

Propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia,
estudio de caso: Jurisdicción CORPOCHIVOR

Ángela María Bedoya Blandón
Durlay Yulani Pachón Suárez



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
OCTUBRE DE 2014

Propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia,
estudio de caso: Jurisdicción CORPOCHIVOR

Presentado Por:
Ángela María Bedoya Blandón
Durlay Yulani Pachón Suárez

Trabajo de Grado para obtener el
Título de MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Directoras
Amanda Varela Ramírez, M.Sc, Ph.D.
Jeimmy Avendaño Reyes, M.Sc



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D. C. – COLOMBIA
OCTUBRE DE 2014

RESUMEN

La investigación está dirigida a plantear una propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia, tomando como referencia las herramientas implementadas por parte del MADS, la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá, DC, los estudios realizadas por parte de la academia, entes privados y los proyectos desarrollados en el país. Por otra parte, con base en la estimación del carbono almacenado en la biomasa área de bosques en proceso de restauración y bosques poco intervenidos en la jurisdicción de CORPOCHIVOR se realizó una primera aproximación de los beneficios de la restauración ecológica en tierras que han sufrido procesos de degradación y como esta puede además de contribuir al aumento de las reservas de carbono en áreas prioritarias para el desarrollo de proyectos de REDD+, proporcionar beneficios a las poblaciones dependiente de los bosques y a los sistemas naturales. Tomando como insumo las actividades desarrolladas se identifican y definen los criterios para la formulación de proyectos de restauración ecológica en el marco de la estrategia nacional dentro de los cuales se encuentran las fuentes de financiación, los pasos para la formulación del proyecto y finalmente los criterios a tener en cuenta para el monitoreo y seguimiento de la captura de carbono en proyectos de este tipo, con el fin de asegurar la adecuada contabilización del carbono capturado por medio de acciones de restauración.

Palabras clave: REDD+, Restauración ecológica, captura de carbono, emisiones de CO₂, CORPOCHIVOR.

ABSTRACT

The investigation is aimed to outline a proposal for the inclusion of the ecological restoration in the REDD+ strategy in Colombia, taking as a reference the tools implemented by MADS, the District environment secretary of Bogotá DC, the studies done by the academy, private entities and the projects developed in the country. On the other hand; based on the estimation of the Carbon stored in the biomass area of the forests that are in a restoration process and forests that have been less intervened in the CORPOCHIVOR, jurisdiction at first approximation of the benefits of the ecological restoration in lands that have suffered degradation processes was carried out and also about how this can, besides to contribute to increase the carbon reserves in priority areas to develop REDD+ projects, provide benefits to the populations that are dependent on the forests and to the natural systems. Having as a guide the activities developed; it is possible to identify and define the criteria for the formulation of the ecological restoration projects, within the framework of the national strategy which includes the means of financing, the steps for the projects formulation and finally the criteria that must be considered for the monitoring of the carbon collection; in this kind of projects in order to claim the adequate measurement of the trapped carbon using restoration actions

Key words: REDD+, Ecological Restoration, carbon stock, CO₂ emission, CORPOCHIVOR.

DEDICATORIA

A Dios,

*A mis padres Imelda y Segundo
por todo su apoyo y comprensión.*

A mis hermanas Soley y Katherine.

Y con todo el amor a mi esposo Cristian Peña.

Durlay Yulani

*A mi madre y a mi padre de quienes
recibo amor y apoyo incondicional.*

A mi hermano, mi compañero en la vida.

Ángela María

AGRADECIMIENTOS

Ángela M:

Teniendo en cuenta que esta investigación se realizó en el marco de la formulación del Plan General de Ordenamiento Forestal PGOF, quiero extender mi agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional del Chivor CORPOCHIVOR, por su apoyo para el desarrollo del componente investigativo del presente trabajo.

A Néstor Valero, ingeniero forestal de CORPOCHIVOR por su disposición y ayuda en el proceso construcción del trabajo.

A ingeniera la Jeimmy Avendaño Reyes, Directora de la investigación, por su enorme contribución en el proceso académico de la investigación y por todos los apartes recibidos.

A la Doctora Amanda Varela, Directora de la investigación, por su contribución y los aportes científicos recibidos durante el proceso de

A mí querido Iván por su amor, compañía y consejos.

A mis compañeros de promoción, porque de cada uno de ellos aprendí algo de la vida.

Durlay Yulani:

A Néstor Valero Ingeniero Ambiental, Director del área de Gestión Ambiental CORPOCHIVOR, por su apoyo e información brindada.

A Jeimmy Avendaño Reyes, M.Sc. Directora del trabajo de grado por su dedicación y acompañamiento.

Amanda Varela Ramírez, M.Sc, Ph.D. Directora del trabajo de grado por cada uno de sus aportes significativos.

A la familia Rodríguez Rodríguez por cada uno de los detalles y muestras de cariño se convirtieron en una familia para mí.

A mi Malee infinitas gracias.

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y CONVENCIONES

BA:	Biomasa área
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CO₂:	Dióxido de carbono
CO₂e:	Dióxido de carbono equivalente
CORPOCHIVOR:	Corporación Autónoma Regional del Chivor
cm:	Centímetros
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
°C:	Grados centígrados
<i>et al:</i>	Significado y colaboradores, y otros, del latín et allí
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FONAM:	Fondo Nacional Ambiental
GEI:	Gases de efecto invernadero
ha:	Hectárea
IDEAM:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IPCC:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
Kg:	Kilogramo
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
ONG:	Organización no Gubernamental
PSA:	Pago por servicios ambientales
PGPF:	Plan de Ordenación Forestal (CORPOCHIVOR)
REDD+:	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques
t:	Símbolo de tonelada.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	9
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. DEFINICIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN	13
3.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
4. OBJETIVOS	14
4.1. OBJETIVO GENERAL	14
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
5. MARCO CONCEPTUAL Y DE ANTECEDENTES	15
5.1. DEFINICIÓN DE BOSQUES	15
5.2. COBERTURA DE BOSQUES EN EL MUNDO Y COLOMBIA	15
5.2.1 DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA	17
5.3. CARBONO Y LOS BOSQUES	20
5.3.1. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN COLOMBIA	22
5.3.2. RESERVAS DE CARBONO DE COLOMBIA	23
5.4. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN REDD+	25
5.4.1. ANTECEDENTES DEL MECANISMO REDD+	25
5.4.2. ESTANDARES INTERNACIONALES PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS REDD+	26
5.4.3. ESTRATEGIA NACIONAL REDD+ (COLOMBIA)	27
5.5. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	29
5.5.1. DEFINICIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	29
5.5.2. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	31
5.5.3 LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y LA CAPTURA DE CARBONO EN COLOMBIA	32
6. MÉTODOS	33
6.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	33
6.2. ESTIMACIÓN DEL CARBONO.	33
6.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
6.2.2. UBICACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE PARCELAS	34
6.2.2.1. PARCELAS EN BOSQUE RESTAURADO	35
6.2.2.2. PARCELAS DE BOSQUE POCO INTERVENIDO	35
6.2.3. INVENTARIO FORESTAL Y COLECTA DE MATERIAL VEGETAL	35
6.2.4. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA	36
6.2.5. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA AÉREA	37
6.2.6. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD PARA LA COBERTURA BOSCOSA EVALUADA	37

6.3. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL MARCO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL REDD+	37
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
7.1. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL REDD+	38
7.2 DESARROLLO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN COLOMBIA	43
7.3. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN ÁREAS RESTAURADAS Y POCO INTERVENIDAS EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOCHIVOR	53
7.3.1. ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO	53
7.3.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	54
7.3.3. ESTRUCTURA DIAMÉTRICA	55
7.3.4. ALTURA TOTAL (m) EN CADA UNA DE LAS PARCELAS	56
7.3.5. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)	57
7.3.6. DIVERSIDAD	58
7.3.7. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO	59
7.4. PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA ESTRAGIA NACIONAL REDD+	64
7.4.1. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA	64
7.4.1.1. FINANCIACIÓN	65
7.4.1.2. FORMULACION Y PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	67
7.4.1.3. MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN.	69
8. CONCLUSIONES	72
9. RECOMENDACIONES	74
10. BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Áreas de bosques natural y plantado a nivel mundial para el periodo 2005-2010.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2. Tenencia de Bosques Naturales.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3. Superficie de cobertura de bosque /no bosque para los periodos 1990-2000-2005 y 2010.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Proporción de área boscosa deforestada por regiones naturales.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Contenido de biomasa aérea y carbono (t ha⁻¹) en diferentes coberturas presentes en Colombia</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Estimación de las emisiones de CO₂ debido a la deforestación en los periodos comprendidos entre el 2000-2005 al 2005-2010.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 7. Estimación de las reservas de carbono almacenadas en la biomasa en bosques naturales de Colombia en 2010.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 8. Coordenadas de la jurisdicción de CORPOCHIVOR</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9. Coordenadas de localización de las parcelas de seguimiento y monitoreo forestal.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10. Ecuaciones alométricas desarrolladas por Álvarez et al. (2012).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11. Revisión de las diferentes herramientas formuladas e implementadas en Colombia para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12. Variables para la identificación del tipo de Bosque en las parcelas del área de estudio</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 13. Composición florística de las parcelas bajo estudio</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 14. Altura Total (m) inventariada para áreas restauradas y áreas poco intervenidas</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 15. Índice de valor de importancia parcelas restauradas y poco intervenidas.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 16. Índice de diversidad calculada para cada una de las parcelas inventariadas.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 17. Cuantificación de la biomasa y carbono almacenado en las parcelas en áreas restauradas y poco intervenidas del bosque.....</i>	<i>60</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Elementos y requerimientos de los estándares para el desarrollo de proyectos de carbono forestal</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2. Mapa de la jurisdicción de La Corporación Autónoma Regional del Chivor CORPOCHIVOR. Fuente: CORPOCHIVOR, 2010.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3. Criterios para el desarrollo del componente 1 de la propuesta de preparación ENREDD+. ...</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4. Criterios para el desarrollo del componente 3 de la propuesta de preparación ENREDD+. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>41</i>
<i>Figura 5. Criterios para el desarrollo del componente 4 de la propuesta de preparación ENREDD+. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>42</i>
<i>Figura 6. Distribución del número de individuos en clases diamétricas para cada una de las áreas en restauración (derecha) y de áreas boscosas con poca intervención (Izquierda). Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 7. Estimación de la biomasa, carbono y toneladas de dióxido de carbono evitadas en bosques en proceso de restauración. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 8. Estimación de la biomasa, carbono y toneladas de dióxido de carbono evitadas en bosques poco intervenidos. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 9. Identificación de criterios para la formulación de proyectos de restauración ecológica en el marco de la estrategia nacional REDD+</i>	<i>65</i>

1. INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con una superficie continental de 113.999.682 ha, de las cuales, el área cubierta por bosque es de 63.777.519 ha, correspondientes al 59,9% de la superficie del área total del país (**IDEAM et al. 2011**). Las coberturas boscosas del país el 67% se encuentra en la Amazonia, el 9,4% en la Región Pacífica, el 17,1% en la Región Andina y constituyen parques nacionales, zonas de reserva forestal abastecedoras de acueductos municipales, ecosistemas estratégicos, áreas regionales del SINAP y bosques de propiedad privada. Los departamentos de Amazonas, Caquetá, Guaviare y Vaupés son los que poseen el mayor área de bosque natural del país con 35.184.675 ha, que representan aproximadamente el 50% del total nacional (**IDEAM, 2011**).

Los ecosistemas boscosos son considerados de vital importancia no solamente por los bienes que estos suministran, sino por los servicios que prestan en la mitigación del cambio climático. En los últimos años la conversión de los bosques en países en desarrollo ha hecho que estos ecosistemas presenten efectos negativos sobre su biodiversidad y a la vez se comporten como fuentes de emisiones de carbono (**Phillips et al. 2011**). De esta manera, las actividades que reduzcan las tasas de deforestación, incrementen la reforestación y mejoren el potencial de captura de carbono de las coberturas forestales, especialmente las naturales, son vistas como alternativas viables para mitigar las emisiones potenciales de GEI.

Teniendo en cuenta los esfuerzos a nivel de país, para identificar los impulsores o motores de pérdida y transformación de ecosistemas y sus principales disturbios se evidencian las siguientes causas que producen transformación: la sobreexplotación de recursos biológicos, las invasiones biológicas, la transformación y pérdida de ecosistemas y la contaminación (**MADS, 2012a**). Por otra parte el IDEAM en el 2010 identificó 16 áreas activas a nivel nacional que presentan alertas tempranas por deforestación (hotspots); estas áreas se encuentran principalmente en el piedemonte amazónico y el Pacífico colombiano (**IDEAM, 2013**).

La degradación de los ecosistemas es considerada como uno de los grandes problemas en la actualidad; debido a esto en el país se han hecho diversos esfuerzos para cuantificar la degradación. Respondiendo a tal fin se han calculado las tasas de deforestación para diferentes periodos de tiempo, lo que ha dado como resultado una tasa de deforestación con un valor de 6.206.986 ha (5,4% de la superficie del país) entre los años de 1990 y el 2010.

Los bosques, como ya se mencionó, ofrecen servicios ecosistémicos y a la vez almacenan carbono, el cual se localiza en la biomasa aérea y subterránea de los árboles (biomasa viva), en la necromasa (masa muerta) y en el suelo (**IPCC, 2007**). En este contexto y teniendo en cuenta como referencia el aumento de las tasas de deforestación, se han planteado a nivel nacional alternativas que permiten frenar sus causas y de esta forma hacer frente al cambio climático. Para tal fin, los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques, conocidos como REDD se convierten en una alternativa, cuyo objetivo es ayudar a reducir las emisiones de dióxido de carbono producidas por la deforestación y la degradación de los bosques, para así atenuar el cambio climático; con REDD+ se espera además contribuir a

conservar y mejorar los servicios que prestan los bosques y al desarrollo de las comunidades que los habitan y dependen de estos **(MADS, 2014)**.

El mecanismo REDD+ es un paso para la obtención de incentivos económicos por la conservación de los bosques y la reducción de emisiones de GEI; dentro de las actividades que plantea se encuentra el aumento de las reservas de carbono. Con el fin de buscar alternativas que sean enmarcadas dentro de dicha actividad, se formula una propuesta de inclusión de la restauración ecológica para ser desarrollada en el marco de la estrategia nacional REDD+.

2. JUSTIFICACIÓN

El almacenamiento de carbono que proporcionan los bosques es vital para la estabilización del clima. La cantidad de carbono almacenado depende del tipo de bosque por ejemplo, los bosques tropicales almacenan la mayor parte del carbono y se estima que la biomasa aérea de estos bosques retiene 247 Gt C (**Chave et al. 2008**). Casi la mitad de este carbono forestal se encuentra en los bosques de Latinoamérica, el 26% en Asia y un 25% en África (**WWF et al. 2012**).

Dada la importancia de los bosques en la estabilización del clima, los participantes en la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático (COP 16), celebrada en Cancún, México adoptaron formalmente el mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques (REDD+), donde se incluyeron cinco grupos de actividades: La reducción de las emisiones derivadas de la deforestación, la reducción de las emisiones por la degradación forestal, la conservación de las existencias de carbón forestal, la gestión sostenible de los bosques, y finalmente el aumento de las reservas de carbono (**Gardner et al. 2012**).

Se considera que en la última actividad se incluye la reforestación, forestación y la restauración de los bosques (**Miles et al. 2010**), y en cuanto a la restauración varios autores mencionan su importancia en la mitigación y la adaptación al cambio climático, mientras que presta otros beneficios tangibles tanto a los sistemas humanos como a los naturales (**Alexander et al. 2011; Campbell et al. 2009; Clewell et al 2013; Martin, 2008; Vargas et al. 2011**).

La restauración se puede definir como una base práctica que restablece los procesos ecológicos para mantener la composición, estructura y función del ecosistema en diferentes unidades de paisaje y a distintas escalas, mediante el desarrollo de estrategias participativas cuyos objetivos se logran a mediano y largo plazo (**MADS, 2013a**). Un ecosistema se ha recuperado y restaurado cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional (**SER, 2004**). Este ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente, demostrará capacidad de recuperación dentro de los límites normales de estrés y alteración ambiental e interactuará con ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos e interacciones culturales (**MADS, 2013a**). Además la restauración puede ser utilizada para revertir procesos negativos a nivel del paisaje asociados con la pérdida de cobertura de un ecosistema o la fragmentación. De tal forma que la restauración puede servir para: incrementar la cobertura de un ecosistema, mitigar los efectos de borde, restablecimiento de la conectividad y enriquecimiento de áreas degradadas, contribuyendo de esta forma al aumento de las reservas de carbono acumulada en la biomasa de los bosques.

En la actualidad los esfuerzos de conservación se centran cada vez más en la restauración de ecosistemas (**Aroson et al; Chazdon, 2008; Rey Benayas et al. 2008; Citado por Holl, K et al. 2011**). En el ámbito nacional debido a los procesos de degradación a los que han estado sometidos los ecosistemas en el país (**MADS, 2007**), surge la necesidad de formular el Plan Nacional de Restauración Ecológica (PNRE) (**MADS, 2013 a**), con el que se busca la restauración, la rehabilitación y recuperación de los ecosistemas que a lo largo de los años han acumulado los impactos generados por las actividades antrópicas.

Teniendo en cuenta la existencia de un escenario de degradación a nivel de ecosistemas en el país, las presiones a las que están sometidos y de acuerdo con las metas establecidas dentro del mecanismo REDD+ a nivel internacional se pretende mostrar cómo la restauración ecológica puede ser incluida en el desarrollo de la estrategia REDD+ en Colombia¹, con el fin de aumentar las reservas de carbono en los bosques, mientras provee otros beneficios tanto a las poblaciones dependientes de estos y a los sistemas naturales.

