.	Meta nacional a 2018: 6,5. Meta nacional a 2030: 5,0.
	Indicador nacional: tasa de mortalidad materna (por cada 100.000 nacidos vivos).	
	Línea base (2015): 53,7.	Meta nacional a 2018: 51,0. Meta nacional a 2030: 32,0.
	Indicador nacional: tasa de cobertura en educación superior (%).	
	Línea base (2015): 49,4 %.	Meta nacional a 2018: 57,0 %. Meta nacional a 2030: 80,0 %.
	Indicador nacional: porcentaje de mujeres en cargos directivos del Estado Colombiano (%).	
	Línea base (2015): 434,5 %.	Meta nacional a 2018: 44,5 %. Meta nacional a 2030: 50,0 %.
	Indicador nacional: coeficiente de GINI.	

	Línea base (2015): 0,522.	Meta nacional a 2018: 0,520. Meta nacional a 2030: 0,480.
	Indicador nacional: hogares urbanos con déficit cuantitativo de vivienda (%). Línea base (2015): 6,7 %.	Meta nacional a 2018: 5,5 %. Meta nacional a 2030: 2,7 %.
	Indicador nacional: tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos (%). Línea base (2015): 8,6 %.	Meta nacional a 2018: 10,0 %. Meta nacional a 2030: 17,0 %.
	Indicador nacional: reducción de emisiones totales de gases efecto invernadero (%). Línea base (2015): 0,0 %.	Meta nacional a 2018: no aplica. Meta nacional a 2030: 20,0 %.
	Indicador nacional: miles de hectáreas de áreas protegidas. Línea base (2015): 23.617 ha.	Meta nacional a 2018: 25.914 ha. Meta nacional a 2030: 30.620 ha.
	Indicador nacional: tasa de homicidios (por cada 100.000 habitantes). Línea base (2015): 26,5.	Meta nacional a 2018: 23,0. Meta nacional a 2030: 16,4.

Figura 5. Metas a 2030 dentro de los objetivos de desarrollo sostenible adoptados en Colombia para el sector rural.

Fuente: DNP (2018).

Por lo anterior, el pensar en la valoración de la sostenibilidad de los sistemas productivos en el paisaje amazónico puede entenderse como uno de los logros y mejoras permanentes frente a los aspectos sociales (ODS 2,3,4 y 5), aspectos socioeconómicos (ODS 1, 10, 11, 12), aspectos ambientales y políticos (ODS 13 y 15) y sociopolíticos (ODS 16). Las unidades productivas rurales son células sociales vitales que engranan las dimensiones de la sostenibilidad y definen el desarrollo de un país en términos de su seguridad alimentaria y en la problemática ambiental actual.

La presión de estos sistemas productivos sobre los recursos naturales y los servicios ecosistémicos son de alto impacto, debido a la deforestación, los cambios en el uso del suelo y los impactos a los servicios ecosistémicos que pueden conllevar. En concordancia con Reid MEA (2005) y Müller & Burkhard (2012), vale la pena aclarar que los servicios ecosistémicos, entendidos como los procesos, materias primas y energía que la naturaleza provee para satisfacer las necesidades vitales de los seres vivos, forman parte de los inventarios y valores potenciales que tienen los predios en el contexto amazónico.



Según Constanza et al. (1997) y Hartwick & Olewiler (1998), los servicios ecosistémicos sustentan la vida del planeta y los beneficios para el ser humano, e involucran la calidad de la salud y la economía. Esta característica ha diferenciado o clasificado los servicios ecosistémicos en: servicios de apoyo, de regulación, de aprovisionamiento y servicios culturales.

Los servicios de apoyo se relacionan con el funcionamiento de procesos de los ecosistemas, que genera los servicios directos, como la fotosíntesis, la formación y almacenamiento de materia orgánica, el ciclo de nutrientes, la creación y asimilación del suelo y la neutralización de desechos tóxicos, entre otros. Los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento son aquellos que sirven como materia prima, insumos, o energía para consumo directo (Daly, 1997). Los servicios de regulación consisten en los ciclos hídricos, climáticos, energéticos, los repositorios o sumideros de carbono, la polinización, la producción de oxígeno, entre otros, que proporcionan el funcionamiento integral de los ecosistemas.

Por último, se han llamado servicios ecosistémicos culturales a todos aquellos valores estéticos, recreativos y culturales derivados de estos, que proporcionan bienestar al hombre, como la belleza escénica, los balnearios naturales, pictografías rupestres, fósiles, selvas vírgenes, escenarios naturales para desarrollar investigación (Reid, 2005; Guzmán, 2010). Algunos de estos servicios ecosistémicos se han asociado a predios rurales en América Latina (Tabla 1).

Tabla 1. Servicios ecosistémicos inmersos en predios rurales.

Tipo	Servicio Ecosistémico	Ecosistema /recurso	Autores
Apoyo	Conservación de agua, biodiversidad, control de plagas, agua en subsuelo.	Ecosistema ripario, bosques, especies, acuíferos.	Somarriba et al. (2013), Toledo, Briceño & Ospina (2018).
Aprovisionamiento	Agua, aire, suelos productivos, especies de flora y fauna, bancos medicinales, reservas de petróleo.	Global.	Orjuela, Andrade & Vargas (2014), Andrade, Marín & Pachón (2014), Toledo et al. (2018).



Regulación	Sumideros de carbono, reducción de la erosión, humedad, corredores ambientales, conservación de suelos.	Bosques, desiertos, sabanas, herbazales, humedales, valles, suelos.	Bara, Sánchez & Wilmsmeier (2006), Miranda et al. (2008), Ocaña (2011), García (2013), Ortiz (2013), MAG (2013).
Culturales	Recreación por belleza escénica, historia, investigación, valores ancestrales, pinturas rupestres, fósiles.	Zonas costeras, riberas de río	Toledo et al. (2018), García, 2013, Escobar & Erazo (2006), Uribe et al. (2003), Hartwick & Olerwiler (1998).

Fuente: los autores, con base en Pardo & Sanjinés (2014) y Uribe et al. (2003)

En Colombia, el uso del suelo en los predios productivos agropecuarios se distribuye así: 29'223.722,3 hectáreas en pastos y herbazales, 14'904.036 están destinados a la agricultura; 216,4 hectáreas en sistemas agro y silvopastoril; 121.022,8 hectáreas en producción forestal, unas 1'880.763,8 hectáreas corresponden a cuerpos de agua y 67'945.208,4 son otras coberturas no agropecuarias (UPRA, 2016). Ya en la Amazonia, las coberturas al interior de las fincas productivas presentan paisajes de bosque, pasturas mejoradas, pasturas, mosaicos de cultivos, barbechos y potreros (Álvarez et al., 2013).

En ese sentido, los servicios ecosistémicos inmersos en los sistemas productivos rurales en la Amazonia se relacionan con recursos naturales y ambientales como los bosques, los humedales, los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos y la productividad de los suelos, con todos los productos y servicios ecosistémicos que las interacciones de estos involucran. De otro lado, el estudio de la dimensión social de las comunidades asentadas en las fincas puede relacionarse con la calidad de vida mediante indicadores tales como el índice de necesidades básicas insatisfechas (INBI), que involucra las condiciones de educación, salud, protección, vivienda, nivel de ingreso y gasto, entre otros (Feres & Mancero, 2001). También se puede tener en cuenta si la población incluye minorías o etnias para su clasificación por origen cultural.

En cuanto a la dimensión ambiental, se puede observar la relación de los agroecosistemas con áreas especiales y protegidas de flora, fauna, recursos como agua, minerales, suelos y energía, o servicios ecosistémicos. Algunos ejemplos de variables ambientales son (López, 2007): coberturas de bosques, coberturas de pastos, disponibilidad de agua, condiciones



edáficas (fertilidad, erosión), productos no maderables, tipo de paisaje, índice de biodiversidad, existencia de humedales o zonas de recarga, hábitat de las especies o indicadores de entorno físico biótico (biodiversidad, superficie, fragmentación, representatividad, especies), y número de servicios ecosistémicos. Entre los servicios ecosistémicos se pueden destacar la regulación climática, la regulación hídrica, los nutrientes del suelo, la producción de oxígeno, el almacenamiento de carbono, la producción de agua, la generación de alimentos, la biodiversidad y la belleza paisajística.

En resumen, entre las variables para medir la sostenibilidad en la zona rural se pueden condensar en las siguientes: Sociales: índices de desarrollo, índice de calidad de vida, capital humano, índice de necesidades básicas insatisfechas INBI, nivel de escolaridad, nivel de ingresos, nivel de gastos. Políticas: indicadores de gobernanza y gobernabilidad, índice de concentración de ingreso y territorio GINI. Económicas: producto interno bruto, indicadores de competitividad, indicadores de eficiencia, tasas de descuento, valor presente neto, índice de precios, disponibilidad a pagar, indicadores económicos, tasas de cambio. Ambientales: huella (ecológica, de carbono, hídrica), emisiones de CO₂, índice de Shannon (índice de biodiversidad), niveles de almacenamiento de carbono. En síntesis, se podría decir que un mecanismo para valorar la sostenibilidad en un contexto, un sector, o una comunidad, es observar las mejoras en la calidad de vida de las comunidades, la eficiencia, la productividad y competitividad, el respeto por el equilibrio y la conservación de los servicios ecosistémicos.

La huella ecológica planteada por Wackernagel & Rees (1996) representa el impacto de las actividades antrópicas en el ambiente, expresado en términos del área del territorio ecológicamente productivo para general los recursos y asimilar residuos en una población. La huella de carbono se refiere a las emisiones directas de CO₂ y de otros GEI, que se dejan de absorber por ocupación de espacios bioproductivos (Doménech, 2011; Valderrama, Espíndola & Quezada, 2011). La huella hídrica según Hoekstra (2003) cuantifica la cantidad de este recurso que se necesita o se requiere en una actividad productiva y su impacto. El Índice de biodiversidad cuantifica la heterogeneidad de una comunidad conforme con el número de especies presentes y su abundancia relativa (Shannon & Waever, 1949).

1.6 Sistemas agropecuarios del piedemonte amazónico y la sostenibilidad.

Uso del suelo en el piedemonte amazónico. La Amazonia es el bosque tropical más extenso del planeta, correspondiente a la selva de la cuenca del río Amazonas, que tiene una extensión alrededor de 7.400.000 km², que representan el 4,9 % del área continental mundial. Con una



producción de agua de $230.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, es la zona más biodiversa del planeta y abarca territorios en los países suramericanos Brasil, Perú, Bolivia, Colombia, Venezuela, Ecuador, Guyana, Francia (G) y Surinam (CADMA, PNUD, TCA & BID, 1987).

En Colombia se encuentra cerca del 6,5 % de la Amazonia, con una extensión de 483.119 km^2 , que corresponden al 41,8 % de la extensión continental del país; la ecorregión Amazonia colombiana comprende $48 \times 10^6 \text{ ha}$ que se encuentran en los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Vaupés y Putumayo, de las cuales, cerca de $38 \times 10^6 \text{ ha}$ son zonas conservadas, donde $8 \times 10^6 \text{ ha}$ se encuentran bajo la figura de parques naturales y zonas de reserva forestal según la Ley 2 (1959) y cerca de $8 \times 10^6 \text{ ha}$ componen la zona intervenida de la Amazonia colombiana (Naciones Unidas - CEPAL, 2013).

En Colombia, el piedemonte amazónico se localiza en los departamentos de Putumayo y Caquetá, en la confluencia entre la Cordillera de Los Andes y la Cuenca Amazónica (Hernández & Naranjo, 2007). En las zonas altas del piedemonte han existido constantes amenazas de origen antrópico, asociadas a su dinámica sociopolítica y económica. Este paisaje ha sufrido múltiples impactos causados por diversas bonanzas, como la del caucho (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.), la quina (*Cinchona officinalis* L.), el comercio de fauna silvestre, la producción de coca (*Erythroxylum coca* Lam.) (Ruíz et al., 2007).

Por su parte, el departamento de Caquetá comprende una extensión del 7,9 % de la plataforma continental de Colombia, con 90.108 km^2 ($9'010.823 \text{ ha}$). En el relieve de la Amazonia caqueteña se encuentran grandes unidades de paisaje: montaña, piedemonte, lomeríos y llanura amazónica (Hernández & Naranjo, 2007; UPRA, 2018). En Caquetá, el paisaje de lomerío abarca el 68,4 % de la extensión del departamento, el paisaje de montaña un 11,5 %, un 8,43 % corresponde al paisaje de valle y un 0,72 % al paisaje de piedemonte amazónico (UPRA, 2018). En este último, habita cerca del 75 % de la población de la Amazonia colombiana, que para el Caquetá equivale a unos 420.337 habitantes, donde 189.135 de ellos viven en la zona rural. En materia económica, Arcila (2011) considera que en esta zona de piedemonte amazónico se produce más del 95 % del producto interno bruto departamental, valor que en la actualidad asciende a $\$589.000 \times 10^6$ y representa el 0,4 % del producto interno bruto (PIB) nacional (DANE, 2014).

Según la aptitud de uso de los suelos del departamento de Caquetá, de los $9 \times 10^6 \text{ ha}$ del departamento, solo existe un 5 % disponible para las actividades productivas rurales (454.241 ha), donde el 3,6 % debería tener uso agroforestal, 1 % agrícola, 0,1 % en ganadería, 0,003 % forestal; sin embargo, el uso real ha sido de un 4 % para agricultura y un 13 % en áreas de



pastoreo (UPRA, 2018). A esto se suma el conflicto en el uso del suelo, pues existe un 13 % de sobreuso (1.191.817 *ha*) y un 0,4 % de subutilización (33.588 *ha*). En materia de coberturas, el bosque natural en Caquetá se encuentra en 8.896.800 *ha*, 2.589.493 *ha* en pasturas, y cerca de 65.139 *ha* destinadas a cultivos (existe un traslape en el 4 % de las cifras).

1.7 Principales rasgos de los sistemas agropecuarios en la zona de piedemonte amazónico.

El modelo ganadero predominante en la zona se caracteriza por ser extensivo, concentrador de tierra y con baja capacidad para generar empleo en el mediano y largo plazo, debido a las difíciles condiciones ambientales (humedad, fragilidad de los suelos), además de los conflictos de orden social, los bajos niveles de gobernabilidad y la escasa y deteriorada infraestructura vial y tecnológica. La problemática en materia agrícola son los escenarios en que se desarrolla: baja competitividad y rentabilidad económica, debido a que las especies utilizadas no son las más adecuadas para el medio, dada la presencia de plagas y enfermedades que generan altos costos de manejo (Ramírez et al., 2004; Espinosa, 2010; Álvarez et al., 2013).

El principal uso del suelo del departamento de Caquetá es la ganadería extensiva (Ramírez et al., 2004; Muñoz, 2007; Álvarez et al. 2013). Se calculan 2.589.493 *ha* dedicadas a la actividad ganadera bovina, con 2'177.962 *ha* en praderas tecnificadas y 399.773 *ha* en praderas tradicionales distribuidas en los 16 municipios que conforman el ente territorial (Secretaría de Agricultura del Departamento del Caquetá, 2017). Sin embargo, es significativo el aumento en las áreas empleadas en pastos para corte, cultivos forrajeros y en sistemas silvopastoriles (Torrijos & Eslava, 2018).

El departamento de Caquetá registró en el año 2017 un inventario ganadero de 1.809.702 bovinos, que representa un incremento del 21,7 % respecto al inventario de 2016, hecho que sitúa al Caquetá en el quinto puesto de Colombia en inventario bovino. Los semovientes se encontraban repartidos en 16.802 fincas, 40 % de ellas con extensiones entre 1-50 *ha*, 27 % entre 51-100 *ha*, 31 % entre 101-500 *ha* y 2 % con extensiones mayores a 500 *ha*. El 88 % de los predios ganaderos tenían actividad doble propósito, 9 % cría y un 3 % en ceba y lechería especializada. Con el inventario bovino se obtenía una producción de leche de 79.024 *l día⁻¹* en lechería especializada, con cerca de 4,1 *l vaca^{-1 día⁻¹}*, donde el 50 % se destina a quesería rural, un 37 % a la transformación regional, un 12 % es acopio para Nestlé y un 1 % es leche líquida para venta en crudo (Torrijos & Eslava, 2018; MinAgricultura – ICA, 2019).



Los cultivos anuales y transitorios representativos para la economía son, en esencia, plátano (*Musa paradisiaca* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), maíz tradicional (*Zea mays* L.), caucho (*H. Brasiliensis* Muell Arg.), caña panelera (*Saccharum officinarum* L.), café (*Coffea arabica* L.), cacao (*Theobroma cacao* L.), copoazú (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum. 1886), arroz (*Oryza sativa* L.), piña (*Ananas comosus* (L.) Merr., 1917), arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh), chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), cítricos varios y flores de heliconias, entre otros. La actividad agrícola ocupa el 3,1 % del PIB departamental (ICER, 2013). La producción agrícola en las fincas es, principalmente, de subsistencia, debido al bajo nivel tecnológico y agronómico. El mercadeo de los productos agrícolas se realiza con intermediarios de los municipios, con precios fluctuantes según el comportamiento de la oferta y la demanda.

Según García *et al.* (2002), los sistemas agropecuarios en el piedemonte predominan en tierras planas a ligeramente onduladas, con pendientes entre 3 y 12 %, con posibilidad de laboreo mecánico, y tendencia hacia el manejo simultáneo de levante y ceba de bovinos, dado el bajo precio de la leche. La extensión media de los predios es de 174 *ha*, con 85-90 % en praderas, carga media de 0,5 animales por hectárea, número de animales promedio por finca de 150 cabezas, ordeño promedio diario de 31 vacas y producción de leche promedio en ordeño de 4 *l vaca⁻¹ día⁻¹*.

Entre la tipificación de los predios económicamente representativos de la zona se encuentran el ganadero familiar, el agropecuario familiar y el ganadero semi empresarial (SINCHI, 2001; Pardo, 2005; SINCHI, 2015). Esta clasificación fue dada por variables como el ingreso familiar, el origen y nivel de la mano de obra y el destino de la producción. En el sector primario predomina el sistema familiar, en el que se presenta un alto número de pobladores dependientes económicamente de esta actividad para su subsistencia. En el 75 % de las fincas se generan de 1 a 3 empleos; en el 71 % de los predios se encuentran entre 3 y 6 personas que dependen económicamente de este sistema productivo, y solo en el 16,5 % de las fincas se contrata mano de obra externa (entre 2 a 4 personas), especialmente en fincas con extensiones superiores a 200 *ha*.

En la caracterización de los predios en el piedemonte amazónico caqueteño realizada Ocaña (2011), se estudiaron los agroecosistemas con pasturas, como uno de los principales usos del suelo. Allí se encontraron sistemas de agricultura familiar, con alta dependencia de la actividad ganadera basada en la producción de leche y algunos sistemas de doble propósito,



con tecnificación y productividad moderada. Los modelos son principalmente extractivistas, con baja capacidad de carga animal y moderada compactación de los suelos. Tienen una inversión en las pasturas basada en enmiendas y fertilización escasa. En la caracterización de la zona realizada por Ramírez et al. (2002), se reconoce la ganadería de doble propósito, en la mayor parte de los predios, sin embargo, también mencionan indicadores productivos muy bajos, generados por el agotamiento de recursos ecosistémicos.

En el mismo estudio, en cuanto a los predios agroforestales, se afirma que predominan los cultivos perennes bajo arreglos forestales; con el latex de caucho (*Hevea brasiliensis*) como principal producto comercializado seguido de: cacao (*Theobroma cacao*) maderables (como *Cariniana pyriformis*, *Cedrelinga caleniformis* Ducke, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Tectona grandis*) y frutales amazónicos como Arazá (*Eugenia stipitata*), Borojó (*Borojoa patinoi* catrecasas), cultivos de plátano y yuca, bovinos, leche, cerdos, peces, aves y huevos. En predios silvopastoriles, los productores incursionan en el establecimiento de tecnologías basadas en la producción de forraje proveniente de arbustos forrajeros y pasturas de porte alto.

En Ramírez, Libreros & Suárez (2013), se describen las fincas tradicionales y agroforestales, donde se encontró que el tamaño medio de las fincas tradicionales fue de 112 ha frente a las 21 ha de fincas agroforestales. En cuanto a la cobertura de bosques, en fincas tradicionales fue de 2 ha en promedio y de 0,3 ha para fincas con sistemas agroforestales. Los principales usos del suelo son: bosques, barbechos, pasturas, cultivos perennes, área de bancos de proteína, bancos de energía. Con una producción de litros leche vaca⁻¹ día⁻¹ entre 1,6 y 2,0, con unidad de gran ganado UGG ha⁻¹ de 0,6 y 0,1 para las tradicionales y agroforestales respectivamente. En el estudio de Ramírez et al. (2012), también se reportaron las principales características sociodemográficas tales como: edad del productor 37 y 50 para los sistemas tradicionales y agroforestales, donde los años de escolaridad fueron respectivamente de 9 y 4 años, y un promedio laboral de 12 años de experiencia del productor.

Otros datos sobre la caracterización de la zona, son los presentados en Ramírez et al. (2002), relacionados con el manejo de prácticas sostenibles de producción. Allí se encontró que un 33 % de las fincas usaba fertilizantes y abonos orgánicos. Un 36,6 % usaba la práctica de tumba y quema para establecer pasturas y solo un 3,5 % hacía uso de árboles forrajeros en alimentación, con cultivos asociados como plátano (*M. paradisiaca* L.) y yuca (*M. esculenta* Crantz). El 43,4 % de los predios no contaban con programas de reforestación, pero tenían algunos relictos de bosque o fragmentaciones en potreros cercanos a nacimientos y fuentes de agua.



En el mismo estudio se encontró que el 67 % de las fincas no usaba bioabonos y el uso de fertilizantes químicos se encontraba reducido, debido los altos costos comerciales. La abundancia del recurso hídrico y las necesidades económicas presionan el desarrollo de alternativas económicas a la venta de leche y, por ello, surgió la piscicultura en especies como la cachama blanca (*Piaractus brachyomus* Cuvier), cachama negra (*Colossoma macropomum* Cuvier), mojarra roja (*Oreochromis mossambicus* Peters), carpa (*Cyprinus carpio* L.), sábalo (*Brycon melanopterus* Cope) y bocachico (*Prochilodus caudifasciatus* Starks).

Los principales componentes ambientales afectados por la actividad agropecuaria son las características físicas del suelo (por efecto de la compactación o apelmazamiento), la diversidad de flora (por la pérdida total de la cobertura boscosa) y la calidad del aire (por las emisiones de gases y partículas al momento de la tumba y quema, principalmente), mientras que el componente económico presenta un impacto positivo al representar fuentes de empleo, pero a bajo costos. Sin embargo, el principal efecto de los sistemas agropecuarios en el paisaje amazónico ha sido la deforestación para comercialización de maderas y para la introducción de pasturas con fines ganaderos (Ramírez et al., 2004; Muñoz, 2007; Ocaña, 2011; Álvarez et al, 2013).

La deforestación en la Amazonia colombiana. Colombia, cuenta con 59'311.350 *ha* en bosques naturales, que equivalen al 52 % del territorio continental del país. De estas, 39'516.141 *ha* se encuentran en la Amazonia y equivalen al 66,6 % de los bosques del país. La Amazonia colombiana presentó en la década de los noventa 1'198.018 *ha* deforestadas, a una tasa de 119.802 *ha año*⁻¹ (Tabla 2), mientras que, en el primer quinquenio del milenio se deforestaron 562.823 *ha*, a una tasa de 112.565 *ha año*⁻¹ (Murcia et al., 2010; Murcia, Gualdrón y Londoño, 2016).



Tabla 2. Evolución y proporción de área boscosa deforestada por regiones en Colombia (1990 – 2017).

Periodo	Indicador / Región	Pacífico	Orinoquía	Caribe	Andes	Amazonia	Total
	Bosque 1990 (ha)	5.249.261,00	2.335.094,00	2.368.779,00	12.565.035,00	41.924.100,00	64.442.269,00
1990-2000	Deforestación (ha)	140.426,00	240.580,00	343.019,00	876.597,00	1.198.018,00	2.798.640,00
	% bosque perdido						
	prom. Anual	0,27	1,03	1,45	0,70	0,29	4,34
	Bosque 2000 (ha)	5.227.673,00	2.182.517,00	2.014.227,00	11.716.837,00	40.669.967,00	61.811.221,00
2000-2005	Deforestación (ha)	146.269,17	143.479,89	236.562,84	486.463,86	562.823,28	1.575.599,04
	% bosque perdido						
	prom. Anual	0,56	1,31	2,35	0,83	0,28	2,54
	Bosque 2005 (ha)	5.035.400,00	2.123.340,00	1.807.073,00	11.151.591,00	40.096.203,00	60.213.607,00
2005-2010	Deforestación (ha)	110.744,46	46.533,51	200.090,07	435.449,70	398.984,94	1.191.802,68
	% bosque perdido						
	prom. Anual	0,44	0,44	2,21	0,78	0,20	1,98
	Bosques (ha)						60'013.580
2012	Deforestación (ha)	10.836	23.749	35.689	86.558,00	139.057	295.892
	% bosque perdido						0,49
2014	Bosques (ha)	5'318.837,00	2'163.785,00	1'746.754,00	10'875.253,00	39'741.435,00	59'558.064
	Deforestación (ha)	13.855,00	10.639,00	18.903,00	33.679,00	63.280,00	140.356
	% bosque perdido	0,26	0,49	1,08	0,31	0,16	0,23
	Bosque 2017 (ha)	5'233.269	2'144.514	1'723.966	10'549.240	39'661.290	59'313.277
	Deforestación (ha)	29.009	9.398	24.509	45.606,00	70.074	178.596
2016	% bosque perdido	0,55	0,44	1,42	0,43	0,18	0,30
	Bosque 2017 (ha)	5'392.682,00	2'134.215,00	1'696.636,00	10'571.676,00	39'516.141,00	59'311.350,00
	Deforestación (ha)	13.674,00	9.953,00	15.655,00	36.745,00	144.147,00	219.974
	Deforestación prom. anual (ha)	6,10	4,50	7,10	16,70	65,60	NA

Fuente: El autor con datos del sistema de monitoreo del SIAC (2010, 2012, 2014, 2017, 2019).



El sistema de monitoreo de la deforestación del Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM) informó que en Colombia la deforestación alcanzó 219.973 *ha* en el año 2017, de las cuales, 144.147 *ha* (66,6 %) se produjo en la Amazonia, dejando un aumento del 23 % respecto de 2016 (IDEAM, 2018). La pérdida de hábitat en el piedemonte colombiano durante el periodo comprendido entre 2004 y 2017 fue principalmente en la frontera amazónica; el 22,3 % de la deforestación ocurrió en Caquetá, esencialmente en San Vicente del Caguán (12,1 %) y en Cartagena del Chairá (10,3 %) (IDEAM, 2018).

El departamento de Caquetá ha perdido el 10% de su cobertura boscosa entre los años 1990 a 2016, principalmente por causa de la extracción y comercio ilegal de maderas, instauración de cultivos ilícitos, la minería ilegal, la ampliación de la frontera agrícola y la potrerización con fines de ganadería extensiva (Torrijos & Eslava 2018). No obstante, los incendios forestales se convirtieron en otro agravante durante el año 2018 con cerca de 13.538 registros en la aplicación Fire Information for Resource Manangement System, de la NASA (SIATAC, 2018). El movimiento del frente de deforestación es causado por la expansión de actividades de cambio en el uso del suelo por parte de los productores que actualmente habitan la zona, prácticas que afectan la sostenibilidad del recurso suelo y lo degradan en forma paulatina (Brown et al., 2005, Morton et al., 2006, Barona et al., 2010).

1.8. Propuesta de medición de la sostenibilidad en el campo, a partir de indicadores ambientales, económicos y sociales.

Se propone construir un Indicador de Sostenibilidad para evaluar la incorporación de los principios de Desarrollo Sostenible desde el campo. Partiendo de las dimensiones de la sostenibilidad, es importante involucrar variables de estas dimensiones para obtener un Indicador integral. Por ello el indicador de sostenibilidad toma variables ambientales como las observadas en el capítulo dos; variables económicas como las presentadas en el capítulo 3. En este apartado, se presentarán algunas variables sociales que están asociadas al desarrollo sostenible. La Figura 6 ilustra la construcción del indicador de sostenibilidad en los sistemas agropecuarios.