Finalmente se debe de mencionar que el componente práctico del presente trabajo se llevó a cabo en la jurisdicción de CORPOCHIVOR, en el sur oriente de Boyacá, debido a que dicha entidad ha estado direccionado esfuerzos tendientes a reorientar y proponer nuevas estrategias para la conservación, protección y gestión sostenible de los bosques naturales con participación activa de las comunidades locales, como estrategia para salvaguardar la biodiversidad y el patrimonio forestal de la región. Ello apoyado en políticas gubernamentales, como base para el abordaje de los desafíos científicos de la estimación de los contenidos y flujos de Carbono de los bosques tropicales, como uno de los pasos más críticos para avanzar en el desarrollo de la implementación de la estrategia nacional REDD+.

El presente estudio se encuentra enmarcado dentro de los lineamientos para la ordenación forestal incluidos dentro del PGOF², dónde se espera dar unas primeras luces a cerca de las dinámicas del almacenamiento de carbono en áreas en procesos de restauración y como esta práctica puede contribuir en el aumento de las reservas forestales de carbono. Por tanto, generar información que permita ampliar la comprensión sobre las estrategias a seguir con el fin de formular proyectos y programas forestales para el manejo sustentable de los bosques (implementación de proyectos REDD+), así como de proyectos de pagos por servicios ambientales (PSA) con la participación activa de las comunidades locales.

¹ El gobierno de Colombia, como parte del trabajo de preparación para REDD+ (Incluyendo la participación en un futuro sistema de incentivos financieros), desarrolla la propuesta de preparación (R-PP) para la Estrategia Nacional REDD+, la cual es una “hoja de ruta” donde se indica qué actividades se pueden realizar, cómo pueden llevarse a cabo y qué recursos económicos serán necesarios (**MADS, 2012b**).

² Plan General de Ordenación Forestal

3. DEFINICIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN

3.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo la restauración ecológica puede ser incluida en el desarrollo de la estrategia REDD+ en Colombia, con el fin de aumentar las reservas de carbono en los bosques, mientras provee otros beneficios tanto a las poblaciones dependientes de estos y a los sistemas naturales?

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar una propuesta para la inclusión de la restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia, con estudio de caso en la jurisdicción de CORPOCHIVOR.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisión bibliográfica de las herramientas creadas en el país para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica.
- Estimar las reservas de carbono en las áreas de bosque que han pasado por un proceso de restauración ecológica, así como de las áreas de bosque poco intervenido en áreas seleccionadas en la jurisdicción de CORPOCHIVOR.
- Elaborar una propuesta que permita incluir proyectos de restauración ecológica en la estrategia REDD+ en Colombia.

5. MARCO CONCEPTUAL Y DE ANTECEDENTES

5. 1. DEFINICIÓN DE BOSQUES

Un bosque es un área con alta densidad de árboles, pero existen otras definiciones actualmente en uso. En el caso de la FAO los bosques son considerados como tierras que se extienden por más de 0,5 ha dotadas de árboles de una altura mínima de 5 m y una cubierta de dosel superior al 10%, o con árboles capaces de alcanzar esta altura *in situ*. Pueden consistir ya sea en formaciones forestales cerradas, donde los árboles de diversos pisos y subpisos cubren gran parte del terreno; o en formaciones forestales abiertas, con una cubierta vegetal continua en las cuales la cubierta arbolada sobrepasa el 10%. Dentro de la categoría de bosque se incluyen todos los rodales naturales jóvenes y todas las plantaciones establecidas para fines forestales, que hayan alcanzado una densidad de las copas del 10% o una altura de 5m. También se incluyen en ella las áreas que normalmente forman parte del bosque, pero que están temporalmente desarboladas, a consecuencia de la intervención del hombre o por causas naturales, pero que deben volver al bosque (**Bellefontaine et al. 2002**).

Por otra parte el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció la definición de Bosques para proyectos de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura para el primer período de compromiso-COLOMBIA. Estos se definen como la superficie mínima de tierras de 1,0 ha con una cobertura de copas (o una densidad de población equivalente) que exceda el 30% y con árboles que puedan alcanzar una altura mínima de 5 m a su madurez *in situ* (**Yepes et al. 2011b**).

5.2. COBERTURA DE BOSQUES EN EL MUNDO Y COLOMBIA

En la evaluación de los recursos forestales mundiales del 2010, que realiza la FAO cada cinco años desde 1946, se calculó que el área total de bosque mundial suma alrededor de 4×10^6 ha, el cual representa cerca del 31% de la superficie del planeta (**FAO, 2010a**).

Una de las conclusiones más relevantes de la evaluación de los recursos forestales mundiales indica, que aunque el índice total de deforestación en el mundo se encuentra en disminución, este sigue siendo alarmante. La anterior afirmación puede ser fácilmente comprobada con variables en estudio como: la extensión de bosque, la modificación de los índices de pérdidas forestales o el estado actual de los bosques productivos y protectores. El estudio también contempló la disparidad existente entre cuatro (4) regiones en que se dividió la masa terrestre, para efectos del estudio en cuestión (Tabla 1).

Tabla 1. Áreas de bosques natural y plantado a nivel mundial para el periodo 2005-2010

Regiones de América Latina y el Caribe	Área de bosques naturales y plantados 2005 (10 ⁶ de ha)	Área de bosques naturales y plantados 2010 (10 ⁶ de ha)	Variación anual de la cubierta de bosques (10 ³ ha/año)
México	65,5	64,8	-155
Centroamérica	20,7	19,5	-249
Caribe	6,7	6,9	+41
Sudamérica	882,3	864,3	-3.581
Variación Región	953,3	995,6	-3.944
Variación en ámbito mundial	4.060,9	4.033	-5.581

Fuente: (FAO, 2010a)

Colombia cuenta con una superficie continental de 113.999.682 ha, de las cual las áreas cubiertas por bosque son 58.633.631 ha, correspondientes al 51,4% de la superficie del área total del país. Este tipo de coberturas se ubican principalmente en la región amazónica. **(IDEAM et al. 2007; IDEAM et al. 2013).**

El resultado del Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables del 2010, muestra cómo a nivel de ecosistemas, la mayor parte de los bosques naturales del país se ubican en el zenobioma húmedo tropical de la Amazonía y Orinoquía (42%), el litobioma de la Amazonía-Orinoquía (8,9%), los orobiomas bajo (5,1%) y medio de los Andes (4,4%) y el peinobioma de la Amazonía y Orinoquía (4,24%) **(IAvH et al. 2011).**

En lo que se refiere a la propiedad sobre los bosques naturales puede ser de tipo público o privado. Los bosques propiedad del Estado tienen la categoría de bosques públicos, los privados se encuentran sobre tierras de dominio de este carácter, tal y como lo establece el Código Nacional de los Recursos Naturales.

En función de lo anterior en la tabla 2, se muestra la distribución en (ha) de la propiedad de los bosques en el país.

Tabla 2. Tenencia de Bosques Naturales

Figura de manejo	Público	Propiedad de territorios			Total
		Resguardos indígenas	Consejos comunitarios	Superposición Resguardo. Consejos Comunitarios	
Reserva Forestal de Ley 2 de 1959	14.277.297	18.086.339	2.454.660	955	34.819.251
Parques Nacionales Naturales	5.857.780	3.478.378	2.251		9.338.409
Reservas campesinas	500.999				500.999
Sin categoría de manejo	10.741.317	4.808.647	1.037.996	39	16.587.998
Totales	31.377.393	26.373.364	3.494.907	994	61.246.657

Fuente: (Información generada a partir del Mapa de Ecosistemas Continentales, Marinos y Costeros (IDEAM *et al* 2007) y el cruce con información oficial de las entidades responsables de cada figura de manejo. MADS, 2011. **Referenciado en MADS, 2013b)**

5.2.1 DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA

La gestión del cambio climático global implica el desarrollo de conocimiento de los más importantes reductos de bosques tropicales del planeta. Esta es la raíz de las investigaciones relacionadas con la composición actual de los bosques y el impacto de las actividades humanas sobre los mismos, todos estos apoyados por iniciativas internacionales que están amparadas por las decisiones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (IDEAM *et al.* 2013).

En el marco de la preparación del país para la implementación de estrategias REDD+, se han realizado cuantificaciones de deforestación y la identificación de la transición de coberturas de bosque a otros usos.

En este contexto, el IDEAM ha realizado estudios basados en datos multi-temporales sobre deforestación histórica, a partir de información satelital y los mapas de coberturas de la tierra disponibles en el país. Los resultados obtenidos permitieron cuantificar la deforestación para los periodos 1990, 2000, 2005 y 2010 e identificación de cambios a otras coberturas de la tierra (Tabla 3), así como la proporción de área boscosa deforestada por regiones naturales (Tabla 4), donde es posible observar las mayores extensiones de cobertura vegetal para las regiones de Amazonia y Andes. Recientemente el IDEAM ha confirmado que la tasa de deforestación promedio anual del país para el periodo 1990-2010 fue de 310.349 ha, el 36% de esta deforestación ocurrió en la Amazonía colombiana y el 32% en la región Andina (Yepes *et al.* 2011a), además se registró que a nivel nacional entre 2005 y 2010, aproximadamente el 56% del

área deforestada se transformó a coberturas de pastos y el 10% a áreas agrícolas. (MINIAMBIENTE, 2013b).

Tabla 3. Superficie de cobertura de bosque /no bosque para los periodos 1990-2000-2005 y 2010

Periodo de análisis	Cobertura 1990		Cobertura 2000		Cobertura 2005		Cobertura 2010	
Cobertura	Área (ha)	% Área	Área (ha)	% Área	Área (ha)	% Área	Área (ha)	% Área
Bosque	64.4417.248	56,5	61.732.841	54,1	60.206.330	52,8	58.633.631	51,4
No Bosque	47.159.177	41,3	50.141.994	44,0	50.893.434	44,6	51.645.361	45,3
Sin información	2.494.725	2,2	2.187.255	1,9	2.962.325	2,6	3.783.097	3,3
TOTAL	114.062.089	100	144.062.089	100	114.062.089	100	114.062.089	100

Fuente: IDEAM et al. 2013

Tabla 4. Proporción de área boscosa deforestada por regiones naturales

Periodo	Indicador	Región					Total
1990-2000		Pacifico	Orinoquia	Caribe	Andes	Amazonia	
	Bosque 1990 (ha)	5.247.223	2.334.187	2.367.860	12.560.156	41.907.822	64.417.248
	Deforestación (ha)	149.372	240.488	342.888	876.261	1.197.560	2.797.569
	% Bosque Perdido	2,68	10,30	14,48	6,98	2,86	37

Continuación Tabla 4

Indicador		Pacífico	Orinoquia	Caribe	Andes	Amazonia	Total
Deforestación promedio anual (ha)		14.037	24.049	34.289	87.626	119.756	279.757
2000-2005	Bosque perdido promedio anual	0,27	1,03	1,45	0,70	0,29	3,73
	Bosque 2000 (ha)	5.221.044	2.179.749	2.011.673	11.701.980	40.618.395	61.732.841
	Deforestación (ha)	146.209,189	143.421,0528	236.465,8321	486.264,3745	562.592,4818	1.574.953
	% Bosque Perdido	2,80	6,58	11,75	4,16	1,39	27
Deforestación promedio anual (ha)		29.242	28.684	47.293	97.253	112.518	314.991
2005-2010	Bosque perdido promedio anual	0,56	1,32	2,35	0,83	0,28	5,34
	Bosque 2005 (ha)	5.043.791	2.123.083	1.806.855	11.150.243	40.091.357	60.206.330
	Deforestación (ha)	110.703,7491	46.516,40376	200.016,5147	435.289,6238	398.838,2687	1.119,365
	% Bosque Perdido	2,20	2,19	11,07	3,90	0,99	20
Deforestación promedio anual (ha)		22.141	9.303	40.003	87.058	79.768	238.273
Bosque perdido promedio anual		0,44	0,44	2,21	0,78	0,20	4,07

Fuente: IDEAM *et al.* 2013

De acuerdo a los estudios realizados en el país en cuanto a deforestación se refiere se determinaron siete causas o motores de deforestación: ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, cultivos de uso ilícito, colonización y desplazamiento de poblaciones, Infraestructura, minería, extracción de madera y por ultimo incendios forestales. Es necesario indicar la dificultad para entender la deforestación y degradación de bosques a nivel nacional o regional, debido a diversos factores que determinan un uso específico de la tierra, el cual puede depender de determinantes biofísicos, culturales, normativos, presiones demográficas así como de la capacidad técnica y económica de los usuarios de la tierra (**MINIAMBIENTE, 2013b**).

5.3. CARBONO Y LOS BOSQUES

El Servicio de almacenamiento de carbono que proporcionan los bosques del mundo es vital para la estabilización del clima. La estimación de las existencias totales de carbono en los bosques en el 2010 es de 652×10^9 toneladas, lo que equivale a 161,8 toneladas por hectárea (**FAO, 2010 a**).

En cuanto a los bosques tropicales es importante mencionar que los bosques tropicales almacenan la mayor parte del carbono y se estima que la biomasa área de estos bosques retiene 247×10^9 , lo que representa cinco veces más que las actuales emisiones mundiales de carbono de 47×10^9 toneladas año. Casi la mitad de este carbono forestal se encuentra en los bosques latinoamericanos (**Chave et al 2008**), el 26 % en Asia y un 25% en África (**WWF et al. 2012**).

Del carbono almacenado en los bosques proviene el concepto de sumidero, en relación con el cambio climático fue adoptado en la CMNUCC de 1992, según la Convención, es “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero”. Los ecosistemas terrestres y el mar son los principales sumideros de gases de efecto invernadero de la biosfera y absorben principalmente CO_2 de la atmósfera. El carbono contenido en la molécula de dióxido de carbono se libera a través de procesos químicos y se incorpora en otras estructuras moleculares. El proceso implica en primer lugar la absorción de un GEI y su posterior almacenamiento (**Ordoñez et al. 2001**).

También es importante evidenciar la diferencia en cuanto a la capacidad de los bosques para actuar como sumideros de carbono, los factores que influyen los índices de absorción de carbono son: la temperatura, la precipitación, densidad de masas, suelo, pendiente, altura, condiciones topográficas, índice de crecimiento y edad (**Ciesla, 1996**), así como de las particularidades de la gestión aplicada a los recursos.

Como muestra de lo anterior en la tabla 5 se presenta la capacidad de almacenamiento de los diferentes tipos de bosques según la estratificación en las zonas de vida de Holdridge adaptadas para Colombia (**Phillips et al. 2011a**).

Tabla 5. Contenido de biomasa aérea y carbono (t ha⁻¹) en diferentes coberturas presentes en Colombia

Cobertura	BA+	+ DE	C	+ DE
Bosque húmedo montano	145,5	23,3	72,7	11,7
Bosque húmedo montano bajo	295,1	49,0	147,5	24,5
Bosque húmedo premontano	114,1	37,6	57,0	18,8
Bosque húmedo tropical	264,1	15,2	132,1	7,6
Bosque muy húmedo montano	125,5	11,2	62,7	5,6
Bosque muy húmedo montano bajo	260,1	10,1	130,0	5,0
Bosque muy húmedo premontano	182,9	24,9	91,5	12,4
Bosque muy húmedo tropical	165,0	16,8	82,5	8,4
Bosque muy seco tropical	98,2	22,5	49,1	11,3
Bosque pluvial montano	106,4	3,8	53,2	1,9
Bosque pluvial montano bajo	105,3	4,8	52,6	2,4
Bosque pluvial premontano	213,5	24,4	106,8	12,2
Bosque pluvial tropical	172,2	20,2	86,1	10,1
Bosque seco montano bajo	216,0	64,9	108,0	32,5
Bosque seco premontano	140,7	67,8	70,3	33,9
Bosque seco tropical	96,2	15,5	48,1	7,8

Fuente: Yepes et al. 2011a

Dónde: BA= biomasa aérea en toneladas por hectárea (t ha⁻¹), C= carbono almacenado en toneladas por hectárea (t ha⁻¹) y DE= desviación estándar

Por otra parte en cuanto a la absorción de carbono de los árboles y de los bosques, se puede decir que esta función se relaciona directamente con el índice de crecimiento y de la edad. En términos generales, los árboles y los bosques absorben grandes cantidades de carbono cuando son jóvenes y crecen rápidamente. A medida que los rodales se acercan a la madurez y los índices de crecimiento disminuyen, también la absorción neta de carbono disminuye. En teoría, los bosques maduros alcanzan un nivel de equilibrio en lo que se refiere a la absorción de carbono. Aproximadamente una cantidad equivalente carbono que es absorbida se desprende tras la descomposición de los árboles muertos o enfermos (Ciesla, 1996).

Es así que la estimación y el conocimiento del rol que desempeña la biomasa almacenada en el ciclo del carbono global y de la tendencia de las emisiones de CO₂ asociados a la conversión de bosque a otros usos (Phillips et al. 2011a); son fundamentales en el desarrollo de medidas para la adaptación, mitigación al cambio climático y para la implementación de mecanismos de mercados de carbono.

5.3.1. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN COLOMBIA

De acuerdo con las orientaciones del IPCC para realización de los inventarios de GEI, los cálculos prioritarios de las emisiones procedentes del cambio en el uso de la tierra y silvicultura se centran en tres actividades que son fuentes o sumideros de CO₂ (IPCC, 2006):

- Cambio de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.
- Conversión de bosques y praderas
- El abandono de tierras cultivadas.

En Colombia, los bosques de tierras bajas han sido transformados substancialmente, como lo demuestra la relación que se presenta a continuación (Tabla 6).

Tabla 6. Estimación de las emisiones de CO₂ debido a la deforestación en los periodos comprendidos entre el 2000-2005 al 2005-2010

Periodo	Conversión de bosque a pasto (ha)	Conversión de bosque a herbazales (ha)	Regeneración De otras coberturas a bosques (ha)	Emisión neta equivalente
2000-2005	625.585,59	19.256	35.763,75	246.498.452,1 t CO ₂ e/ 49.299.690 t CO ₂ e año-1
2005-2010	663.696,5	19.487,2	3.236,9	275.499.451,69 t CO ₂ e/ 55.099.890 t CO ₂ e año-1

Fuente: Fuente: Phillips et al. 2011 a; Yepes et al 2011a

De la tabla 6, se puede deducir, que durante el periodo 2005-2010 se emitieron 29.001,00 Gg CO₂ e año⁻¹, con respecto a lo emitido durante el periodo 2000-2005.

De otro lado, aunque las emisiones netas de CO₂e provenientes de la conversión de bosques naturales a praderas son aparentemente altas, estas corresponden al 0,91% y 1,02% de la cantidad de CO₂e almacenado en la vegetación durante ambos periodos (27.020.047.390,77 t

CO₂e para 2000-2005 y 27.028.610.952,10 t CO₂e para 2005-2010), y que no fueron emitidas a la atmósfera. Los resultados de almacenamiento de carbono, y por ende de CO₂e, aunque no contrarrestan directamente las emisiones generadas por la conversión de bosque a pradera durante dichos periodos, si demuestran que la conservación o el manejo sustentable de los bosques podría ser un mecanismo de mitigación importante para reducir las emisiones de CO₂e que ocurre como consecuencia de la degradación y la deforestación (**Phillips *et al.* 2011 a; Yepes *et al.* 2011 a**).

5.3.2. RESERVAS DE CARBONO DE COLOMBIA

El último informe del IPCC ha sido enfático en señalar la importancia de determinar los contenidos de carbono almacenado en la biomasa de los bosques naturales, lo que requiere el desarrollo de metodologías que permitan estimar adecuadamente la distribución de la biomasa en diferentes escalas espaciales, y las incertidumbres asociadas (**IDEAM *et al.* 2013**).

Por esta razón, el IDEAM ha realizado investigaciones en las cuales se ha logrado reducir la incertidumbre asociada con las estimaciones de carbono. Estos estudios realizados a escalas nacionales indican que los valores obtenidos satisfacen los requerimientos propuestos por el IPCC y pueden servir para el planteamiento inicial de proyectos REDD. La Metodología planteada por el IDEAM se formula mediante los siguientes pasos: preparación de datos, Estratificación, Estimación de la Biomasa aérea y Estimación de carbono almacenado en bosques.

Los datos que se emplearon en los análisis fueron generados en 4.424 levantamientos florísticos e inventarios forestales realizados en las dos últimas décadas 1990-2011, los cuales representan un área muestreada de 1.075 ha. La información fue compilada en una base de datos, donde se incluyeron únicamente registros de individuos con diámetro normal medido a 1,30 m de altura, mayor o igual a 10 cm ($D \geq 10$ cm). La base cuenta con 542.051 registros (individuos), que pertenecen a 4.334 especies, 1.001 géneros y 181 familias (**Phillips *et al.* 2011 a**), constituyendo el conjunto de datos más grande que existe para Colombia en la actualidad.

Se recomienda utilizar una leyenda de estratificación basada en zonas de vida de Holdridge (16 tipos de bosques naturales) para realizar las estimaciones del contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia, debido a que el grado de incertidumbre es muy pequeño 18% comparado con otras metodologías.

Como resultado de la estimación se encontró que el total de la biomasa almacenada en los bosques naturales de Colombia asciende a 14.957.667.506t empleando la clasificación de Holdridge, con una incertidumbre asociada a la estimación de 18,0%. Al utilizar esta leyenda de estratificación la biomasa aérea varía entre $91,4 \pm 11,1$ t ha⁻¹ $334,5 \pm 126,8$ t ha⁻¹ mientras que la biomasa aérea promedio es de 255,2 t ha⁻¹ (**Phillips *et al.* 2011a**).

Ahora para conocer el carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques tropicales se asume como el 50% de la biomasa de los arboles vivos. De esta manera, el promedio de carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales en Colombia varió entre 48,1 t C ha⁻¹ y

147,5 t C ha⁻¹. Los resultados muestran que el potencial de carbono almacenado en la biomasa aérea en bosques naturales en Colombia, asciende a 7.144.861.815t C, que representan 26.221.642.861t CO₂e que aún no han sido emitidas a la atmósfera (**Phillips et al. 2011a**).

Tabla 7. Estimación de las reservas de carbono almacenadas en la biomasa en bosques naturales de Colombia en 2010

Tipo de Bosque	Extensión de Bosque para 2010 (ha)	Promedio de Carbono por tipo de Bosque (Ton ha ⁻¹)	Carbono Total por tipo de Bosque (Ton)	Dióxido de carbono equivalente por tipo de bosque CO ₂ e (Ton)
Bosque muy seco tropical	55.814	49,1	2.739.142	10.052.652
Bosque seco tropical	565.621	48,1	27.200.576	99.826.115
Bosque húmedo tropical	44.343.684	132,1	5.855.813.753	21.490.836.473
Bosque muy húmedo tropical	5.514.120	82,5	454.997.990	1.669.842.622
Bosque pluvial tropical	206.147	86,1	17.750.638	65.144.843
Bosque seco premontano	4.451	70,3	313.110	1.149.114
Bosque húmedo premontano	987.370	57,0	56.326.428	206.717.993
Bosque muy húmedo premontano	2.217.396	91,5	202.820.103	744.349.777
Bosque pluvial premontano	565.600	106,8	60.381.135	221.598.766
Bosque seco montano bajo	19.145	108,0	2.067.865	7.589.066
Bosque húmedo montano bajo	1.357.183	147,5	200.219.644	734.806.094
Bosque muy húmedo montano bajo	1.411.289	130,0	183.530.173	673.555.736
Bosque pluvial montano bajo	109.803	52,6	5.779.565	21.211.004
Bosque húmedo montano	25.713	72,7	1.870.386	6.864.316
Bosque muy húmedo montano	861.919	62,7	54.071.298	198.441.662
Bosque pluvial montano	356.666	53,2	18.980.008	69.656.629
Total	58.601.922	121,9	7.144.861.815	26.221.642.861

Fuente: Phillips et al. 2011a

De acuerdo con los cálculos y estimaciones que se han realizado a nivel de país, se observa que las cuencas del Amazonas, del Orinoco, y del Magdalena-Cauca son las que mayor contenido de carbono presentan en la biomasa aérea de sus bosques, seguida por las áreas hidrográficas del caribe y del Pacífico, respectivamente. Es importante indicar que los bajos contenidos de carbono obtenidos para bosques naturales del Pacífico, sugieren su alta tasa de deforestación y degradación, lo cual se ve reflejada en las parcelas analizadas (**IAvH, et al. 2011**).

5.4. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN REDD+

El mecanismo REDD+ se refiere a la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques. REDD+ es entendido en el contexto amplio del conjunto de opciones de mitigación forestal, tal como se expresa en el Plan de Acción de Bali, reducir emisiones por la deforestación y la degradación forestal incluyendo el papel de la conservación (UICN, 2010), el manejo sustentable de los bosques y los incrementos de las reservas de carbono en los países en desarrollo.

REDD+ al mismo tiempo que se ocupa del cambio climático, tiene el potencial para apoyar en la reducción de la pobreza rural al proveer incentivos para las comunidades asentadas en los bosques, y también pueden ayudar de manera complementaria a conservar la biodiversidad y promover el sostenimiento de sus servicios ecosistémicos.

En REDD+, el “+” hace referencia a que se va más allá de la estructura básica, para incluir la conservación de los bosques, la gestión sostenible y el aumento de las reservas de carbono. El mecanismo ofrece incentivos financieros a los países en desarrollo para reducir las emisiones de carbono mediante la protección y restauración de bosques. Entre el 15-25% de las emisiones globales de carbono se atribuye a la deforestación, el cual es uno de los principales motores de cambio climático (Fauna y Flora International, 2014).

Adicionalmente REDD+ se puede abordar como uno de los elementos de la estrategia global de adaptación, bajo el enfoque conceptual y metodológico de la adaptación basada en ecosistemas, es decir, considerando elementos como: la conservación de la biodiversidad, los usos y la gestión sostenible, la conservación y la restauración de ecosistemas y la caracterización de la oferta de servicios ecosistémicos; esto permite a las comunidades adaptarse a los impactos del cambio climático (Ortega *et al.* 2010).

5.4.1. ANTECEDENTES DEL MECANISMO REDD+

Las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático en el mundo se han formulado, impulsado y negociado bajo la CMNUCC desde hace ya más de 20 años. En 1997, durante las negociaciones del Protocolo de Kioto, las Partes no llegaron a un acuerdo sobre la consideración del tema de deforestación y degradación de los bosques y éste fue excluido del Protocolo, argumentando en que el sector forestal presentaba un alto grado de incertidumbre en cuanto a la medición de emisiones de GEI que emite. Durante la COP 11 llevada cabo en Montreal Canadá, en 2005, algunos países tropicales participantes liderados por Papua Nueva Guinea y Costa Rica, pidieron a la COP atender la solicitud de abordar el tema de reducir las emisiones derivadas de la deforestación. Se argumentó que la deforestación contribuía en gran medida al calentamiento global, ya que la pérdida de cobertura forestal aportaba aproximadamente en un 16-18% a las emisiones globales de GEI. Así, la reversión de los procesos de deforestación y degradación de los bosques comenzó a ser vista como una solución importante para mitigar el cambio climático (Arriaga, 2012).

Posteriormente en la celebración de la COP 13 en Bali 2007, y teniendo en cuenta la evaluación del IPCC que declaraba que el calentamiento global presentaba su punto más crítico debido a las emisiones de GEI provenientes de fuentes antropogénicas, las Partes decidieron adoptar el Plan de Acción de Bali que declaró que para mitigar el cambio climático se deben incluir: “Enfoques de políticas e incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo; y la función de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo” (**Angelsen et al. 2009**).

Después en la COP 16, durante el 2010 en Cancún, se adoptó formalmente el mecanismo REDD+. Este incluye cinco grupos de actividades o intervenciones como: la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación, la reducción de emisiones por la degradación forestal, conservación de las existencias de carbono forestal, la gestión sostenible de los bosques, y el aumento de las reservas forestales de carbono (**Gardner et al. 2012**).

Por lo tanto, REDD+ contribuye a la reducción de las emisiones globales de carbono provenientes de la deforestación mediante la mejora de la gobernanza forestal a nivel nacional, y ofrece incentivos financieros para detener o revertir la pérdida de los bosques (**Naciones Unidas, 2010**).

Alcanzar las metas trazadas hasta el momento significaba la colaboración sólida entre los países, así como el avance de las negociaciones de REDD+ en el seno de la CMNUCC; la colaboración de los países en desarrollo incluye el compromiso de estos con los procesos de crecimiento bajo en emisiones de carbono y resistentes al cambio climático. A su vez, los países industrializados deberán comprometerse con aportes predecibles y significativos para incentivar a los demás países a reducir sus emisiones (**PROGRAMA ONU-REDD. S.F**).

5.4.2. ESTANDARES INTERNACIONALES PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS REDD+

Los estándares para proyectos forestales pueden definirse como un conjunto de principios y criterios a seguir en el diseño de proyectos para conseguir reducción de emisiones de cierta calidad, estos se basan en principios generalmente asociados con integridad ambiental y contribución al desarrollo sostenible local (**Brennan et al. 2013**).

Los estándares están diseñados a diferentes escalas, a nivel de programas (Las políticas y medidas que se toman, generalmente a nivel de una jurisdicción política) y de proyecto (las acciones que se toman sobre un área específica y donde se espera recibir incentivos a cambio de la reducción /captura de emisiones).

Es importante mencionar los estándares diseñados para los distintos ámbitos, por ejemplo:

- Estándar para carbono:

La reducción de emisiones es real y correctamente cuantificada

- Adicionalidad
 - Medición del carbono
 - Fugas
 - No-permanencia
 - Doble conteo
- Estándares para el desempeño social y ambiental

Estos están diseñadas por ejemplo, para el caso de los proyectos REDD+ si estos son ambiental y socialmente responsables, por ejemplo: respeto a los derechos y la generación de múltiples beneficios (**Brennan et al. 2013**).

En cuanto a los estándares para carbono estos intentan asegurar la integridad de la compensación de emisiones y por lo tanto integrar la confianza de los actores de mercado en este mecanismo para la mitigación del cambio climático. En la actualidad existen distintos niveles de calidad, la cual depende de su legitimidad organizacional y costo de eficacia. La legitimidad se refiere al soporte de instituciones relevantes en el diseño e implementación del estándar y la costo-eficiencia a la claridad en los procesos de aprobación y la agilidad del estándar para emitir créditos de carbono (**GIZ et al. 2012**).

Dependiendo de las instituciones que los respaldan los estándares pueden tener un mayor o menor enfoque en salvaguardas sociales y ambientales o proveer un grupo de reglas y procesos más o menos rigurosos y eficientes para la generación de créditos.

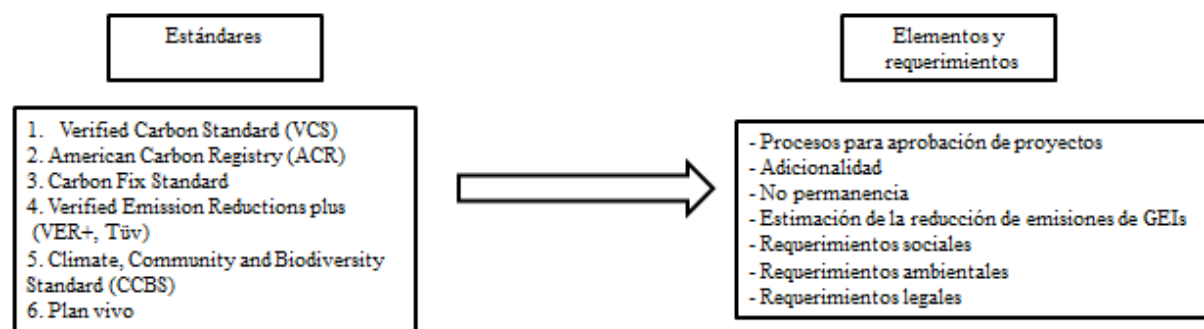


Figura 1. Elementos y requerimientos de los estándares para el desarrollo de proyectos de carbono forestal. Fuente: GIZ et al. 2012

5.4.3. ESTRATEGIA NACIONAL REDD+ (COLOMBIA)

Ante los retos establecidos a nivel mundial en lo relacionado con los fenómenos que trae consigo el cambio climático, y aunque Colombia sólo aporta el 0,3% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo, el país es altamente vulnerable a las perturbaciones del sistema climático global, a nivel ambiental, económico y social (**Bosques y carbono, 2012**).

Por tanto, el país ha avanzado en la implementación de acciones de adaptación y mitigación frente a dicho fenómeno, las cuales han ido en aumento durante los últimos años. Entre las acciones adoptadas por Colombia se encuentra la participación activa y constante en el marco de las negociaciones internacionales de cambio climático, la identificación de prioridades sectoriales y territoriales referentes a la adaptación y la mitigación dentro del país, la promoción y desarrollo de proyectos concretos de adaptación ante la potencial escasez del recurso hídrico, aumento en el nivel del mar, e impactos en los ecosistemas **(Ortega et al. 2010)**.

Por otra parte, el país teniendo en cuenta la situación actual y los potenciales impactos sociales, económicos y ambientales a los que podría estar sujeto como consecuencia del cambio climático, asumió las cuatro estrategias prioritarias que se describen a continuación:

1. Estrategia colombiana de desarrollo bajo en carbono
2. Estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación REDD+
3. Plan nacional de adaptación al cambio climático
4. La estrategia de protección financiera ante desastres

Dichas estrategias hacen parte del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, y son los pilares para la gestión nacional de cambio climático y se desarrollan en el COMPES 3700, que permitirá coordinar, armonizar y garantizar la complementariedad de varias instituciones y actores tanto públicos como privados, en diferentes instancias del gobierno que van desde lo local, pasando por lo nacional y teniendo en cuenta sus interrelaciones a nivel internacional **(MADS, 2013b)**.

Dando respuesta a las directrices nacionales, el país se encuentra en el proceso de desarrollo de la propuesta de preparación (R-PP) para REDD+, la cual indica qué actividades se pueden realizar y proporciona una guía de cómo estas actividades pueden llevarse a cabo y qué recursos serán necesarios. Para tal fin se están desarrollando acciones a través del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), el Programa de las Naciones Unidas REDD+, Cooperación Internacional y presupuesto nacional **(MADS, 2013b)**.

Esta propuesta de preparación permitirá formular la estrategia nacional REDD+ la cual está basada en la promoción del desarrollo forestal sostenible, mediante la Gobernanza Forestal, y pretende asegurar la conservación y mantenimiento en la oferta de bienes y servicios ambientales, reuniendo elementos imprescindibles abordados en la Convención sobre Cambio Climático -UNFCCC-, Convenio sobre la Diversidad Biológica -CBD- y Foro de Bosques de las Naciones Unidas, con el fin de permitir definir e implementar medidas para la conservación de biodiversidad, mitigación y adaptación al cambio climático desde el ámbito del sector forestal y la gestión sostenible de los bosques **(MADS, 2014)**.

5.4.4. BENEFICIOS ASOCIADOS

Aunque el principal propósito de REDD+ es mitigar el cambio climático, las acciones del mecanismo pueden traer consigo beneficios adicionales los cuales pueden ir de lo local, regional hasta un contexto global. Estos beneficios asociados incluyen servicios ecosistémicos tales como la conservación de la biodiversidad, beneficios económicos y beneficios sociales que surgen del

propio proceso relacionado con REDD+, tal como la creación de capacidad y la mejor gobernanza **(FAO, 2010a)**. Cabe hacer la anotación que estos beneficios adicionales dependerán de la forma en que haya sido planificado REDD+ en cada país.

5.5. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Los esfuerzos de conservación se han centrado tradicionalmente en la protección de zonas donde la cobertura vegetal no ha sido fuertemente alterada por actividades antrópicas; sin embargo en las últimas décadas y a causa del cambio del uso del suelo de grandes extensiones de la tierra a nivel global, los esfuerzos de conservación se han centrado cada vez más en la recuperación natural y la restauración activa de los ecosistemas degradados a fin de restaurar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos **(Aroson *et al*; Chazdon, 2008; Rey Benayas *et al.* 2008; Citado por Holl, K *et al.* 2011)**.