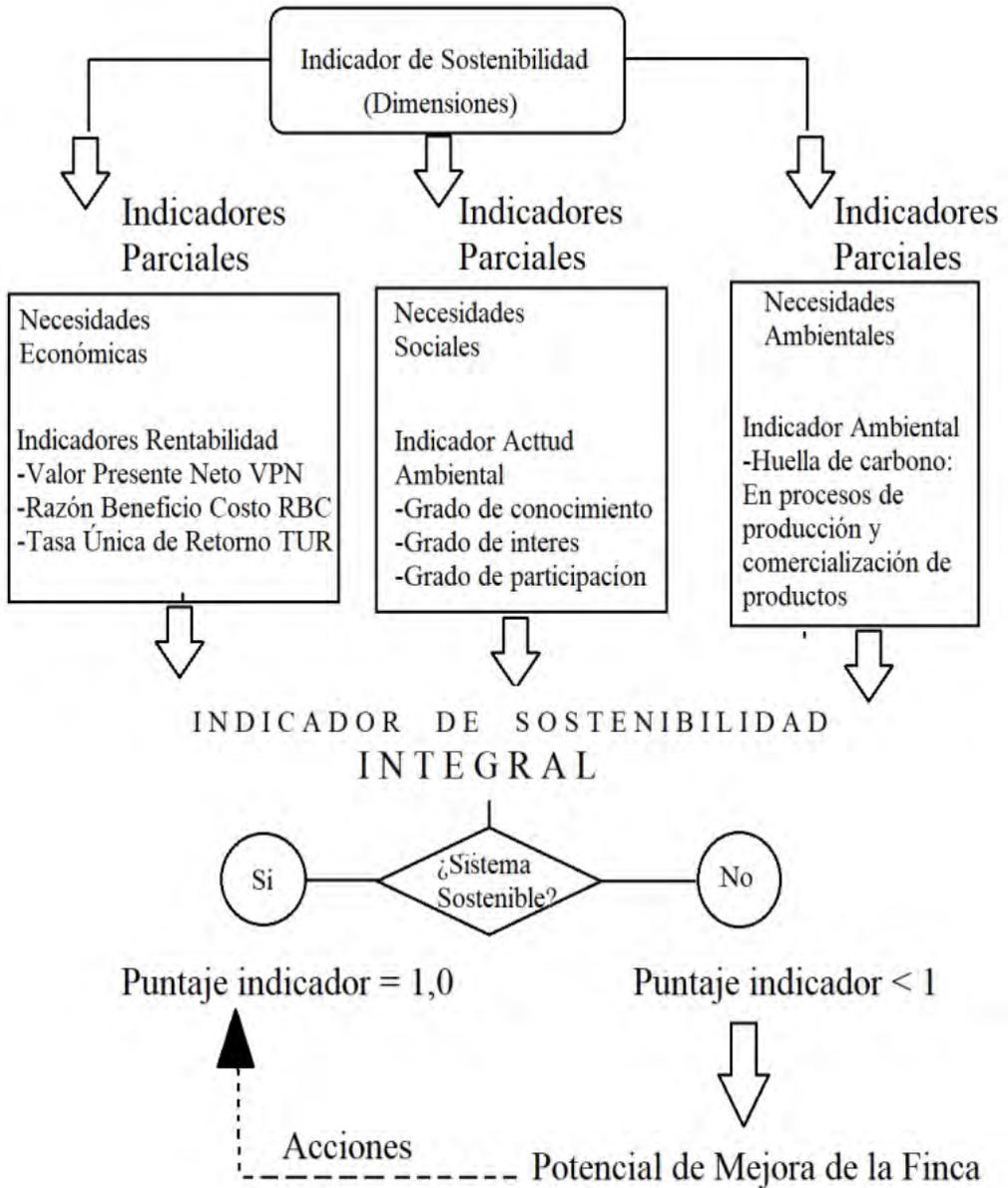


Figura 6. Propuesta de construcción de un indicador de sostenibilidad integral a partir de indicadores parciales.

Fuente: Los autores

A continuación, se describe cada dimensión de la sostenibilidad: ambiental, económica y social, asociada a la actividad ganadera y la forma en que se pueden valorar.



Referencias bibliográficas

- Alemán, R., Bravo, C., Vargas J. & Chimborazo, C. (2020). Agroecological typification of livestock production systems in the ecuadorian amazon region. *Livestock Research for Rural Development*, 32(6), 1-10.
- Álvarez, F., Casanoves, F., Suárez, J. C., & Pezo, D. (2020). The effect of different levels of tree cover on milk production in dual-purpose livestock systems in the humid tropics of the Colombian Amazon region. *Agroforestry Systems*, 95(1), 93-102. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00566-7>
- Andrade, H.; Marín, L. & Pachón, D. (2014). Fijación de carbono y porcentaje de sombra en sistemas de producción de Café (*Coffea arabica L.*) en el Líbano Tolima, Colombia. *Bioagro*. 26(2). Pp. 127-132.
- Arcila, O. (2011). *La Amazonia colombiana urbanizada: un análisis de sus asentamientos humanos*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi.
- Astier, M.; López, R.; Pérez, E. & Masera, O. (2000). *Marco de la evaluación MESMIS y su aplicación al sistema agrícola campesino en la región Purhepecha, México*. Documento de trabajo D35, Grupo interdisciplinario de tecnología rural.
- Avellaneda, A. (2013). *Gestión Ambiental y Planificación del Desarrollo: el sujeto ambiental como actor político*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones, Tercera Edición.
- Azcárate, D. (2000) *Primer ensayo sobre la población (traducción)*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Azqueta, D (2007). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid, España: McGrawHill.
- Bara, P; Sánchez, R. & Wilmsmeier, G (2006). *Hacia un desarrollo sustentable e integrado de la Amazonia. Los corredores de transporte en la cuenca amazónica central* –



occidental y sus afluentes principales en Colombia, Brasil, Ecuador y Perú. Santiago de Chile, Chile: CEPAL

- Barona, E; Ramankutty, N; Hyman, G. & Combes, O (2010). The role of pastures and soybean in the forestation of the Amazonian *Brasilian*. *Enviromental Researh letters*. 5(2). Pp. 1-9.
- Barzev, R (2002). Guía metodológica de valoración económica de bienes y servicios e impactos ambientales. Managua, Nicaragua: Corredor biológico Mesoamericano.
- Beach, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductions. *Bioscience*, 24(10), 579-596.
- Berkes, F., Colding, J. and Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptative management. *Ecological applications* 10(5) Pp. 1251 – 1262.
- Brown, J; Koeppe M; Coles B. & Price, P. (2005). Soybean production and conversión of tropical forest in the Brazilian Amazon: the case of Vihelna, Rodoña. *Ambio A Journal of the Human Environment*. 34(6). Pp. 462 – 469.
- Cadma, Pnud, Tca y Bid (1987). *Amazonia sin mitos*. Washington: BID-PNUD.
- Castro R, & Mokate, K. (2008). Evaluación económica y social de proyectos de inversión. Universidad de los Andes, Facultad de Economía – BID. Bogotá, 1998.
- CEPAL (Comisión Económica Para América Latina). (2003). *Mercados de tierras agrícolas en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, Chile
- Cherchye, L. & Kuosmanen, Y. (2002). Benchmarking sustainable development: a synthetic meta-index approach. Working paper. Emil Aaltonen Foundation, Finland. Recuperado de: www.sls.wageningen-ur.nl/enr/staff/kuosmanen/program1/
- Colciencias (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación). (2018). Libro Verde 2030: Política Nacional de Ciencia e Innovación para el Desarrollo Sostenible, Colombia. Recuperado de <http://repositorio.colciencias.gov.co:80/handle/11146/33995>
- Comisión Europea. (2007). *Guía para la estrategia europea de Desarrollo Sostenible: Un Futuro Sostenible al Alcance*. Comisión Europea 1049. Bruselas, Bélgica.



- Congreso de Colombia, (22/diciembre/93). *Ley 99 de 1993 Creación del Ministerio de Medio Ambiente y Sistema Nacional Ambiental*. República de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Conrad, F. (1999) *Economía de los recursos naturales*. Cambridge University Press.
- Cristeche, E. y Penna, J. (2008). *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA No 3
- Daly, H. (1990). Toward some operational principles of sustainable development. *En Ecological Economics*, 2(1). Pp. 1-6.
- Daily GC. (1997). Introduction: What are ecosystem services? In Daily GC. (ed). *Natures Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, D.C: Island Press.
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2014). *Producto Interno Bruto Departamental. PIB*. Recuperado el 08/05/2019 de: <http://www.dane.gov.co/index.php/cuentas-economicas/cuentas-departamentales>
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2018). *Cuentas nacionales departamentales. Producto Interno Bruto. PIB por Regiones (base 2015)*.
- DANE. (2021). *Proyecciones de población Municipal*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- De Camino R. & Müller S (1993). *Sostenibilidad de la Agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores*. GTZ. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA/GTZ.
- DNP (Departamento Nacional de Planeación). (2018). *Documento Conpes 3918 “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia”*. Bogotá, D. C.: Departamento Nacional de Planeación. Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- DNP Departamento Nacional de Planeación. (2005). *Metas y Estrategias para el logro de Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015, Documento Conpes social 91 Colombia*, Bogotá D.C. DNP, Recuperado el 8/09/2019 de: https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes_0091_2005.pdf

- Doménech JL. 2011. La Huella de Carbono Concepto, Utilidad y Aplicación. En: Fundación Gas Natural FENOSA, Barcelona-España
- Escobar, L. & Erazo, A. (2006). Valoración económica de los servicios ambientales del Bosque de Yotoco: Una estimación comparativa de valoración contingente y costo viaje. *Gestión y Ambiente*. 9 (1). Pp. 25-38.
- Espinosa, J. (2010). *La importancia del ordenamiento territorial en la integración, la competitividad y el desarrollo. Proyecto de profundización de la descentralización en Colombia*. Col/99/002/DNP/PNUD. Bogotá, Colombia.
- Fallas, G; Chacón, M. & Castro J. (2009) Sostenibilidad de sistemas agrícolas de fincas ecológicas y tradicionales en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*. 1(2). Pp. 151-161.
- Federación Colombiana de Ganaderos - FEDEGAN. (2021). Cifras de referencia del sector ganadero colombiano. Recuperado de <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- FEDEGAN - FNG (Federación Colombiana de Ganaderos – Fondo Nacional del Ganado) (2019). Coyuntura Ganadera, Oficina de planeación y estudios económicos. Recuperado en <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>
- Feres, J. & Mancero, X. (2001). *El método de las Necesidades Básicas Insatisfechas NBI y sus aplicaciones en América Latina*. Santiago de Chile, Chile: CEPAL.
- Freeman, A; Herriges, J. & Kling, C. (2016). The measurement of environmental and resources values. Third edition. Resources for the future. United States of América (460 pages).
- García, H. (2013). *Valoración de bienes y servicios ambientales provistos por el páramo de Santurbán*. Informe presentado a Abt Associated INC. Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social. Bogotá Colombia: Advisers for RFF Press
- García, A., G. Vallejo, M. L. Higgings y E. M. Escobar. (2016). El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. 1 ed. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52 pp.

- García, J; Cipagauta, M; Gómez, J. & Gutiérrez; J. (2002). *Descripción, especialización y dinámica de los sistemas productivos agropecuarios en el área intervenida del departamento del Caquetá*. Regional 10 – PRONATTA Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Florencia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- Guzmán, S. (2010). *Valoración de un sistema productivo agropecuario priorizado y su relación con los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Otún*. (Tesis de Magister) Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Hart, R. D. (1990). *Tipificación de sistemas de producción agrícola. I Elementos conceptuales y metodológicos. Componentes, sistemas y propiedades del sistema de finca como base para un método de clasificación*. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de producción RIMISP.
- Hartwick J. & Olewiler, N. (1998). *The economics of natural resource use*. New York.: Addison-Wesley educational publishers, Inc.
- Hernández, O. & Naranjo, L. (2007). Escenarios de conservación en el piedemonte Andino-Amazónico de Colombia, Chapter: 1, WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia, pp.1-6.
- Hoekstra, A.Y. (2003). “Virtual water trade”, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands.
- ICER (Informe De Coyuntura Economica Regional). (2013). Caquetá. Banco de la república. Recuperado el 08/05/2019 de: http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/icer_caqueta_2013.pdf
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) (2018). Resultados monitoreo de la deforestación 2017. Gobierno de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado 08/05/2019 de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023835/Resultados_Monitoreo_Deforestacion_2017.pdf
- IIC - Inter-American Investment Corporation. (2013). IIC Environmental y Social Sustainability Policy. Recuperado en: <https://www.idbinvest.org/en/sustainability/environmental-and-social-sustainability>

- Constanza, R., D'Arge, R., Rudolf, J., Farberll, S., Grassot, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* (387) Pp 253-260.
- Labandeira, X.; León, C. Y Vázquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. Madrid, España: Pearson educación SA,
- Leeth, J.D. and Kniesner, T.J. (2010). Hedonic wage equilibrium. Theory, evidence and policy. Discussion paper series IZA DP No. 5076. Germany.
- López, M. (2007). *Lineamientos conceptuales y metodológicos del sistema de indicadores ambientales para la Amazonia en el Programa regional de monitoreo ambiental*. Proyecto Consolidación del Sistema de Información Ambiental Territorial SIAT Amazonia Colombiana. Minambiente, Sinchi, Humboldt, CDA, Cormacarena, Corpoamazonia, Parques Nacionales Naturales, sistema de información de biodiversidad de Colombia.
- López, V. (2012). *Sustentabilidad y desarrollo sustentable: origen, precisiones conceptuales y metodología operativa*. México: Trillas.
- Meadows, D.; Meadows, D.; Randers, J. & Behrens, W. (1972). *Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la Humanidad*. México: Fondo de Cultura Económica
- MinAgricultura & ICA (Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario). (2019). Censo Pecuario 2019. Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018>
- MAG (Ministerio de Agricultura & Ganadería - MAG). (2013). *Ganadería sostenible y cambio climático. Aportes para el proceso de construcción de NAMA*. IICA, PNUD, Low Emission Capacity building Programme, GIZ, Costa Rica.
- MADS & PNUMA (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). (2014). *V Informe nacional de biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica*, Bogotá, Colombia



- Max Neef, M. (1993) *Desarrollo A Escala Humana Conceptos, Aplicaciones y Algunas Reflexiones*, Nordan Comunidad, Montevideo.
- MinAmbiente de Perú, (2015). *Manual de valoración económica del patrimonio natural*. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima, Perú: GIZ
- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H.; Brunet, J. & Duquense, P. (2008). Valoración Económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. *Zootecnia Tropical*. 26(3). Pp. 187-189
- Moreno, S. (2007). *El debate sobre el Desarrollo Sustentable o Sostenible y las experiencias internacionales de desarrollo urbano sustentable*. Centro de Estudios Sociales y de opinión pública. México.
- Morton, D.; Defries, R.; Shimabukuro, Y.; Anderson L.; Arai, E.; Espiritu-Santo, F.; Freitas, R. & Morissette, J (2006). Cropland expansión changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon *Proc Natl Acad. Sci USA*. 103(39). Pp. 14637-41
- Müller, F. & Burkhard, B. (2012). *Ecosystem Services*. Amsterdam: Elsevier
- Muñoz,007). *Contribución a la sostenibilidad de los núcleos familiares asentados en fincas del piedemonte amazónico colombiano*. (Tesis Doctoral) Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, La Habana, Cuba.
- Murcia, U.; Gualdrón A, y Londoño, M. (2016). *Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana a escala 1:100.000. Cambios multitemporales en el periodo 2012 al 2014 y coberturas del año 2014*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas “SINCHI”.
- Murcia, U.; Rodríguez, J. M.; Huertas, C. M. & Castellanos, H. (2010). *¿Cuánto se está deforestado la amazonia colombiana?* *Revista Amazonia Colombiana*. Número 3. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.

- Naciones Unidas (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Asamblea General. 12 de agosto de 2015*. Recuperado en www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85.
- Naciones Unidas (2015). *Objetivo de Desarrollo del Milenio, Informe 2015*. Recuperado de http://www.un.org/es/millenniumgoals/pdf/2015/mdg-report-2015_spanish.pdf
- Naciones Unidas (2012). Informe de la conferencia de Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Rio de Janeiro (Brasil junio 20 a 22 de 2012) Rio + 20. New York.
- Naciones Unidas (2002). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo 26 de agosto al 4 de septiembre 2002)*. Estados Unidos, New York. Recuperado de https://www.cepal.org/rio20/noticias/paginas/6/43766/WSSD_Informe.ESP.pdf
- Naciones Unidas, Comisión económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2013). *Amazonia posible y sostenible. Patrimonio Natural-Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas (Colombia)* Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/1506-amazonia-posible-sostenible>
- Naciones Unidas, Comisión económica para América Latina y el Caribe CEPAL (1991). *Informe de la reunión regional para América Latina y el Caribe preparatoria de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente y Desarrollo*. México. Recuperado de https://www.cepal.org/rio20/noticias/paginas/6/43766/Plataforma_de_91.ESP.pdf
- Naciones Unidas, Comisión económica para América Latina y el Caribe CEPAL (1992). *Cumbre para la tierra, Programa 21*. Recuperado de https://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/
- Naciones Unidas (1973). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano, Estocolmo 5 al 6 de junio de 1972*. Estados Unidos, Nueva York Recuperado de <https://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>
- Ocaña, H. (2011). *Evaluación socioeconómica de tres sistemas de producción en el piedemonte amazónico colombiano*. (Tesis de Maestría). Universidad de la Amazonia, Florencia, Colombia

- Orjuela, J.A, Andrade, H. & Vargas, Y. (2014). Potential of carbón storage of rubber (*Hevea brasiliensis* Müell) plantations in monoculture and agroforestry systems in the colombian amazon. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17. Pp. 231 – 240
- Ortiz, J. (2013). *Evaluación del impacto ambiental derivado por procesos de expansión de la frontera agropecuaria y su mitigación mediante la implementación de sistemas agroforestales en condiciones ecológicas del bosque tropical seco*. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Pardo, Y. (2005) *Valoración ambiental de predios agropecuarios en la zona de colonización del Caquetá, ubicados en paisaje de Lomerío y Vega de Rio*. (Tesis de Maestría). Universidad de los Andes, Bogotá D.C.
- Pardo, Y.; Andrade, M y Hermosa, D. (2012). *Evaluación Económica de políticas y proyectos: métodos alternativos y estudios de caso*. Feriva, Cali Colombia.
- Pardo Rozo, Y. Y., Andrade Castañeda, H. J., Muñoz Ramos, J., & Velásquez Restrepo, J.E. (2021). Carbon capture in three land use systems in the Colombian Amazonia. *Revista De Ciencias Agrícolas*, 38(2), 111-123. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.160>
- Pardo-Rozo, Y. Y.; Muñoz, J.; Velásquez, J. E. (2020). Tipificación de sistemas agropecuarios en el piedemonte amazónico colombiano. *Revista Espacios*. 41(47), 16. <https://doi:10.48082/espacios-a20v41n47>.
- Pardo, Y. & Sanjines, G. (2014). Valoración Económica de servicios ambientales en sistemas agroforestales en América Latina. *Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas FACCEA*. 4(2). Pp. 141-150
- Pearce, D. & Turner, K. (1995). *Economía de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente*. Madrid., España: Ediciones Celeste.
- Pearce D y Atkinson G (1993). Medición de la Sostenibilidad. *Ecodecisión. Ambiente y política*. 9. Pp. 55-60

- Peters, M., Herrero, M., Fisher, M., Heinz, K., E., Rao, I., Subbarao, G., Castro, A., Arango, J., Chará, J., Murgueitio, E., Van Der Hoek, R., Läderach, P., Hyman, G., Tapasco, J., Strassburg, B., Paul, B., Rincón, A., Schultze-Kraft, R., Fonte, S. and Searchinger, T. (2013). Challenges and opportunities for improvising eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura CIAT.
- Pindyck, R. & Rubinfeld, D. (2009). *Microeconomía*. Madrid, España: Pearson Educación SA.
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. Serie Manuales 55*. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas _ CEPAL – División de Estadística y Proyecciones Económicas.
- Ramírez, B. (2002). Caracterización y alternativas productivas para fincas ganaderas establecidas en la Amazonía Colombiana. *Agroforestería en las Américas*. 9(33-34). Pp. 53-56.
- Ramírez, B; Estrada, C.A; Rodríguez, G; Muñoz, J. & Guayara, Á. (2004). *Aporte al conocimiento y sostenibilidad de la Amazonia Colombiana*. Santiago de Cali, Colombia: FERIVA
- Ramírez, J., Libreros, H. y Suárez, J. (2013). Caracterización de los sistemas productivos y percepción de los agricultores sobre agroforestería: caso conformación red silvopastoril. *Ingenierías & Amazonia*. 6 (2). Pp. 99–106.
- Ramírez, S. (2011). Vecindad y conflicto en la frontera Amazónica (Capítulo 10) en Amazonia colombiana: imaginarios y realidades. Universidad Nacional de Colombia – Instituto Amazónico de Investigaciones IMAN, Bogotá, Colombia.
- Reid, W. (2005). Living beyond our means. Natural assets and human well-being. Statement from the board. The United States: Millennium Ecosystem Assessment Publications
- Rogelj, J., Huppmann, D., Krey, V., Riahi, K., Clarke, L., Gidden, M., Nicholls, Z. & Meinshausen, M. (2019). A new scenario logic for the Paris Agreement long-term temperature goal. *Nature*. 573, Pp. 357–363.

Rodríguez, A. (2008). *Fundamentos del uso de instrumentos fiscales en la política ambiental*.

Oficina de Estudios Económicos DIAN. Bogotá, Colombia.

Ruiz, S. L.; Sánchez, E.; Tabares, E.; Prieto, A.; Arias, J. C.; Gómez, R.; Castellanos, D.; García, P. & Rodríguez, L. (eds). (2007). *Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana - Diagnóstico*. Corpoamazonia, Instituto Humboldt, Instituto SINCHI, UAESPNN, Bogotá D. C. – Colombia. 636 p.

Schuschny, A & Soto, H. (2009) *Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile, Chile: Publicación de las Naciones Unidas, CEPAL. GTZ

Secretaría de Agricultura del Caquetá (2017). *Informe Consenso Evaluaciones Agropecuarias Departamento del Caquetá 2016*. Gobernación del Caquetá. Florencia, Colombia.

Seneviratne, S., Rogelj, J., Séférian, R., Wartenburger, R., Allen, M., Cain., K., Millar, R., Ebi, K., Ellis, N., Hoegh-Guldberg, O., Payne, A., Schleussner, CF., Tschakert, P. & Warren, R. (2018). *Nature*. 558, Pp. 41-47.

Shannon CE, & Weaver W (1949) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.

Sepulveda, S. (2008). *Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en territorios Biograma*. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

SIAT-AC (Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana). (2018). *Información de referencia: datos básicos de la Amazonia Colombiana*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones Científicas Sinchi. recuperado en <http://siatac.co/web/guest/region/referencia>

SINCHI (Instituto Amazónico De Investigaciones Científicas), (2001). *Diagnóstico de los sistemas productivos de la zona de colonización departamento del Caquetá y su impacto ambiental*. Sede SINCHI. Florencia, Colombia

SINCHI (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI). (2015). *Línea base para el monitoreo de la sostenibilidad de los sistemas productivos agropecuarios en el departamento de Caquetá*. Bogotá, Colombia: (1 Eds.).



- Solow, R. (1997). The Nature of Consumer Price Indices. *FAS Journal of the Federation of American Scientists* 50(2).
- Somarriba, E.; Cerda, R.; Orozco, L.; Cifuentes, M.; Dávila, H.; Espina, T.; Mavisoy, H.; Ávila, G.; Alvarado, E.; Poveda, V.; Astorga, C.; Say, E.; & Deheuvelds, O. (2013). Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central América. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 173. Pp. 43-57.
- Tietenberg, T. & Lewis, L. (2010). *Environmental Economics and Policy*. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall, Chapter Five, Sixth edition.
- Toledo, D., Briceño, T & Ospina, G. (2018). Ecosystem service valuation framework applied to a legal case in the Anchicaya region of Colombia. *Ecosystem services* 29. Pp. 352-359.
- Torrijos, R. Y Eslava, F (2018). *Cifras del Contexto ganadero del Caquetá 2017*. Ed. Comité departamental de ganaderos del Caquetá, Florencia, Caquetá, Colombia 30 p.
- Unesco (2003). *Declaración de La Habana, aporte de la Oficina Regional de la UNESCO para América Latina y el Caribe a pedagogía*. Ciudad de La Habana. Pp. 12 –24.
- United Nations (1987) Our common future. Report of the World Commission on Environment and Development. Report of the World Commission on Environment and Development.
- United Nations (1993). Report of the United Nations conference on environment and development. Rio de Janeiro 1992. Vol III. Statements made by head of state or Government at the Summit Segment of the conference. New York.
- United Nations (2014). *Regional Perspectives On Sustainable Development Advancing Integration of its Three Dimensions through Regional Action*. Bangkok.
- United Nations (2014). *Regional Perspectives On Sustainable Development Advancing Integration of its Three Dimensions through Regional Action*. Bangkok.
- Unidad de Planeación Rural Agropecuaria (2016). *Análisis de la distribución de la propiedad rural en Colombia. Propuesta metodológica*. MinAgricultura, Gobierno de Colombia. Bogotá D.C.

- UPRA - Unidad de Planeación Rural Agropecuaria (2018). *Departamento del Caquetá, Rendicuentas UPRA*. MinAgricultura, Gobierno de Colombia. Recuperado el 08/06/2018 en: <https://sites.google.com/a/upra.gov.co/presentaciones-upra/departamental/caqueta>
- Uribe, E.; Mendieta, J.; Rueda, H. & Carriazo, F. (2003). *Introducción a la valoración ambiental y estudios de caso*. CEDE – COLCIENCIAS. Bogotá, Colombia. Ediciones Uniandes.
- Urteaga, E. (2008). El debate internacional sobre el desarrollo sostenible. *Investigación Geográfica*. 46. Pp. 127-137.
- Valderrama, J., Espíndola, C. y Quezada R. 2011. Huella de Carbono: un concepto que no puede estar ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias. *Formación Universitaria* 4(3): 3-12.
- Wackernagel, R., & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*. Gabriola Island, BC: New Society



CAPITULO 2

Dimensión ambiental de la sostenibilidad
y los sistemas agropecuarios

Capítulo II

2. Dimensión ambiental de la sostenibilidad y los sistemas agropecuarios.

Los sistemas agropecuarios comprenden unidades sociales que buscan usufructuar el suelo y las actividades de manejo pecuario. Al tratar directamente recursos de la naturaleza, se han denominado actividades del sector primario. La ganadería y en general las actividades agropecuarias han traído como consecuencia la ampliación de la frontera agropecuaria dejando a su paso deforestación (IDEAM, 2018), pérdida de biodiversidad, desplazamiento de especies selva adentro, vulnerabilidad en suelos, contaminación de cuerpos de agua y cambios en la dinámica de la regulación hídrica y microclimática, y en las últimas décadas luego del sector industrial, se le ha responsabilizado de la emisión del 26% de los gases de efecto invernadero en el país (Yáñez *et al.*, 2020).

Este apartado presenta el reconocimiento de los recursos naturales y ambientales inmersos en el campo, seguido de una descripción de los problemas, causas, efectos e impactos generados por los sistemas productivos rurales. Posteriormente presenta las principales estrategias que se han desarrollado para prevenir, mitigar y compensar los daños ambientales y al igual que la norma y política ambientales que buscan incorporar un desarrollo rural sostenible para Colombia y la región amazónica en particular.