Por lo tanto, la recuperación de áreas a través de la restauración de ecosistemas ante todo es un esfuerzo colectivo por recuperar la integridad de los ecosistemas y garantizar o disminuir la pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

5.5.1. DEFINICIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLOGICA

Existen diversas definiciones de restauración, algunas hacen énfasis en el estado original, y otras en los aspectos ecológicos que se deben recuperar en el proceso dirigido hacia el restablecimiento del ecosistema **(Bastos, 2005)**.

Para efectos del presente ejercicio se toma la definición de la Sociedad para Restauración Ecológica **(SER, 2002)**, la cual define esta disciplina como el proceso de asistencia a la recuperación y manejo de la integridad ecológica de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido; por tanto, la recuperación de un bosque debe ser asistida en su regeneración y en los demás procesos funcionales y estructurales que lo sostienen. Incluyéndose dentro de la integridad ecológica un rango crítico de variabilidad en biodiversidad, procesos ecológicos y estructuras en un contexto regional e histórico; además de prácticas culturales sostenibles **(Bradshaw, 2002 citado por Bastos, 2005)**.

Independientemente de la definición el objetivo es recuperar la estructura y función del ecosistema **(Bayanas *et al.* 2009, Castillo, 2005)**, por lo que no es simplemente poblar con especies vegetales y animales un área determinada, sino restablecer poblaciones nativas y sus interrelaciones para permitir hasta donde sea posible, la recuperación de los procesos ecológicos. Es decir se trata de generar sistemas, capaces de proveer servicios ecosistémicos, mantenerse en el tiempo e integrarse en su contexto, de tal forma que pueda responder y adaptarse a los cambios ambientales manteniendo su integridad ecológica, sin que haya intervenciones adicionales de los humanos **(Kattan *et al.* 2008)**.

Por lo tanto, la restauración ecológica no sólo es una forma de manejo, es a su vez un proceso que involucra acciones dirigidas sobre ecosistemas, una necesidad para detener los daños

puntuales y sus consecuencias sobre las vidas de los asentamientos humanos y un compromiso con las generaciones futuras. Así las cosas, el carácter multidisciplinario de la restauración ecológica da la posibilidad de incluir aspectos históricos, sociales, económicos, culturales, estéticos y ambientales (**Kattan *et al.* 2008**).

Otro punto importante de mencionar son los tipos de restauración los cuales son aplicados según el grado de disturbio o la clase de elementos tensionantes a los cuales se encuentra sometida un área en específico, por tanto, los ecosistemas se recuperan por sí solos, cuando no existen barreras que impidan su regeneración; este proceso se conoce como restauración pasiva o sucesión natural. Es por esto que una de las primeras acciones para recuperar un ecosistema es eliminar los factores que impiden la expresión de los mecanismos de regeneración natural.

De estos factores las heladas, las lluvias, vientos, actividades económicas (como la ganadería, extensiones de cultivos) y quemas, son algunas de las barreras que condicionan la sucesión natural; estos son entonces barreras que impiden la restauración ecológica y las cuales limitan o desvían la sucesión natural de las áreas alteradas por disturbios naturales o antrópicos. Estas barreras se pueden clasificar en dos tipos: **barreras ecológicas (barreras de tipo ecológico)**, relacionadas con factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios naturales y antrópicos, los cuales influyen en los mecanismos de regeneración y colonización de las especies y **las barreras socioeconómicas** que se relacionan con factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso del suelo (**Aguirre *et al.* 2014**).

Por otro lado cuando los ecosistemas que se han visto gravemente afectados, y que por lo tanto su grado de degradación es alto es necesario asistir su recuperación, esto se denomina restauración activa. La cual implica, la asistencia humana para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar los tensionantes que impiden la regeneración de los ecosistemas (**Vargas *et al.* 2010**).

En lo relacionado a las diferentes formas de restauración, **Holl y colaboradores en el 2011** plantean que esta decisión debe estar en función de las características de los ecosistemas (resiliencia), el grado de alteración, las características del paisaje que rodean al área a intervenir (la distancia a parches naturales cercanos), es decir evaluar el potencial existente en cuanto a la oferta física, el potencial biótico, el objetivo o meta que se quiera alcanzar con el proyecto de restauración y finalmente los recursos financieros, la mano de obra disponible o el compromiso o interés de las poblaciones humanas aledañas al proyecto.

Para Colombia se debe agregar que las diferentes características de los ecosistemas, hacen que la restauración deba considerarse como una estrategia de manejo de tipo adaptativo, cuya aproximación no sólo se basa en un ecosistema de referencia sino también en un contexto de realidad en el cual se amplían los escenarios hacia dónde direccionar la restauración (**MADS, 2013a**).

En función de la anterior afirmación, dentro de la restauración también se puede incluir la rehabilitación de ecosistemas, la cual no implica llegar al estado original, y se enfoca en el restablecimiento de la productividad y los servicios que provee el ecosistema. En este caso se habla entonces de la recuperación de la función de un ecosistema, sin recuperar completamente su estructura, donde incluso es posible un reemplazo de las especies que componen el ecosistema **(MADS, 2013a)**.

Otra definición que se debe contemplar es la recuperación, que tiene como objetivo retornar la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio. En esta se reemplaza un ecosistema degradado por uno productivo, pero estas acciones no llevan al ecosistema original, pero sí logran integrar el área degradada, ecológica y paisajísticamente con su entorno. Dentro de este tipo de acciones se incluyen técnicas como la estabilización, el mejoramiento estético y por lo general, el retorno de las tierras lo que se consideraría un propósito útil dentro del contexto regional **(MADS, 2013a)**.

Debido entonces a la pérdida y la degradación generalizada de los bosques, la restauración ecológica puede llegar a ser una estrategia para recuperar la función y estructura de los ecosistemas la cual se han perdido a causa de las actividades humanas, por tanto esta práctica debe de ir más allá de una lógica meramente conservacionista y ser incluida dentro de proyectos de beneficios económicos para los propietarios de las tierras **(Brancalion et al. 2012)**.

5.5.2. LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA COMO ESTRATEGIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Tanto el presente como el futuro implican la necesidad de restaurar la estructura y función de los ecosistemas en numerosas áreas, como única forma de asegurar el capital natural tanto para las generaciones actuales como futuras; convirtiéndose la restauración ecológica en una respuesta importante ante el cambio climático debido a que estas actividades contribuyen entre otras cosas al balance de carbono en una forma positiva **(Vargas et al. 2011)**.

El rol que puede llegar a desempeñar la restauración como estrategia frente al cambio climático es de gran importancia gracias, a las evidencias recopiladas donde se demuestra la retroalimentación entre el clima y los ecosistemas con efectos de interés para la restauración como son sus consecuencias en el desarrollo y crecimiento de plantas, el almacenamiento de carbono en el suelo, la distribución de ecosistemas y el régimen de disturbios; así como consecuencias físicas debido a que el desarrollo de una cubierta vegetal durante los cambios inducidos por la restauración tienen efectos en la efectividad de la superficie terrestre y, la disipación del calor, con consecuencias para el clima **(Vargas et al. 2011)**.

5.5.3 LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y LA CAPTURA DE CARBONO EN COLOMBIA

Con el fin de cumplir los acuerdos y metas establecidas a nivel internacional en lo referente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el país ha comenzado a trabajar en el desarrollo de proyectos que aporten al cumplimiento de las metas y acciones establecidas.

En tales proyectos se puede evidenciar cómo la restauración como estrategia puede contribuir al rescate del conocimiento tradicional de las poblaciones humanas en el manejo de los bosques, la vinculación de estas en las actividades de restauración de ecosistemas, la recuperación de las áreas degradadas con el fin de recuperar los servicios eco sistémicos perdidos, entre los que se resalta el efecto sobre la mitigación y adaptación al cambio climático.

Recientemente el sector productivo, instituciones del estado y las ONG, han unido esfuerzos con el fin de reducir los impactos generados por el cambio climático, desarrollando acciones de restauración ecológica de ecosistemas estratégicos y de esta forma reducir 220.000 ton de emisiones de CO₂. Entre los proyectos se encuentra la Restauración en el Parque Nacional el Cucuy, la restauración ecológica en la Laguna de Socha Parque Nacional de Pisba, restauración en el municipio de El Retiro y en el área natural única los Estoraques. Dichos proyectos pretenden contribuir a la conversión de paisajes transformados, la regulación hídrica y la captura de carbono; todo lo anterior entorno a la toma de conciencia y los procesos participativos con poblaciones locales y los espacios de encuentro mediante la realización de eventos con fines de capacitación y/o sensibilización (**Parques Nacionales Naturales, 2014**). Dentro de este mismo proyecto se involucra un programa de monitoreo formulado y en ejecución, y la generación de la línea base para el análisis de captura de carbono forestal.

6. MÉTODOS

6.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica que se realizó con el fin de cumplir con los objetivos trazados incluyó dos grandes temas: El mecanismo REDD+, la implementación del mecanismo en Colombia y la restauración ecológica.

Para el mecanismo REDD+ se consideró su desarrollo en el ámbito internacional, desde el año de 1992 hasta el presente, y para Colombia el proceso de preparación de la estrategia de implementación como parte de uno de los cuatro pilares para hacer frente al cambio climático en el país.

Con el fin de analizar los criterios establecidos dentro de las herramientas creadas en el país para el desarrollo de los proyectos de restauración ecológica, fueron revisados y analizados diferentes planes, proyectos y guías, formuladas e implementadas en diferentes regiones del país. Y las cuales han sido desarrolladas por autoridades ambientales de orden nacional y regional y por demás instituciones adscritas al Sistema Nacional Ambiental (SINA) tales como Parques Nacionales Naturales, ONG y Universidades. Dicha información fue consolidada en una matriz que proporciona información referente al título del documento, institución que lo desarrolló, escala a la que se trabajó y los resultados más relevantes.

6.2. ESTIMACIÓN DEL CARBONO.

La metodología que se presenta abarca el análisis de los usos del suelo y los motores de degradación que han afectado la región y a las diferentes coberturas vegetales que hoy se encuentran en proceso de restauración, la composición florística del área de estudio, cálculo de la biomasa, carbono almacenado e índices de diversidad en los municipios de Nuevo Colón, San Luis de Gaceno y Viracachá (áreas restauradas) y en Santa María, Garagoa y Ciénega (bosques poco intervenidos).

6.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Corporación Autónoma Regional del Chivor CORPOCHIVOR se encuentra ubicada en el sur-oriental del Departamento de Boyacá. Limitada en el sector norte por el Río Teatinos, por el oriente en la parte alta por los Páramos de Bijagual y Mamapacha y en la parte baja por el Río Upía, por el occidente con el Departamento de Cundinamarca y por el sur con el Río Guavio (Tabla 8). CORPOCHIVOR ejerce funciones como autoridad ambiental en 25 municipios los cuales hacen parte de 5 provincias Oriente, Neira, Marquéz, Lengupá y Centro (Figura, 2) (CORPOCHIVOR, 2010).

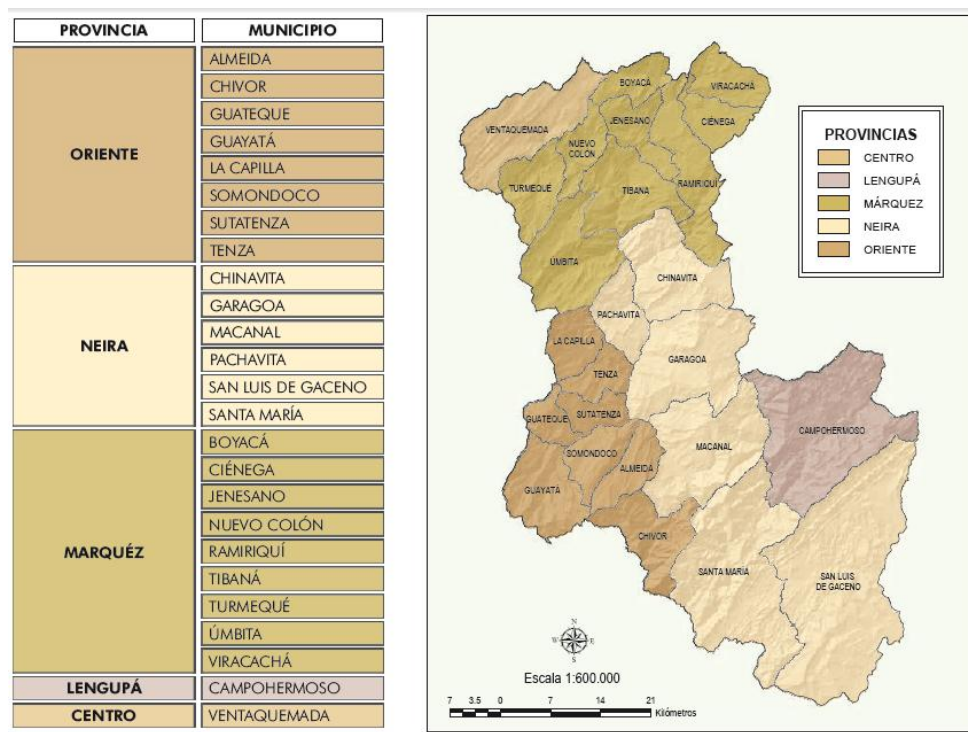


Figura 2. Mapa de la jurisdicción de La Corporación Autónoma Regional del Chivor CORPOCHIVOR. Fuente: CORPOCHIVOR, 2010.

Tabla 8. Coordenadas de la jurisdicción de CORPOCHIVOR

Extremo	Longitud	Latitud	Municipio	Vereda
NORTE	73° 17' 27,38" W	5° 29' 32,17" N	Viracachá	Icarina
OCCIDENTE	73° 35' 59,99" W	5° 21' 51,58" N	Ventaquemada	Boquerón
ORIENTE	73° 1' 38,52" W	5° 0' 29,15" N	Campohermoso	Yotequengue
SUR	73° 8' 54,90" W	4° 39' 18,72" N	San Luis de Gaceno	Río Chiquito

Fuente: CORPOCHIVOR, 2010.

6.2.2. UBICACIÓN Y LEVANTAMIENTO DE PARCELAS

Para el cumplimiento del objetivo se realizaron estimaciones de carbono en áreas de bosques donde se han ejecutado proyectos de restauración ecológica y en bosques poco intervenidos, se muestrearon un total de seis parcelas, como se indica en la (tabla 9).

En lo que se refiere al número de parcelas en estudio, estas corresponden a la capacidad operativa del momento para la ejecución del proyecto de establecimiento de parcelas permanentes por parte de CORPOCHIVOR, y la muestra no obedeció a ningún análisis estadístico para los bosques muestreados. Por tanto las parcelas permanentes que sirvieron para el análisis son una muestra representativa del ecosistema y de la actividad realizada (áreas

intervenidas y en restauración), las cuales serán monitoreadas de forma anual para registrar su desarrollo.

Vale la pena mencionar que los resultados obtenidos en las seis parcelas permiten presentar unas primeras conclusiones a cerca de los beneficios de la restauración ecológica en lo que se refiere al almacenamiento de carbono en los bosques. El alcance del presente trabajo y el número de registros hasta la fecha de las parcelas permanentes que tiene la Corporación no permite hacer extrapolaciones.

Tabla 9. Coordenadas de localización de las parcelas de seguimiento y monitoreo forestal

Parcela	Tipo de bosque	Coordenadas	
		N	W
Nuevo Colón	Restaurado	5° 23' 0,22''	73° 25' 58,5"
Viracachá	Restaurado	5° 24' 54,7 "	73° 14' 86,7"
San Luis de Gaceno	Restaurado	4° 50' 52,3 "	73° 10' 31,7 "
Santa María	Poco Intervenido	4° 53' 35,4"	73° 15' 42,6"
Garagoa	Poco Intervenido	4° 52' 44,2''	73° 14' 26,1"
Ciénega	Poco Intervenido	5° 21' 30,5"	73° 16' 32,4"

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2.1. PARCELAS EN BOSQUE RESTAURADO

Fueron establecidas tres parcelas cada una de 50m X 100 m, estas se trazaron y delimitaron con tubos de PVC, los cuales se ubicaron cada 10 m. Los tubos del perímetro fueron de color naranja, de 3 pulgadas y de 1,50 m de longitud. Al interior de cada parcela se colocaron tubos de PVC de 1,5 pulgadas, los cuales sirvieron para delimitar subparcelas de 10 m X 10 m, para un total de 50 subparcelas. Cada parcela es georeferenciada (Tabla 9).

6.2.2.2. PARCELAS DE BOSQUE POCO INTERVENIDO

Las tres parcelas de bosque poco intervenido fueron levantadas por CORPOCHIVOR en el 2012 y los datos se entregaron por dicha entidad para el desarrollo del presente trabajo, estas parcelas se trazaron con dimensiones de 100m x 100 m, la metodología utilizada para el levantamiento de las parcelas obedeció a la misma que se describe en el numeral 6.2.2.1. Con el fin de unificar los resultados se realizaron los cálculos de conversión que permitieron obtener valores tanto de biomasa como de carbono almacenado en los dos tipos de bosques por hectárea.

6.2.3. INVENTARIO FORESTAL Y COLECTA DE MATERIAL VEGETAL

Todas las parcelas fueron inventariadas el 100% de los árboles con DAP mayor a 10 cm. Y en cuanto a la marcación de los árboles se usó una placa en aluminio amarrada alrededor del fuste.

Para la identificación de las especies registradas en las tres parcelas se realizó la colección de muestras para su posterior identificación en el herbario de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Para la toma de muestras se siguió una guía elaborada por la Universidad Distrital (**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. S.F.**).

6.2.4. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA

Para estimar la cantidad de carbono almacenado se hace necesario conocer la biomasa. Para el desarrollo del presente trabajo y teniendo en cuenta lo que propone el IPCC para proyectos REDD+ se midió la biomasa aérea (BA), por ser el compartimiento que sufre los cambios más significativos como consecuencia de la deforestación y degradación de los bosques. (**Yepes et al. 2011a**).