2.1. Los recursos naturales y ambientales en el campo.

Son parte del patrimonio natural; en este sentido, se considera que tienen un valor intrínseco por su contribución y permanencia de los actuales ecosistemas. Adicionalmente son concebidos como parte de la riqueza del entorno natural, como un factor de producción que puede propiciar el desarrollo económico. Acorde con lo planteado, se destaca que es imperante la cooperación internacional dada la urgencia de su conservación y renovación. En la Figura 7, se enlistan cada uno de los recursos naturales que serán expuestos en el presente apartado, con la finalidad de dar a conocer su importancia y aspectos característicos.



Figura 7. Recursos naturales y ambientales.



Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Recurso hídrico.

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, en distintos estados, y que se encuentran disponibles en cantidad, calidad, lugar y tiempo, para satisfacer necesidades sociales y ecológicas, indispensables para la existencia de la vida. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas) y presentan diferencias significativas frente a su disponibilidad, calidad y cambios en el nivel de precipitación anual en las diferentes estaciones y regiones del mundo.

La Hidrosfera es la capa de la Tierra que contiene el agua en sus diferentes estados físicos (líquido, sólido y gaseoso), el 97% está constituida por océanos y mares; el 2,53% restante comprende el agua dulce, la cual a su vez se subdivide en: 75% se encuentra inmovilizada en los casquetes polares y glaciares, 13,6% en los acuíferos subterráneos, el 11% en los acuíferos superficiales, el 0,3% se encuentra en los lagos, el 0,06% se localiza en la humedad del suelo y el 0,03% se encuentra en el escurrimiento superficial (UNESCO, 2020).

Los recursos hídricos son imprescindibles para la vida y la satisfacción de necesidades básicas, dentro de sus beneficios se encuentran la conservación del balance físico-químico del planeta, facilitar el riego, fertilizar las tierras para la agricultura y la ganadería, aportar al desarrollo de diferentes industrias, proveer el consumo en las ciudades, regular el clima y coadyuvar en el mantenimiento de los ecosistemas y la diversidad biológica. El agua es una necesidad humana básica, necesaria para beber y para apoyar el saneamiento y la higiene, es fundamental para la vida y la salud. Por esto, uno de los derechos humanos básicos es el acceso al agua y al saneamiento, como condición para mejorar las oportunidades educativas y la productividad de la fuerza laboral.

De acuerdo con el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, la demanda de agua en el mundo aumenta a un ritmo del 1% anual aproximadamente, como consecuencia del crecimiento de la población, el desarrollo económico, los cambios en los patrones de consumo, el mejoramiento del nivel de vida entre otros factores y seguirá creciendo de manera significativa en las próximas décadas, principalmente en países con economías en desarrollo. En este orden de ideas, el sector agrícola seguirá siendo el principal consumidor de agua en el mundo, representa el 69% de las extracciones de agua a nivel mundial, utilizada principalmente para riego, ganadería y acuicultura (UNESCO, 2020).

i. El ciclo hidrológico. La circulación y conservación de agua en el planeta se llama ciclo hidrológico, o ciclo del agua, es una sucesión de procesos y movimientos que sufre el agua. El ciclo comienza con la *evaporación* del agua desde la superficie, el calor del sol aporta energía para romper las moléculas de agua y ésta cambia de estado líquido a gaseoso; a medida que se eleva, el aire humedecido se enfría y el vapor de agua se transforma en agua líquida, formando nubes: se denomina *condensación*, estas nubes en determinadas condiciones de presión y temperatura originan precipitaciones. La *precipitación* también puede ocurrir en forma de nieve y acumularse en los glaciares si en la atmósfera hace mucho frío, si es cálida, cae en forma de gotas de lluvia; lo que origina el agua superficial y subterránea (De Miguel, et.al., 2009).

Una parte del agua superficial se aprovecha por los seres vivos y otra llega hasta los ríos, lagos y océanos, fenómeno denominado *escorrentía*; otra parte del agua se infiltra a través del suelo formando acuíferos o capas de agua subterráneas, proceso denominado *infiltración*. Estas capas pueden brotar a la superficie en forma de arroyos, fuentes, o aportando al caudal de los ríos; el resto del agua se evapora y regresa nuevamente a la atmósfera para dar inicio al proceso de evaporación en el ciclo hidrológico (Maderey, 2005).



El medio ambiente es fundamental para el ciclo del agua, es la fuente principal de este recurso, por esto, los cambios generados en el medio ambiente influyen directamente en la calidad, cantidad, ubicación, estacionalidad y disponibilidad del agua para el consumo humano. En consecuencia, toda el agua que la sociedad extrae y utiliza para satisfacer sus necesidades regresa al medio ambiente con las impurezas o factores contaminantes que se le hayan añadido, como un aspecto relevante del ciclo hidrológico frente al transporte de múltiples sustancias en sus diferentes fases (WWAP/ONU-Agua, 2018).

Las precipitaciones (lluvias) constituyen la principal fuente de agua para todos los usos humanos y ecosistemas, estas lluvias son recogidas por las plantas y el suelo, se evapora en la atmósfera mediante la evapotranspiración y corre hasta el mar a través de los ríos o hasta los lagos y humedales; el agua de la evapotranspiración mantiene los bosques, las tierras de pastoreo y de cultivo no irrigadas, así como los ecosistemas. El ser humano es un agente activo del ciclo, extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles (UNESCO, 2020).

ii. Ecosistemas relacionados con el agua. Los lagos, ríos, manantiales y humedales son ecosistemas relacionados con el agua que constituyen entornos con una amplia diversidad biológica que proporcionan múltiples beneficios y servicios a la sociedad, tienen un valor económico, sociocultural, educativo y recreativo. Estos ecosistemas representan sólo el 0.01% del agua del planeta, sin embargo, proporcionan un hábitat para casi el 10% de especies en el mundo y contribuyen en el mantenimiento del ciclo hídrico y de carbono, reabastecen los acuíferos, suministran agua dulce y la purifican proporcionando agua para el consumo humano, la agricultura, el turismo, la navegación, la generación de energía y empleos en torno a estas actividades (WWAP/ONU-Agua, 2018).

El agua sostiene tanto los ecosistemas terrestres: bosques y pastizales, como los de agua dulce (ríos, lagos y humedales), que proveen el agua apta para el consumo humano, favorecen la producción de alimentos, aportan valores culturales, regulan las condiciones extremas y benefician las actividades económicas en una sociedad. Igualmente, proporcionan agua para la fauna y la flora existente, quienes a su vez generan servicios para la humanidad: biodiversidad, alimentación, e infraestructura verde, entre otros (ONU Medio Ambiente/ONU-Agua, 2018).

Los ecosistemas se clasifican y se miden por el beneficio (bienes y servicios) que proporcionan a las personas o las contribuciones de la naturaleza a las personas (IPBES, 2019a, pág. 51). Los servicios ecosistémicos relacionados con el agua son aquellos que desempeñan un papel particular en el ciclo hidrológico como: la regulación de inundaciones,



protección contra tormentas, control de erosión y sedimentos, suministro y purificación del agua o absorción de contaminación, regulación climática y lluvias, restauración ecológica para reducir y mitigar las inundaciones y estabilizar las laderas, regulación del agua dulce en cuanto a su calidad, cantidad, ubicación y tiempos, bio-retención, protección de arrecifes, humedales y manglares, purificación de aguas residuales, captura de agua lluvia, conservación y protección de fuentes de agua.

Muchos de estos ecosistemas, en particular los bosques y los humedales, están en riesgo, y con ellos sus servicios ecosistémicos relacionados con el agua, como resultado de las actividades humanas que ejercen una alta presión sobre los ecosistemas (UNESCO, 2020).

2.1.2. Suelo

El suelo es un recurso finito y no renovable, es la capa más superficial de la corteza terrestre y parte fundamental de los ecosistemas existentes en el planeta por su contenido de nutrientes y agua utilizados por los seres vivos como sustento vital pero también es un recurso explotado en los procesos de desarrollo social y económico. El suelo es una superficie variada y multiforme como resultado de factores físicos, naturales y ambientales, los cuales regulan los sistemas biogeoquímicos y ecológicos responsables de la estabilidad y oferta biológica puesto que alberga ecosistemas de pequeños animales y microorganismos que influyen en su fertilidad y productividad de nutrientes (Rucks et al.,2004).

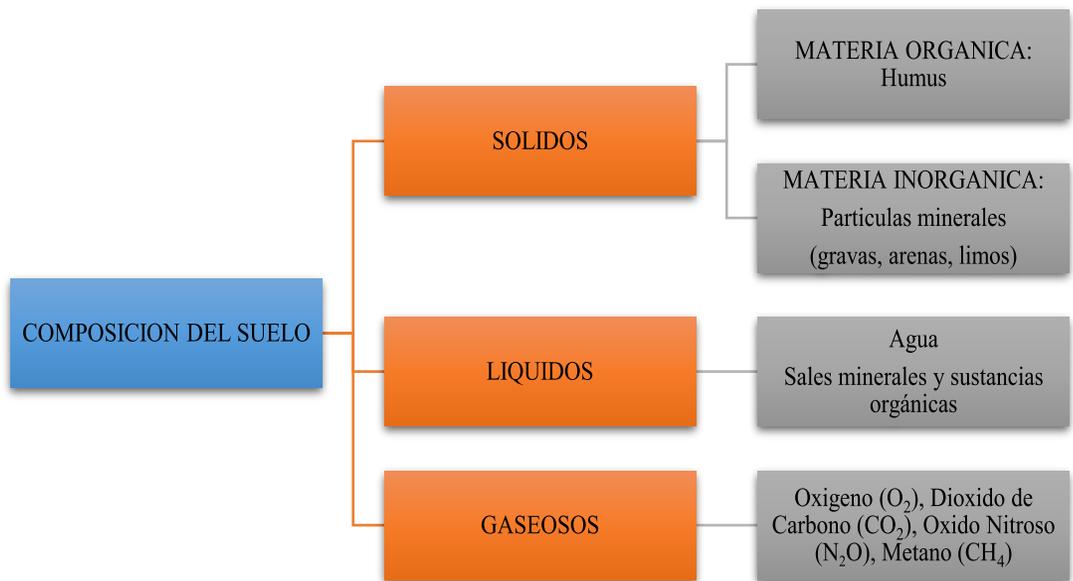
De acuerdo con Echarri (1998) el suelo se forma como resultado de la intervención del clima, las rocas superficiales y los seres vivos, en un proceso en el que la roca es meteorizada por la lluvia, el frío/calor, las oxidaciones que van fragmentando la roca y se mezclan con residuos orgánicos que se van estratificando con el tiempo y se transforman en el suelo. El suelo está compuesto por ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos; es un cuerpo poroso que integra partículas orgánicas denominadas *humus*, las cuales se forman por residuos vegetales y animales en grados diferentes de descomposición, materia inorgánica como partículas de minerales que de acuerdo con su tamaño reciben los nombres de: gravas, las más grandes, arenas y limos las intermedias y arcillas las más pequeñas.

Igualmente, los elementos líquidos que componen el suelo se encuentra la presencia del agua que en la mayoría de los casos contienen sales y sustancias orgánicas transportadas en las diferentes capas permeables del suelo y finalmente los elementos gaseosos presentes en el suelo se destaca la presencia de diferentes gases atmosféricos como el oxígeno, el dióxido de



carbono, el óxido nítrico y en algunos casos hidrocarburos gaseosos como el metano. La interacción de todos los componentes descritos le dan las características de textura, consistencia, porosidad y drenaje del suelo (Rojas, 2009) (Figura 8).

Figura 8. Componentes del Suelo.



Fuente: elaboración propia

El suelo es un complejo sistema vivo que origina una diversidad de recursos importantes como los alimentos, madera, energía, nutrientes, etc. y desempeña funciones primordiales para la vida como: funciones medioambientales (ambiente biótico, regulación hidrológica, almacenamiento de nutrientes, hábitat, reserva genética), funciones sociales (espacio vital, paisaje, patrimonio cultural) y funciones económicas (materias primas, producción en el sistema empresarial). La capacidad de almacenaje, filtración, amortiguación y transformación del agua convierte al suelo en factor principal para la protección del agua y el intercambio de gases con la atmósfera (Silva y Correa, 2009).

Figura 9. Servicios ambientales que presta el suelo.



Fuente: Silva y Correa (2009).

Las condiciones de la superficie vegetal del suelo y su estructura controlan la escorrentía e infiltración de agua superficial, apoyan el ciclo de nutrientes y tiene gran influencia en la calidad del agua, particularmente en los sistemas agrícolas (FAO, 2011), por ser el primer receptor de precipitación y energía que cae sobre la tierra. La Figura 9 describe los servicios ambientales que presta el suelo, dentro de los que destaca su capacidad para controlar la cantidad y calidad del agua terrestre (FAO, FIDA, UNICEF, PMS, WPF & OMS (2018).

Es importante mencionar que el proceso de formación del suelo tarda miles de años, pero se degrada fácilmente a causa de factores antrópicos como las prácticas agrícolas inadecuadas como la sobreexplotación, la deforestación de las cuencas hidrográficas, el sobrepastoreo y el uso inapropiado de las prácticas de riego principalmente, todos estos factores causan erosión y salinización principalmente. En definitiva, las consecuencias de la actividad humana desordenada pueden alterar el desempeño de las funciones hidrodinámicas y ecológicas de los suelos y las tierras y de sus manifestaciones en los procesos físicos y biológicos.

2.1.3. Aire

La atmósfera es la primera capa gaseosa que envuelve a nuestro planeta, tiene un espesor aproximado de 10.000Km y una composición constante. En ella se producen todos los fenómenos climáticos y meteorológicos que afectan al planeta, regula la entrada y salida de energía terrestre, su temperatura, y es el principal medio de transferencia del calor. La atmósfera está constituida por una mezcla de gases entre los que se encuentran el Nitrógeno (N₂), que forma el 78% del total; el Oxígeno (O₂) forma el 21%, el Dióxido de Carbono (CO₂), además de otros gases en cantidades minúsculas, tales como el Argón, Helio, Neón y Ozono.

En las capas bajas de la atmósfera se encuentran el vapor de agua e impurezas en forma de polvo. Es aquí donde ocurre el tiempo atmosférico, al interior de la parte más baja y densa de la atmósfera como resultado de la interacción entre la temperatura, la presión y las diferencias de humedad dentro del aire. El sol actúa como fuente energética para evaporar agua y calentar la superficie de la tierra. El aire está formado por partículas diferenciadas que tienen masa y temperatura singular e inestable por los cambios producidos entre el día y la noche, ya que el sol calienta las masas de aire al irradiar energía hacia la tierra y ésta la devuelve en forma de radiación infrarroja que calienta el aire. Es por ello que en la noche el aire se enfría hasta un punto mínimo antes del amanecer (OMS, 2006).

Además, en este proceso se genera el viento como resultado de la circulación del aire y los movimientos de aire a diferentes presiones, las corrientes calientes hacen que el aire ascienda y las corrientes frías producen el efecto contrario. Como lo señala Soto (2019), este fenómeno ocurre en los hemisferios de manera diferenciada, donde se presentan altas presiones en verano y muy bajas presiones en invierno con la presencia de lluvias, por ello el clima es el patrón del tiempo atmosférico presente en las diferentes zonas del planeta e influido por las estaciones, la altitud, la latitud y la distribución de la superficie terrestre, en las que generalmente las masas continentales tienen una amplitud térmica mayor y las masas de agua suavizan las temperaturas.

La Organización Mundial para la Salud ha liderado globalmente las políticas orientadas hacia la detección de la contaminación del aire y las medidas tendientes a mejorar la calidad del aire, la cual se transforma de manera constante debido a la presión ejercida por el crecimiento de la población mundial, que en consecuencia incrementa la demanda de combustibles fósiles y no fósiles para los medios de transporte y la industria (Cárdenas, 2017).



2.1.4. Flora y Fauna

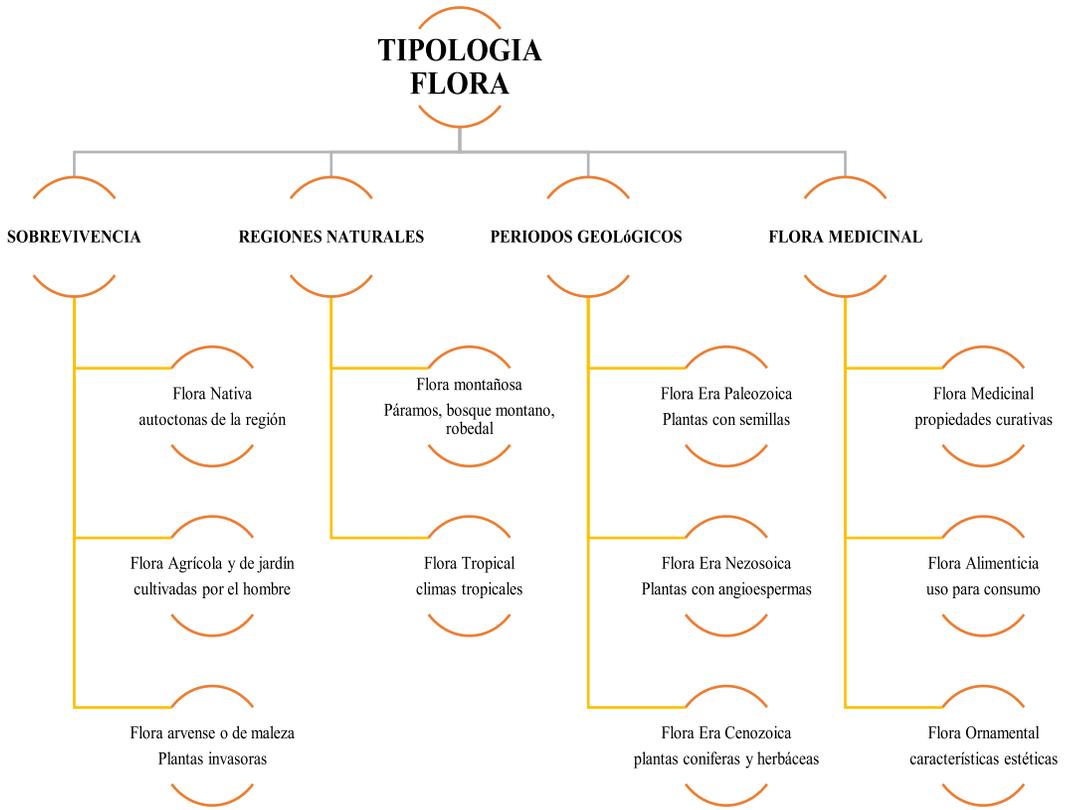
La flora y la fauna son términos utilizados para referirse al tipo de vida específico de una región o un país. Incluye las especies y géneros de plantas y animales que se encuentran en un hábitat definido en una zona geográfica, sus conexiones y las relaciones con el resto del entorno. De manera específica, la flora es el término que hace referencia a las flores, plantas, arbustos, árboles, hongos o bacterias (vida vegetal) de una región concreta en un periodo temporal específico y la Fauna es el conjunto de animales (vida animal) que habitan en una región concreta en un periodo temporal concreto, adaptados a las condiciones particulares de un entorno, una región o zona geográfica.

Se puede decir entonces, que la Flora incluye a los organismos productores y la Fauna involucra a los consumidores en niveles diferentes de la cadena trófica: herbívoros, depredadores y descomponedores. Los estudios de la flora y fauna, contribuyen en la profundización de los conocimientos sobre la biodiversidad y los ecosistemas en hábitat específicos como el submarino, bosque húmedo tropical, desierto, etc., como una estrategia para mejorar su conservación y protección, teniendo en cuenta que los estudios permiten realizar análisis desde múltiples perspectivas en las regiones estudiadas, al considerar que la vida vegetal, animal y humana, modifican el entorno de forma física y química junto a otros fenómenos naturales presentes en el planeta.

La clasificación de la Flora se realiza por la forma en que sobrevive, las regiones, los factores climáticos y el ambiente requeridos para su crecimiento y desarrollo, así mismo el uso y el periodo geológico que representan (Figura 10).



Figura 10. Tipología de la Flora.



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Valencia (2018), Colombia ocupa el segundo lugar en el mundo en número de especies de animales y plantas, y cuenta con el 10% de diversidad mundial de especies, convirtiéndose en el primer país en el mundo con mayor biodiversidad por metro cuadrado, lo cual justifica la búsqueda de estrategias para el mejor aprovechamiento de las actividades económicas relacionadas con flora y fauna silvestre, incluida la exportación con fines lucrativos.

2.1.5. Servicios ecosistémicos

Se definen como las funciones del ecosistema que permiten satisfacer una variedad de necesidades humanas de modo directo e indirecto y son considerados indispensables para el desarrollo económico y el bienestar social de la población en general (Erazo-Chávez, 2020).



Igualmente, se consideran mecanismos naturales que garantizan la disponibilidad de materias primas, energía y el ciclaje para la nueva disposición de estos recursos para satisfacer necesidades humanas; pueden clasificarse en servicios de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación y servicios culturales (González, 2012, p. 112) (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de servicios ecosistémicos.

Categorías	Servicios Ecosistemas
Servicios de aprovisionamiento	Alimentación humana
	Alimentación animal
	Plantas medicinales
	Leña
	Polinización
	Madera para construcción
Servicios de Regulación	Regulación del microclima
	Conservación de agua por los bosques
	Regulación del ciclo hidrológico
	Prevención de deslizamientos
	Incremento de filtración
	Control biológico de plagas
Servicios culturales	Prevención de inundaciones
	Recreación
	Prácticas ancestrales
	Descanso y relajación
Servicios de soporte	Paisaje
	Ciclo de nutrientes en el suelo
	Residuos orgánicos que mejoran el suelo
	Vegetación que ayuda a mantener los niveles de agua

Fuente: Clasificación de los servicios ecosistémicos (MEA, 2005)

A su vez, Pardo-Rozo, Velásquez-Restrepo y Andrade-Adaime (2016) afirma que los servicios ecosistémicos se pueden definir como los aspectos de los ecosistemas utilizados de forma activa o pasiva para generar bienestar humano (MEA, 2005). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA), ofrece un sistema de clasificación de los servicios ecosistémicos basado en cuatro líneas funcionales dentro del marco conceptual de MA que incluyen servicios de soporte, regulación, aprovisionamiento y culturales (Tabla 3).



Pardo, Velásquez y Andrade (2016) señalan que los mercados que pueden establecerse para los servicios ecosistémicos son: la captura de carbono o reducción de emisiones evitadas; los servicios hidrológicos, como producción de agua, la conservación de fuentes hídricas, y los mercados ambientales de biodiversidad. Además, ante la problemática de cambio climático, el servicio ecosistémico de mayor interés es la captura de carbono, campo en el que se han generado oportunidades y respaldo mundial mediante los mecanismos de desarrollo limpio.

2.2. Principales problemas derivados de las actividades rurales: ganadería y agricultura

Con un área superior a los $7 \times 10^6 \text{ km}^2$, la cuenca amazónica cuenta con la mayor biodiversidad mundial, es autorreguladora de su oferta hídrica y descarga al Océano Atlántico cerca de $175 \times 10^6 \text{ l s}^{-1}$ de agua. Sin embargo, la Amazonia está siendo devastada por el cambio en el uso del suelo en los paisajes de piedemonte para la introducción de actividades agropecuarias que amplían la frontera agrícola (Bara, Sánchez & Wilmsmeier, 2006). Este fenómeno es conocido como el “*anillo de poblamiento amazónico*” definido como el avance progresivo de estructuras rurales y urbanas consolidadas desde la periferia de la cuenca amazónica hacia la profundidad de la selva, donde el principal uso de los suelos de bosque en la llanura amazónica es la conversión hacia pasturas para ganadería, agricultura y explotación forestal (Arcila et al., 2002).

El modelo agropecuario tradicional sigue la secuencia de tala, quema y potrerización, sin manejo adecuado de fertilizantes ni de los desperdicios generados en las actividades extractivas, procesos de distribución y comercialización (Ramírez et al., 2004; Muñoz, 2007; Álvarez et al., 2013). Entre los problemas ambientales que deja esta práctica convencional, se encuentran: pérdida de bosques, pérdida del potencial de productos no maderables inmersos, pérdida de biodiversidad por la deforestación y quema, pérdida de suelos (por compactación, erosión y lixiviación), contaminación de recursos hídricos y edáficos asociados al inadecuado uso de fertilizantes (nitrificación de suelos), contaminación atmosférica proveniente de la fermentación entérica del ganado asociada a la producción y emisión de gases de efecto invernadero (Metano CH_4 , Dióxido de Carbono CO_2 y óxido nítrico N_2O , que contribuyen al cambio climático) (Peters et al., 2013), reducción del hábitat de especies endémicas y su desplazamiento de especies selva adentro, entre otros (Martínez, 2002; Ramírez et al., 2004; Álvarez et al., 2013).



Es así como el mercado de tierras rurales en América Latina y la Amazonia colombiana, en general, presenta deficiencias relacionadas con la presencia de externalidades por daños ambientales y fenómenos sociales como la pobreza, concentración de la tierra y baja productividad, de forma que se opera de un modo imperfecto por problemas de derechos de propiedad poco definidos, elevado costo de las transacciones, políticas macroeconómicas adoptadas de otros contextos diferentes, sumado a la debilidad de las instituciones relacionadas con este mercado (Vogelgesang, 1998; CEPAL, 2003; Tejo, 2003). Con ello, la selva amazónica se ha convertido en zona geográfica de recepción de problemáticas sociales, políticas, económicas y culturales que cobran un alto precio: el uso y manejo no sostenible de los recursos amazónicos (Arcila 2011).

Pese a los procesos de Paz y escenarios en el post acuerdo entre grupos al margen de la ley y el gobierno, en Colombia y en la zona del departamento de Caquetá, continúan los problemas socioeconómicos relacionados con la pobreza, consecuencias del desplazamiento de la población campesina, bajos niveles de gobernanza y los fenómenos de corrupción política. Estas situaciones han permitido que el modelo agropecuario tradicional de subsistencia logre arraigarse fuertemente, a pesar de ser contraproducente a las condiciones edáficas y ambientales de la región amazónica. Por modelo tradicional ganadero en la Amazonia se entiende aquel de tipo extractivista (tumba, roza y quema y extensivo en tierras, que causa fragmentación del paisaje, lo que genera agotamiento de recursos naturales (agua, suelo y aire), de gran impacto ecológico por los procesos de erosión y compactación de suelos y degradación de pasturas, conllevando a una disminución en la oferta de forraje, baja capacidad para alimentar a los bovinos en temporadas de sequía, y en virtud de esto baja productividad ganadera y altos costos operativos (Trujillo et al., 2012).

En el piedemonte amazónico esto se evidencia a través de los parámetros técnicos de la región. La producción promedio de leche se encuentra en $4,3 \text{ litros vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Torrijos & Eslava 2018) con una la capacidad de carga de $0,5 \text{ animal ha}^{-1}$ (Álvarez et al., 2013), frente a los $12 \text{ litros vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y $0,7 \text{ animal ha}^{-1}$ de la media nacional que reporta la lechería especializada (FEDEGAN – FNG, 2019). A esto se le suman los elevados costos de producción que deja un margen mínimo al productor directo (Alcaldía de Florencia, 2016).

Otros agravantes del modelo agropecuario tradicional, es que cambia la arquitectura de la vegetación natural, se afecta la composición, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, lo cual conlleva no sólo a que desaparezcan los mecanismos de conservación y de fertilidad natural de los suelos, sino a que se aceleren los procesos de degradación en forma generalizada (Álvarez et al., 2013). También esto es observable en algunos indicadores



biofísicos que reflejan la alta fragilidad del ecosistema amazónico (Escobar, Zuluaga & Rivera 1998), como en el caso de la pérdida de biodiversidad, uno de los indicadores de sostenibilidad medida por el desplazamiento de especies en la pérdida de coberturas boscosas en la Amazonia.

Según MADS-PNUMA (2014), las aves y los primates pequeños ha sido de los grupos más afectados. Otro ejemplo es el 53 % de las fincas ubicadas en la zona de colonización que se encuentran en suelos con riesgo de erosión severa, de acuerdo con la información del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC (1998), hecho que evidencia la fragilidad edáfica del paisaje amazónico (Martínez' 2002).