Para tal fin el IDEAM ha desarrollado un protocolo para estimar la BA y a partir de esta calcular la cantidad de carbono almacenado en los bosques tropicales. La biomasa se puede obtener por medio de dos métodos, directo e indirecto. En el presente estudio se utilizó el método indirecto el cual se lleva a cabo mediante ecuaciones alométricas o factores de expansión, generados a partir del método directo, con el fin de realizar los cálculos de biomasa necesarios (**Álvarez et al. 2012**). Para desarrollar este método es importante medir en campo el diámetro, para luego de esta forma aplicar la ecuación seleccionada, la cual es producto de la estratificación y es específica dependiendo del tipo de bosque. Los valores de densidad de la madera fueron obtenidos a partir de una revisión bibliográfica para cada una de las especies.

Tabla 10. Ecuaciones alométricas desarrolladas por Álvarez et al. (2012)

Variables independientes: diámetro (D) y densidad de madera (ρ) $\ln(AB) = a + b1 \ln(D) + b2 (\ln(D))^2 + b3 (\ln(D))^3 + d \ln(\rho)$						
Tipo de bosque	A	b1	b2	b3	d	R ²
Bosque muy húmedo montano	3,442	-1,809	1,237	-0,126	1,744	0,958
Bosque húmedo montano bajo	2,226	-1,552	1,237	-0,126	-0,237	
Bosque húmedo premontano	2,421	-1,415	1,237	-0,126	1,068	
Bosque húmedo tropical	2,829	-1,596	1,237	-0,126	0,441	
Bosque muy húmedo tropical	1,596	-1,225	1,237	-0,126	0,691	
Bosque Tropical y Subtropical seco	4,040	-1,991	1,237	-0,126	1,283	0,941
Todos los tipos de bosque	3,103	-1,794	1,237	-0,126	0,819	

Fuente: Yepes et al. 2011b

Dónde: BA= biomasa aérea de los árboles en kg; D= diámetro normal medido a 1,30 m de altura desde el suelo en cm, (ρ) = densidad de la madera en g/ cm³ a, b, c, d y b1 son constantes del modelo, y R² = ajuste del modelo.

6.2.5. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BIOMASA AÉREA

Para describir las reservas de carbono almacenadas en la BA, se asumió que en los bosques tropicales la biomasa de los árboles contiene aproximadamente el 50 % de carbono. Por tanto se usó el factor de 0,5 y así transformar la biomasa a carbono (**Yepes et al. 2011b**). Para identificar el carbono almacenado o emitido se aplicó la conversión propuesta por el IPCC (**2003-2006**) para ecosistemas forestales, donde se recomienda emplear el factor de $44/12 \approx 3,67$ (este factor resulta de dividir el peso atómico de una molécula de dióxido de carbono, por el peso específico del carbono). Es decir, se multiplica la cantidad de toneladas de carbono que almacenan los bosques por 3,67 como medida utilizada para comparar las emisiones de GEI, basado en el potencial del calentamiento global de cada uno ellos.

6.2.6. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD PARA LA COBERTURA BOSCOSA EVALUADA

La diversidad puede evaluarse mediante la riqueza y composición de las especies presentes, la diversidad y la estructura que permite evaluar el comportamiento de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de la abundancia, frecuencia y dominancia, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (**Alvis, 2009**). El conocimiento y evaluación de las características estructurales y la dinámica de los bosques, son factor fundamental para determinar las posibilidades de utilización, bien sea en aspectos de producción, conservación o regulación del mismo.

Se calculó para las especies inventariadas en cada una de las parcelas los valores de abundancia, frecuencia, dominancia con estos datos se halló el Índice de Valor de Importancia, así como los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Menhinick.

6.3. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL MARCO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL REDD+

A partir de los resultados obtenidos en las primeras fases del presente trabajo se dio inicio a la elaboración de la propuesta de inclusión, la cual se elaboró con base en el análisis de la estrategia de preparación de REDD+ en el país. La construcción se consolidó luego de analizar los resultados de la revisión de las herramientas generadas para el desarrollo de proyectos de restauración en Colombia, con el fin de complementar los esfuerzos REDD+, planteándose como una estrategia que permita desarrollar actividades que generen aumento de las reservas de Carbono, además generar beneficios sociales y ambientales.

Como resultado se indicaron los criterios clave a tener en cuenta para la formulación de proyectos de restauración ecológica, los cuales contribuirán a un desarrollo exitoso de las propuestas de restauración dentro de áreas priorizadas para la ejecución de la estrategia REDD+ en el país.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el fin de alcanzar los objetivos trazados y el desarrollo de la metodología establecida:

7.1. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA NACIONAL REDD+

Como ya se ha descrito dentro del presente documento la implementación del mecanismo REDD+ en los países en desarrollo contribuye no sólo a hacer frente a la deforestación, sino que se concibe como un mecanismo que enfrenta la pobreza rural, ayuda a conservar la biodiversidad, aumentar las coberturas boscosas y promueve el sostenimiento de los servicios ecosistémicos (**Ortega *et al.* 2010**).

En lo que se refiere a la implementación del mecanismo REDD+ en el país, este se encuentra en preparación. Con este proceso se espera preparar al país técnica, institucional y socialmente para la ejecución de instrumentos financieros y de gestión ambiental del territorio que permitan disminuir, detener o revertir la pérdida de los bosques y por tanto evitar las emisiones de CO₂ asociadas; además será la guía para maximizar los beneficios ambientales y sociales asociados en este tipo de actividad (**MADS, 2013d**).

Entre los objetivos que se deberán cumplir en el proceso de preparación está: contribuir y armonizar esfuerzos históricos del país en la conservación y uso sostenible de los bosques a través del diseño e implementación de opciones y mecanismos para la reducción de la deforestación y la degradación.

Para la construcción de la propuesta se establecieron cuatro componentes, descritos a continuación.

1. Organización y consulta en las poblaciones de interés

En este primer componente se describen los criterios para el desarrollo de la preparación de la estrategia; para su avance se requiere de una serie de actividades (Figura 3), las cuales se han formulado con el objetivo de incluir a todas las partes interesadas, a continuación se realiza una descripción de las mismas:

- Fortalecer las capacidades de los actores relevantes en la Estrategia REDD+.
- Construir espacios de articulación con representantes de pueblos indígenas, comunidades afrocolombianas, campesinos, entidades del gobierno nacional, ONG, la academia, y el sector privado.
- Definir cómo es posible plantear el mecanismo de quejas y reclamos que permita a los ciudadanos ejercitar sus derechos y tener mayor transparencia sobre los procesos y procedimientos que se llevan a cabo.

- Desarrollar el plan de participación basado en el fortalecimiento de capacidades de los actores, y una estrategia de comunicación participativa que garantice el acceso a la información y facilite el diálogo intercultural e intersectorial.

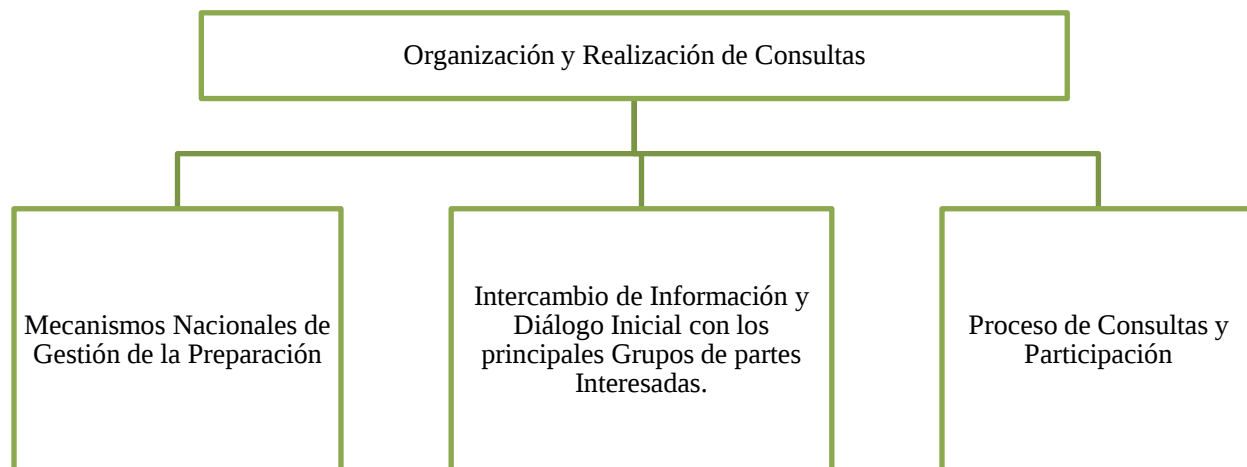


Figura 3. Criterios para el desarrollo del componente 1 de la propuesta de preparación ENREDD+.

2. Preparación de la estrategia.

Como resultado de un trabajo de cuantificación y de la identificación de las dinámicas de la deforestación en el país, en la cual se debe tener en cuenta no sólo los cambios de los usos del suelo como consecuencia del uso agropecuario, los cultivos ilícitos, las solicitudes mineras, sino también la gobernanza y la tenencia de estos, ya que son temas íntimamente relacionados con la propiedad del carbono y la distribución de los beneficios asociados a la implementación de REDD+ o de cualquier tipo de proyecto que se encuentre relacionado con pagos por servicios ambientales.

La preparación de la estrategia REDD+ en el país es todo un desafío teniendo en cuenta que los problemas radican en las diferentes formas en que se ordena y distribuye la tierra en el país, en donde en algunos casos, existe sobre posición de figuras de tenencia de la tierra, ocasionando problemas en las formas de acceso y distribución de los potenciales beneficios que REDD+ ofrece a los actores locales.

Teniendo en cuenta que el objetivo fundamental de REDD+ es reducir la deforestación y degradación de los bosques mediante la identificación y la lucha de los motores que la propician **(Banco Mundial, 2012)**, se hace necesario realizar un estudio detallado del comportamiento de los motores de deforestación y sus causas subyacentes, pues si bien se ha determinado, que las principales causas de pérdida de cobertura boscosa en el país están asociadas en un 75% con la expansión de la frontera agrícola, estos resultados no son homogéneos en el territorio ni en el

tiempo, y están normalmente asociados con el contexto histórico, de ocupación y la localización geográfica, factores que influyen en el uso y el acceso a los recursos (**Armenteras et al. 2013**).

Es importante indicar que el desarrollo de la estrategia nacional REDD+ es una oportunidad para aumentar el conocimiento sobre los motores de deforestación y los condicionantes socioeconómicos que los impulsan, tanto a nivel nacional como regional, debido a que tal y como describen **Armenteras y colaboradores (2013)**, las dinámicas de la deforestación en el país obedecen a factores que ejercen diferentes tipos de presiones dependiendo de la región.

De esta forma la estrategia nacional podrá cumplir con los objetivos relacionados con la conservación y uso sostenible de los bosques, por medio de la articulación con la institucionalidad y con los procesos de regulación, uso y mantenimiento de los Recursos Naturales y de ordenamiento territorial. Otro de los objetivos que se deben alcanzar es el fortalecimiento de la gobernanza, donde se prioricen las intervenciones locales teniendo en cuenta los derechos de pertenencia, y donde las responsabilidades y beneficios sean asumidos e implementados en los territorios por los actores locales. También se debe identificar, de forma participativa, las salvaguardas ambientales y sociales aplicables para REDD+ en Colombia. Y finalmente se debe crear un sistema de comunicación entre los sectores productivos que generan deforestación y degradación de los bosques; a la vez que se realiza una planeación participativa que incluya los actores relacionados y en las diferentes escalas como herramienta principal para una adecuada implementación de estrategias.

Uno de los puntos más importantes es la propuesta de las estrategias para frenar los motores de deforestación y degradación, enfocándose en la identificación de acciones multifactor y multinivel que sean costo-efectivas y contribuyan al ordenamiento ambiental del territorio y la gestión sostenible de los bosques.

Hasta el momento se proponen ocho grandes opciones de estrategia, con las cuales se pretende abordar de forma directa los motores de deforestación identificados. Dichas estrategias se enfocarán en mejorar la gestión del recurso forestal y en temas multisectoriales que determinan los cambios de las coberturas boscosas en todo el territorio nacional.

En Colombia, las opciones de estrategia identificadas para frenar los motores de deforestación están relacionadas con:

- Ordenamiento Ambiental del Territorio
- Fortalecimiento de las capacidades en la gestión para la conservación de bosques.
- Promoción de la ordenación, protección y restauración de ecosistemas forestales
- Fortalecimiento de la gobernanza forestal.
- Desarrollo de instrumentos, pagos por servicios ambientales y mercados verdes para la promoción de la conservación de los bosques.
- Promoción de prácticas sostenibles en el desarrollo de actividades sectoriales (agropecuarias, pecuarias, mineras, infraestructura, petrolera y turismo)

- Promoción de la gestión en el sistema nacional de áreas protegidas y sus zonas de amortiguación.
- Promoción de las acciones de conservación y manejo sostenible dentro del programa de desarrollo de alternativas de cultivos ilícitos.

3. Desarrollo de un nivel nacional de referencia de las emisiones forestales

La figura 4 indica el componente para el desarrollo de un nivel de referencia de las emisiones forestales. En el contexto Colombiano se busca la generación de un nivel de referencia, a partir de niveles de referencia subnacionales y a la vez generar la capacidad técnica y científica para el Monitoreo, Reporte y Verificación de los compromisos que se pacten.

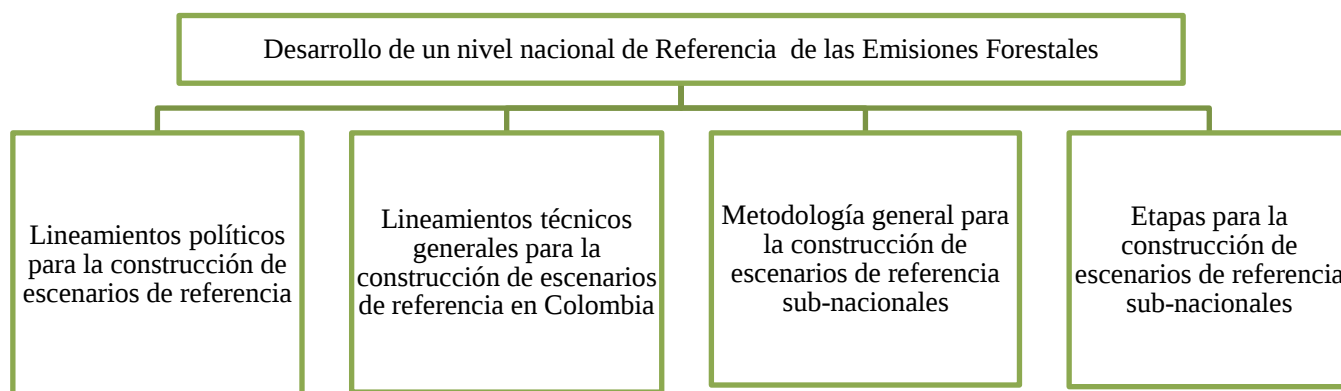


Figura 4. Criterios para el desarrollo del componente 3 de la propuesta de preparación ENREDD+. Fuente: Elaboración propia

El proceso de delimitación se realiza tomando como referencia áreas subnacionales que internamente agrupan municipios y que además se consideran representativos de las dinámicas de deforestación que se presentan en el territorio nacional. El análisis de deforestación histórica permite detallar la transformación del bosque en el área de estudio, la estimación de los contenidos de carbono promedio por tipo de bosque, la caracterización de las causas directas y subyacentes de los principales agentes de la deforestación y las proyecciones de las emisiones de CO₂ e.

En la propuesta se priorizan nueve regiones para la construcción de escenarios de referencia. Para estas regiones se han formulado los lineamientos a tener en cuenta en la construcción de los niveles de referencia como son: Información disponible para la construcción de escenarios de referencia en Colombia (categorías de cobertura de la Tierra, superficie de tierra y cambios, biomasa aérea/carbono, motores de la deforestación) y las decisiones políticas (definición de bosque, actividades incluidas, compartimientos y gases incluidos).

4. Diseño de sistemas de seguimiento forestal y de información sobre salvaguardas.

En la Figura 5 se identifican los criterios más importantes del cuarto componente de la propuesta de preparación de en EN-REDD+ sobre el diseño de sistemas de seguimiento forestal nacional y de salvaguardas. Para este punto en particular, uno de los principales desafíos para la implementación es el desarrollo de un sistema de contabilidad de emisiones, el cual necesariamente implica la creación de -un sistema de monitoreo, donde se realice el seguimiento de la deforestación y degradación de la cobertura forestal y de los cambios en las reservas de carbono.