En materia económica, la baja productividad y rentabilidad de los sistemas productivos, el orden público y los niveles de pobreza aunado a las externalidades por daños ambientales en el piedemonte amazónico colombiano hace, que los precios de las fincas estén sujetos al mercado de tierras convencional. En esta situación se desconoce el valor de las potencialidades en términos de la dotación de los bienes y servicios ambientales, que proveen los ecosistemas inmersos en los predios productivos de la zona. Esto ocurre porque la escasa o ineficiente planeación de la gestión ambiental no ha vislumbrado mecanismos e instrumentos económicos para materializar las actividades de preservación a través de mecanismos de regulación como los incentivos económicos de compensación por servicios ecosistémicos, los incentivos forestales y otros incentivos tributarios (González & Riascos 2007, González 2012).

Los procesos de planificación del sector agropecuario regional aún no han logrado consolidar sistemas productivos que cumplan con propósitos simultáneos de crecimiento económico, conservación de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, tal cual son las condiciones para la sostenibilidad (García et al., 2002). Para detener los modelos agropecuarios de alto impacto ambiental y baja productividad, ante el avance del fenómeno de origen antrópico, es necesario concentrar los esfuerzos hacia la consolidación de modelos productivos sostenibles desde las zonas intervenidas hasta la frontera agrícola.

De esta forma, la eficacia de los modelos será perceptible en los aumentos representativos de la productividad, rentabilidad y permanencia del capital o stock de recursos naturales y ambientales. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, aún con los resultados actuales no se cumplen las metas de conservación y uso sostenible de recursos naturales para la Amazonia



(Ibrahim et al., 2010), relacionadas con el conflicto en el uso del suelo, la disminución de la deforestación y la adopción de sistemas sostenibles de producción rurales en la Amazonia colombiana. El siguiente árbol de los problemas, resume los impactos asociados a la ganadería tradicional (Figura 11).

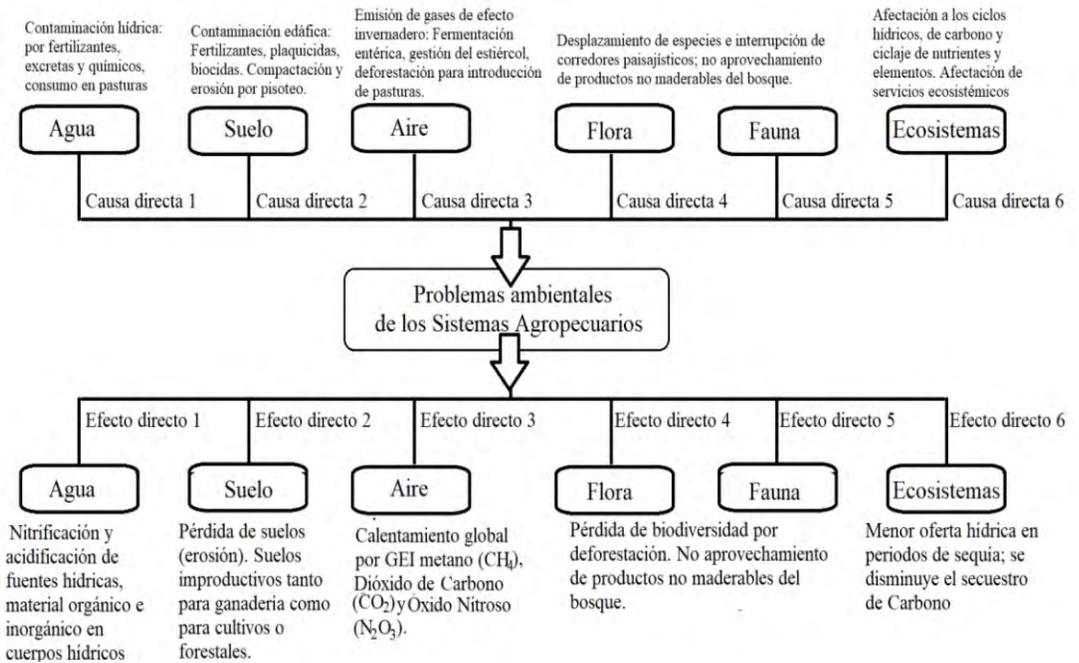


Figura 11. Árbol de Problemas Ambientales en las Actividades Agropecuarias.

Fuente: Los autores

2.2.1. Deforestación

Se define cómo la eliminación de cobertura de árboles para desarrollar actividades relacionadas con la minería, la agricultura e infraestructura para expansión de ciudades, la creación de represas y otras actividades que afectan el entorno natural. La deforestación o tala de árboles cuando se realiza en la parte alta de la montaña y se presentan las fuertes lluvias, generan deslizamientos con caídas de agua, tierra y otros residuos que afectan los afluentes hídricos con consecuencias negativas como avalanchas y desastres naturales.

La deforestación es considerada una de las problemáticas que aceleran el cambio climático, está relacionada de manera estrecha con los fenómenos socioeconómicos políticos y geográficos y obedece a múltiples acciones orientadas por intereses particulares con afectaciones a toda la comunidad. En este sentido, entre los actores con responsabilidad ante esta problemática se encuentra la sociedad civil, las empresas públicas y privadas, los entes gubernamentales encargados de formular y aplicar políticas públicas con instrumentos para mitigar este problema ambiental. De acuerdo con el informe de Funded by UK Government (2020), entre las causas actuales de la deforestación se destacan los siguientes aspectos;

-Concentración e informalidad en el mercado de tierras. Existe una estructura inequitativa respecto a la tenencia de la tierra, promovida por procesos de colonización de la frontera agrícola.

-Uso informal de la tierra. Las actividades que se destacan en este aspecto son las relacionadas con los cultivos ilícitos, la minería ilegal, las invasiones para construcción informal y la ganadería extensiva.

-Dificultades en el uso sostenible de bosques. Esto es consecuencia de que los bosques son percibidos en la comunidad como recursos de valor que no generan ingresos económicos, en comparación con la zona de producción agrícola.

-Debilidad de contradicción en las políticas institucionales. Históricamente se han planteado innumerables políticas y normativas que adolecen de mecanismos pertinentes e influyen en el detrimento de los bosques y los procesos de colonización.

Acorde con lo expuesto, entre las causas recurrentes de la deforestación, se identifican factores humanos y naturales cómo son: el pastoreo intensivo, los incendios forestales, la siembra de monocultivos, la poca rotación de cultivos, la comercialización de madera y de algunas especies que están en vía de extinción, la creación de represas, la explotación de minas, la construcción de poblados, carreteras y la tala de árboles que no son reemplazados.

Por otra parte, se considera que la erosión afecta las diferentes capas de la tierra, igualmente sucede con el proceso de acumulación de agua subterránea como resultado de la reducción en la cantidad de árboles y cobertura vegetal. Este desgaste de los suelos puede ocasionar derrumbes, avalanchas y desertificación principalmente. Una de las consecuencias de esta problemática es el incremento en el déficit de la seguridad alimentaria, una limitada producción y oferta de alimentos.



Una de las soluciones para este grave problema ambiental acentuado en algunas regiones del país como el departamento del Caquetá, consiste en sembrar árboles para recuperar los bosques talados, es decir, reforestar con árboles y vegetación original de cada territorio. Al respecto García (2016) propone las siguientes alternativas:

-Planificar y contar con una tala balanceada. Implica reemplazar los árboles más viejos y talados con árboles jóvenes que permitan la continuidad de bosques y selvas.

-Procesos de Educación Ambiental. Conllevan procesos de sensibilización para incentivar el cambio de actitudes orientadas hacia el fomento de valores y prácticas cimentadas en la responsabilidad socioambiental para el aseguramiento de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras.

-Fomentar capacitación técnica sobre el manejo de reforestación. Promover el desarrollo de capacitaciones que provean de conocimientos y herramientas hacia la recuperación de suelos, ecosistemas, bosques y cadenas de biodiversidad de acuerdo con la zona geográfica y el grado de afectación de los ecosistemas.

En el ámbito nacional, la deforestación tiene impactos muy negativos porque Colombia es un país muy vulnerable a los eventos climáticos, sedimentación de cuencas hidrográficas y ríos. Por esto, se presentan afectaciones de manera recurrente con diversas actividades como la tala ilegal, minería, cultivos ilícitos, crecimiento poblacional, incremento de infraestructura, ampliación de la frontera agropecuaria y ganadería extensiva entre otros (CONPES, 2020).

Así mismo, Calderón y Benavides (2022) argumentan que la sensibilidad al interior de los bosques, la tala selectiva y los incendios forestales, afectan los ecosistemas, la biodiversidad, la composición de especies, la estructura de los bosques y retención de nutrientes; razón por la cual de no mitigar la fragmentación y deterioro de los bosques se puede incrementar la defaunación en la región Amazónica.

2.2.2. Emisión de gases de efecto invernadero

Los gases de invernadero son componentes gaseosos de la atmósfera, pueden ser generados de forma natural y antropogénica; estos gases emiten radiación infrarroja en la superficie terrestre. De acuerdo con Benavides y León (2017), son los siguientes: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃). Estas emisiones



son importantes en el sector agrario por qué tienen impacto en el cambio climático, la agricultura y en las medidas de adaptación.

En este sentido se considera qué las emisiones de efecto invernadero para el 2030 pueden afectar el calentamiento global. Entre las emisiones con mayor incidencia se encuentran las de los fósiles de dióxido de carbono (CO₂) y las de transporte tanto aéreo como marítimo (ONU, 2020). Acorde con lo planteado se consigue que las emisiones de metano fermentación entérica generadas por la mala gestión del estiércol del ganado también son una problemática que afecta los cultivos y la calidad del suelo. El aumento de las emisiones derivadas de las acciones humanas son el principal responsable del cambio climático entre otros problemas ambientales (IDEAM, MADS & DNP, 2016).

Entre las alternativas se considera importante incidir en los factores de ganadería y agricultura intensiva, laboreo de conservación, utilización de fertilizantes orgánicos, disminución del uso de combustibles fósiles, reforestación de tierras agrarias y utilización agrícola del compost entre otros (Martínez, et al., 2005).

2.2.3. Contaminación hídrica

El agua, lo hídrico es indispensable para toda forma de vida en el planeta, para los seres humanos es considerado como uno de los derechos humanos básicos, siendo cada vez un bien de mayor demanda y por lo tanto presenta escasez y deterioro. En aspectos de contaminación hídrica se habla de la contaminación emergente (CE), lo cual hace referencia a los diferentes compuestos de distintos orígenes ya sea natural o químico, que se presenta de manera dañina en recursos naturales, generando impactos ecológicos o daños a la salud (Barceló y López, 2007; Stuart et al., 2012).

La CE comprenden una gama amplia de compuestos de tipo químico, así como productos farmacéuticos, de cuidado personal, agentes plastificantes, tensoactivos y aditivos industriales, que se presentan de manera cada vez más frecuente en el programa de tratamiento del agua (Murray, Thomas & Boduur, 2010; Herrero et al., 2012). En Colombia las principales fuentes de contaminación del agua comprenden la acumulación como descarga de aguas residuales de carácter:



- *Aguas residuales domésticas*: se caracteriza por poseer sustancias biodegradables y compuestos químicos domésticos, como el caso de detergentes, cloro y microorganismos patógenos.
- *Aguas residuales industriales*: presenta sales de metales pesados, como es el caso de cloro, el sulfato o nitrato de cromo, cadmio, plomo, mercurio, entre otros, al igual de compuestos orgánicos sintéticos, como los derivados halogenados del petróleo.
- *La contaminación difusa* de las aguas residuales de producción agrícola y ganadera: presenta residuos de fertilizantes, como es el caso de nitratos y fosfatos, plaguicidas y sales de potasio.
- *Aguas lluvias*: arrastra compuestos azufrados y nitrogenados que se presentan en la atmósfera, resultados de los procesos de combustión en la industria y en las termoeléctricas.
- *Transporte* terrestre, fluvial y marítimo de las sustancias peligrosas como el petróleo y sus derivados las cuales son derramadas de manera accidental o por malas prácticas sobre el agua.
- *Aguas residuales* por la extracción de elementos como el cianuro y mercurio.
- *Los dispuestos sólidos* en rellenos sanitarios o arrojados directamente sobre el agua.

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (ENA), la calidad del agua se mide de acuerdo con los siguientes aspectos:

“Seis variables y análisis complementario con otras variables como oxígeno disuelto (OD), nutrientes (nitrógeno total (NT), fosforo total (PT),) y metales pesados. La presión que se hace a las corrientes de agua se evalúa a partir del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL), cargas contaminantes de materia orgánica (Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), y Demanda Química de Oxígeno (DQO)), sólidos (Sólidos Suspendidos Totales (SST)) y nutrientes (Nitrógeno Total (NT) y Fosforo Total (PT)), vertimiento de mercurio al agua y al suelo, usos de sustancias químicas en las transformación de coca y uso potencial de agroquímicos en la agricultura. El resultado se analiza con las categorías de Buena, Aceptable, Regular, Mala o Muy mala calidad” (Reporte de Avance del estudio Nacional del Agua, MinAmbiente, 2018, p. 29).



El estado de la calidad del agua en Colombia está medido y soportado por las mediciones realizadas en la Red del IDEAM y la información de sectores económicos que recolecta datos acerca de la calidad del agua de manera sistemática. En relación con datos del Estudio Nacional del Agua (2018), para el año 2016 la carga doméstica generada en términos de materia orgánica (DBO) aumentó en 16% con relación al 2012, en donde los departamentos que más generaron carga doméstica en 2016 son: Bogotá D.C., Antioquía, Valle del Cauca y Atlántico. Del total de carga contaminante generada por la industria manufacturera el 90% corresponde a materia orgánica, representados por DBO y DQO, 8% en sólidos suspendidos totales SST y 2% en nutrientes, representado en NT y PT. Del total generado se trató de la carga de: DBO el 58%, DQO 59% y SST 67%, en comparación con cifras anteriores.

Adicionalmente, se plantea que, del total vertido estimado para los tres sectores, el sector doméstico aporta la mayor carga de materia orgánica con el 50%, representada por la Demanda Biológica de Oxígeno, el 84% de Sólidos Suspendidos Totales y de Nutrientes con 76% de Nitrógeno total y 91% de fósforo total. En cuanto a materia orgánica representada por la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el sector que más aporta es la industria manufacturera con el 57 % de carga vertida.

En aspectos del agua subterránea de acuerdo con el estudio realizado por el IDEAM (2018), para el 2015 se reportó un uso de estos acuíferos de 0,93% en actividad, agrícolas 66%, industriales 22%, pecuarias 1,17%, consumo humano 10% y otros 0,93%. Sin embargo, no hay datos exactos en donde se identifique los impactos contaminantes causados a esta fuente hídrica.

2.2.4. Contaminación de suelos

Hablar de contaminación del suelo hace referencia a la presencia de cualquier sustancia química o diferente a los componentes naturales del suelo con posible concentración más alta de lo normal, generando efectos adversos sobre los organismos (FAO, 2015). Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS (2016), la degradación del suelo hace referencia a la incapacidad de éstos para cumplir sus funciones o los diferentes servicios ecosistémicos que producen en estado normal, generando cambios de carácter negativo en las propiedades físico-química y biológica.

La mayoría de los contaminantes suelen ser antropogénicos, sin embargo, existen algunos contaminantes que ocurren de manera natural en el suelo, como lo son los componentes



minerales los cuales pueden ser tóxicos en concentraciones muy altas (Cachada, Rocha-Santos y Duarte, 2018). La carga de contaminantes presentes en el suelo está en constante incremento debido al desarrollo agroquímico e industrial de los últimos tiempos, al igual que la diversidad y la transformación a causa de las diferentes actividades biológicas de componentes orgánicos de diferentes metabolismos, logrando que cada vez sean más complejos los estudios para lograr identificar los contaminantes del suelo. Las propiedades del suelo dependen en gran medida de sus propiedades y características como su movilidad, biodisponibilidad y tiempo de exposición a contaminantes sobre la superficie de suelo (FAO, 2015).

También, aspectos como la industrialización, la agricultura, la minería, la guerra, la ilegalidad dejan un estado de contaminación del suelo que aumenta con el paso de la historia (Bundschn et al., 2012). Debido a la expansión urbana el suelo es empleado como vertedero de múltiples desechos sólidos y líquidos, pensando que luego de ser enterrados no representarían ningún problema de contaminación para la vida del ser humano y los recursos naturales (Swartjes et al., 2012).

De acuerdo con el Informe de Estado Mundial de los Recursos del Suelo (FAO, 2015), la presencia de algunos contaminantes genera desequilibrio en el ciclo de nutrientes y la acidificación del suelo, considerados como los dos aspectos de evaluación más importantes. Por otro lado, la contaminación del suelo se genera a partir de actividades planeadas como la introducción directa de contaminantes en el suelo y actividades no planeadas, generadas por procesos ambientales que producen contaminantes indirectos en el suelo a partir del agua o disposición atmosférica (Tarazona, 2014).

Es importante mencionar que el uso del suelo en Colombia es determinado a partir del mapa de cobertura de la tierra realizado por el IDEAM (2015), en donde se señala que el 60% del área de los suelos con vocación agrícola del país están afectados un 4,6% con erosión en grados severo. El 1,8% de la tierra del país se encuentra en uso agrícola en donde el 93% de estas tierras (1.929.733 ha) presenta algún tipo de erosión del suelo. El 0,3% de las tierras del país se encuentra en distritos de riego y/o drenaje, en 94% de estas tierras (301.833 ha) presentan algún grado de erosión en sus suelos. El 6,6% de las tierras del país se encuentran en uso agropecuario y el 88% de las tierras (6.650.821 ha) presentan algún grado de erosión del suelo.

En otras cifras el 52,2% del territorio colombiano existe presencia de bosques de los cuales el 9,2% (5.567.145 ha) presenta algún grado de erosión en el suelo. El 5% de la tierra del país se caracteriza por bosques fragmentados por pastos y cultivos, siendo el 53,4% de esta tierra (3.018.833 ha) presenta algún grado de erosión en el suelo, en donde el 29,8% del territorio nacional se presenta la actividad ganadera, siendo un 77,3% de esta tierra (26.334.154 ha) presenta altos grados de erosión.

En otros datos relacionados con el suelo en Colombia, se conoce que el 29% de la tierra del país presenta un alto grado de susceptibilidad a incendios forestales, siendo un 80,9% de la tierra (26.803.123 ha) presenta grados de erosión en los suelos. En donde, el 14,7% del territorio nacional con suelos para la agricultura industrializada, con un 72,1% de tierra (12.130.562 ha) presenta gado de erosión de los suelos. Con relación a la vocación del suelo el 3,6% de la tierra del país poseen vocación agrosilvopastoril, en donde el 57,2% (2.321.760 ha) presenta algún grado de erosión del suelo.

En relación con los suelos con vocación ganadera representa un 13,3% del total del territorio, de los cuales el 36,3% (5.506.809 ha) presenta erosión. Con vocación forestales 52,2% en donde el 32,8% (21.077.704 ha) presenta erosión para finalizar el 5% de la tierra nacional representa cuencas abastecedoras de embalses con un 67,5% (3.885.453 ha) presenta algún grado de deforestación. De manera general, se ha identificado: El 40% de los suelos del área continental e insular del país correspondiente a 45.379.057 hectáreas, están afectadas por algún grado de erosión, 2,9% presenta erosión severa y muy severa en 3.334.594 ha, 16,8% erosión moderada en 19.222.575 Ha, 20% erosión ligera en 22.821.889 Ha (IDEAM, 2015, p. 55).

2.3. Estrategias en el campo para la producción y el consumo responsable: prácticas sostenibles.

La Amazonia colombiana contiene ecosistemas y servicios ambientales estratégicos, como la captura y almacenamiento de carbono y regulación del ciclo hídrico (Roucoux *et al.*, 2017), importantes en la mitigación de cambio climático. Los servicios ambientales en la Amazonia son considerados como una ventaja comparativa (Pardo-Rozo, 2022). Por ello debe potencializarse a través de los modelos de producción sostenibles en las actividades ganaderas, lo cual puede traducirse como la estrategia para desarrollar una ventaja competitiva, una tarea urgente para buscar un equilibrio entre las actividades económicas competitivas y el respeto por la dinámica de los recursos naturales (Rizo-Mustelie *et al.*, 2017).



En la actualidad han surgido enfoques interdisciplinarios para fomentar la producción y el consumo responsable como uno de los pilares mundiales para apuntar hacia el desarrollo sostenible. Las ciencias ambientales, agropecuarias, económicas y empresariales confluyen para proponer alternativas de solución a las comunidades rurales para que sus sistemas productivos sean rentables, social y ambientalmente sostenibles.

Entre las principales estrategias para fortalecer el campo en la Amazonia colombiana, y en general para países tropicales cuyo sistema cultural y económico depende de la actividad agropecuaria se han desarrollado los siguientes Modelos Sostenibles de Producción. De acuerdo con diferentes estudios y referentes, demuestran que es posible reconciliar la productividad, la eficiencia económica con la capacidad de los ecosistemas para producir bienes y servicios que satisfacen necesidades alimentarias.

Entre los desarrollos más importantes se destaca la Agroforestería, la cual se define como la integración de los árboles en las granjas con los cultivos agrícolas para diversificar y mantener la producción con el objetivo de incrementar los beneficios económicos, sociales y ambientales. Este sistema optimiza productividad de la tierra mediante las interacciones positivas entre sus componentes en el espacio y el tiempo. En esta se aprovecha la relación complementaria entre los árboles, los cultivos y el ganado, para crear una sinergia que garantice la productividad, la estabilidad y la sostenibilidad del sistema. Es una oportunidad para mejorar sitios degradados y estabilizar ecosistemas frágiles e intervenidos (Farfán, 2014).

Una de las principales estrategias que tiene como objetivo la sostenibilidad en las fincas agrícolas, pecuarias y es la aplicación de Técnicas Agroforestales. La agroforestería es una interdisciplina que vincula tradición con innovación tanto para la producción como para la conservación de la naturaleza. Esta fue desarrollada en tierras tropicales, fundamentalmente para buscar una producción biodiversa; libre de agroquímicos; producción duradera con predominio de saberes tradicionales y novedosos; con fortalecimiento de la identidad cultural; con el aprovechamiento de interacciones ecológicas positivas.

Los sistemas agroforestales SAF se caracterizan por tener arreglos entre árboles y cultivos. Las principales características son el aumento de la producción; fertilidad del suelo y resiliencia ante los cambios por el uso del suelo, manteniendo su composición florística, estructura y diferentes procesos que en él se desarrollan. Entre los modelos agroforestales se destacan: lo árboles asociados con cultivos perennes; árboles en asociación con cultivos anuales (Cultivos en callejones); los sistemas silvopastoriles; los silvoagrícolas; cortinas rompevientos; barreras vivas con árboles; plantaciones de árboles en los linderos y cercas vivas; los agrobosques y sistemas Taungya.



La Figura 12 representa los conceptos.

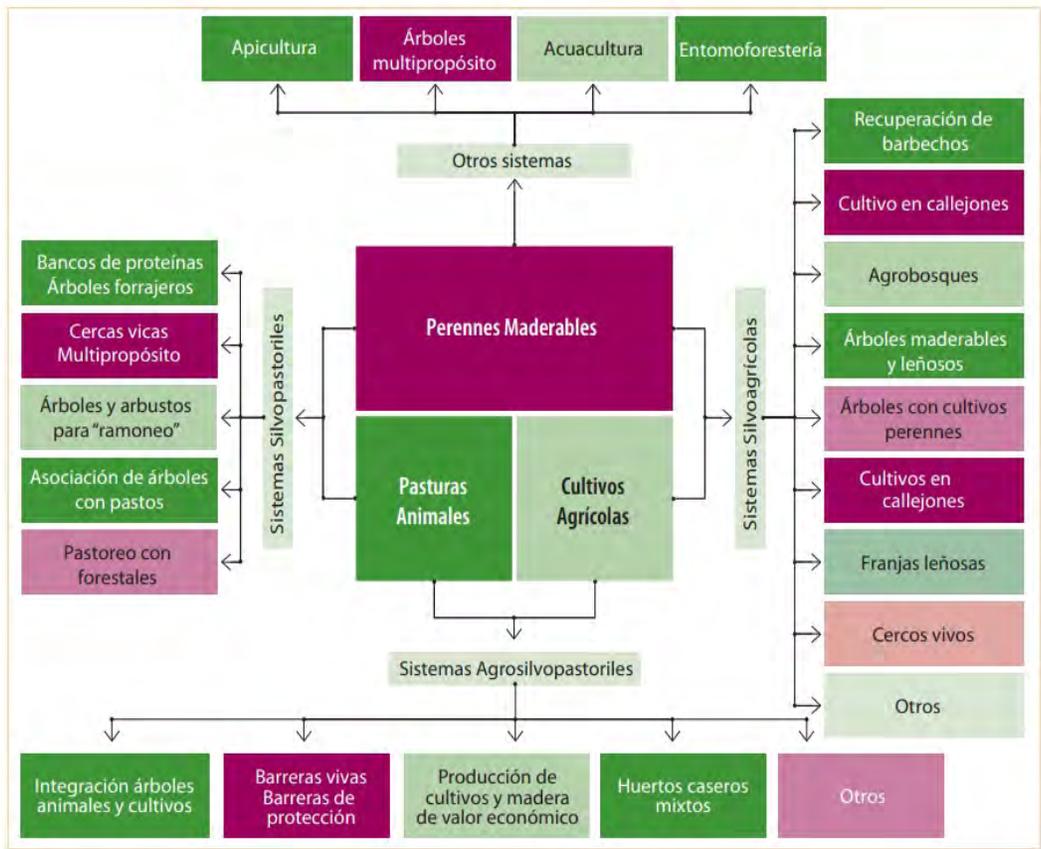


Figura 12. Modelos de sistemas agroforestales.

Fuente: Tomado de Farfán (2014)

2.3.1. *Sistemas sostenibles de producción.*

En un primer momento es necesario hacer referencia a los sistemas de producción; los cuales, acorde con Quiroz et al. (2014), se basan en un conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, uso del suelo, tendencias de producción y organización de la población para la producción agrícola o pecuaria. En cuando al sistema de producción agropecuaria, es necesario definir que dicha actividad se genera en un sistema denominado finca, a su vez, dentro de este se encuentra un conglomerado de sistemas de fincas, para obtener productos dirigido a una oferta local, nacional e internacional, o ser empleados parcialmente a la seguridad alimentaria del núcleo familiar (Dixon et al., 2001).



En los sistemas productivos agropecuarios se han generado diferentes mecanismos, metodologías y prácticas en pro de lograr una actividad sostenible para la producción agrícola, logrando sistemas agropecuarios con diversidad de cultivo, acompañados por sistemas forestales, manejo de cultivos transitorios y protección de ecosistemas estratégicos (Garzón y López, 2017).

Figura 13. Sistemas sostenibles de producción.



Fuente: elaboración propia.

Un sistema de producción es concebido como el grupo de subsistemas que interactúan en un proceso productivo. De acuerdo con Baltodano y López (2015), los sistemas de producción se clasifican en: agrícolas, pecuarios y forestales; por ende, los subsistemas están catalogados en sistemas agropecuarios (pecuario y agricultura), silvopastoriles (forestal, pecuario, pasto), agroforestales (agricultura, forestal y pasto) y agrosilvopastoril (agricultura, forestal, pasto, pecuario).

En este sentido, los sistemas sostenibles de producción agrícola se fundamentan en principios éticos y de armonía con la naturaleza, siendo un sistema igualitario, descentralizado y autogestionario, la sostenibilidad en la agricultura surge de las necesidades de minimizar la degradación de la tierra agrícola, logrando a su vez, una mejor producción (Martínez, 2008); por ende, el desarrollo sostenible en los sistemas agrícolas, implican un constante proceso de cambio, en el cual, la explotación de los recursos naturales, la inversión, el cambio

institucional y el desarrollo de la tecnología deben ir de la mano para lograr satisfacer necesidades sociales presentes como futuras, así mismo, conservar los ecosistemas naturales (Bifani, 1994). La sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios se define de acuerdo a las características del sistema, así como la presiones e intervenciones que sufre, de carácter social, económicas y técnicas (Bifani, 1997).

Desde esta perspectiva, se considera que para para lograr la aplicación de la sostenibilidad en los sistemas productivos agrícolas se habla de Sistemas de Producción más limpios y de modelos agroecológicos, hacia la construcción de herramientas productivas sostenibles y equilibradas con base a un entorno natural, empleando los recursos disponibles en el predio como en la zona, así como de la mano de obra familiar y comunitaria, bajo una producción en armonía con el medio ambiente y los recursos naturales, el rescate de saberes tradicionales, estilos de vidas equilibrados y la implementación de componentes de desarrollo en la región (Machado, 2016). A partir de lo mencionado, es necesario hacer referencia de los sistemas agroforestales.

2.3.2. *Sistemas Agroforestales.*

Los sistemas agroforestales son mecanismos de uso y manejo de los recursos naturales, de manera específica se emplean especies leñosas como árboles, palmas y/o arbustos, en asociación de cultivos agrícolas o animales en un mismo terreno, en forma simultánea o en secuencias temporales (CATIE, 1986). Estas técnicas, con base en la agroforestería se emplean en regiones con diversidad ecológica, económica y social, logrando en zonas de suelo fértil una mejor productividad y sostenibilidad, de igual manera permite mejorar la productividad en área con baja fertilidad y escasez de humedad en el suelo (Musálem-Santiago, 2002).

Las características principales de los sistemas agroforestales destacan el empleo de árboles de uso múltiples para crear un sistema agroforestal. Un árbol de usos múltiples es aquel que genera servicios normalmente esperados como la madera, mejoramiento del suelo, influencias micros climáticas, materia orgánica, y además proporciona servicios adicionales como la fijación de nitrógeno, forraje, productos comestible para humanos como gomas, fibras y productos medicinales (Budowski, 1987); son árboles cultivados de manera deliberada y son manipulados para diferentes usos, ya sean de carácter productivo o por servicio natural (Huxley, 1983). Los árboles multiusos más empleados en sistemas silvopastoriles, son aquellos que fijan nitrógeno de la atmósfera a través de microorganismo simbióticos presente en las raíces (Musálem-Santiago, 2002).



En este sentido, la agroforestería es considerada como un mecanismo de manejo sostenible de la tierra, mediante la cual se logra integrar actividades que permitan un mejor rendimiento de cultivos, plantas forestales y/o animales, causada de manera simultánea o sucesivamente en una misma unidad de tierra (King et al., 1990, citado por Torquebiau, 1990). Es por ello, que la agroforestería logra la combinación entre producción y servicio (Young, 1989); la creación de microclimas, que benefician a animales como plantas, creando un sistema más eficiente para el reciclaje de nutrientes presentes en el suelo (Budowski, 1987). Dentro de los sistemas agroforestales se conocen: a) sistemas agroforestales secuenciales, b) agricultura migratoria, c) sistema Taungya, d) árboles en asociación con cultivos perennes.

-Sistemas agroforestales secuenciales: Se basa en un sistema cronológico entre las cosechas anuales y la producción arbóreas; incluye formas de agricultura migratoria, basado en plantaciones forestales por medio de las cuales los cultivos anuales se llevan a cabo de manera simultánea con las plantaciones de árboles, hasta lograr el completo desarrollo de del follaje de los árboles en asociación (Nair, 1985).

-Agricultura migratoria: se basa en un sistema de subsistencia, enfocada para satisfacer las necesidades básicas de alimentación, habitación, combustible y ocasionalmente suelen ser considerados como fuente de ingreso. En este sistema el bosque se corta y quema, y la tierra es empleada para cultivos secuenciales, el mejoramiento de estos cultivos incluye el uso de árboles con valor comercial alto, siendo especies de crecimiento rápido, lo cual se intercala con cultivos de valor medicinal o de otros usos (Musálem-Santiago, 2002).

-Sistema Taungya: se basa en sistemas en los cuales los árboles como los cultivos crecen de manera secuencial durante un periodo de plantación forestal (Musálem-Santiago, 2002). Esta práctica ha tenido éxito con el uso de árboles de géneros *Terminalia*, *Triplochiton* y otras especies de árboles perteneciente a la familia Meliaceae en África Occidental; y con árboles del género *Cordia* en Surinam, *Tectona* en Trinidad y *Swietenia* en Puerto Rico (Wadsworth, 1982; citado por CATIE, 1986).

-Árboles en asociación con cultivos perennes: se basan en los sistemas de explotación comercial de cocoteros, hule o palma, en asociación con cultivos de árboles maderables (Poulsen, 1979). Siendo una alternativa cuando el uso de monocultivos no es factible hablando de aspectos económicos, por causa de alto costo de cultivos agroquímicos (Musálem-Santiago, 2002).



-Árboles en asociación con cultivos anuales: se basan en una opción que permiten mejorar la fertilidad de los suelos, siendo un sistema que se presta para especies anuales tolerantes a la sombra, incluye cultivos como fríjol, maíz, soya, guisantes, maní, en asociación con árboles fijadores de nitrógenos (Wilquen, 1997).

-Huerto caseros mixtos: siendo una de las prácticas agroforestales más antiguas, se basa en un sistema empleado para proveer alimento a las familias o comunidades pequeñas, con la oportunidad de venta de algunos excedentes de la producción; consiste en huertas con variedad de árboles, cultivos y en algunos casos animales, el manejo de la producción es aproximada a un año (Sooemarwoto, 1987).

El aumento de la cobertura arbórea, bajo cualquier sistema agroforestal, contribuye a recuperar las características y capacidad productiva de los ecosistemas, disminuyendo efectos del clima sobre los animales, como el suelo y el rendimiento de los cultivos, generando microclimas en áreas de influencia de cobertura arbórea (Gutiérrez, 2003).

De acuerdo a lo mencionado, es preciso señalar que una alternativa frente a los diferentes problemas de degradación de los recursos naturales por actividades agrícolas y pecuarias, es la implementación de los sistemas agroforestales, siendo otra forma de usos de la tierra de manera sostenible. Para lograr un escenario en el cual los árboles como arbustos interactúan de manera biológica y económica en un mismo sistema con animales y cultivos en asociación, siendo una estrategia de diversificación y optimización de la producción en el campo (Peters et al., 2011).

2.3.3. Arreglos Silvopastoriles.

De acuerdo con Gutiérrez (2003), el sistema silvopastoril se basa en una opción de producción pecuaria en donde se evidencia especies leñosas (árboles o arbustos), los cuales interactúan con componentes no leñosos (forrajes herbáceos) y con el componente animal, constituyendo un sistema de manejo integral. Este sistema se configura a partir de árboles de pastoreo (forrajeras o para la producción de energía), que, a su vez, permite la autosuficiencia alimentaria para la cría y producción de leche y carne (Milera, 2013); garantiza altos rendimientos de biomasa, eficiencia en la captación de CO₂ y condiciones para el manejo del pastoreo y de área para el corte y acarreo, a su vez, potencializa la actividad biológica del suelo y da mejor estabilidad al sistema (Sánchez et al., 2010).



Con relación al manejo de los arreglos silvopastoriles en Colombia, Tafur-Arango et al., (2010), hace alusión a los sistemas: Sistema silvopastoril (SSP), Sistema silvopastoril intensivo (SSPi), Banco Mixto de Forraje (BMF), Franjas Silvopastoriles (FS), Manejo de la sucesión Vegetal (MSV), Cercas Vivas (CV), Corredor ribereño (CR), los cuales permiten una mejor diversidad, alimentación, adaptación y mitigación del cambio climático.

En consecuencia, se considera que este sistema, es capaz de reproducirse así mismo en un tiempo razonable, garantizando su funcionamiento a largo plazo, para ello, los recursos como procesos de carácter ecológico y sociales inmerso en el sistema son capaces de reproducirse como de autorregularse, logrando ser coordinados para ser compatibles, logrando mitigar las coyunturas adversas (Nahed et al., 2006).

El manejo de sistemas silvopastoriles puede ser intensivo y se caracteriza por combinar 7.000 arbustos o más por hectáreas y pastos mejorados, los cuales deben estar en asociación con árboles dispersos en densidades de 30 a 50 individuos por hectáreas (Uribe et al., 2011); de esta manera se busca incrementar la producción de forraje o alimento para los animales en asociación, adicional a ello, se mejora la capacidad de carga en las áreas y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero producto de la actividad ganadera (Murgueitio et al., 2003).

2.3.4. Estrategias Agrosilvopastroiles.

Se reconoce con el nombre de sistema agrosilvopastoriles, aquel sistema complejo que integra: árboles, pastos, forrajes, cultivos, forestería, agricultura y animales, entre otros recursos; es decir, está comprendido por los siguientes componentes: forestal o frutal, ganadería y cultivos en el mismo terreno; dada la integración de la producción agrícola con el pastoreo.

Entre las ventajas se destacan la producción de alimentos de origen animal sin sacrificar el área de cultivos, los beneficios económicos resultantes del forraje y madera. De acuerdo con Iglesias, et al. (2010), el pastoreo y la vegetación de cobertura puede reducir el riesgo de incendios al igual que la asociación de la ganadería con cultivos, además de permitir que entre el 60 % y el 70% de la biomasa vegetal se pueda usar en la alimentación del ganado sin afectar la producción de alimentos humanos. Igualmente, este sistema constituye una alternativa que se basa en la optimización de recursos y la conservación de suelos,



promoviendo la generación de ingresos en las comunidades del entorno rural (Baltodano y López, 2015).

Entre las desventajas es necesario mencionar el efecto que tiene la compactación del terreno por el pisoteo del ganado, la mecanización en la cosecha de cultivos y el desconocimiento de la implementación de técnicas agrosilvopastoriles; lo cual requiere un compromiso a largo plazo que es poco asumido a nivel institucional.

2.3.5. Cortinas rompevientos.

Se basan en hileras de árboles y arbustos de diferentes tamaños y altura, plantados en sentido opuesto a la dirección principal del viento (Casasola y Villanueva, 2015). De esta manera se logra reducir el daño producido por el viento en los cultivos, contribuye a la construcción de microclima para un mejor desarrollo vegetal o animal; y presta servicios adicionales como leña, madera, forrajes o frutos, en área poco empleadas; manejo de especie fijadoras de nitrógeno, así como mejora del hábitat por la vida silvestre (Cárdenas y San Román, 2016).

La fijación del sistema de cerca rompeviento demanda tiempo y recursos, sin embargo, al seleccionar las especies más adecuadas de la zona, con capacidad de rebrote, se convierte en un sistema vegetativamente sostenible, económicamente rentable y aceptado por los productores, ya que crea valor a la tierra, genera microclimas para la agricultura y la ganadería (Chaves y Fonseca, 1991). La cantidad y el rango de la zona a proteger por la cortina rompeviento dependen de su estructura y aspectos como la porosidad, espesor y forma, adicional a ello, se debe tener en cuentas las condiciones medioambientales como la dirección e intensidad del viento (Wang et al., 2001); condiciones definidas como combinación entre la estructura interna (la porosidad) y la estructura externa (la forma) (Wang & Takle, 1997).

2.3.6. Abonos orgánicos

Se entiende como abono orgánico como la capacidad fertilizante de residuos animales, humanos, restos de vegetales, de alimentos u otra fuente orgánica de carácter natural, que generan cambios positivos en el suelo (Corlay-Chee et al., 2011). Para Gómez y Vásquez (2015) el abono orgánico permite la recuperación del suelo, fijación de carbono y absorción del agua. Para el desarrollo del abono orgánico es viable fuentes de nutrientes como el



excremento de vaca, de cerdos, pollos, desperdicios vegetales y otros materiales orgánicos, para ello, los materiales orgánicos deben pasar por procesos de descomposición antes de su aplicación en el suelo (Arango, 2017). La combinación de abono orgánico como materia orgánica y fertilizantes minerales crea condiciones ambientales ideales para el cultivo (Gómez y Huerta, 2015). Dentro de la clasificación de abonos orgánicos se encuentra la siguiente:

-Abonos Verdes: se basan en plantas que mejoran y aportan elementos nutritivos sobre el suelo, se caracterizan por ser densos, permite eliminar las competencias de las malas hierbas, por esta razón, se emplean entre las tablas cultivadas y entre las hileras, de igual manera, en suelos nuevos que inician con cultivos, se constituye una cubierta vegetal denso que desacelera la evaporación (FONCODES, 2014).

-Abonos microbiales: los microorganismos benéficos más importantes en la actualidad se basan en micorrizas, levaduras, lactibacilos, rizobios, levaduras, azobacter y trichoderma, bacterias fotosintetizadoras, etc. Siendo estos organismos la base de múltiples composiciones orgánicas (Mikán & Catellanos, 2004).

-Abonos sólidos: consiste en aquellos abonos constituidos por material natural homogéneo provenientes de residuos vegetales y animales, los cuales han sido procesados a través de diversos métodos, teniendo como fin la recuperación, mantenimiento o incremento de la actividad biológica del suelo, logrando aumentar la fertilidad del suelo (Cajamarca, 2012). Dichos abonos suelen ser producidos en fincas ganaderas, mediante un proceso de transformación se pueden aprovechar estos recursos sólidos para un mejor vigor en los cultivos forrajeros, conservar y mejorar la fertilidad del suelo (Barrera, Combatt y Ramírez, 2011).

-Compost: se basa en un abono orgánico que resulta de la actividad de descomposición de residuos de origen animal como vegetal, dicha descomposición se genera bajo condiciones de humedad y temperatura controladas (Ansorena y Merino, 2014). El compost puede ser elaborado en un contenedor empleando ladrillo o madera, la eficiencia de esta técnica depende de ciertos factores como el agua, aireación, el tiempo, microorganismos, nutrientes y temperatura, a su vez, participa invertebrados como insectos y lombrices de tierra, así como microorganismos como bacterias y hongos (Corlay-hee et al., 2011).



-Bocashi: se basa en el abono que resulta de la fermentación aeróbica-anaeróbica de desechos vegetales como animales (Restrepo y Ramírez, 2006), dichos proceso de elabora a partir de dos etapas; i) se genera cuando la fermentación de los componentes del abono alcanza hasta 70-15⁰C resultado de la actividad microbiana; ii) cuando el abono pasa a realizar un proceso de estabilización y solamente sobresalen los materiales que pueden presentar mayor dificultad para su descomposición, hasta llegar a ser empleados como abono (Herrán et al., 2008).

Los abonos orgánicos de manera general, de acuerdo con ICONTEC (2011), permiten que se reduzcan los focos de contaminación, presencia de riesgos patógenos, así como factores de enfermedades en animales y plantas, contaminación de recursos hídricos, ya que estos son integrados a los sistemas de producción agrícola, agroforestales y silvopastoriles en actividades pecuarias como agrícolas.

2.4. Estrategias y política ambiental para la incorporación de principios de la sostenibilidad en la zona rural.

La Ley 99 de 1993 es la norma ambiental colombiana, la cual le da cuerpo legal al cuidado, preservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y ambientales del país. Sin embargo, desde las ciencias sociales y puras y sus interdisciplinas, las problemáticas ambientales cuentan con un sinnúmero de estudios, alternativas y propuestas para tratar de revertir, disminuir, evitar los daños ambientales o generar sistemas de compensación. A continuación, se presentan algunas de las políticas, normas, estrategias y orientaciones para la producción rural responsable que tenga como criterio principal la sostenibilidad.

2.4.1. Estrategias de política ambiental

El entorno ambiental comprende temáticas amplias, las cuales están en una constante expansión debido a las diferentes interacciones que existe entre los ecosistemas, servicios ambientales y la actividad humana, adicional a ello, el evidente deterioro del ambiente, afectando la salud como el bienestar humano.



Figura 14. Estrategias de política ambiental.



En este escenario surge la política ambiental como mecanismo para tratar diferentes temas a partir de programas e instrumentos. De acuerdo con el Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y ambiente – CeIBA (2018), en los planteamientos estratégicos para la política ambiental y el desarrollo sustentable propuesto por Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y ambiente se reconoce:

1. Fortalecer la conservación de la biodiversidad y su aprovechamiento sustentable.
2. Impulsar el manejo integrado del paisaje rural.
3. Proteger y asegurar la disponibilidad y la calidad del agua como derecho humano.
4. Fomentar la economía circular en los municipios, incluida la gestión integral de residuos.
5. Asumir en todas sus implicaciones la adaptación y la mitigación del cambio climático.
6. Acelerar la descarbonización y la transición energética.
7. Elevar la prioridad de las políticas ambientales y reforzar su institucionalidad y gestión.

i. Políticas Públicas Ambientales.

Se basan en un lineamiento o directrices que se tienen en cuenta para la planeación, protección, prevención y control de los recursos naturales de acuerdo a intereses, decisiones,

acciones, acuerdos e instrumento político económico y social, llevado a cabo por el Gobierno nacional, enfocado a prevenir o solucionar las necesidades como problemáticas ambientales del país, cuyo propósito es ser implementados a nivel nacional, territorial y sectorial, todo ello, enfocado en la sostenibilidad ambiental (Ministerio de Ambiente).

Para el desarrollo de las políticas públicas ambientales se tiene en cuenta etapas como: i) Planeación (Realizar una propuesta de iniciativas de la política que garantice su aprobación), ii) Diagnóstico (Determinar la situación de interés, identificar la problemática ambiental, dimensionar, priorizar sus causas y efectos, los cuales son base para formulación de la política; iii) Formulación y Adopción, (Garantizar el conocimiento de esta por las partes interesadas, de manera que se promueva y se gestione la implementación efectiva de las acciones definidas en las mismas; iv) Promoción y Difusión, (Realizar seguimiento y control de la implementación de las políticas públicas del sector de ambiente y desarrollo sostenible para conocer el avance de las acciones o estrategias definidas en las misma; v) Implementación y Seguimiento (Por competencia corresponde realizar el proceso a solicitud de las diferentes dependencias al Departamento Nacional de Planeación, hasta la evaluación); vi) Evaluación, la cual debe ser de carácter participativo e incluyente, tanto en las etapas de formulación como implementación (MinAmbiente, 2020).

En materia constitucional, el artículo 79, a partir del diseño de políticas, pretende que el individuo posea el derecho de gozar de un ambiente sano, garantizando la participación de las comunidades en pro de fortalecer y proteger la diversidad e integridad del ambiente, de acuerdo con áreas específicas de interés ecológico y de fomento a la educación ambiental. En otro sentido, está el Decreto 3570 de 2011, su artículo 1.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible. Así mismo junto con el presidente de la República es el encargado de formular la política nacional ambiental y de recursos naturales renovables, garantizando el derecho de todas las personas a gozar de un medio ambiente sano y protegiendo el patrimonio natural y la soberanía de la Nación.



Institucionalidad vinculada con el Ciclo de Políticas Sectoriales. La formulación, instrumentación, seguimiento y evaluación de las políticas del sector ambiente y Desarrollo Sostenible se caracteriza por la diversidad de instituciones y organizaciones que tienen participación en los diferentes momentos del ciclo de la política, por ello cobra gran importancia conocer los roles institucionales frente al proceso. En este sentido las principales instituciones que participan en el proceso de formulación y seguimiento de políticas sectoriales son:

Tabla 4. Institucionalidad vinculada con el Ciclo de Políticas Sectoriales.

Ámbito	Instancia-Instituciones	Rol
NACIONAL	Consejo Nacional de Política Económica y Social - CONPES	Aprueba (Cuando la política se presenta a esta instancia). Seguimiento a políticas
	Consejo Nacional Ambiental	Recomienda – Conceptúa
	Consejo Técnico Asesor de Política y Normatividad Ambiental	Recomienda – Conceptúa
	Departamento Nacional de Planeación - Secretaría Técnica del CONPES	Coordina el proceso de presentación al CONPES para aprobación.
	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS	Coordina el proceso al interior del sector, determina contenidos temáticos y compromisos Seguimiento de avance de políticas
	Institutos adscritos al MADS	Aportan criterios técnicos y contenidos temáticos
REGIONAL Y LOCAL	<ul style="list-style-type: none"> • Gobernaciones • Corporaciones Regionales • Municipios • Organizaciones Sociedad Civil <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> Autónomas Comunitarias </div>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción del documento, identificación y presentación de iniciativas. • Discusión de propuestas • Socialización de documentos de política • Adopción de políticas a través de sus planes específicos • Implementación de políticas

Fuente: Informe Seguimiento de Políticas Públicas Ambientales corte 2021-I, Modificado de (Triana, 2007)

Políticas Públicas objeto de seguimiento.



Tabla 5. Políticas públicas ambientales objeto de seguimiento corte 2021-1.

Nombre de la política	Dependencia que coordina	Año de expedición
Política Nacional de Cambio Climático	Dirección de Cambio Climático	2016
Política Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)	Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbano	2016
Política para la gestión Integral ambiental del suelo	Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	2015
Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE)	Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	2012
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico	2010
Política Nacional Producción y Consumo Sostenible	Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana	2010
Política Gestión Ambiental Urbana	Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana	2008
Política Nacional de Educación Ambiental -SINA	Subdirección de Educación y Participación.	2002
Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia	Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	2002
Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia - PNAOCI	Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos	2000

Fuente: Informe Seguimiento de Políticas Públicas Ambientales corte 2021-I, MinAmbiente, 2020)

ii. Pagos por servicios ambientales

Los servicios ambientales se entienden como los beneficios que ofrecen la naturaleza para que el ser humano pueda satisfacer sus necesidades, al tiempo que satisface los requerimientos para otras especies (Millennium Ecosystem Assesment, 2015). Los servicios ambientales se pueden clasificar como; Sosténimiento (Actividades primarias, formación del suelo, ciclo de nutrientes); provisión (madera y materia prima, agua potable, alimentos); regulación (control de plagas y enfermedades, inundaciones, erosiones, clima y



calidad del aire); culturales (Recreación y ecoturismo, espirituales y religiosos, valores estéticos) (Decreto Ley 870 de 2017).

Los pagos por servicios ambientales se entienden como un instrumento económico que busca el aseguramiento a la provisión de los servicios ambientales, a partir de pagos directos y condicionados, sean causados en dinero o especies a propietarios y/o usuarios locales de los ecosistemas que generan estos servicios, con el fin de diseño y adopción de prácticas que garanticen la conservación de estas áreas (Wunder, 2015). Los pagos por servicios ambientales en Colombia se han implementado desde hace más de veinte años, sin embargo, desde hace 10 años se ha creado un marco de política pública para su aplicación de maneras ordenada, eficiente, oportuna y equitativa, siendo un trabajo mancomunado entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), constituyendo un marco normativo y de política pública para la inversión de recursos públicos a través de los PSA.

En este sentido, el Programa Nacional de Pagos por Servicios Ambientales genera lineamientos, estrategias y herramientas para que los departamentos, municipios, autoridades ambientales, ministerios y agencias del Gobierno, los sectores productivos, las empresas prestadoras de servicios de acueducto y agencias de cooperación internacional, aporten a procesos de conservación y desarrollo productivo sostenible, haciendo uso de la herramienta de PSA.

De acuerdo con el Decreto Ley 870 de 2017 y el Decreto 1007 de 2018, los Pagos de Servicios Ambientales se enmarca en los siguientes cinco elementos:

- Un *incentivo económico en dinero o especie*, que reconocen...
- Mediante un *Acuerdo voluntario*.
- Unos *Interesados o beneficiarios de los servicios ambientales* a...
- Unos *Beneficiarios de incentivo*, por las...
- Acciones que permitan la *preservación y restauración* de áreas y ecosistemas estratégicos y permitan la generación de servicios ambientales.

En el mismo Decreto Ley 870 de 2017 y Decreto 1007 de 2018, se reconocen los siguientes incentivos de Pagos por Servicios Ambientales:



- *Incentivos a reconocer*: puede ser reconocido en dinero o en especie, en función del costo de oportunidad.
- *Acuerdo Voluntario*: Puede ser individuales o colectivo, se rige por las normas civiles y comerciales.
- *Beneficiarios del incentivo*. Propietarios, poseedores y ocupantes en áreas y ecosistemas estratégicos.
- *Interesados en los Servicios Ambientales*. Personas públicas, privadas o mixtas, que reconocen el PSA de forma voluntaria o en el marco del cumplimiento de autorizaciones ambientales.
- *Acciones de reconocimiento*. Acciones que permitan la preservación y restauración. Incluye la restauración ecológica, rehabilitación, y recuperación.
- *Modalidades de PSA*. Calidad y regulación hídrica, conservación de la biodiversidad, reducción y captura de gases de efecto invernadero, y servicios culturales, espirituales y de recreación.

iii. Familia Guardabosques

El programa Familias Guardabosques (PFGB) crea un nuevo escenario económico y social para aquellas familias campesinas, indígenas y afrocolombianas, que se encuentra en áreas amenazadas o en riesgo de cultivos ilícitos, para ello, mediante el programa se brinda una alternativa legal de ingresos, mediante el desarrollo de actividades productivas legales en ambientes amigables; dicho programa cuenta con cuatro componentes: 1. Económico productivo, 2. Social, 3. Institucional y 4. Ambiental (Oficina Naciones Unidas contra la Droga y el Delito – UNODC, 2012).

Desde el componente ambiental se pretende mejorar contribuir a los diferentes problemas ambientales causados por los cultivos ilícitos, a partir de actividades de restauración, conservación y promoción de prácticas sostenibles en el campo, para ello, se incentiva y se forma para el desarrollo de proyectos productivos con base a sistemas agroforestales, agroindustriales y de bienes como servicios ambientales. Dentro de la práctica agroforestal, se impulsa la siembra de árboles nativos y el desarrollo de prácticas agropecuarias ancestrales (Oficina Naciones Unidas contra la Droga y el Delito – UNODC, 2012). Una de las prácticas más significativas de los proyectos productivos que se realizan bajo el esquema de familias guardabosques se basa en el almacenamiento y captura de carbono en los ecosistemas



naturales y establecidos, siendo una práctica que ha adquirido mayor importancia desde el protocolo de Kyoto de 1997, bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Dicha acumulación de carbono de una especie forestal o de un ecosistema en particular, se puede emplear los Incrementos Medios Anuales (IMAs) en términos de biomasa o carbono, o mediante las curvas de crecimiento desarrolladas por especies (Lamprecht 1990, Wadsworth, 2000). La información que permite obtener la IMAs, o el desarrollo de los modelos de crecimiento, se obtiene a través de las mediciones frecuentes de parcelas permanentes o temporales ubicadas en especial en donde crece la especie estudiada, procurando que cubran un amplio rango de edades y calidades de sitio.

iv. Exención del pago del impuesto predial.

La exención del impuesto predial se basa en un incentivo atractivo para que los propietarios privados decidan conservar las coberturas de bosques en sus predios y/o modificar las actividades de producción y consumo (Conservación de la Biodiversidad en predios productivos, 2014). La exención del impuesto predial pro-conservación de la biodiversidad para predios privados posee su sustento en la Constitución Política de Colombia, estableciendo las funciones y competencias de las entidades territoriales, en consideración a lo anterior se relacionan los siguientes artículos.

Artículo 317 establece que: “Solo los municipios podrán gravar la propiedad inmueble. Lo anterior no obsta para que otras entidades impongan contribución de valorización. La ley destinará un porcentaje de estos tributos, que no podrá exceder del promedio de las sobretasas existentes, a las entidades encargadas del manejo y conservación del ambiente y de los recursos naturales renovables, de acuerdo con los planes de desarrollo de los municipios del área de su jurisdicción”.

Artículo 313 consagra: “Corresponde a los concejos municipales: (...) 4. Votar de conformidad con la Constitución y la ley los tributos y los gastos locales. (...) 9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio”.

Artículo 294 define que: “La ley no podrá conceder exenciones ni tratamientos preferenciales en relación con los tributos de propiedad de las entidades territoriales (...)”.