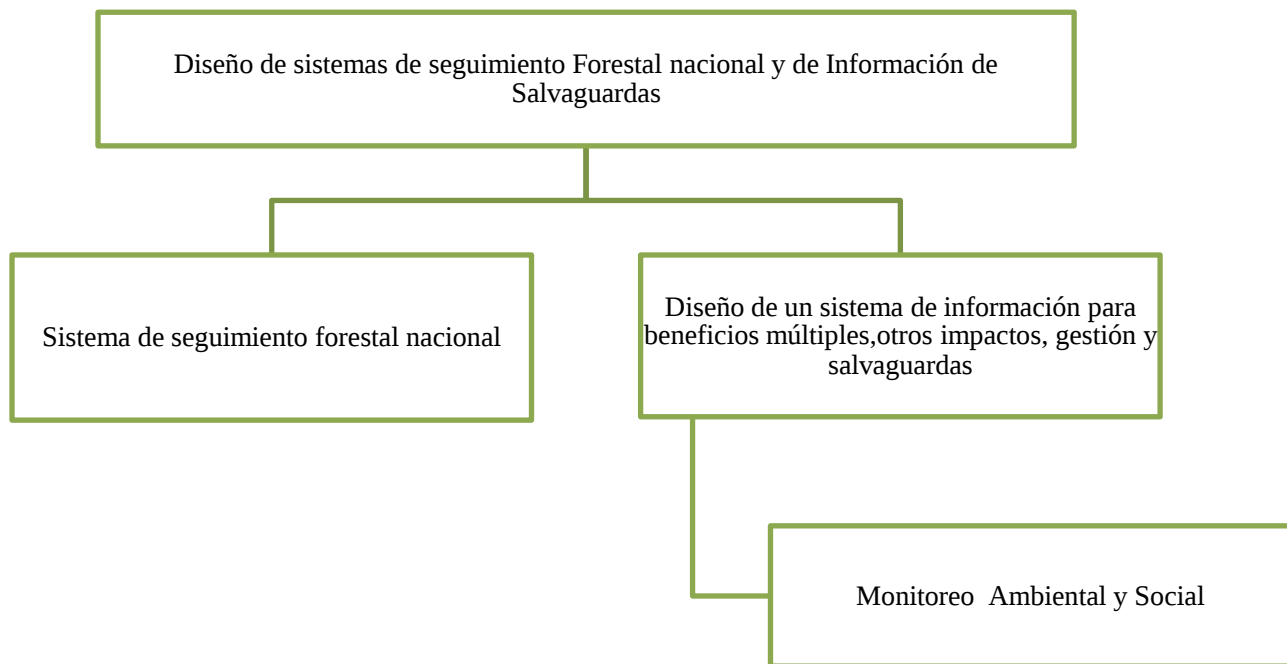


Figura 5. Criterios para el desarrollo del componente 4 de la propuesta de preparación ENREDD+. Fuente: Elaboración propia

Es importante anotar, que en el sistema de MRV se estiman los cambios en las existencias de carbono de los bosques, incluyendo evaluaciones de las tasas de deforestación, tasas de regeneración, pérdidas y ganancias de carbono asociadas, consideraciones de forestación y reforestación, y en general, todos los procesos o actividades que ocasionan cambios en las existencias de carbono en los bosques, incluyendo análisis de coberturas y carbono de otros usos del suelo.

Actualmente en el país se cuenta con el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono para Colombia –SMBYC, el cual está constituido por tres componentes fundamentales: Generación de Alertas tempranas, Cuantificación Nacional de la Deforestación, y Monitoreo del Carbono almacenado. En el SMBYC se encuentra enmarcado el sistema de MRV donde se han formulado actividades que son prioritarias para el diseño, consolidación e implementación a nivel nacional.

El sistema de MRV propuesto es coherente con un enfoque sub-nacional donde se reconocen las diferencias regionales que se presentan dentro del país, especialmente en el tema de deforestación. En este sentido en el ámbito nacional y regional el IDEAM aplicará los protocolos de cuantificación de la Deforestación, y de estimación de los contenidos de carbono, a la vez que definirá los procedimientos para las diferentes actividades REDD+.

Tomando en cuenta el Monitoreo Ambiental y social Colombia busca el desarrollo de un conjunto de indicadores que permitan dar seguimiento al impacto de las actividades REDD+, tanto a nivel ambiental como social a diferentes escalas. La participación de las comunidades en el monitoreo de dichos indicadores es importante, en particular a nivel local, con el fin de registrar los impactos negativos, respetando las salvaguardas aplicables a REDD+, pero también los impactos positivos y co-beneficios. De esta manera se puede involucrar y apropiar a las comunidades locales de las actividades REDD+.

Después de realizar un breve recuento del documento de preparación para el diseño de la estrategia nacional REDD+, se puede observar como la restauración ecológica hace parte de las estrategias con las cuales se pretende abordar de forma directa los motores de deforestación identificados, convirtiéndose en una herramienta de manejo del territorio con miras de revertir el proceso del capital natural.

No obstante, es necesario realizar una revisión de los avances llevados a cabo por la academia y la institución, el sector privado y las ONG en el país, con el fin de llevar a cabo proyectos de restauración ecológica en los diferentes ecosistemas, teniendo como referencia las transformaciones y los motores que los impulsan.

7.2 DESARROLLO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN COLOMBIA

En el país el tema de restauración ecológica aparece en la década de los 90, en un principio abordado por organizaciones no gubernamentales (ONG) y la academia, después promovido mediante cursos y seminarios organizados por diferentes instituciones a nivel nacional, regional y local. Así mismo, el tema de la restauración se ha fortalecido mediante la creación de elementos normativos, dando origen a herramientas de gestión que han permitido el avance del país en conocimiento técnico y científico relacionado con la estructura y función de los ecosistemas, causas de degradación y desarrollo de instrumentos como programas, planes institucionales tanto del sector público como privado, guías y protocolos que permitan recuperar áreas degradadas en diferentes regiones del país.

En el marco nacional, la formulación de políticas, planes y estrategias el MADS ha considerado directa o indirectamente el componente de restauración e igualmente ha publicado diferentes documentos tales como el Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia (Plan Verde en 1998); la Guía Metodológica para la Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación (2003) y el Protocolo de Restauración de Coberturas Vegetales afectadas por Incendios Forestales (2006) (MADS, 2013c). A nivel del Distrito

Capital se ha elaborado y publicado el Protocolo Distrital de Restauración Ecológica, una Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá (2000); la guía técnica para la Restauración Ecológica en Áreas con Plantaciones Forestales Exóticas en el Distrito Capital (2004); la Guía técnica para la Restauración Ecológica de Áreas Afectadas por Especies Vegetales Invasoras (2005); la Guía Técnica para la Restauración de áreas de Ronda y Nacederos del Distrito Capital (2004), el Protocolo de Rehabilitación y Recuperación Ecológica de Humedales en Centros Urbanos (2008); el Manual para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas Disturbados en el Distrito Capital (2010) **(MADS, 2013a)**.

Además no se debe dejar de lado el aporte de la academia, donde la tendencia es la realización de estudios de la ecología de especies y de la dinámica de ecosistemas a escala local, tales como el realizado por **Beltrán y colaboradores en el 2008**, donde muestra la caracterización de la vegetación y eliminación de agentes tensionantes para activar la restauración ecológica en la - Reserva Pantano Redondo, (Zipaquirá, Cundinamarca) También se encuentran estudios de restauración utilizando bioingeniería como: La diversidad de insectos y plantas en cárcavas restauradas con bioingeniería, en el municipio de Cali, donde el objetivo fue realizar una evaluación preliminar de la importancia de la restauración a partir de obras de bioingeniería sobre la biodiversidad **(Giraldo et al. 2008)**. También se encuentran una variedad de estudios realizados con el fin de restaurar áreas afectadas por la minería a cielo abierto **(Barrera et al. 2009)**.

Por otra parte, en lo que se refiere a la vinculación de la comunidad, Parques Nacionales Naturales ha desarrollado lineamientos técnicos, metodológicos, sociales y jurídicos para la implementación de proyectos de restauración ecológica que permita la conservación *in situ* de los ecosistemas, los hábitats naturales, el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables en su entorno natural **(MADS, 2013a)**.

Con el fin de crear un instrumento de política nacional que tenga inmerso la restauración y la conservación de ecosistemas y sus servicios, se cuenta con la propuesta del Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas (PNRE), enmarcado en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos en el 2012, el cual a su vez se encuentra articulado con la estrategia mundial para la Conservación de Especies (EMCE) y el Convenio de Diversidad Biológica (CDB). El documento tiene como objetivo principal orientar y promover la restauración ecológica, la rehabilitación y la recuperación de áreas degradadas; un punto importante dentro de las metas propuestas en el plan es promover la distribución equitativa de los beneficios, la conservación de la diversidad biológica, la sostenibilidad y el manteamiento de bienes y servicios ambientales en el marco de adaptación a los cambios globales **(MADS, 2013a)**.

Con el fin de analizar de forma más detallada los instrumentos creados en el país dirigidos a desarrollar proyectos de restauración ecológica se realiza una revisión de los planes, proyectos, guías y protocolos con mayor importancia, debido a su peso técnico y científico para dar solución a los problemas que se han venido presentado tales como: la degradación de suelos,

fragmentación y recuperación de coberturas vegetales en cuencas hidrográficas, metodologías para promover la participación comunitaria y guías para la recuperación de áreas degradadas en ecosistemas particulares (Tabla 11).

Así en el país estos instrumentos pueden contribuir a la implementación de proyectos para una gestión adecuada desde la formulación, implementación y seguimiento. Sin embargo la mayoría de estas herramientas son planificadas y ejecutadas para la región andina, lo cual puede ser explicado por la necesidad que se genera debido a la alta densidad poblacional de esta región y por tanto, la necesidad de restaurar ecosistemas y recuperar los servicios que han sido afectados por la presión a la cual han estado expuestos.

Es importante resaltar que la información es limitada en las otras regiones del país; lo que se convierte en una barrera para la implementación de programas y proyectos de restauración, rehabilitación y recuperación de ecosistemas boscosos, con el fin de realizar un manejo sostenible que involucre la conservación y la recuperación de ecosistemas degradados dentro de las áreas priorizadas como objeto de REDD+. Por tanto se hace necesario fomentar la investigación en estas regiones diferentes a la Andina, así como la formulación de metodologías para la vinculación de diferentes actores tales como grupos indígenas, campesinos, afro descendientes y colonos.

Por otra parte y en cuanto a lo que se refiere al desarrollo de proyectos de restauración ecológica en el país, según el meta-análisis realizado por **Murcia y colaboradores en el 2014**, la distribución ecológica los proyectos se encontraban centralizados en las zonas altas del país, encontrándose la mayoría de los proyectos por encima de los 2400 msnm. Estos resultados concuerdan con la revisión a las herramientas de gestión que se han generado en el país referente al desarrollo de proyectos de restauración.

Otro punto importante del análisis, sugiere que los proyectos están siendo realizados con una estrategia simplificada, sin la suficiente planificación asociada a un bajo nivel de seguimiento, el establecimiento de una línea base y el monitoreo. En su gran mayoría los proyectos no identifican un ecosistema de referencia; el seguimiento de la gestión se enfoca especialmente en las tareas de montaje de infraestructura y plantación y, en la mayoría de los casos, sólo se evalúa una variable desempeño. El monitoreo, cuando se reporta, no valora si realmente se cumplieron las metas planteadas. De tal forma que la evaluación no es eficiente ni necesariamente genera información contundente a la hora de calificar el desarrollo de los proyectos (**Murcia, 2014**).

Tabla 11. Revisión de las diferentes herramientas formuladas e implementadas en Colombia para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica

Título	Institución	Objetivos	Escala	Resultados esperados / Resultados
PLAN NACIONAL DE RESTAURACIÓN. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C. 2013	OBJETIVO GENERAL: Orientar y promover la restauración ecológica, la recuperación y la rehabilitación de áreas disturbadas, que conlleven a la conservación de la diversidad biológica y a la sostenibilidad y mantenimiento de bienes y servicios ecosistémicos, en un marco de adaptación a los cambios globales. OBJETIVOS ESPECIFICOS: Profundizar el conocimiento sobre las áreas disturbadas establecido estrategias, lineamientos y propuestas para su restauración. Promover la generación de beneficios asegurando la participación de todos los sectores de la sociedad diversidad cultural y multiétnica a lo largo de la implementación de procesos de restauración. Desarrollar estrategias de restauración en áreas disturbadas priorizadas por medio de proyectos piloto y acciones a gran escala enfocados a la conservación de la diversidad biológica, a la sostenibilidad y mantenimiento de bienes y servicios eco sistémico.	Nacional	1. Generar el mapa de priorización nacional para la restauración, Recuperación y rehabilitación de áreas disturbadas. 2. Ejecución de proyectos de composición, estructura y función para cada una de las áreas disturbadas y sus sistemas de referencia según los disturbios identificados en el Plan Nacional de Restauración. 3. Diseñar proyectos de investigación básica y aplicada para el desarrollo de estrategias de restauración rehabilitación y recuperación por disturbios vinculando a todos los sectores involucrados en la problemática de degradación, buscando la articulación a programas existentes. 4. Continuar con la implementación de procesos de restauración establecidos, integrando las iniciativas propuestas de gestión del riesgo, las estrategias de adaptación al cambio climático global, la línea de restauración del Programa Nacional de Investigación, Evaluación, Prevención, Reducción y Control de Fuentes Terrestres y Marinas de Contaminación al Mar el programa de manejo de especies invasoras y la estrategia de Restauración Ecológica Participativa REP de Parques Nacionales Naturales -PNN.

Guía metodológica para la restauración ecológica a partir del manejo de vegetación.	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial Bogotá D.C 2003.	Objetivo General: Proporcionar elementos conceptuales y prácticos para desarrollar proyectos de restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación nativa. Objetivos Específicos: Identificar Lineamientos para el monitoreo de proyectos de Restauración Ecológica.	Nacional	1. Consideraciones conceptuales de la Restauración Ecológica, sucesión vegetal, criterios que permiten identificar cuáles son los puntos de interés donde es aconsejable realizar la restauración Ecológica. 2. Bases para planificación de proyectos de restauración ecológica, tomando en cuenta la selección de áreas, mediante criterios de identificación de factores oferta ambiental. 3. Estrategias de ejecución, evaluación y monitoreo de proyectos de restauración ecológica.
Estrategia Nacional de Restauración Ecológica del Sistema de Parques Nacionales Naturales Colombia.	Parques Nacionales Naturales, Bogotá D.C. 2008	Objetivo General: Contribuir con el manejo de las condiciones de las Áreas Protegidas a través de la implementación de acciones de restauración ecológica, enmarcadas en la adaptación a cambios globales para el cumplimiento de los objetivos de diversidad y ecosistémica in situ representativas en el país. Objetivos Específicos: 1. Establecer las necesidades de restauración ecológica en ecosistemas terrestres y acuáticos, con el fin de contribuir a la integridad ecológica y a la efectividad del manejo en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales. 2, Plantear los lineamientos técnicos que orienten los procesos de implementación en restauración ecológica en las áreas	Nacional	1. Identificación y priorización de las necesidades de restauración ecológica al interior de las áreas protegidas para ecosistemas terrestres y acuáticos. 2. Lineamientos diseñados con el fin de restablecer la estructura, composición y función de ecosistemas alterados, presentes y relacionados con las Áreas protegidas, teniendo en cuenta los diferentes escenarios, sus factores tensionantes y limitantes de restauración. 3.Protocolos de restauración dependiendo del compartimiento (suelo-vegetación - fauna - agua) compatibles con las Áreas Protegidas en sitios que se encuentren alterados complementados con herramientas vegetales útiles en proyectos de restauración ecológica. 4.Implementar procesos de restauración según el o los tipos de disturbio presentes en el área, los compartimentos (suelo, vegetación y fauna) que se ven afectados, y al nivel jerárquico con el

		priorizadas por la Unidad de Parques. 3. Aportar al restablecimiento de la estructura, composición y función de los ecosistemas alterados presentes por medio de la implementación de acciones de restauración ecológica en las Áreas Protegidas. 4. Establecer acuerdos transitorios de restauración o pactos ambientales con los actores que participen en los procesos de implementación que se desarrollan en las áreas priorizadas.		que se aborde la restauración (población, comunidad, ecosistema, paisaje), siendo su fin último la aceleración de la sucesión del área
Protocolo distrital de restauración ecológica, una guía para la restauración de ecosistemas nativos en áreas rurales de Santa Fe de Bogotá.	Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente (DAMA) Santa fe de Bogotá D.C. 2000	Objetivo General: Reconstrucción de los ecosistemas nativos del Distrito Capital, así como en áreas vecinas o similares del cinturón alto andino realizando los ajustes en cada caso a las condiciones y necesidades del territorio humano. Objetivos Específicos: 1. Recuperación de los ecosistemas nativos del distrito, los valores, bienes y servicios que estos encierran. 2. Prevención, mitigación y reposición de los impactos ambientales ocasionados por los grandes proyectos de desarrollo públicos y privados.	Región Andina	1. Criterios para identificar las principales especies vegetales que constituyen los ecosistemas. 2. Guía de restauración teniendo en cuenta el diseño de los terrenos, implementados según el o los tipos de disturbio presentes, enfocándose a imitar los patrones espaciales y temporales que exhibe la vegetación natural de la zona a restaurar. 3. Diagnósticos de restauración para el área rural del Distrito, mediante el análisis de oferta ambiental, potencial biótico, factores tensionantes , condiciones físicas básicas y potencial socio dinámico.
		Objetivo General: Formulación, ejecución, seguimiento y monitoreo de proyectos de restauración	Región Andina	1. Caracterización de la oferta ambiental, zonificación y priorización de las áreas a intervenir con fines de restauración.

Guía técnica para la Restauración Ecológica de áreas de ronda y del distrito capital.	Departamento Técnico administrativo del Medio Ambiente (Dama). Bogotá D.C. 2004	ecológica teniendo en cuenta el papel fundamental que desempeña el recurso Hídrico en el desarrollo del Distrito Capital de Bogotá y la región. Objetivos específicos: Definir los usos, manejo y conservación del Recurso Hídrico a fin de garantizar la recuperación de la estructura y funciones de los ecosistemas asociados a los medios Ribereños. Restablecer los corredores biológicos o zonas de amortiguamiento en el área rural y el borde urbano del distrito.		2. Propuestas de manejo y lineamientos para la restauración en áreas de la ronda con presencia de agricultura, pastoreo, expansión urbana y erosión superficial. 3. Identificación de diferentes especies que cumplan con criterios técnicos y normas ambientales que permitan ser incluida en procesos de restauración Ecológica.
Guía técnica para la restauración ecológica en áreas con plantaciones forestales Exóticas en el Distrito Capital.	Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), Bogotá D.C. 2004	Plantear técnicas de Restauración Ecológica que al implementarse permitan al ecosistema recuperar progresivamente algunas de las funciones ecológicas tales como: fuentes de alimento, hábitats, valor paisajístico e incremento de la biodiversidad.	Región Andina	1. Descripción de las características generales de las especies exóticas y sus efectos sobre la biota Nativa, suelo y agua. 2. Caracterización Físico -Biótica, social y zonificación de manejo de las áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital. 3. Metodología para abordar la restauración en áreas con plantaciones forestales exóticas.
Protocolo para rehabilitación y recuperación ecológica de humedales en centros urbanos	Secretaría Distrital de Ambiente, Bogotá D.C (2008).	Ofrecer alternativas para la recuperación o rehabilitación de los humedales, analizando el estado actual, la oferta ambiental y potencial biótica, que se conviertan en herramientas de análisis para la realización de proyectos.	Región Andina	1. Mejorar las condiciones de oferta de agua a los humedales y la restitución del espejo de agua perdido a causa de las alteraciones del régimen hídrico del humedal. 2. Control de arrastre de residuos sólidos y vertimientos de contaminantes en el humedal. 3. Alternativas de recolección, propagación y plantación de material vegetal. 4. Criterios para el manejo de suelos y coberturas

				vegetales del humedal y control de especies invasoras.
Manual para la restauración de los ecosistemas disturbados en el distrito capital.	Secretaría Distrital de Ambiente, Escuela de Restauración Ecológica-Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C. 2010.	Plantear metodologías de restauración Ecológica de los ecosistemas degradados para lograr en mediano y largo plazo una ciudad sostenible.	Región Andina	1. Descripción de la importancia de los modelos conceptuales y los modelos de trayectoria en los proyectos de restauración ecológica y el papel de la restauración como estrategia de adaptación al cambio climático. 2. contextualización de su geografía, de los factores determinantes de los ecosistemas presentes a nivel físico, biótico, socioeconómico y cultural, y por último se habla de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas bogotanos. 3. Pasos para realizar un proyecto de investigación en el cual el problema ha sido generado por un disturbio o por las acciones implementadas para acelerar la sucesión o el desarrollo del ecosistema. 4. Estrategias de restauración ecológica que pueden ser consideradas para neutralizar los efectos de los factores tensionantes y limitantes en las áreas o sistemas a ser restaurados, e igualmente, para acelerar los procesos de la sucesión en los diferentes tipos de áreas disturbadas.
Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino.	Universidad Nacional	Objetivo: Dar una visión amplia de los aspectos a tener en cuenta para la formulación y ejecución de proyectos según el estado de degradación del ecosistema.	Nacional	1. Introducción a la restauración ecológica y análisis de los pasos fundamentales que se deben tener en cuenta en el desarrollo de un proyecto, haciendo énfasis en las fases, escalas, niveles y las barreras ecológicas y sociales que impiden la regeneración natural de los ecosistemas. 2. Estrategias para implementar las fases

				diagnostica, experimental y de monitoreo del área que se desea restaurar. 3. Estudio de caso para la restauración ecológica del bosque alto Andino en los alrededores del Embalse de Chisacá, haciendo énfasis en plantaciones de pinos, áreas potrerizadas y áreas invadidas por el retamo espinoso (<i>Ulex europaeus</i>).
Plan de restauración ecológica de la microcuenca del río vega ensayos pilotos de restauración	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Escuela de Biología. Grupo de investigación ecológica de Bosques Andinos Colombianos-EBAC. Tunja, Colombia 2012	Lograr a largo plazo recuperar la estructura, función y servicios ambientales de sus ecosistemas. El interés por trabajar en esta microcuenca surgió debido a las inundaciones ocurridas entre los años 2010 y 2011 en algunos barrios de la ciudad de Tunja que ocasionó grandes pérdidas económicas a sus habitantes.	Regional	1. Caracterización florística y estructural de la vegetación e identificación de las especies nativas potencialmente útiles en procesos de restauración ecológica (terminado). 2. Aplicación de compost para inducción de la sucesión vegetal en un área afecta por la minería a cielo abierto (1er año de seguimiento terminado) 3. Propagación de especies nativas útiles para Restauración ecológica. 4. Caracterización florística de ecosistemas de referencia e identificación de especies útiles en restauración (En ejecución). 5. Propagación de especies nativas por esquejes como apoyo a la RE de la microcuenca (iniciando) 6. Recuperación de coberturas vegetales nativas en áreas de ronda del río (proyectado)
Proyecto de Restauración Ecológica Informe Técnico de Intervención Cuenca Río	Jardín Botánico José Celestino Mutis	Objetivo: Generar un proceso de restauración ecológica de manera concertada con el propietario del predio para la formación de un corredor ecológico de conectividad con el área de reserva	Región Andina	Concertación del Ordenamiento predial, inicio de la regeneración de la cobertura vegetal Diseño: Control de tensionantes, manejo de limitantes y siembra de especies nativas distribuidos en núcleos de dispersión estratégica.

Tunjuelo Localidad Usme Predio La Dorada (Vda Las Margaritas)		forestal distrital del Páramo de las Mercedes.		
Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia	Universidad Nacional, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN)	Objetivo: Presenta una síntesis conceptual y metodológica basada en experiencias desarrolladas en diferentes ecosistemas del mundo, con énfasis en los ecosistemas tropicales terrestres y acuáticos.	Nacional	El documento muestra los pasos más comunes que siguen los proyectos de restauración, con explicaciones conceptuales que contribuyen a la comprensión de los procesos, procedimientos y técnicas; también incluye las guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas terrestres de Colombia, comenzando por los páramos y ecosistemas boscosos, sabanas y zonas secas; posteriormente se desarrollan los ecosistemas acuáticos, en donde indica las guías técnicas para la restauración de humedales, ríos y bosques riparios. Finalmente, se realiza una presentación de los ecosistemas costeros con énfasis en manglares, corales y praderas de pastos marinos.

7.3. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN ÁREAS RESTAURADAS Y POCO INTERVENIDAS EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOCHIVOR

7.3.1. ANÁLISIS DEL ÁREA DE ESTUDIO

La jurisdicción de CORPOCHIVOR se encuentra localizada en la Región Andina, en donde la transformación de los ecosistemas naturales se ha llevado a cabo de manera acelerada. Esta región de Colombia cubre 2.78.600 km², o el 24,5% de la superficie del país; algunos de los aspectos destacados de la región son la alta diversidad de ecosistemas y especies; lo que se debe a varios factores que propician la variabilidad geográfica; la gran variedad altitudinal, las anomalías climáticas en los valles interandinos que resultan de la compleja topografía, y los contrastes en los mosaicos del suelo, debido a la heterogeneidad geológica (Etter, 2000).

7.3.1.1. CARACTERIZACIÓN DEL USO DE LA TIERRA

El territorio se encuentra dominado por la presencia de tierras agrícolas mixtas en un 34,21% seguido de la presencia de bosques naturales en un 30,57% principalmente en las zonas altas de los municipios de Garagoa, Ciénega y Viracachá; posteriormente se encuentran en un 13,78% tierras silvopastoriles y potreros abiertos en un 11,68% principalmente en los municipios de Santa María, Campohermoso y San Luis de Gaceno (CORPOCHIVOR, 2013). Lo anterior muestra como resultado un pasaje altamente fragmentado, donde los remantes de bosques se encuentran inmersos en matrices de sistemas silvopastoriles, pastos y cultivos.

7.3.1.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS MOTORES DE GRADACIÓN

Dentro de este territorio se identifican principalmente los siguientes motores de degradación: transformación de ecosistemas, contaminación, sobre explotación y efectos del cambio climático. La transformación de ecosistemas se presenta porque los municipios están ubicados en la región rural, con una economía dependiente del sector forestal y agropecuario asociada al minifundio en un 73% (CORPOCHIVOR, 2006). Actualmente el aumento de la frontera agrícola y la existencia de suelos con características muy degradadas, ha obligado a la población a buscar nuevas áreas productivas, especialmente en zonas de gran fragilidad ecosistémica, con una alta fragmentación de la propiedad rural (CORPOCHIVOR, 2013). Otra actividad de gran importancia es la explotación minera que se viene dando en la jurisdicción, gracias a la riqueza geológica especialmente en carbón, esmeraldas y material para la construcción (MADS, 2006). Hoy en día varios páramos se están degradando, resultado específicamente de explotación artesanal de carbón con serias deficiencias en capacidad técnica y financiera para extraer el mineral de manera sostenible (CORPOCHIVOR, 2010).

Otros impulsores de degradación en la región son la contaminación y la sobreexplotación de los recursos, por el uso indiscriminado de fungicidas, agroquímicos, sobre pastoreo y disminución de ecosistemas nativos y agro ecosistemas; lo cual se ve reflejado en los latifundios ubicados en el piedemonte llanero, dedicado a la ganadería de tipo extensivo que amenaza con constituirse en un acelerador de procesos erosivos de tipo hídrico (CORPOCHIVOR, 2013). Esta situación

se asocia a las prácticas agrícolas inadecuadas que impactan en forma negativa la disponibilidad de los recursos naturales requeridos en los procesos productivos y en la satisfacción de las necesidades humanas, generando sobreexplotación y estimulando el agotamiento y deterioro continuo de los recursos naturales en la región.

Finalmente y teniendo en cuenta que los motores o impulsores de la transformación de ecosistemas no operan de manera independiente, el cambio climático es también contemplado como fuerza de pérdida y transformación, cuyos efectos se generan gracias a la constante pérdida de las coberturas boscosas para la extracción de madera; aumentado las emisiones de CO₂ atmosférico.

7.3.1.3. ESTRATIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS VEGETALES

Dentro del área de estudio y gracias a las variaciones altitudinales, condiciones ambientales y diferente topografía se clasificaron las áreas de interés como bosque húmedo montano bajo y bosque húmedo tropical según la clasificación de las zonas de vida de **Holdridge en 1987** (Tabla 12).

Tabla 12. Variables para la identificación del tipo de Bosque en las parcelas del área de estudio

Parcela	Tipo de bosque	Precipitación promedio (mm/año)	T ambiental (°C)	Altitud (msnm)	Tipo de Bosque
Nuevo Colón	Restaurado	1000-2000	15 – 18	2954	Bosque húmedo montano bajo
San Luis de Gaceno	Restaurado	4000	24	566	Bosque húmedo tropical
Viracachá	Restaurado	1000 – 1400	10 – 12	2938	Bosque húmedo montano bajo
Santa María	Poco Intervenido	3800	24	1200	Bosque húmedo tropical
Garagoa	Poco Intervenido	1400	18	2131	Bosque húmedo montano bajo
Ciénega	Poco Intervenido	1500	16	3000	Bosque húmedo montano bajo

Fuente: Holdridge, 1987

7.3.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En la tabla 13 se indica el número de especies, géneros y familias reportados por parcela; también se describen las especies más abundantes en cada una de ellas, iniciando con las

ubicadas en las áreas en proceso de restauración, así: Nuevo Colón: *Weinmannia tomentosa*, San Luis: de Gaceno *Andira inermis* y *Xylopia aromatica*, Viracacha: *Alnus acuminata*. Para las parcelas de bosques poco intervenidos ubicadas en los municipios de Santa María las especies vegetales que presentan mayor dominancia es *Condiminea corymbosa*, *Tapirira guanensis* y *Miconia elata* (SU) DC, para Garagoa son *Alchornea grandiflora* Müll. Arg, *Clusia shomburkiana* y *Geissanthus andinus* Mez, y para culminar el municipio de Ciénega presentando a *Weinmannia balbisiana* y *Miconia* sp.

En los resultados se pueden observar grandes diferencias en la composición florística de cada una de las parcelas estudiadas, lo cual está relacionado, con efectos abióticos, o por perturbaciones en las interacciones biológicas (**Asquith, S.F**); provocadas por la intervención antrópica que se presenta en la región, tal y como ya se ha descrito dentro de este mismo trabajo, donde se indica la marcada vocación agrícola y minera de la región.

Tabla 13. Composición florística de las parcelas bajo estudio

Parcela	Tipo de bosque	No. Familias	No. Géneros	No. Especies	Densidad (No. árboles/ha)
Nuevo Colón	Restaurado	4	4	4	52
San Luis de Gaceno	Restaurado	18	26	26	434
Viracacha	Restaurado	10	14	14	266
Santa María	Poco Intervenido	19	28	36	580
Garagoa	Poco intervenido	19	26	32	626
Ciénega	Poco Intervenido	12	16	18	280

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3. ESTRUCTURA DIAMÉTRICA

El análisis de la distribución de las clases diamétricas permite describir el estado sucesional actual de las coberturas vegetales. Se puede observar entonces, que para las parcelas en proceso de restauración la mayoría de los individuos se hallaban en la primera y segunda clase diamétrica, lo que deja en evidencia una población compuesta por individuos juveniles, y a su vez demuestra un estado sucesional temprano y una población en crecimiento, que concuerda con un tiempo de regeneración de 5 años aproximadamente.

En cuanto al desarrollo de las parcelas de bosques poco intervenidos el escenario es similar, aunque presenta algunos individuos esporádicos en las subsiguientes clases, mostrando unos cuantos árboles en estado más avanzado de desarrollo.

Los datos que se muestran en la figura 6, como ya se anunció están relacionados con áreas en procesos de sucesiones tempranas. Se pudo observar que no hay grandes diferencias en la distribución en cada una de las clases en las cuales se agrupan las medias de DAP de los individuos muestreados, debido a que estos fueron plantados en estados de desarrollo similares.

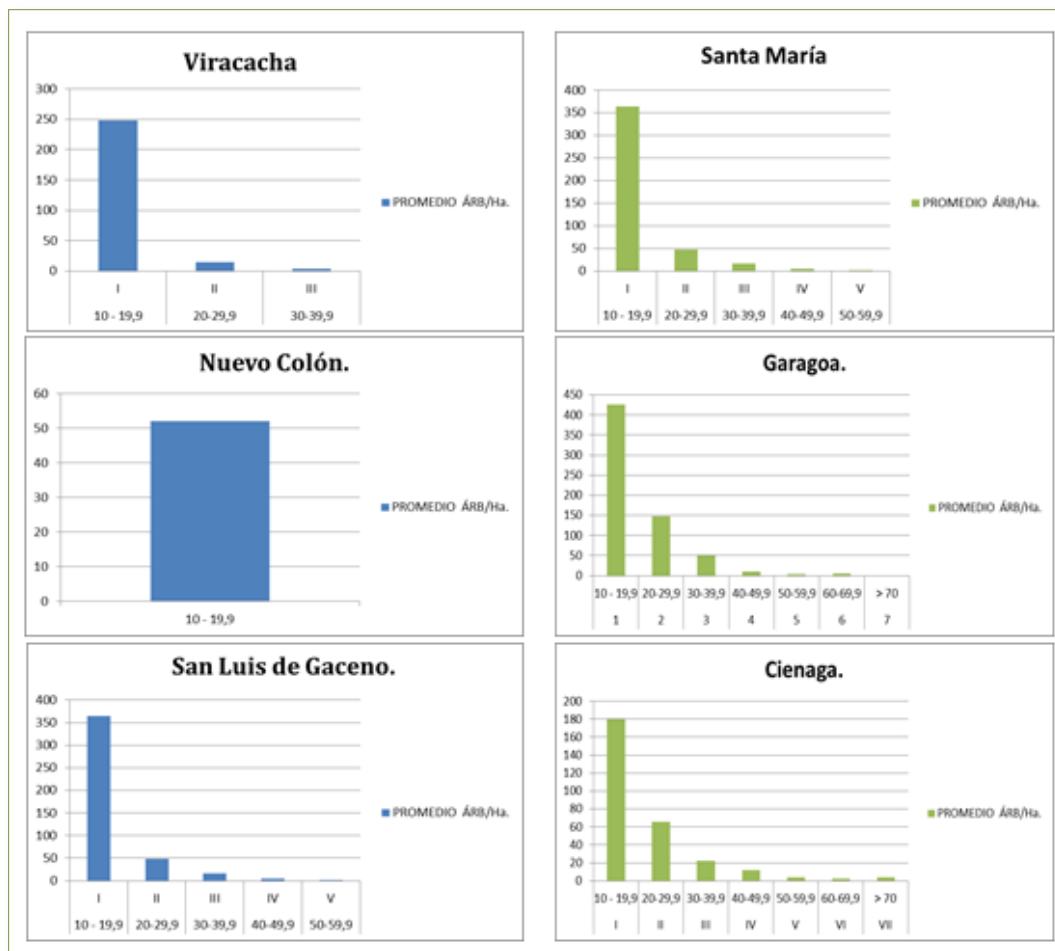


Figura 6. Distribución del número de individuos en clases diamétricas para cada una de las áreas en restauración (derecha) y de áreas boscosas con poca intervención (Izquierda). Fuente: Elaboración propia

7.3.4. ALTURA TOTAL (m) EN CADA UNA DE LAS PARCELAS

En la tabla 14 se indica el número de individuos por estrato arbóreo (Rangel *et al.* 1997). Se puede observar cómo en las parcelas las restauradas la mayor cantidad de individuos se encuentran presentes en el estrato subarbóreo, con la presencia de individuos esporádicos en los gradientes arbustivos, subarbóreo y arbóreo.

Por otro lado, en lo que se refiere a las parcelas ubicadas en las coberturas vegetales poco intervenidas, se puede observar cómo la mayoría de los individuos se encuentran presentes en los estratos arbustivo, Subarbóreo y arbóreo.

Tabla 14. Altura Total (m) inventariada para áreas restauradas y áreas poco intervenidas

Distribución vertical gradiente montañoso							
Municipios	Rasante (r) < 0,3 m	Herbáceo (h) 0,3 – 1,5 m	Arbustivo (ar) 1,5 - < 5m	Subarbóreo (Ar) 5 - < 12 m	Arbóreo Inferior (Ai) 12 - 25 m	Arbóreo Superior (As) > 25 m	(árb/ hectárea)
Nuevo Colón	0	0	0	52	0	0	52
Viracocha	0	0	14	242	10	0	266
San Luis de Gaceno	0	0	14	318	102	0	434
Santa María	4	88	236	228	24	0	580
Garagoa	0	2	24	336	264	0	626
Ciénega	0	0	24	160	86	0	280

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.5. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

En la tabla 15 se identifican sólo las especies con mayor importancia ecológica para cada una de las zonas inventariadas. Para las áreas en proceso de restauración: Nuevo Colón, el mayor IVI lo obtuvo la especie *Weinmannia tomentosa* (234,8%). En el municipio de San Luis de Gaceno, el mayor valor lo obtuvo *Andira inermis* (59,49), aunque también se puede evidenciar especies con valores distribuidos homogéneamente dentro del área en orden descendente, así: *Xylopia aromatica* (39,73), *Vismia baccifera* (34,53) y *Myrcia cf. Fallax* (30,45). Finalmente para el municipio de Viracacha el IVI más alto se encontró para la especie, *Alnus acuminata* (156,18).