Artículo 287 establece que: “Las entidades territoriales gozan de autonomía para la gestión de sus intereses, por lo tanto, entre los derechos con que cuentan, está la administración de sus recursos y el establecimiento de los tributos que requieran para el cumplimiento de sus funciones”. Con relación a los incentivos el Decreto 1996 de 1999 establece que el Gobierno Nacional y las Entidades territoriales deberán crear incentivos enfocados en la conservación, entre ellos se señala:

Descuento en el impuesto predial según los acuerdos municipales: En materia de impuesto predial se puede conceder una exención o tratamientos preferenciales a predios o inmuebles que conserven parte de los ecosistemas naturales, dentro de los cuales se pueden encontrar las reservas naturales o los predios que se encuentren dentro de ecosistemas estratégicos. En la práctica, se han observado que las exenciones tributarias se establecen de forma equivalente al área conservada (Mejías, 2000).

El predial es un impuesto que grava la propiedad inmueble y, como se mencionó, tiene su base en el artículo 317 de la Constitución Política. Las principales características de este impuesto son:

- El impuesto predial es un tributo municipal.
- La fijación del impuesto predial está a cargo de manera exclusiva de los concejos municipales (Artículo 313 Constitución Política).
- No pueden concederse tratamientos preferenciales o exenciones frente al impuesto predial por parte del legislador. (Artículo 294 Constitución Política)

Al respecto, la Constitución Política en sus artículos 338 y 363, dispone lo siguiente:

• **Artículo 338** (...) Las leyes, ordenanzas o acuerdos que regulen contribuciones en las que la base sea el resultado de hechos ocurridos durante un período determinado, no pueden aplicarse sino a partir del período que comience después de la vigencia de la respectiva ley, ordenanza o acuerdo.

• **Artículo 363** (...) El sistema tributario se funda en los principios de equidad, eficiencia y progresividad. Las leyes tributarias no se aplicarán con retroactividad.” De esta manera, para decretarse una exención del impuesto predial, siendo este un impuesto de período, la administración debe hacerlo antes de que se inicie el período en el cual ha de causarse y pagarse el impuesto.

En el marco regulatorio nacional, se encontró que la principal norma encargada de regular el impuesto predial es *la Ley 14 de 1983*, (Artículo 38) por la cual se fortalecen los fiscos de las entidades territoriales, estableció que los municipios solo podrán otorgar exenciones de impuestos municipales por un plazo máximo de diez años, de conformidad con los planes de desarrollo municipal. Esta norma se repite en el Decreto 1333 de 1986, (Artículo 258) por el cual se expide el régimen municipal.

v. Mecanismo de desarrollo limpio

El mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es un mecanismo del protocolo de Kyoto basado en proyectos, cuyo objetivo se basa en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en países en desarrollo. El MDL se define en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto:

El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las partes incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

En relación con la clasificación de los proyectos que pueden participar en el MDL se encuentran:

- A. Proyectos regulares o de gran escala (Large Scale Projects).
- B. Proyectos de pequeña escala (Small Scale Projects).
- C. Proyectos de forestación y reforestación (Afforestation and Reforestation Projects).

En la clasificación de los proyectos regulares o de gran escala, se definieron las siguientes categorías.

1. Industria de energía (de fuentes renovables y no renovables).
2. Distribución de energía.
3. Demanda de energía.
4. Industria de manufactura.
5. Industrias químicas.



6. Construcción.
7. Transporte.
8. Producción de Mineral/Minería.
9. Producción de Metal.
10. Emisiones fugitivas de combustible (sólidos, gaseosos y aceites).
11. Emisiones fugitivas de producción y consumo de halocarbonados y hexafluoruro de azufre.
12. Uso de solventes.
13. Manejos y disposición de residuos.
14. Forestación y reforestación.
15. Agricultura.

Adicionalmente se encontró que entre los proyectos de pequeña escala, se definen las siguientes categorías de proyectos;

1. Proyectos con energía renovables.
2. Proyectos de mejorar en la eficiencia energética.
3. Otros proyectos.

Proyectos de deforestación y reforestación, son un subtipo de los proyectos de gran escala, de manera precisa se basa en proyectos de certificación de emisiones, tipo de reducciones, período de acreditación, demostración de la adicionalidad (Comisión Nacional de Energía CNE, 2006).

Desde la teoría el MDL funciona cuando un inversionista privado o gobierno de un país industrializado invierte o provee financieramente para un proyecto en un país en vía de desarrollo, dicho proyecto financiado debe estar enfocado en reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero, señalando que las emisiones de gases serán inferiores a los hubiesen sido en ausencia de inversión externa, comparado a lo que hubiese ocurrido sin el MDL bajo las mismas condiciones, a cambio estos países reciben bonos de carbono (Watch C.D.M, 2010).

Todo proyecto de reducción de emisiones GEI, que forme parte del Mecanismo de Desarrollo Limpio (Proyecto MDL) debe cumplir con las siguientes condiciones:



- Reducir alguno de los siguientes gases de efecto invernadero indicados en el Anexo A de Protocolo de Kyoto.
- Participación voluntaria.
- Reducir emisiones consideradas adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad del proyecto.
- Demostrar beneficios reales, mensurables y de largo plazo en relación con la mitigación de los gases de efecto invernadero.
- Contribuir al desarrollo sostenible del país.
- Ser desarrollado en un país que haya ratificado el Protocolo de Kyoto (PK) y que posee una Autoridad Nacional Designada (DNA) para MDL.



Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Florencia (2016). Plan de Desarrollo Yo Creo en Florencia Seguridad, Infraestructura, Empleo 2016-2019. Colombia: Caquetá, Florencia.
- Álvarez, F. et al. (2013). *Árboles dispersos en potreros, en fincas ganaderas del piedemonte amazónico*. Colciencias - Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia: Universidad de la Amazonia.
- Ansorena, J., & Merino, E. B. D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *Escuela Agraria Fraisoro*, 1–67.
- Arango Orozco, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista). Recuperado de <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2036>
- Arcila, O, González, G., Gutiérrez, F., Rodríguez, A., & Salazar, C. (2002). *Caquetá: Construcción de un territorio amazónico en el siglo XX*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi, Ministerio de Medio Ambiente.
- Baltodano, J. R. M., & López, B. R. M. (2015). Sistemas de Producción Agrosilvopastoril de la “Quinta El Quiosco”. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 3(6), 180-193. <file:///D:/users/Downloads/Dialnet-SistemasDeProduccionAgrosilvopastorilDeLaQuintaElQ-5294141.pdf>
- Bara, P; Sánchez, R. & Wilmsmeier, G (2006). *Hacia un desarrollo sustentable e integrado de la Amazonia. Los corredores de transporte en la cuenca amazónica central – occidental y sus afluentes principales en Colombia, Brasil, Ecuador y Perú*. Santiago de Chile, Chile: CEPAL
- Barceló, D., & López, M. J. (2008). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Jornadas de presentación de resultados: el estado ecológico de las masas de agua. Panel científico técnico de seguimiento de la política de aguas*, Sevilla. Recuperado de <http://elaguapotable.com/Contaminaci%C3%B3n%20y%20calidad%20qu%C3%ADmica%20del%20agua-los%20contaminantes%20emergentes.pdf>



- Barrera, J., Combatt, E., & Ramírez, Y. (2011). Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (Musa AAB). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2), 186–194.
- Benavides, H. & León. G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Subdirección de Meteorología (Bogotá, Colombia)*. 96p. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Bifani, P. (1994) *Competitividad, medio ambiente y empleo. En Mercado ambiental y creación de empleo*. Fund. Friederich Ebert, Madrid, España.
- Bifani, P. (1997) *Medio Ambiente y Desarrollo*. Universidad de Guadalajara. México.
- Budowski, G. (1987). Living fence in tropical America, a widespread agroforestry practice. *In: H.L. Gholz (Ed). Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Martinus Nijhoff publishers and ICRAF*. 31-45 p. Dordrecht, the Netherlands. 169- 178.
- Bundschuh, J., Litter, M.I., Parvez, F., Román-Ross, G., Nicolli, H.B., Jean, J.-S., Liu, C.-W., López, D., Armienta, M.A., Guilherme, L.R.G., Cuevas, A.G., Cornejo, L., Cumbal, L. & Toujaguez, R. (2012). One century of arsenic exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. *The Science of the Total Environment*, 429: 2–35. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>
- Cachada, A., Rocha-Santos, T. & Duarte, A.C. (2018). Chapter 1 - Soil and Pollution: An Introduction to the Main Issues. *Soil Pollution*, pp. 1–28. Academic Press. (also available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128498736000017>).
- Cajamarca, D. (2012). Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos, 118.
- Calderón, J., & Benavides, A. M. (2022). Deforestación y fragmentación en las áreas más biodiversas de la Cordillera Occidental de Antioquia (Colombia). *Biota colombiana*, 23(1). 1-15. <http://www.scielo.org.co/pdf/biota/v23n1/2539-200X-biota-23-01-e210.pdf>
- Cárdenas, J.(2017). La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. *Revista Biosalud* 16(2): 5-6. DOI: 10.17151/biosa.2017.16.2.1

- Cárdenas, J., & San Román, L. (2016). *Buenas prácticas para el desarrollo de agricultura sostenible y afrontar el cambio climático* (No. IICA P40). Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba (Costa Rica).
- Casasola, F; Villanueva, C. (2015). Buenas prácticas para la mitigación al cambio climático de los sistemas de producción de leche en Costa Rica CATIE. Serie Técnica Manual Técnico No 129.
- CATIE. (1986). *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos*. San José, Costa Rica.
- Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y ambiente CeIBA, (2018). *Planteamiento estratégico para la política ambiental y el desarrollo sustentable 2019-2025*.
- CEPAL (Comisión Económica Para América Latina). (2003). *Mercados de tierras agrícolas en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, Chile.
- Chaves, E; Fonseca W. (1991). Ciprés: *Cupressus lusitanica* Mill.: especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie técnica. Informe Técnico. CATIE.
- Comisión Nacional de Energía (CNE) (2006). *Guía del Mecanismo del Desarrollo Limpio para Proyectos de Sector Energía en Chile*. ISBN: 155806.
- Congreso de Colombia, (22/diciembre/93). *Ley 99 de 1993 Creación del Ministerio de Medio Ambiente y Sistema Nacional Ambiental*. República de Colombia. Bogotá, Colombia.
- CONPES (2020). *Concejo Nacional de política económica y social. Política Nacional para el control de la deforestación y la gestión sostenible de los bosques*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4021.pdf>
- Conservación de la Biodiversidad en predios productivos, (2014). *Exención predial pro-conservación. Guía metodológica para su aplicación en municipios*. Bogotá.
- Constitución Política de Colombia (1991). Artículos 287, 294, 313, 317, 338, 363.
- Corlay-Chee, L., Hernández-Tapia, A., Robledo-Santoyo, E., Gómez-Tovar, L., Maldonado-Torres, R., & Cruz-Rodriguez, J.-A. (2011). 12790 - Calidad microbiológica de abonos orgánicos. *Cuadernos de Agroecología*, 6(2), 2-4.



- De Miguel, Á., Lado, J. J., Martínez, V., Leal, M., & García, R. (2009). El ciclo hidrológico: experiencias prácticas para su comprensión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(1), 78-85.
- Díaz, A. P., Hernández, N. C., Muñoz-Moreno, D., Olaya-González, W. R., Perilla-Castro, C., Sánchez-Ojeda, F., & Sánchez-González, K. (2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 11(1), 84-116.
- Dixon J., Gulliver A., & Gibbon D. (2001). Compendio Sistemas de Producción Agropecuaria y pobreza: *Como mejorar los medios de subsistencia de los pequeños agricultores en un mundo cambiante*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ac349s.pdf>
- Echarri Primm, L. (1998). Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Libro electrónico. Universidad de Navarra.
- Erazo Chávez, S. K. (2020). Valoración económica ambiental del recurso aire en el sector rural del cantón Riobamba.
- FAO. (2011). Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. *La Seguridad Alimentaria: Información Para La Toma de Decisiones*, 1–4.
- FAO. 2015. *FAO statistical pocketbook (2015). world food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics.
- FAO, FIDA, UNICEF, PMS, WPF, & OMS. (2018). El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición (FAO). <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3146-2>
- Farfán, V., F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Manizales, Caldas (Colombia): Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - CENICAFE, 342 p. https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforester%C3%ADa_y_sistemas_agroforestales_con_caf%C3%A9.pdf
- FEDEGAN - FNG (Federación Colombiana de Ganaderos – Fondo Nacional del Ganado) (2019). *Coyuntura Ganadera, Oficina de planeación y estudios económicos*. Recuperado en <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/documentos-de-estadistica>



FONCODES. (2014). Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. *Producción Y Uso de Abonos Orgánicos: Bio, Compost Y Humus*, 9–20.

Funded by UK Government (2020). Analisis politico y economico de la deforestación en regiones afectadas. <https://foronacionalambiental.org.co/wp-content/uploads/2020/05/AnalisisDeforestacionKPMG.pdf>

García, M. E. (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11 (2), 161-168. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a13>

García, J; Cipagauta, M; Gómez, J. & Gutiérrez; J. (2002). *Descripción, especialización y dinámica de los sistemas productivos agropecuarios en el área intervenida del departamento del Caquetá*. Regional 10 – PRONATTA Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Florencia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.

Garzón Bravo, D. C., y López Moncayo, A. D. (2017). *Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas producción implementados por la Asociación Agropecuaria de Timbio (Cauca)*. (Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente, Universidad de Manizales). Recuperado de <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/3655>

Gómez Álvarez, Regino. Huerta Lwanga, E. (2015). El abono en la base de los cultivos orgánicos. *Ecofronteras*, 18–20.

González, M. (2012) *Pagos por Servicios Ambientales en la Lucha contra la Desertificación: Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales*. Madrid, España: Académica Española.

González, Á. & Riascos, E. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por Servicios Ambientales. *Gestión y Ambiente*. 10(2). Pp. 129–144.

Gutiérrez, B. (2003). Primer Capítulo del Libro “Diagnóstico y Diseño Participativo en Sistemas Agroforestales, Cundinamarca-Colombia.

Herrán, F., Sañudo, J. A., Torres, R. R., Rojo, M. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57–67. Retrieved from <http://redalyc.org/articulo.oa?id=46140104>



- Herrero, O., Martín, JP, Freire, PF, López, LC, Peropadre, A. y Hazen, MJ (2012). Evaluación toxicológica de tres contaminantes de preocupación emergente mediante el uso de la prueba *Allium cepa*. *Investigación de mutaciones / toxicología genética y mutagénesis ambiental*, 743 (1-2), 20-24.
- Huxley, P.A (Ed.) (1983). The tree crop interface. *In*: Methodology for the Exploration and assessment of multipurpose trees. Section four, part 4D. 1-39 p. ICRAF, Commonwealth Forestry Institute and the Board of Science and Technology for International Development (Bostid).
- Ibrahim, M.; Guerra L.; Cansola, F. & Neely C. (2010). Importance of silvopastoral systems for mitigations of climate change and harnessing of environmental benefit, chapter X. Grassland carbón sequestration management, policy and economics.
- ICONTEC. (2011). *Productos para la industria agrícola. Productos Orgánicos usados como abonos o fertilizante y enmiendas o acondicionadores de suelo. Instituto colombiano de Normas Técnicas y certificación (ICONTEC)*. Incentivos-para-la-conservacion-de-tierras-privadas-en-america-central?Itemid=21
- IDEAM, I. D. (2015). Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia 2015. *Bogotá DC-Colombia: IDEAM*.
- IDEAM. (2018). Reporte de Avance de Estudio Nacional del Agua. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023846/Avance_ENA.pdf
- IDEAM, MADS & DNP. (2016). Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero-Colombia. *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá DC*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (1993) Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento del Caquetá. Estudios en la Amazonia colombiana. IGAC, TROPENBOS.
- Iglesias, J. M., Funes, F., Toral, O. C., Simón, L., & Milera, M. (2010). Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. Apuntes para el conocimiento Agrosilvopastoral designs in the context of developing a sustainable livestock production. Notes for knowledge. *Pastos y Forrajes*, 33(4). <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v34n3/pyf01311.pdf>

- IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas). (2019). *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz y H. T. Ngo (eds.). Bonn, Alemania, IPBES secretariat (por sus siglas en inglés). www.ipbes.net/global-assessment.
- Machado Maturana, M. (2016). Plan estratégico: “fundación para la protección conservación y vigilancia de los recursos naturales del sur del Valle-funecorobles”.
- Maderey, L. E., & Román, J. (2005). Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. UNAM.
- MADS & PNUMA (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible & Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). (2014). *V Informe nacional de biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica*, Bogotá, Colombia
- MADS Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Política para la gestión sostenible del Suelo. Tomado de: http://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf
- Martínez, L. J. (2002). Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. *Soil & Tillage research*. 75(1). Pp. 3-18
- Martínez, R. (2008). Sistemas de Producción agrícola sostenible. *Tecnología en Marcha* 22(2), 23-39. Recuperado de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/114
- Martínez, E., & Carbonell, M.V., Flórez M. & Maqueda González, María Rosario (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (4),14-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231117588003>
- Mejías Esquivel, R. (2000). Incentivos por la conservación de tierras privadas en América.
- Mikán, J. F., & Castellanos, D. E. (2004). Screening para el aislamiento y caracterización de microorganismos y enzimas potencialmente útiles para la degradación de celulosas y hemicelulosas Screening for isolation and characterisation of microorganisms and enzymes with usefull potential for degra. *Revista Colombiana De Biotecnología*, VI (1), 58–71.



- Milera, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 7-24. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83728497002.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment (Program). (2005). *Ecosystems and human well-being*. Washington, D.C: Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. (2016). Política para la gestión sostenible del Suelo. Tomado de: http://www.andi.com.co/Uploads/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FIN AL.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Decreto 1007 del 14 de junio de 2018. Por el cual se modifica el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Avance Estudio Nacional de Aguas ENA. Recuperado de: http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/LdWW0ECY1uxz/content/ministerio-de-ambiente-e-ideam-presentan-el-avance-del-estudio-nacional-del-agua-ena-2018-
- MinAmbiente, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020), Informe de seguimiento de políticas públicas ambientales. Recuperado de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_de_Seguimiento_de_PoliticasyPublicasAmbientales_I_corte_2020.pdf
- Muñoz, J. (2007). *Contribución a la sostenibilidad de los núcleos familiares asentados en fincas del piedemonte amazónico colombiano*. (Tesis Doctoral) Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, La Habana, Cuba.
- Murgueitio, E.; Ibrahim M; Ramírez E; Zapata A; Mejía C; Casasola F. 2003. Usos de la tierra en fincas ganaderas. Guía para el Pago de Servicios Ambientales en el Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. CIPAV, Cali, Colombia. 2 Ed.
- Murray, K. E., Thomas, S. M., & Bodour, A. A. (2010). Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environmental pollution*, 158(12), 3462-3471. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749110003477>

- Musálem-Santiago, M.á. (2002) Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. [Impact of Livestock Systems on the Physical, Chemical and Biological Characteristics of Soils in the Andes of Colombia.] Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 8, 91-100.
- Nair, P.K.R (1985). Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems.3: 07-128. Martinus Nijhoff publishers. The Netherlands.
- Nahed, T. J.; García, B. L.; Mena, Y. and Castel, J. (2006). *Use of indicators to evaluate sustainability of animal production systems*. Options Méditerranéennes. Serie A. 70:205-211.
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito – UNODC (2012). Contribución de los programas familias guardabosques y proyectos productivos a la mitigación del cambio climático “*Captura y almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosques natural*”. ISBN: 978-958-99962-6-3
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre: actualización mundial 2005 (No. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02).
- ONU (2020). Informe sobre la brecha en las emisiones del 2020. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34438/EGR20ESS.pdf?sequence=35>
- Pardo Rozo, Y. Y. (2022). Valoración del servicio ecosistémico regulación hídrica en el Piedemonte Amazónico, Caquetá, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1608>
- Pardo, Y., Velásquez, J. E., Andrade, M.C. (2016). “Experiencias investigativas desde la Amazonia colombiana para la construcción de políticas contra el cambio climático: Pagos por Servicios Ambientales”, Sotavento MBA, 28, pp. 84-93. <http://dx.doi.org/10.18601/01233734.n28.09>
- Peters M; Franco LH; Schmidt A; Hincapié B. 2011. Especies forrajeras multipropósito. Opciones para productores del trópico americano. 212 p. Disponible en <http://hdl.handle.net/10568/54681>

- Peters, M., Herrero, M., Fisher, M., Heinz, K., E., Rao, I., Subbarao, G., Castro, A., Arango, J., Chará, J., Murgueitio, E., Van Der Hoek, R., Läderach, P., Hyman, G., Tapasco, J., Strassburg, B., Paul, B., Rincón, A., Schultze-Kraft, R., Fonte, S. and Searchinger, T. (2013). Challenges and opportunities for improvising eco-efficiency of tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura CIAT.
- Poulsen (1979). Integrating agriculture and forestry. Perth, Australia.
- Quiroz, E., Tibatá, R. Villamil, C. (2014). Evaluación de la sostenibilidad de unidades productivas agropecuarias en los municipios de Chivatá, Socará y Tinjacá (Boyacá). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10596/2520>
- Ramírez, B; Estrada, C.A; Rodriguez, G; Muñoz, J. & Guayara, Á. (2004). *Aporte al conocimiento y sostenibilidad de la Amazonia Colombiana*. Santiago de Cali, Colombia: FERIVA
- Restrepo, R., & Ramírez, R. (2006). Evaluación de la aplicación del abono tipo bocashi en las propiedades físicas de un suelo degradado del municipio de marinilla, Antioquia. *Universidad Nacional de Colombia - Medellín*, 24.
- Rizo-Mustelier, M., Vuelta-Lorenzo, D.R., & Lorenzo-García, A.M. (2017). Agricultura, desarrollo sostenible, medioambiente, saber campesino y universidad. *Ciencia en su PC*, 2(abril-junio), 106-120.
- Roucoux, K. H.; Lawson, I. T.; Baker, T. R.; Del Castillo Torres, D.; Draper, F. C.; Lähteenoja, O.; Gilmore, M. P.; Honorio-Coronado, E. N.; Kelly, T. J.; Mitchard, E. T. A.; Vriesendorp, C. F. (2017). Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation: Tropical Peatlands. *Conservation Biology*, 31(6), 1283–1292. <https://doi.org/10.1111/cobi.12925>
- Rojas, V. (2009). Guía para la descripción de suelos (No. S591 G943). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Sánchez, T.; Lamela, L. y López, O. (2010). Efecto de la suplementación con residuos de destilería del maíz en el comportamiento de novillas en una asociación de gramínea y leucaena. *Pastos y Forrajes*. 33(323).

- Silva Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, F. J. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12(23), 13-34. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
- Soemarwoto, O. (1987). Home gardens: a traditional agroforestry system with a promising future. In: H.A Steppler and P.K.R Nair. (Ed.) pp.157-170.
- Soto, F. (2019). Los seres vivos y el ambiente: evolución y biodiversidad. Ministerio de Educación, Santiago de Chile. <https://epja.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/43/2019/06/Gu%C3%ADas-Ciencias-Naturales-M%C3%B3dulo-N%C2%B0-5-Evoluci%C3%B3n-y-biodiversidad.pdf>
- Stuart, M., Lapworth, D., Crane, E. y Hart, A. (2012). Revisión del riesgo de posibles contaminantes emergentes en las aguas subterráneas del Reino Unido. *Ciencia del medio ambiente total* 416, 1-21. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711013908>
- Swartjes, F.A., Rutgers, M., Lijzen, J.P.A., Janssen, P.J.C.M., Otte, P.F., Wintersen, A., Brand, E. & Posthuma, L. (2012). State of the art of contaminated site management in The Netherlands: Policy framework and risk assessment tools. *Science of The Total Environment*, 427–428: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.02.078>
- Tafur-Arango, O.; Hurtado, E. A.; Morales, J. M.; Fajardo, D.; Murgueitio, E. y Solarte, A. (2010). Sistemas silvopastoriles para producción de leche en el piedemonte amazónico de Colombia sin incremento de la deforestación. En: *Resúmenes. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos*. (Ed. Ibrahim, M. y Murgueitio, E.). Panamá.
- Tarazona, J.V. (2014). Pollution, Soil. *Encyclopedia of Toxicology*, pp. 1019–1023. Elsevier. (also available at <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123864543005315>).
- Tejo, P. (Coord) (2003). Mercado de tierras agrícolas en América Latina y el Caribe: Mercado de tierras agrícolas para América Latina. Santiago de Chile, Chile: Libro Comisión Económica para América Latina CEPAL - GTZ.
- Torquebiau, E. (1990). Los Conceptos De La Agroforestería: Una Introducción. ICRAF, Nairobi, Kenya.



- Trujillo, L; Cuellar, Y; Huaca, D; Velásquez, J y Suárez, J (2012). Caracterización de árboles dispersos en potreros y su efecto en la cobertura herbácea en pasturas del piedemonte amazónico colombiano. *Momentos de Ciencia* 9(1). Pp. 50-58.
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, UNESCO. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2021/en/previous-reports>
- Uribe F; Zuluaga AF; Valencia L; Murgueitio E; Zapata A; Solarte L; et al. 2011. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, Banco Mundial, Fedegan, CIPAV, Fondo Acción, The Nature Conservancy. Bogotá, Colombia.
- Valencia, C. (2018). Fauna silvestre en Colombia: entre la ilegalidad y las oportunidades del comercio internacional en la CITES. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* (55), 128 - 145.
- Vogelgesang, F. (1998). *Perspectivas sobre mercados de tierras rurales en América Latina: Tierra, mercado y estado. División del Medio Ambiente*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- Wang, H.; Takle, E.S. (1997) “Model-simulated influences of shelterbelt shape on wind-sheltering efficiency”, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 36(6): 695-704, ISSN: 1520-0450.
- Wang, H.; Takle, E.S.; Shen, J. (2001). “Shelterbelts and windbreaks: mathematical modeling and computer simulations of turbulent flows”, *Annual Review of Fluid Mechanics*, 33(1): 549-586. ISSN: 0066-4189.
- Watch, C. D. M. (2010). Manual del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). *Iniciativa Internacional de Protección del Clima, Del Ministerio Federal del Medioambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania*. Extraído de: https://carbonmarketwatch.org/wpcontent/uploads/2012/03/CDM-Toolkit_Espanol.pdf.
- Wilquen (1977). *Agroforestry: Classification and management*. New York
- Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payment for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234-243.



- WWAP/ONU-Agua (Programa Mundial de la UNESCO de Evaluación de los Recursos Hídricos, /ONU-Agua). 2018. *El Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Mundial del Agua 2018. Soluciones basadas en la naturaleza para el agua*. París, UNESCO. unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261424e.pdf.
- Yáñez, E., Ramírez, A., Núñez-López, V., Castillo, E., & Faaij, A. (2020). Exploring the potential of carbon capture and storage-enhanced oil recovery as a mitigation strategy in the Colombian oil industry. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 94(2020), 102938. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.102938>
- Young, A. (1989). El potencial de la Agroforestería para el uso sostenible del suelo. *Agroforestry today*. 1(1) 13-16. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25448/jvalenciacha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



CAPITULO 3

Dimensión económica de la sostenibilidad
y los sistemas agropecuarios

Capítulo III

3. Dimensión económica de la sostenibilidad y los sistemas agropecuarios

El concepto de sostenibilidad involucra el crecimiento económico, la calidad de vida y el bienestar social. Por ello los sistemas productivos rurales deberán ser rentables, en el sentido de que deben generar dinero que justifique el uso del suelo para la satisfacción de necesidades humanas vitales como nutrición, vivienda, salud, educación y convivencia. La dimensión económica y social de la sostenibilidad puede valorarse a partir de indicadores tales como el ingreso, la productividad, la rentabilidad, lo cual redundará en la calidad de vida y el bienestar social, variables que serán tratadas en el capítulo 4.

Este capítulo tiene por objetivo brindar las herramientas financieras necesarias para que los productores del campo puedan hacer un análisis de la rentabilidad de sus actividades productivas. De manera inicial se presentan los conceptos clave dentro de la evaluación de proyectos ganaderos como los tipos de ingresos, costos y gastos; de igual forma que se entiende por utilidad e inversión. Luego se presenta el flujo de fondos como herramienta que sintetiza la información financiera, así como las normas generales para su construcción en el contexto de la ganadería. Finalmente se presentan los indicadores que pueden ser aplicados para estimar la rentabilidad de la actividad pecuaria como los son el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Única de Retorno (TUR) y la Relación Beneficio Costo (RBC).

3.1. Evaluación económica de proyectos, conceptos básicos.

A continuación, se presentan los conceptos fundamentales de acuerdo con el análisis de la actividad productiva ganadera.

Ingresos operativos. De acuerdo con Horngren et al (2010) son montos que se obtienen mediante la entrega de bienes o servicios a los clientes. Los ingresos operativos hacen referencia a los valores monetarios recibidos por concepto de la actividad productiva. Representan el dinero recibido por el intercambio con los compradores de los productos ofrecidos, en este caso, por ejemplo, resultado de la venta de la leche o semovientes (terneros o vacas). Éstos ingresos deben ser registrados en el momento de tiempo que se esperan recibir independientemente del momento en que se causen (este supuesto será explicado más adelante).



Ingresos financieros. Son los ingresos recibidos por el productor resultado de inversiones de dinero como por ejemplo en el sistema financiero como Certificados de Depósito a Término (CDTs) o rendimientos de otros activos.

Costo. De acuerdo con Calleja (2011, p. 204) los costos son una serie de erogaciones hechas o por hacer hasta que un bien está listo para el fin al que se destina. Son desembolsos de dinero que el productor realiza para cubrir los pagos resultado de la actividad productiva. Para el análisis que se presenta en este documento se va a utilizar, entre otros, la clasificación de costos de inversión y costos de operación.

Hay que considerar que en cualquier proyecto que se emprenda se requiere hacer una inversión. En el caso de la empresa ganadera, la inversión es el resultado de la inmovilización de una disponibilidad monetaria actual, en activos empresariales de diferente naturaleza, con el objetivo de obtener una disponibilidad monetaria futura, es decir, la recuperación del capital más una rentabilidad esperada (Durbán, 2008, pag.48). Los costos de inversión, según Castro, Rosales & Rahal (2008), son los relacionados con la compra de activos fijos, activos nominales y capital de trabajo. Los costos de adquisición de activos fijos están representados por la compra de edificios y de terrenos. Los activos nominales hacen referencia a aquellos activos intangibles preoperativos como lo son la asistencia técnica, la transferencia de tecnología, y la capacitación necesarios en el momento antes de iniciar el proyecto productivo. Los costos de capital de trabajo hacen referencia al monto de recursos financieros necesarios para solventar el primer ciclo productivo del proyecto. Generalmente los costos de inversión están presentes al inicio del proyecto o inversión, sin embargo, es posible realizar reinversiones para ampliar la capacidad productiva o ampliar la cuota de mercado, por ejemplo. Los costos de inversión no son deducibles de impuestos de manera directa sino a través de las depreciaciones de los activos fijos (esto se aclarará más adelante).

Gastos. Se consideran gastos aquellos desembolsos de dinero vinculados con la actividad productiva pero que se consideran no recuperables y que tienen que ver con el desarrollo de las actividades habituales. Ejemplo de éstos podrían ser los gastos de servicios públicos como la energía y el servicio de teléfono.

Costos de operación: Los costos de operación son aquellos relacionados con el desarrollo del ciclo productivo del proyecto o inversión durante su tiempo de funcionamiento. En el caso de la actividad ganadera éstos pueden clasificarse como de producción, de venta, administrativos y financieros. Al interior de esta taxonomía puede existir una nueva categorización como por ejemplo en el caso de los costos de producción los costos de



mayordomía, compra de semillas para pastos, compra de medicamentos, elaboración de ensilaje, entre otros. Hay que tener en cuenta en el ejercicio de identificación de estos costos cuales son deducibles de impuestos y cuáles no.

Costos hundidos. Este tipo de costos son aquellos que ya han sido causados independientemente de la decisión de realizar la inversión o proyecto. Es decir, son costos que resultan inevitables, aunque se tome la decisión de no realizar la inversión o proyecto. En el caso de un proyecto de ampliación de la capacidad lechera, por ejemplo, el costo de la actual infraestructura de la finca debe ser considerado como un costo hundido o inevitable. Es así que este tipo de costos no deben incluirse en el análisis de la rentabilidad del proyecto o inversión.

Costos de oportunidad. Los costos de oportunidad hacen referencia al costo atribuido al sacrificio de oportunidades de inversión de algún activo del proyecto o inversión. Por ejemplo, si el propietario o productor agropecuario se enfrentara a un uso alternativo de la tierra como la producción de cacao, dada su experiencia también en esa actividad, tendría que analizar qué beneficios se sacrificarían al tomar la decisión de optar por la actividad pecuaria (Méndez, 2016).

Depreciación. De acuerdo con Mokate (p.56), la depreciación es la pérdida de valor de un activo por su uso o no uso durante su vida útil. La depreciación constituye la pérdida de valor del activo consecuencia de su uso, deterioro u obsolescencia (Serrano, 2007, p.80). Siguiendo a este autor, la depreciación no constituye un costo desembolsable dentro del flujo de caja, sin embargo, debe considerarse porque es un costo deducible de impuestos, es decir, hace que disminuya el valor de los impuestos a pagar.

Tasa de descuento (TD) o tasa de interés de oportunidad (TIO). Para el análisis de la rentabilidad de los proyectos de inversión es necesario considerar la tasa de descuento. Esta tasa representa el costo de oportunidad de los dineros invertidos en el proyecto, es decir, se considera que esta tasa refleja el costo de la mejor alternativa de inversión que se sacrifica al tomar la decisión de invertir en el proyecto. Para Castro et al. (2008, p. 15), la tasa de descuento (privada):

“...es la tasa que refleja el costo de oportunidad del dinero, el riesgo de mercado y la tasa de inflación desde una perspectiva privada, y sirve dentro de la evaluación del proyecto para descontar los flujos de beneficios y costos”.



Esta tasa, la cual considera el valor del dinero en el tiempo, es utilizada para calcular los indicadores de rentabilidad financiera del proyecto de inversión. De acuerdo con los mismos autores, la estimación de esta tasa de descuento o tasa de interés de oportunidad (TIO) varía dependiendo si el proyecto de inversión es financiado o no. Para el caso de proyectos que utilicen financiación, hay que tener en cuenta que cada emprendedor o inversionista tiene su propia TIO, las cuales están relacionadas de acuerdo con su portafolio de alternativas de inversión particulares y sus rentabilidades esperadas.

Sin embargo, considerando el funcionamiento del mercado de capitales, la mayoría de inversionistas cuenta con un valor o precio del dinero considerado libre de riesgo, el cual representa su disponibilidad a aceptar para invertir sus recursos (Éste representaría su TIO) (Calderón et al., 2016). Así, de esta manera, la estimación de la TIO del emprendedor o inversionista, comprende dos momentos. El primer momento corresponde a la estimación de los recursos propios, para lo cual se sugiere construir un flujo de fondos con financiación (más adelante se presenta su estructura). El Flujo de Fondos Neto (FFN) representa la inversión propia y las ganancias netas período a período que se generarán con el proyecto.

Posteriormente, en un segundo momento, se procede a estimar la TIO, considerando los siguientes elementos:

-El primer factor está representado por la tasa de mercado considerada “libre de riesgo”. De acuerdo con Castro et al. (2008), esta tasa estará representada por la tasa de los bonos del tesoro de los Estados Unidos.

-El segundo factor de la TIO es la prima libre de riesgo, la cual se refiere al riesgo no diversificable de la inversión, comprendido este como la varianza entre los retornos obtenidos y los esperados.

De la misma manera el valor esperado de la prima de riesgo se divide en dos: el valor esperado de la prima de riesgo ($\beta_1(r_m - r_f)$) y el valor esperado del riesgo país, el cual está vinculado a la actividad empresarial. Retomando lo planteado anteriormente, la forma de estimar la TIO (privada) para proyectos con financiación sería la presentada en la ecuación 1.



$$TIO = r_f + \beta_1(r_m - r_f) + \beta_2(P_{riesgo\ país}) \text{ Ecuación 1.}$$

donde,

r_f : tasa libre de riesgo.

r_m : tasa de interés del mercado.

$(r_m - r_f)$: prima de riesgo de la actividad productiva o negocio.

β_1 : beta de prima por riesgo de mercado.

$P_{riesgo\ país}$: prima de riesgo país.

β_2 : beta de prima por riesgo país.

Esta TIO sería una tasa efectiva a precios corrientes, por tanto, si se utiliza un Flujo de Fondos Constantes tendría que calcularse una tasa real así (ecuación 2):

$$(1 + TIO_{Real}) = \frac{(1+TIO)}{1+inflación} \text{ Ecuación 2.}$$

Si el proyecto no cuenta con financiamiento, de acuerdo con los mismos autores, el costo del capital de los recursos totales se utiliza como aproximación de la TIO sin financiación (TIO_{sf}). De tal forma que dicha tasa dependerá de los costos financieros de los recursos y su proporción con respecto al total del monto de la inversión.

De igual manera habría dos momentos para su estimación. El primer momento hace referencia a la construcción del flujo de fondos puro para determinar el monto de la inversión y los saldos respectivos en cada período (la estructura del flujo de fondo puro se presenta más adelante). Se considera que la fuente de los recursos y sus costos dependen si son propios o externos. Para Castro et al (2008), el cálculo de la TIO sin financiación se realizaría de la siguiente manera (ecuación 3):

$$TIO_{sf} = (1 - \sum_{i=1}^n \alpha_i) \times TIO_{recursos\ propios} + \sum_{i=1}^n (\alpha_i \times CC_i) \text{ Ecuación 3.}$$

Donde,



α_i : porcentaje de los recursos provenientes de crédito.

CC_i : costo de cada fuente de recursos externos.

$TIO_{recursos\ propios}$: costo de los recursos propios.

De igual manera esta tasa está expresada en términos corrientes. Su expresión como una tasa real sería así (ecuación 4).

$$(1+TIO_{Real}) = \frac{(1+TIO_{st})}{1+inflación} \quad \text{Ecuación 4.}$$

3.2. Consolidación de la información productiva: El Flujo de Fondos.

La información relativa a los ingresos, costos y gastos se deben resumir en una herramienta que permita hacer el registro en el momento se espera ocurran y partir de allí derivar en el uso de indicadores de rentabilidad para medir la utilidad esperada. Esa herramienta es el flujo de fondos.

Para la construcción del flujo de fondos es necesario considerar dos supuestos. El primero es que se utiliza contabilidad de caja. Esto quiere decir que los ingresos, costos y gastos se deben registrar en el momento en que efectivamente se espera se realicen. Se asume que éstos suceden en el mismo momento dentro del período de análisis utilizado para construir el flujo.

Por ejemplo, si en el proyecto o inversión se espera recibir el pago por la leche cruda vendida, para el análisis, éste ingreso se debe registrar en el momento de tiempo en el cuál se espera generar la entrada del dinero. Si se ha proyectado analizar la inversión en períodos mensuales se asumen que los ingresos, costos y gastos se generan el último día del mes (esto con el propósito de considerar el valor del dinero en el tiempo). Para la construcción del flujo de fondos de la inversión hay que considerar los siguientes aspectos:

- Generalmente se considera un período en el cuál se hacen las inversiones, la preparación y alistamiento del personal entre otras actividades consideradas preoperativas. Éste período es considerado el período cero. Aquí la inversión o el proyecto no se ha activado.



- Se debe utilizar una unidad de tiempo acorde con la actividad productiva como horizonte de evaluación, es decir, semanas, meses, bimestres, trimestres, etc.
- Como ya se dijo, se utiliza contabilidad de caja (se registran las entradas y salidas de recursos financieros en el momento que se van a generar) y no de causación.

Valor de salvamento de los activos. En el análisis de la inversión hay que considerar el valor de los activos al final del horizonte de evaluación. Se debe reconocer un valor residual de los activos fijos se puedan o no vender. Se puede comparar con el valor en libros (es decir, el valor que falta por depreciar del activo) y el valor comercial en el último período de evaluación (Sapag & Sapag, 2008).

- Si el valor comercial es mayor que el valor en libros, la diferencia (que sería una utilidad) está sujeta a impuestos, por lo tanto, se debe hacer el respectivo registro antes de aplicar el impuesto. El valor en libros del activo que se reconocería por la venta de este se registra después de impuesto dado que es una entrada de efectivo que no está sujeta a ese gravamen.
- Si el valor comercial que se espera recibir es menor que el valor en libros del activo, se genera una pérdida. El valor de la pérdida se registra como un costo deducible del impuesto de renta, pero al ser un costo no desembolsable se tendría que volver a sumar después de las ganancias netas.
- Si el valor comercial es igual al valor en libros, este valor se registra como un ingreso no gravable por la venta del activo, después de las ganancias netas.

A continuación, se presenta la estructura general del flujo de fondos cuando no hay financiación:

+	Ingresos gravables
Menos	Costos deducibles de impuestos (incluyendo la depreciación)
=	Ingreso neto Gravable
Menos	Impuesto de renta
Menos:	Otros costos no deducibles



Más: Ingresos y valores de salvamento no gravables
Más: Depreciación
Menos: Costos de inversión
= Flujo de fondos neto

Además, los flujos de fondos pueden clasificarse como flujo de fondos sin financiación y flujo de fondos con financiación. Los flujos de fondos sin financiación o puro es aquel que es financiado con los recursos propios del empresario agropecuario, mientras que el flujo de fondos financiado refleja que la actividad productiva sea financiada en parte con recursos externos, por ejemplo, a través de créditos con el sistema financiero. A continuación, se presenta la estructura general del flujo de fondos puro:

+ Ingresos de operación: resultado de la venta de productos y servicios

+ Ingresos financiero: producto de rendimiento de inversiones.

(-) Costos operacionales: resultado del desarrollo de las actividades.

(-) Depreciaciones

= INGRESOS GRAVABLES

(-) Impuesto de renta

+ Valores de salvamento gravables por venta de activos.

(-) Impuesto por venta de activos.

+ Ingresos no gravables.

(-) Costos de operación no deducible.

+ Valor en libros de activos vendidos

= GANACIAS NETAS

+ Depreciaciones

+ Valor de salvamento de activos no vendidos

(-) Costos de inversión.

(-) Inversiones financieras

=FLUJO DE FONDOS NETO



El flujo de fondos con financiamiento cuenta con la siguiente estructura:

+ Ingresos operacionales
+ Ingresos financieros
(-) Costos operacionales
(-) Intereses por créditos recibidos
- Depreciación
= GANANCIAS NETAS GRAVABLES
(-) Impuesto a la renta
+ Valores de salvamento por venta de activos.
(-) Impuesto a la utilidad por venta de activos.
+ Ingreso no gravable
(-) Costos de operación no deducible
+ Valor en libros por venta de activos
= GANANCIAS NETAS
+ Depreciaciones
+ Valor de salvamento de activos no vendidos
(-) Inversiones financieras
(-) Costos de inversión
+ Crédito recibido
(-) Abono a capital de créditos
= FLUJO DE FONDOS NETO

En el apartado 3.4 se desarrolla un ejemplo para ilustrar los conceptos hasta ahora revisados.

3.3. Indicadores financieros para el análisis de la rentabilidad

Los indicadores financieros a partir de un flujo de fondos en un panorama de tiempo determinado permiten evaluar la viabilidad de un proyecto o un negocio. Brindan la



información para tomar la decisión de realizarlo o no según su conveniencia. La viabilidad significa que el proyecto o negocio genera ganancias, utilidades o beneficios, que superan aquellos que podrían generarse en otras inversiones con menor esfuerzo.

Esta situación se le conoce como el costo de oportunidad de uso del dinero, es decir, la rentabilidad del proyecto o negocio frente a otras oportunidades de generación de utilidades en otros negocios diferentes o el valor de los intereses en el mercado bancario. Entre los más empleados se encuentran el Valor Presente Neto (VPN) también llamado valor actual neto; la tasa interna de rendimiento o retorno (TIR), la tasa única de retorno (TUR) y la relación beneficio – costo (RBC), Estas se describen a continuación.

Valor presente neto. Uno de los indicadores más utilizado para evaluar la rentabilidad de cualquier proyecto de inversión es el valor presente neto. Este consiste en descontar el Flujo de Fondos Neto (FFN) con la tasa de interés de oportunidad y traerlo a su equivalente a valor presente. Esto se logra aplicando la siguiente ecuación:

$$VPN = \sum_{t=0}^T \frac{BNt}{(1+Tio)^t} \text{ Ecuación 5.}$$

donde,

BNT: Es la diferencia entre los ingresos y costos del proyecto en cada período (período t).

t: Es el período de tiempo correspondiente a cada flujo de fondos neto.

T: último período de vida útil del proyecto u horizonte de tiempo.

Tio: Representa la tasa de interés de oportunidad del inversionista.

De acuerdo con Serrano (2007, p. 58) el valor presente neto “sería la magnitud adicional de valor a precios de la fecha cero, que el proyecto generaría respecto a las oportunidades convencionales que tienen un rendimiento igual a la tasa de interés de oportunidad”. Como establecen Vélez y Tham (2002, p.6) “lo que mide el VPN es el valor adicional que aporta una alternativa al valor de la empresa, después de haber recuperado la inversión y el costo del dinero”.

El Valor Presente Neto (VPN) refleja el valor, a pesos de hoy, de las diferencias entre los ingresos y costos del proyecto, por tanto, puede representar utilidades, pérdidas o igualdad entre ingresos y costos (en este caso el VPN será exactamente igual a 0). El VPN expresa en



términos monetarios la rentabilidad del proyecto de inversión. El criterio para tomar la decisión de inversión corresponderá cuando el VPN sea positivo. En el apartado 3.4 se presenta un ejemplo.

Tasa interna de retorno TIR. Representa la rentabilidad generada por el proyecto de inversión en términos porcentuales. Se puede definir como aquel valor de la tasa de descuento que hace que el valor de los ingresos y de los costos del proyecto sean iguales, es decir, es un valor crítico de la TIO, en donde el VPN es igual a cero.

Serrano (2007, p. 64) indica que la tasa interna de retorno representa “la rentabilidad de los fondos que realmente se encuentran invertidos en el proyecto. O la rentabilidad que el proyecto le permite generar a un peso, mientras el mismo se encuentre invertido en el proyecto”.

El cálculo de la TIR supone que los saldos positivos del flujo de fondos del proyecto se reinvierten en el mismo, es decir, se calcula la rentabilidad de los recursos mantenidos dentro del proyecto. Los criterios de decisión son los siguientes:

Si la TIR es mayor que la TIO, se debe invertir en el proyecto, por cuanto los ingresos son mayores que los costos del proyecto y el costo de oportunidad del dinero. Si la TIR es igual que la TIO, significa que los ingresos del proyecto son iguales a los costos (incluido el costo de oportunidad del dinero) y por tanto es indiferente invertir en el proyecto, es decir que da lo mismo invertir en el proyecto o a la TIO. Si LA TIR es menor que la TIO los costos superan a los ingresos obtenidos por tanto no se recomienda invertir en el proyecto.

El cálculo de la TIR corresponde al cálculo del valor de la TIO en la expresión del VPN así:

$$\sum_{t=0}^T \frac{BNt}{(1+Tio)^t} = 0 \quad \text{Ecuación 6.}$$

Dado que su cálculo de manera manual se complica cuando el número de períodos es mayor de dos se puede llegar a una aproximación a su valor mediante la aplicación de interpolación lineal.

A partir de la siguiente ecuación se puede calcular la TIR aproximada (Mokate, 2004; Méndez, 2016):



$$TIR^* = TIO2 - VPN2 \left\{ \frac{TIO2 - TIO1}{VPN2 - VPN1} \right\} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde,

TIO2: Es una Tio en donde el VPN es negativo.

TIO1: Es una Tio en donde el VPN es positivo.

VPN2: Es el valor del VPN calculado con la TIO2.

VPN1: Es el valor del VPN calculado con la TIO 1.

En el apartado 3.4 se presenta un ejemplo aplicado con el cálculo de la TIR.

Hay que mencionar que en el cálculo de la TIR en los flujos de fondos netos totalmente positivos o negativos, su valor es inexistente ya que por definición el VPN nunca será igual a 0. En los flujos donde hay cambios en el sentido de los flujos de fondos neto (es decir, pasa de positivo a negativo, o viceversa, de un período a otro) puede suceder igualmente que no exista un valor para la TIR o existen múltiples soluciones. Por tanto, en estos casos se sugiere calcular la rentabilidad a través del VPN.

Tasa Única de Retorno TUR. La tasa única de retorno, o TIR ajustada, trata de responder a los inconvenientes del cálculo de la TIR. Se asume que en este caso los flujos excedentes se reinvierten a la TIO y no a la TIR del proyecto. Los criterios para la toma de decisión son los mismos que se presentaron para la TIR.

Para el cálculo de la TUR, se calcula el Valor Futuro (VF) de los ingresos del proyecto para el último período de vida útil, así como el Valor Presente de todos los costos. La TUR es una tasa que establece la siguiente relación:

$$TUR = \left(\frac{VF}{VP} \right)^{\frac{1}{T}} - 1 \quad \text{Ecuación 8}$$

En el apartado 3.4 se presenta un ejemplo aplicado con el cálculo de la TUR.

Razón beneficio costo. Otra forma de identificar la rentabilidad del proyecto de inversión es a través de la razón o relación beneficio costo. En este caso se construye una razón en donde el numerador es el valor presente de los ingresos o beneficios (VPB) y el denominador



el valor presente de los costos (VPC), calculados, ambos, con la Tio del proyecto. A continuación, se presenta dicha expresión.

$$RBC = \sum_{t=0}^T \frac{Bt/(1+Tio)^t}{Ct/(1+Tio)^t} \quad \text{Ecuación 9}$$

donde,

Bt: es el valor presente de los ingresos.

Ct: es el valor presente de los costos.

El criterio aplicado a la toma de decisiones es el siguiente:

Si la RBC es mayor a 1, se recomienda invertir en el proyecto dado que los ingresos superan a los costos.

Si la RBC es menor a 1, no se recomienda invertir debido a que los costos del proyecto superan los ingresos.

Si la RBC es igual a 1 es indiferente invertir en el proyecto. El valor de los ingresos y los costos es idéntico.

En el apartado 3.4 se presenta un ejemplo aplicado con el cálculo de la RBC.

Período de recuperación. Mediante este indicador se trata de establecer el período de tiempo en el que se recupera la inversión inicial. También es conocido como el período de repago. De acuerdo con Veléz y Tham (2002, p.45), este indicador debe incorporar el valor del dinero en el tiempo. El Período de repago es entonces el tiempo en que se recupera la inversión inicial más los intereses generados por la Tio.

La expresión que se utiliza para su cálculo es:

$$PR = t \sum_{j=0}^t \frac{I_j}{(1+Tio)^j} = 0 \text{ cuando Tio es constante} \quad \text{Ecuación 10.}$$

ó

$$PR = t \sum_{j=0}^t \frac{I_j}{\prod_{j=0}^t (1+Tio_j)} = 0 \text{ cuando Tio es variable} \quad \text{Ecuación 11.}$$



Donde,

Ij: es la inversión en el período j

Tioj: es la Tio en el período j.

A continuación, se presenta un ejemplo desarrollado por Vélez y Tham (p. 46) (Tabla 6):

Tabla 6. Ejemplo de cálculo de período de recuperación descontado.

Período t	Flujo de Fondos Neto (FFN)	Inversión por recuperar al final del período	TIO	VPN acumulado en t
0		-40.110		-40.110
1	13.273	- 42.468	38,97%	-30.559
2	8.864	-50.063	38,76%	-25.962
3	1,075	-66.100	34,18%	-25.547
4	152.639	64.874	32,78%	18.884



Se parte de un FFN y una inversión inicial en el período 0. De igual forma se conocen las TIO para cada período. La inversión por recuperar (Inv. Por Rec) al final del período 1 se obtiene así:

$$Inv. por Rec = (-40.110 * 1,3897) + 13.273 = -42.468$$

El VPN acumulado se calcula en el período 1 descontando la inversión a recuperar por la Tio correspondiente así:

$$VPN acum. en t 1 = \frac{-42.468}{1,3897^1} = -30.559$$

Hay que tener en cuenta que como hay una TIO diferente para cada t se debe descontar, período a período, la inversión por recuperar para el cálculo del VPN acumulado correspondiente.

Se realizan los cálculos para cada período los cuales se presentan en el cuadro 1. Se puede observar que la inversión por recuperar cambia de signo en el período 4. Esto quiere decir que la inversión considerando el costo de oportunidad del dinero se recupera entre el período 3 y 4.

Los criterios financieros se cumplen de manera simultánea, la siguiente Tabla 7 resume la interpretación y resultados de los indicadores financieros para aplicar al proceso de toma de decisiones.

Tabla 7. Criterios de decisión con Indicadores Financieros del Flujo de Fondos

Indicador financiero	Sentido	Parámetro	Decisión
VPN	>	0	El proyecto es viable, genera beneficios
RBC	>	1	superiores a los costos y a las oportunidades
TUR	>	TIO	que tiene el dinero en su mejor uso alternativo
VPN	<	0	El proyecto no es viable, genera beneficios
RBC	<	1	inferiores a las oportunidades que tiene el
TUR	<	TIO	dinero en su mejor uso alternativo
VPN	=	0	El proyecto renta igual que otras
RBC	=	1	oportunidades que el inversionista puede
TUR	=	TIO	tener.



3.4. Ejercicio aplicado para la evaluación financiera y económica de un proyecto agropecuario.

Información. Un propietario y productor de un predio de ganadería lechera familiar va invertir en la ampliación de su producción lechera con la compra de 10 vacas. Cada semoviente tiene un costo de \$3'000.000. Cada vaca produciría en promedio 12 l.día⁻¹, con ordeño diario para 30 días al mes durante 10 meses. La leche se vende en promedio a \$1.100 el litro. Para la compra de los semovientes realizó un crédito a 5 años con una tasa de interés del 10 % E. A, con la cual paga una cuota fija cada mes. También tiene ingresos anuales por levante y ceba a partir de la venta de un promedio de 5 animales por año a un precio de \$2.500.000 por cabeza. El proyecto requiere hacer las siguientes inversiones:

Máquina de corte: \$ 2.500.000

Máquina de ensilar: \$1.200.000

Mejoramiento de establos: \$ 2.000.000

Bodega de almacenamiento: \$ 2.500.000

Vehículo de carga: \$ 13.200.000

Capital de trabajo: \$ 4.500.000

De igual manera se tendrán los siguientes costos de producción anuales:

Jornales: \$11.000.000

Insumos y suplementos: \$ 5.000.000

Semillas y pasturas \$ 2.000.000

Medicinas y vacunas (asistencia técnica): \$1.500.000

Fertilizantes y encalado: \$ 3.000.000

Costos de transporte: \$ 1.200.000

Impuesto predial: \$1.500.000



Solicitó un crédito para la compra de animales de \$ 15.000.000, el cual le genera una anualidad o cuota de crédito de banco anual de \$3.956.962 como se presenta en la Tabla 8 de amortización del crédito con una tasa del 10 % efectiva anual (E. A) pagaderos a 5 años.

Tabla 8. Ejemplo de amortización del crédito solicitado por el productor.

Monto:	15.000.000	Crédito
Tasa:	0,1	Efectivo anual
Cuota:	-\$ 3.956.962	Año vencido

Periodo	Cuota	Abono a capital	Interés	Saldo
0				15.000.000
1	\$ 3.956.962,21	\$ 2.456.962,21	1.500.000	12.543.038
2	\$ 3.956.962,21	\$ 2.702.658,43	1.254.304	9.840.379
3	\$ 3.956.962,21	\$ 2.972.924,28	984.038	6.867.455
4	\$ 3.956.962,21	\$ 3.270.216,70	686.746	3.597.238
5	\$ 3.956.962,21	\$ 3.597.238,37	359.724	- 0

La TIO para el productor es del 12 % efectivo anual (E.A.). Se analiza un horizonte de evaluación de cinco años de operación, se asume que el comportamiento en el año 1 al 5 se mantiene.

Construcción del flujo de fondos.

Los ingresos operacionales provienen de la venta de semovientes y de leche. Lo anterior deja como ingresos operativos por año (a partir del año 1 del proyecto) de \$36.000.000 para leche y 7.500.000 por venta de animales en pie. Respecto de los costos anuales se suman para obtener los costos operativos. En el caso de las inversiones, estas llevan signo negativo para el caso de los pagos y signo positivo en el caso del crédito. Con esta información, se construye el flujo de fondos (Tabla 9), el cual tiene la siguiente estructura:



Tabla 9. Flujo de fondos a precios constantes (en miles de pesos).

Concepto	Periodo 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
a. Ingresos operativos (1 + 2)		48.500	48.500	48.500	48.500	48.500
1. Venta de animales en pie		12.500	12.500	12.500	12.500	12.500
2. Venta de leche		36.000	36.000	36.000	36.000	36.000
b. Costos operativos (1+2+3+4+5+6+7+8)		34.157	34.157	34.157	34.157	34.157
1. Mano de obra		11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
2. Insumos para manejo de praderas		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
3. Sales y suplementos		5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
4. Semillas para pasturas		2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
5. Medicinas y vacunas		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
6. Fertilización o encalado		3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
7. Costos por transporte		1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
8. Intereses bancos		3.957	3.957	3.957	3.957	3.957
9. Impuesto predial		1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
c. Inversión (1+2+3+4+5+6)	55.900.000					
1. Compra de semovientes	- 30.000.000					
2. Maquinaria y equipo	-3.700.000					
3. Vehículos	-13.200.000					
4. Construcciones	-4.500.000					
5. Capital de trabajo	-4.500.000					
6. Crédito recibido	15.000.000					
d. Flujo de fondos neto (a - b - c).	-40.900.000	14.343	14.343	14.343	14.343	14.343

La TIO para el proyecto, se calcula teniendo en cuenta que existen recursos propios y recursos externos. La TIO para Recursos propios es del 12 % y la TIO de los recursos con el financiamiento es del 10 %. La inversión total fue de \$55.900.000. Los recursos propios para la inversión fueron de \$40.900.000 que equivalen al 73 % de la inversión total y con los recursos por el crédito de \$15.000.000 representa el 27 % de la inversión. Con ello se calcula la TIO del proyecto así:



$$TIO = 73 \% * 12 \% + 27 \% * 10 \% = 11,46 \%$$

Ahora se descuenta el flujo de fondos así, para hallar el valor presente neto VPN:

$$VPN = -40.900 + 14.343/[1+0,1146]^1 + 14.343/[1+0,1146]^2 + 14.343/[1+0,1146]^3 + 9.343/[1+0,1146]^4 + 9.343/[1+0,1146]^5 = \$11.503$$

Es decir que el $VPN > 0$ hace que el proyecto ganadero sea viable.

Para hallar la RBC se realiza la siguiente operación:

$$RBC = \text{El VPN Ingresos} / \text{VPN Costos}$$

Luego el VPN Ingresos es:

$$\text{VPN Ingresos} = 48.500/[1+0,1146]^1 + 48.500/[1+0,1146]^2 + 48.500/[1+0,1146]^3 + 48.500/[1+0,1146]^4 + 48.500/[1+0,1146]^5 = \$177.196$$

$$\text{VPN Costos} = -40.900 + 34.157/[1+0,1146]^1 + 34.157/[1+0,1146]^2 + 34.157/[1+0,1146]^3 + 34.157/[1+0,1146]^4 + 34.157/[1+0,1146]^5 = \$41.024$$

Luego la $RBC = \$177.196 / \$41.024 = 4,32$

Lo que indica que por cada peso desembolsado para costo e inversión, los ingresos son de 4,32 pesos. Como la $RBC > 1$, el proyecto ganadero es rentable.

En complemento al VPN y RBC, se calcula la Tasa Única de Retorno TUR en los flujos de fondos para conocer la rentabilidad propia del proyecto la cual se compara con la TIO. Es uno de los criterios más utilizados para los proyectos de inversión y financiamiento. Se define como la tasa de interés o descuento única y propia del proyecto. Donde VF es el valor futuro de los ingresos; VP es el valor presente de los costos; i es la tasa de interés de oportunidad TIO, n es el periodo de tiempo t acorde a la tasa de descuento. El criterio indica que el proyecto será viable si la TUR supera la TIO y no será viable si la $TUR < TIO$.

$$TUR = \left[\frac{VF \text{ Ingresos}}{VP \text{ Costos}} \right]^{1/t} - 1 = \left[\frac{\sum_t^1 \text{Ingresos} * (1+i)^n}{\sum_t^0 \frac{\text{Costos}}{(1+i)^n}} \right]^{1/t} - 1$$



Ahora para hallar la TUR se halla el Valor Futuro de los Ingresos y se divide por el VPN de los costos:

$$\begin{aligned} \text{VF Ingresos} &= 48.500*[1+0,1146]^1 + 48.500*[1+0,1146]^2 + 48.500*[1+0,1146]^3 \\ &+ 48.500*[1+0,1146]^4 + 48.500*[1+0,1146]^5 = \$339.757 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VPN Costos} &= -40.900 + 34.157/[1+0,1146]^1 + 34.157/[1+0,1146]^2 + 34.157/[1+0,1146]^3 \\ &+ 34.157/[1+0,1146]^4 + 34.157/[1+0,1146]^5 = \$41.024 \end{aligned}$$

$$\text{Entonces TUR} = [339.757 / 41.024]^{(1/5)} - 1 = 0,5263 = 52,63 \%$$

Como 52,63 % > 11,46 % el proyecto ganadero es rentable.



Referencias bibliográficas

- Calderón, V., Suárez, J., Rico, A., Ángel, Y., & Rojas, L. (2016). *Análisis de rentabilidad de diferentes sistemas productivos para la Amazonía Colombiana*. Florencia, Caquetá: Universidad de la Amazonia.
- Castro, R., Rosales, R. & Rahal, G. (2008). *Metodologías de preparación y evaluación de proyectos de inversión pública: con ayuda de planillas parametrizadas*. Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
- Méndez, R. (2016). *Formulación y evaluación de proyectos. Enfoque para emprendedores*. Bogotá: Ecoediciones. 478p.
- Mokate, K. (2004). *Evaluación financiera de proyectos de inversión*. Segunda Edición. Alfaomega.
- Horngren, C., Harrison, W., & Oliver, S. (2010). *Contabilidad*. Octava edición. Pearson Educación, México, 2010.
- Durbán, S. (2008)., *Dirección Financiera*. Mcgraw-hill/interamericana de España, S. A. Madrid.
- Calleja, F. *Contabilidad 1*. (2011). Primera edición. Pearson Educación. México.
- Sapag, N. y Sapag, R. (2008) *Preparación y evaluación de proyectos*. 4ta edición. Bogotá, D. C., Colombia. McGraw-Hill interamericana.
- Serrano, J. (2007). *Matemáticas financieras y evaluación de proyectos*. Ediciones Uniandes-Alfaomega. Bogotá Colombia.
- Vélez, I., Tham, J. (2002). *La medición del valor y del costo del capital en la empresa*. Facultad de administración. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.



CAPITULO 4

Dimensión social de la sostenibilidad
en sistemas agropecuarios

Capítulo IV

4. Dimensión social de la sostenibilidad en sistemas agropecuarios

El concepto de sostenibilidad en el componente social involucra la calidad de vida y el bienestar para generaciones presentes y futuras. El desarrollo sostenible deberá garantizar la satisfacción de necesidades humanas vitales como nutrición, vivienda, salud, educación y convivencia. La dimensión social de la sostenibilidad puede valorarse a partir de indicadores tales como indicadores de pobreza, niveles educativos, generación de empleo, entre otros.

4.1. Medición de la pobreza multidimensional.

La pobreza es una variable multidimensional cuya definición desde el punto de vista económico se ha relacionado con las carencias o necesidades de los hogares para poder subsistir en condiciones consideradas como dignas. Spicker (1999) encontró doce sentidos específicos de interpretación del concepto de pobreza algunos de ellos superpuestos y otros excluyentes. Una de esas definiciones está vinculada con la ausencia de bienes y servicios materiales, es decir, con la existencia de necesidades las cuales cambian con el tiempo y en el espacio.

Organismos como las Naciones Unidas han definido la pobreza como “la condición caracterizada por una privación severa de necesidades humanas básicas, incluyendo alimentos, agua potable, instalaciones sanitarias, salud, vivienda, educación e información. La pobreza depende no sólo de ingresos monetarios sino también del acceso a servicios” (ONU, 1995, p. 57). Esta definición es coherente con el enfoque de necesidades identificado por Spicker.

La pobreza se ha convertido en un problema de interés para la comunidad internacional, tanto así que su reducción ha sido planteada por la Organización de las Naciones Unidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para analizar la situación de pobreza en la población objeto de investigación es necesario aclarar algunas definiciones y metodologías de medición. La literatura en economía ha identificado tres posturas alrededor del término pobreza (Ortiz, B. y Núñez, V., 2019, p. 266). La primera hace alusión al enfoque utilitarista, es decir, que la pobreza está asociada con el acceso a consumo de determinados bienes. Los hogares entonces deben acceder a una canasta de consumo para considerarse “no pobres”. Un segundo enfoque es el de “capacidades”. Bajo este enfoque se propone que el bienestar –



lo contrario a la pobreza- está determinado por las “capacidades” que son actividades que se pueden realizar sobre diferentes objetos (Sen, 1984). Un último enfoque es el subjetivo en el cual se considera que cada persona es capaz de emitir un juicio acerca de su propio bienestar a través de su experimentación de acuerdo con sus condiciones (enfoque de bienestar subjetivo).

A partir de estas tres posturas se fundamentan los enfoques de medición de la pobreza: directo, indirecto y subjetivo. En el método indirecto un individuo es considerado como pobre si los recursos económicos con los que cuenta no le permiten solventar sus necesidades consideradas como básicas, en una clara relación con el enfoque utilitarista. El método directo de medición de la pobreza se asocia de manera directa con conjunto de necesidades básicas bajo un umbral, relacionándose así con un enfoque de capacidades. La medición subjetiva propone una evaluación por parte de la persona de su condición de pobreza relacionado con el nivel de bienestar individual percibido (enfoque de bienestar subjetivo) (Ortiz y Núñez, 2019).

La adopción de una perspectiva multidimensional de medición de la pobreza dentro del método directo surge debido a la necesidad de apreciación de las condiciones de vida de la población, así como de sus capacidades reales (Sánchez, R., Maturana, L., Manzano, L., 2020). El DANE ha adoptado uno de las maneras para medir la pobreza de manera multidimensional, incluyendo en el análisis 5 dimensiones que agrupan 15 variables con un umbral de 1/3 para clasificar a un hogar como pobre.

De acuerdo con López (2019, p.61) la explicación del detrimento del sector rural, y por tanto su condición de pobreza en un país como Colombia, obedece a un desbalance en el favorecimiento de política pública hacia el sector urbano. Éste desbalance es denominado como sesgo urbano. Esta teoría plantea que las ciudades son receptoras de inversión, gracias a la injerencia política y económica, para la promoción de la industria, mientras que el sector rural adolece de una política pública para el desarrollo de las familias rurales.

De acuerdo con el Banco Mundial, la mayor concentración de la pobreza se encuentra en las zonas rurales: el 80 % de los pobres se encuentran en estas regiones. De igual forma este informe señala que el 64% de los pobres se dedican a la agricultura. Según el DANE (2020) las dimensiones incluidas en la construcción del IPM son las siguientes:

i. Educación. La privación se mide a través de: Bajo logro educativo: Si el promedio educativo de los miembros del hogar es menor a 9 años. Hay privación también si el hogar

no tiene población mayor a 15 años. Analfabetismo: Si por lo menos una persona mayor a 15 años no sabe leer ni escribir. Hay privación también si el hogar no tiene población mayor a 15 años.

ii. Condiciones de niñez y juventud. La privación depende del rezago escolar, la inasistencia, cuidados en la primera infancia y el trabajo infantil. Rezagado escolar: Si hay por lo menos una persona entre 7 y 17 años en la siguiente condición:

- Tiene 7 años y no tiene al menos un año de educación.
- Tiene 8 años y no tiene al menos dos años de educación.
- Tiene 9 años y no tiene al menos tres años de educación.
- Tiene 17 años y no tiene al menos once años de educación.

La inasistencia escolar: Si hay por lo menos un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa.

Acceso a servicios de cuidado a la primera infancia: Si al menos un niño entre 0 y 5 años no se encuentra afiliado a una entidad de seguridad social en salud; pasa la mayor parte con su padre o madre en el trabajo; en casa solo, o se encuentra al cuidado de un pariente menor a 18 años; asiste a un jardín, pero no recibe desayuno o almuerzo gratuito o por pago simbólico. También se considera privado un hogar si el niño en ese rango de edad, no asiste a una institución educativa o está estudiando, pero no recibe almuerzo o refrigerio gratuito.

Trabajo infantil: Si hay por lo menos un niño entre 12 y 17 años que responde afirmativamente a las siguientes preguntas.

- ¿En qué actividad ocupó la mayor parte del tiempo la semana pasada?
- Además ¿realizó la semana pasada alguna actividad paga?
- ¿Tiene algún trabajo o negocio por el que recibe ingresos?
- ¿Trabajó la semana pasada en un negocio familiar por una hora o más sin que le pagarán?

iii. Salud. Aseguramiento en salud: Si hay por lo menos una persona mayor de 5 años sin aseguramiento a una entidad de seguridad social en salud. Barreras de acceso dada una necesidad: Si hay por lo menos una persona que frente a una enfermedad, accidente,

problema odontológico o cualquier otro problema de salud, surgido en los últimos 30 días, no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapeuta o institución de salud.

iv. Trabajo. La privación se mide teniendo en cuenta el nivel de desempleo y la población económicamente activa con empleo formal. Desempleo de larga duración: Si hay por lo menos una persona dentro de la Población Económicamente Activa (PEA) que ha estado buscando trabajo por más de 12 meses. Hay privación también si el hogar está compuesto exclusivamente por personas pensionadas o el hogar no tiene PEA. Empleo formal: Si el número de PEA (mayores de 18 años y no desempleados de larga duración) son diferente al número de empleados formales. Se priva al hogar si no hay personas que pertenezcan a esta PEA.

v. Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos. Se observan las privaciones a partir de los servicios de agua, alcantarillado, condiciones de la vivienda y hacinamiento.

Acceso a fuente de agua mejorada: Si el hogar es urbano hay privación si la vivienda no tiene servicio público de acueducto. Si el hogar es rural hay privación cuando el agua para preparar los alimentos se obtiene de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero o agua embotellada o en bolsa.

Inadecuada eliminación de excretas: Si el hogar es urbano se considera privado si tiene servicio público de alcantarillado. Si el hogar es rural hay privación si tiene inodoro sin conexión, bajamar o no tiene servicio sanitario.

Material inadecuado de los pisos: Hay privación si los pisos son en tierra.

Material inadecuado de las paredes exteriores: Si el hogar es urbano se considera privado si el material de las paredes exteriores es de madera burda, tabla, tablón, guadua, otro vegetal, zinc, tela, cartón, desechos o no tiene paredes. Si el hogar es rural se considera privado el material de las paredes exteriores es de guadua, otro vegetal, zinc, tela, cartón, desechos o no tiene paredes.

Hacinamiento crítico: Si el hogar es urbano esta privado si el número de persona por cuarto es mayor o igual a tres personas. Si el hogar es rural esta privado si el número de personas por cuarto es mayor a tres personas

Posteriormente, una vez se tienen los datos de la población se procede a construir una matriz de privaciones por hogar teniendo en cuenta la existencia de privación o no. Luego se procede a construir una matriz con las ponderaciones dentro de cada dimensión. El IPM se calcula a través de la suma ponderada de la matriz (por hogar). De acuerdo con esta metodología un hogar se clasifica como pobre si el valor del índice ponderado es igual o superior a 5/15.

4.2. Medición de la pobreza Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas NBI.

Uso del NBI como indicador de la pobreza. De acuerdo con el enfoque de necesidades, la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2001) propone el INBI (Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas) como indicador que mide la pobreza de manera directa al identificar como pobres a aquellos hogares cuyo consumo no permite alcanzar la satisfacción de necesidades consideradas como básicas. Dentro de estas necesidades se encuentran: Las condiciones de la vivienda, el acceso a servicios de acueducto y disposición de excretas, dependencia económica, la asistencia escolar de los niños y el nivel educativo.

Este indicador es agregativo y clasifica a los hogares como pobres y no pobres (si a todas las necesidades se les otorga igual ponderación, el rango de posibles valores del NBI está entre 1 y 5). Dentro de los hogares pobres se hace una distinción: pobres y pobres extremos (o en condición de miseria). Los hogares pobres son aquellos que reportan exactamente una necesidad básica insatisfecha, los hogares en condición de pobreza extrema son aquellos que poseen más de una necesidad básica (Pardo-Rozo, Peña-Torres & Orjuela-Chávez, 2019).

El cálculo del INBI en Latinoamérica ha sido promovido utilizando la disponibilidad de información censal construyéndose mapas de pobreza que presentan la distribución de los hogares y su clasificación de acuerdo con las necesidades existentes. Lo anterior ha posibilitado, en la mayoría de estos países, focalizar las políticas y programas de lucha contra la pobreza y definir bases de asignación y distribución de recursos para su ejecución.

Para Colombia, el DANE ha definido los respectivos estándares para cada variable del indicador de la siguiente manera:

- Condiciones físicas de vivienda: Una vivienda es inadecuada si es móvil o refugio natural o sin paredes, o si éstas son de tela o desechos o si tiene el piso de tierra (en el caso de zonas urbanas). En zona rural, si el piso es de tierra, para considerarse una necesidad insatisfecha, las paredes deben ser de material semipermanente o percedero.



-Acceso a servicios básicos: En zonas urbanas, una vivienda se considera sin servicios básicos cuando carece de sanitario y no tiene acceso directo a una fuente adecuada de agua. En las zonas rurales se priva de esta necesidad si tienen inodoro sin conexión, letrina o bajamar, o no se cuenta con servicio sanitario; y que obtienen el agua para preparar los alimentos de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, pila pública, carro tanque, aguatero u otra fuente (Feres y Mancero, 2001).

-Niveles de hacinamiento: En el área urbana son clasificados como hogares con hacinamiento crítico a aquellas viviendas que reporten 3 o más personas por cuarto, incluyendo sala y comedor. En el área rural deben haber más de 3 personas por cuarto.

- Dependencia económica: Se definen como hogares con alta dependencia económica a aquellos con más de 3 personas por miembro ocupado y, simultáneamente, en los que el jefe del hogar tenga un nivel de escolaridad menor a 3 años.

- Asistencia escolar: Aquellos hogares en los que al menos un niño, comprendido entre los 7 y 11 años, no acceda a educación formal será considerado como un hogar con ausentismo escolar.

Uno de los beneficios de usar el NBI es que brinda información directa sobre ciertas carencias específicas que puede servir para el diseño de políticas de asistencia social puntuales. Por tanto, en el caso de la población rural, el NBI, puede brindar una directriz para focalizar programas y proyectos.

Es claro que el NBI tiene limitaciones. La principal es que se basa en juicios de valor para determinar el nivel mínimo de condiciones para llevar una vida digna. Adicionalmente, no incorpora necesidades no materiales como autorrealización, libertad, participación política, entre otras, las cuales influyen en el bienestar. Por tanto, según el DANE, el NBI solo permite una aproximación a la pobreza.

De acuerdo con Fresnada (2007) la evolución del INBI en Colombia en el periodo comprendido entre 1973 y 1985 se caracterizó por una disminución del 2,1% promedio anual, producto de la reducción en los indicadores de inasistencia escolar, materiales inadecuados de la vivienda y en el caso rural de la alta dependencia económica. En el periodo 1985-1993 se presentó una reducción del 1,3 proveniente del decrecimiento en la necesidad



de servicios básicos en las zonas rurales. Entre 1993 y 2003 la reducción fue de 1,4 puntos resultado de la reducción del hacinamiento crítico en las ciudades y de la inasistencia escolar en las zonas rurales.

En el censo del año 2005, en la zona de colonización de la Amazonia colombiana en el área urbana, la proporción de personas pobres alcanzó el 33,48% y las personas en condición de miseria (pobreza extrema) el 11,5%. De manera específica las necesidades más apremiantes son la asistencia escolar (16,89%) y las condiciones de vivienda (16,08%). En la zona rural la pobreza alcanzo un índice del 59,2% y la pobreza extrema 24,5% siendo las necesidades que más contribuyeron al indicador el acceso a servicios (31,96%) y las condiciones de la vivienda (21,4%). Realizando una comparación entre los datos disponibles en el DANE del año 1993 hubo una reducción en la proporción de personas en situación de pobreza del 24,68%. De esta manera deben identificarse y priorizarse proyectos y programas que permitan a esta población afectada superar estas necesidades en el marco de un desarrollo sustentable.

4.3. Sensibilización frente a los temas ambientales: Conocimiento, Interés y Participación en la conservación y cuidado del ambiente.

La conciencia y la educación ambiental son indispensables para que los productores realicen actividades con mayor grado de probabilidad en el cuidado y conservación de recursos naturales y ambientales. Es importante fomentar en los núcleos familiares de la comunidad la importancia del agua, el suelo, el aire, la flora, la fauna y la dinámica de los ecosistemas, así como los servicios ambientales que estos proveen. Para lograr que las personas actúen en favor del ambiente son importantes los siguientes aspectos y procesos que se describen en la Figura 15.

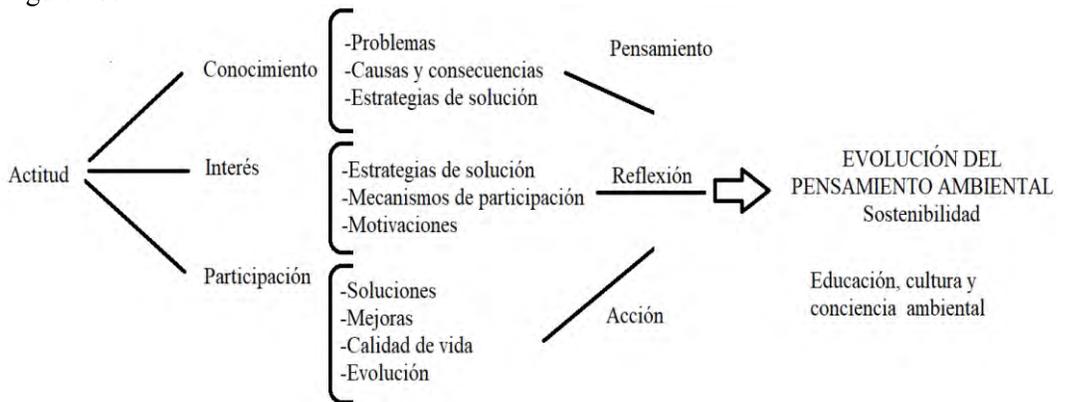


Figura 15. Proceso de desarrollo de una actitud hacia el medio ambiente.

Fuente: Los autores



A partir de conocer aspectos como el conocimiento, el interés y la participación, es posible consolidar una cultura hacia la sostenibilidad.

4.3.1. La Educación Ambiental.

La educación ambiental surge bajo la premisa de sensibilizar y concientizar a la comunidad frente al impacto que tiene sobre los ecosistemas para propender por una relación armónica entre el individuo y el entorno natural. En este sentido de acuerdo con Gabilanes y Tipan (2021), implica la inclusión de conocimientos que propenden de las ciencias sociales naturales, de las geociencias, las matemáticas y las telecomunicaciones con los conocimientos ancestrales mediante un diálogo multidimensional.

Al respecto el MinAmbiente (2019), ha incorporado estos procesos de educación como pilares en la formación de las comunidades para la toma de decisiones relacionadas con la sostenibilidad ambiental en pro de lograr una articulación entre actores institucionales, sectoriales y sociales en con el propósito de fortalecer alianzas que puedan desarrollar la política nacional de Educación Ambiental y de Gestión Ambiental.



Desde esta perspectiva, la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2016), expresa que la educación ambiental es transversal a los 17 objetivos del Desarrollo del Milenio y está implícito de manera directa en los objetivos 1, 4, 6, 7, 11, 12 y 13 en relación con el reconocimiento de las causas asociadas a las problemáticas ambientales y la identificación de alternativas para la resolución a dichos problemas; de ahí se encontró que entre las problemáticas identificadas en la estrategia nacional de educación ambiental, se destacan los siguientes aspectos de interés: modelos productivos, agua, agroecología, biodiversidad, ecosistemas, planificación y ordenamiento territorial, minería, suelos y valoración del patrimonio cultural.



Referencias bibliográficas

- Banco Mundial (2016). La pobreza y la prosperidad compartida 2016: Abordar la desigualdad.
- Feres, j., Mancero, J. (2001). Enfoques para la medición de la pobreza. Breve revisión de la literatura. Naciones Unidas.
- Fresnada, O. (2007). La medida de necesidades básicas insatisfechas (INBI) como instrumento de medición de la pobreza y focalización de programas. Naciones Unidas.
- Gavilanes, R.M., & Tipán, B.G (2021). La Educación Ambiental como estrategia para enfrentar el cambio climático. *Un esmi Rhode Island*. 16 (2), 286-298. <https://doi.org/10.17163/alt.v16n2.2021.10>
- Minambiente (2019). Plan estratégico sectorial 2019-2022. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/PLAN_ESTRATEGICO_SECTORIAL_2019-2022_VERSIO%CC%81N_1.0.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (1995). The copenhagen declaration and programme of action.
- Ortiz, B. y Núñez, J. (2019). Aportes para la construcción de una medida global de la pobreza: el caso de Colombia 2011-2017. *Revista Desarrollo y Sociedad*. DOI: 10.13043/DYS.83.7
- Sánchez, R., Maturana, L. y Manzano, L. (2020). Estimación alternativa de la pobreza multidimensional en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 22(43), 137-168. DOI: <https://doi.org/10.18601/01245996.v22n43.07>
- Sen, A. (1984). *Poverty and famines: An essay on entitlement and deprivation*. Oxford University Press. New York.

Spicker, P. (1999). Definiciones De Pobreza: Doce grupos De significados. Recuperado de [http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo/Spicker%20Paul%20\(1999\)%20Definitions%20of%20poverty%20eleven%20clusters%20of%20meaning.pdf](http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo/Spicker%20Paul%20(1999)%20Definitions%20of%20poverty%20eleven%20clusters%20of%20meaning.pdf)



Hacia un desarrollo sostenible en sistemas agropecuarios de la Amazonia colombiana

El Grupo de Estudios de Futuro en el Mundo Amazónico GEMA es un grupo de investigación categorizado en Minciencias inscrito en la Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas de la Universidad de la Amazonia. Mediante el Proyecto denominado “Determinación de Indicadores de Sostenibilidad en Sistemas de Ganadería de Leche en el piedemonte amazónico” surge esta obra como aporte a las comunidades rurales que trabajan con sistemas agropecuarios, para sensibilizar y enseñar temas asociados al desarrollo sostenible en la búsqueda de crecimiento económico, calidad de vida y bienestar social. El proyecto y el libro buscan fomentar una conciencia colectiva sobre el compromiso de generar producción responsable con el ambiente e incentivar las transiciones hacia modelos sostenibles de producción.

El libro despliega las tres dimensiones de la sostenibilidad (la económica, la social y la ambiental) aplicados al contexto de las unidades productivas rurales, a través de temas de interés como la rentabilidad, los impactos del sector agropecuario en el ambiente, algunas estrategias para la mitigación y la identificación de las necesidades sociales, como argumentos hacia la incorporación de los principios de la sostenibilidad. A partir de los conceptos y referentes teóricos, se busca ilustrar al lector y a los productores sobre la evolución del pensamiento ambiental para conseguir el mejoramiento de sus prácticas productivas generando sistemas más productivos, más rentables, más eficientes, con menos impactos sobre el medio ambiente. Agradecimiento especial para la Comunidad Rural de Belén de los Andaquíes, Caquetá, quienes participan en los talleres y charlas de los proyectos de investigación en la Universidad de la Amazonia.



ISBN 978-958-5484-79-5