En las áreas de bosque poco intervenidas la tabla 15 se muestra para el municipio de Santa María, el IVI mayor se obtiene en las especies *Condaminea corymbosa* (42,6%), *Tapirira guianensis* Aubl (38,9%) y valores muy similares en especies *Miconia elata* (Sw.) DC (29,8%), *Piptocoma discolor* (26,1%) y *Sorocea aff. muriculata* Miq. (22,9%) lo que demuestra una mayor homogeneidad en los pesos ecológicos de las especies.

En el municipio de Garagoa, el mayor valor lo obtuvieron las especies *Geissanthus andinus* Mez (53,6%), *Clusia schomburgkiana* (Planch. & Triana) Benth. Ex Engl (30,4%) y se destacan valores muy cercanos para: *Hedyosmum bonplandianum* H.B.K (25,4%), *Hyeronima huilensis* Cuatrec. (23,0%), *Alchornea grandiflora* Müll. Arg. (21,4%), *Myrcianthes* sp.(19,0%)

Finalmente, la parcela ubicada en el municipio de Ciénega las especies *Clusia* sp. 2 (74,0%), *Miconia* sp.1 (57,1%) presentaron el mayor IVI y aquellas que presentan valores muy similares

de peso ecológico se aprecian las siguientes: *Cyathea sp* (20,7%) y *Weinmannia tomentosa* (18,8%).

Tabla 15. Índice de valor de importancia parcelas restauradas y poco intervenidas

Parcela	Especie	Ar (%)	Dr (%)	Fr (%)	IVI
Nuevo Colón	<i>Weinmannia tomentosa</i>	80,8	80,7	73,3	234,8
San Luis de Gaceno	<i>Andira inermis</i>	20,3	22,3	16,9	59,49
	<i>Myrcia cucullata</i>	6,9	4,0	8,4	19,34
	<i>Vochysia lehmannii</i>	6,9	8,9	6,6	22,41
	<i>Vismia baccifera</i>	12,4	9,4	12,7	34,53
	<i>Myrcia cf. fallax</i>	7,8	15,4	7,2	30,45
	<i>Xylopia aromatica</i>	16,6	9,3	13,9	39,73
	<i>Miconia cf. submacrophylla</i>	6,5	4,1	7,8	18,42
Viracachá	<i>Alnus acuminata</i>	63,16	54,22	38,81	156,18
Santa María	<i>Condaminea corymbosa</i>	17,6	15,8	9,2	42,6
	<i>Miconia elata</i> (Sw.) DC.	12,4	9,5	7,9	29,8
	<i>Piptocoma discolor</i>	7,2	5,8	13,0	26,1
	<i>Sorocea aff. muriculata</i> Miq.	9,0	5,8	8,1	22,9
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	11,7	10,0	17,2	38,9
Garagoa	<i>Alchornea grandiflora</i> Müll. Arg.	6,4	7,2	7,8	21,4
	<i>Clusia schomburgkiana</i> (Planch. & Triana) Benth. Ex Engl	10,2	9,9	10,3	30,4
	<i>Geissanthus andinus</i> Mez	22,0	15,8	15,8	53,6
	<i>Hedyosmum bonplandianum</i> H.B.K	11,2	9,5	4,8	25,4
	<i>Hyeronima huilensis</i> Cuatrec.	7,0	7,2	8,7	23,0
	<i>Myrcianthes sp.</i>	6,1	6,8	6,2	19,0
Ciénega	<i>Clusia sp. 2</i>	17,1	13,8	43,0	74,0
	<i>Cyathea sp.</i>	9,3	8,5	2,9	20,7
	<i>Miconia sp.1</i>	24,3	23,4	9,4	57,1
	<i>Weinmannia tomentosa</i>	5,0	7,4	5,5	18,8

Dónde: Ar= Abundancia relativa; Dr= Dominancia relativa; Fr= Frecuencia relativa

Fuente: Elaboración propia

7.3.6. DIVERSIDAD

Para las parcelas ubicadas en las zonas que se encuentran en proceso de restauración, los índices de Shannon y Simpson muestran un bosque homogéneo, presentado un elevado predominio de algunas especies, como el caso de la parcela ubicada en el municipio de Nuevo Colón en la cual se presentan cuatro especies diferentes, mostrando alta dominancia y baja diversidad (Tabla 16).

Tabla 16. Índice de diversidad calculada para cada una de las parcelas inventariadas

Parcela	Índice de Simpson	Índice de Shannon & Wiener	Índice de Menhinick
Nuevo Colón	0,33	0,6924	0,5547
San Luis de Gaceno	0,89	2,5333	1,2480
Viracachá	0,58	0,1077	0,8583
Santa María	0,08	2,8988	2,4076
Garagoa	0,09	2,833	1,9217
Ciénega	0,16	2,1774	1,5213

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las parcelas de bosque poco intervenido se puede observar que estos presentan mayor diversidad, encontrándose un bajo predominio de especies.

Al comparar los resultados obtenidos con otros estudios realizados en bosques montanos, se observan valores notablemente mayores, tal y como lo expone **Ariza et al. (2009)** y **García et al. (2010)**, los cuales obtienen índices de diversidad correspondientes a 5,05 para Shannon; 0,16 para Simpson y 3,34 para Menhinick, valores más altos de los obtenidos en el presente estudio.

Las diferencias relacionadas con la diversidad pueden verse afectadas directamente por la presión antrópica a la cual se encuentra sometida la zona de estudio, también se debe tener en cuenta que las áreas en proceso de restauración no poseen más de cinco años de encontrarse en procesos de regeneración y en cuanto a las coberturas de bosque poco intervenido se puede inferir de acuerdo a los resultados de los análisis de la estructura del bosque, que son bosques con edad aproximada de 15 años.

Se puede observar en los resultados que factores como la altura se relacionan con la riqueza de especies, ya que tanto para los bosques restaurados como para los que presentan una baja intervención antrópica, se hallan valores que indican bajos índices de riqueza en las áreas ubicadas en las parcelas con árboles de mayor altura sobre el nivel del mar, lo cual concuerda con lo reportado por **Sanin y colaboradores en el 2006**, donde al comparar una serie de resultados de estudios independientes identifican una tendencia general en la disminución de riqueza a medida que se aumenta la altitud.

7.3.7. ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO

Como se describió en los métodos después de hallar la biomasa total y por unidad de área de cada una de las parcelas se calculó el carbono almacenado, mostrando los valores más altos de carbono en las parcelas ubicadas en los bosques poco intervenidos de los municipios de Santa María, Garagoa y Ciénega (Tabla 17). El valor más bajo coincide con el área muestreada en el municipio de Ciénega con 66,24 ton c/ha; donde es importante mencionar que es la parcela con

menor cantidad de individuos (280), representadas en una menor cantidad de especies y finalmente es la parcela con la ubicación altitudinal más alta (3.000 msnm).

Tabla 17. Cuantificación de la biomasa y carbono almacenado en las parcelas en áreas restauradas y poco intervenidas del bosque

Parcelas	Tipo de bosque	Biomasa (Kg) Total	Biomasa por unidad de área (t/ha)	Carbono (t C/ ha)	Dióxido de Carbono Equivalente (t CO ₂ e)
Nuevo Colón	Restaurado	1780,3452	3,5607	1,7803	6,5279
San Luis de Gaceno	Restaurado	50692,9075	101,3858	50,6929	185,8740
Viracachá	Restaurado	14452,83	28,9056	14,4528	52,9937
Santa María	Poco Intervenido	89100,1948	178,2004	89,1002	326,7007
Garagoa	Poco Intervenido	91082,9137	182,1658	91,0829	333,9707
Ciénega	Poco Intervenido	66242,8241	132,4856	66,2428	242,8904

Fuente: Elaboración Propia

En lo que se refiere a las áreas en proceso de restauración, el carbono almacenado por hectárea en cada una de las parcelas presenta valores con grandes diferencias; desde 1,7 tC/ha en el municipio de Nuevo Colón, 50,69 tC/ha en San Luis de Gaceno y Viracachá con 14,42 tC/ha. Estos resultados pueden estar relacionados con la ubicación de los bosques en la zona de vida, con el proceso de restauración y finalmente con el tipo de paisaje en el que encuentre inmerso.

La tendencia que se describe tiene como soporte los procesos fisiológicos que son regidos por factores externos y donde la captura de carbono a través de la fotosíntesis es el primer paso en la producción de biomasa (**Azcón et al. 2000**), la cual está en función de la temperatura, la humedad del aire, la disponibilidad hídrica, de nutrientes y el dióxido de carbono, factores que pueden aumentar o disminuir los mecanismos de acumulación, la eficiencia de los procesos internos de las plantas en climas secos, cálidos o húmedos (**Azcón et al. 2000**). Otro factor ambiental como la luz también se ve afectada por elementos externos como la latitud (cambiando el ángulo del sol con respecto a la superficie de la tierra), la nubosidad (afecta la cantidad de luz y aumenta su variabilidad espaciotemporal), y el grado de cobertura vegetal, entre otros (**Hogan et al. 2002**).

Debido a lo mencionado anteriormente, estos factores también ejercen presión sobre las tasas de regeneración y por tanto de la formación de nueva biomasa en los bosques, originando niveles de carbono diferentes (**Ewel, 1980**).

Entre los factores que producen estas tasas de regeneración figuran, las bajas temperaturas, la pérdida de semillas por aguaceros torrenciales (**Byer et al. 1977**), la poca producción de semillas

y su baja capacidad de dispersión (**Ewel, 1980**), así como los valores bajos de transpiración debido a la atmósfera saturada, que inhibe el crecimiento y la intensidad de luz a ras del suelo. Esto refleja condiciones extremas a las que están sometidos los bosques de montaña y una alta susceptibilidad a la perturbación (**Byer et al. 1977**), lo que indica una baja capacidad en cuanto a regeneración se refiere.

Por tanto, las diferencias entre la biomasa acumulada por unidad de área se encuentra directamente relacionada con los factores ambientales y los eventos de perturbación a los cuales ha sido expuesta el área en particular. Esto se observa en los resultados del presente estudio donde la biomasa acumulada y por ende el carbono almacenado en los dos tipos de parcelas presenta la misma tendencia hacia valores más bajos de biomasa en zonas de mayor altitud (Figura 7).

Esta relación de la cantidad de biomasa almacenada versus el gradiente altitudinal ha sido objeto de constante estudio en los bosques húmedos tropicales. Por ejemplo, **Grubb en 1977** concluyó que la biomasa aérea, la altura, la productividad y el número de especies arbóreas de los bosques tropicales disminuyen con el aumento en la altitud; por otra parte en un estudio realizado en el país por **Mosquera en el 2010**, con el objetivo de observar como varía la estructura y la BA de los árboles en un gradiente altitudinal en bosques húmedos tropicales de Colombia, obtuvo como resultado, que las características estructurales (diámetro y altura) y la biomasa disminuyeron con el incremento de la elevación.

Por otra parte, cuando se compara el carbono almacenado en las áreas seleccionadas de la jurisdicción con datos obtenidos dentro del proceso de estimación de las reservas de carbono almacenado en la biomasa en bosques naturales de Colombia, elaborado por **Phillips et al. 2011a**, se encontraron valores promedio de carbono en **bosques húmedos tropicales de 132,1t C ha** y para **bosque húmedo montano bajo de 147,51t C ha**. Datos que sobrepasan los hallados en el presente estudio, esto se debe al estado sucesional temprano en el cual se encuentran los bosques, ubicados entre la primera y segunda clase diamétrica y con solo algunos individuos en las clases diamétricas mayores, lo que posiblemente es el resultado de disturbios y perturbaciones en las zonas boscosas relacionadas con intervenciones antrópicas.

Otro factor que influye en la cantidad de carbono almacenado tiene que ver con el estado del bosque, tal y como lo demuestran los resultados de **Valero en el 2013**; donde realiza la estimación de las reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea en los bosques naturales ubicados en el sur oriente de Boyacá y donde estudia la variabilidad de la biomasa aérea y carbono para los bosques densos y fragmentados, allí propone que la relación entre la biomasa almacenada versus el estado del bosque se encuentra relacionado más con características estructurales, que con aspectos biofísicos; dicho estudio arrojó como resultado mayores contenidos de carbono en bosques densos que en fragmentados, datos que varían en el primer caso entre 157,4t C ha y 42,9t C ha, y para los bosques fragmentados se encuentran valores entre 102,5t C ha y 55,3t C ha. Finalmente, debemos mencionar la similitud de los

resultados encontrados en dicho estudio en los bosques fragmentados, con los encontrados en el desarrollo del actual trabajo.

Se puede concluir que las reservas de carbono presentes en los bosques en proceso de restauración aunque no registran valores similares a los reportados para bosques en estados naturales o poco intervenidos, tales como los encontrados por **Phillips et al. 2011a** y **Valero, 2013** a nivel nacional y regional respectivamente, si pueden ser la base para indicar que a una escala temporal de mediano y largo plazo es posible contribuir al aumento de las reservas de carbono, lo que convierte a la restauración en una opción que contribuye a la regulación del clima, recuperación y mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

Ahora bien a nivel nacional en los estudios realizados por **Phillips et al. 2011a** y **Yepes et al. 2011a** donde se calcularon las emisiones netas de CO₂ e, muestran como la recuperación de áreas degradadas a bosques disminuye el total de CO₂ que se emite a la atmosfera, tal y como lo demuestran los registros encontrados para los periodos comprendidos entre el 2000-2005, donde el valor neto de CO₂ disminuyó en 14.826.952,9 t CO₂e gracias a la regeneración, y para el periodo del 2005 al 2010 su disminución correspondió a 1.026.078,8 t CO₂e.

Lo anterior tal y como se expresa dentro de este mismo documento el aumento de las reservas de carbono y por ende del CO₂e por la regeneración de áreas degradadas, demuestran que la restauración ecológica puede ser un mecanismo de mitigación importante para disminuir las emisiones netas de CO₂e.

En lo que se refiere a las áreas que en la actualidad se encuentran en proceso de restauración dentro de la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y las cuales luego de cinco años han logrado almacenar carbono con valores que van desde 1,7 t C ha- 14,45t C ha y 50,69t C ha, variaciones que como ya se ha explicado dentro de este mismo documento pueden ser ocasionadas por factores ambientales que alteran los procesos fisiológicos normales de captura de carbono y por tanto de la producción de biomasa, como factores antrópicos que ejercen presión sobre las características estructurales de los bosques y a la adecuada planificación, ejecución, seguimiento y monitoreo de las áreas en restauración.

Si bien los datos no son representativos y no se pueden hacer extrapolaciones debido a la poca información (parcelas) y al poco tiempo de restauración, si se puede indicar y definir que el carbono almacenado en estas áreas muestreadas es mayor frente a coberturas tales como: pastos, cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas donde los valores de carbono almacenado varían de 6,4 t C ha - 4,2 t C ha y 5,8 t C ha respectivamente, lo que demuestra como la restauración puede contribuir a aumentar las reservas de carbono en áreas degradadas.

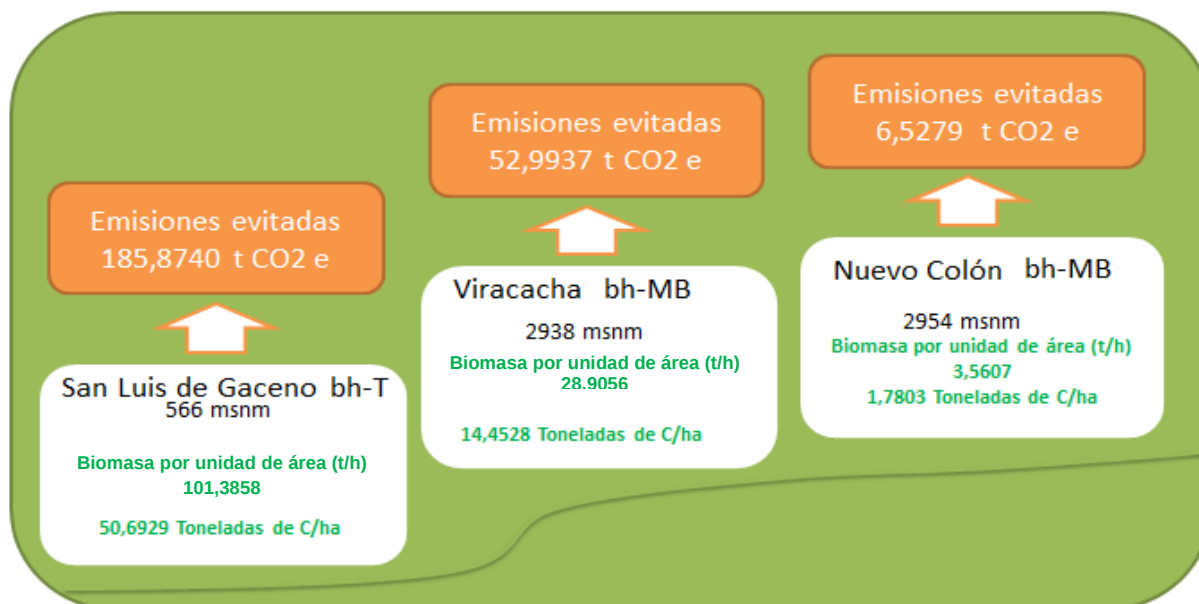


Figura 7. Estimación de la biomasa, carbono y toneladas de dióxido de carbono evitadas en bosques en proceso de restauración. Fuente: Elaboración propia

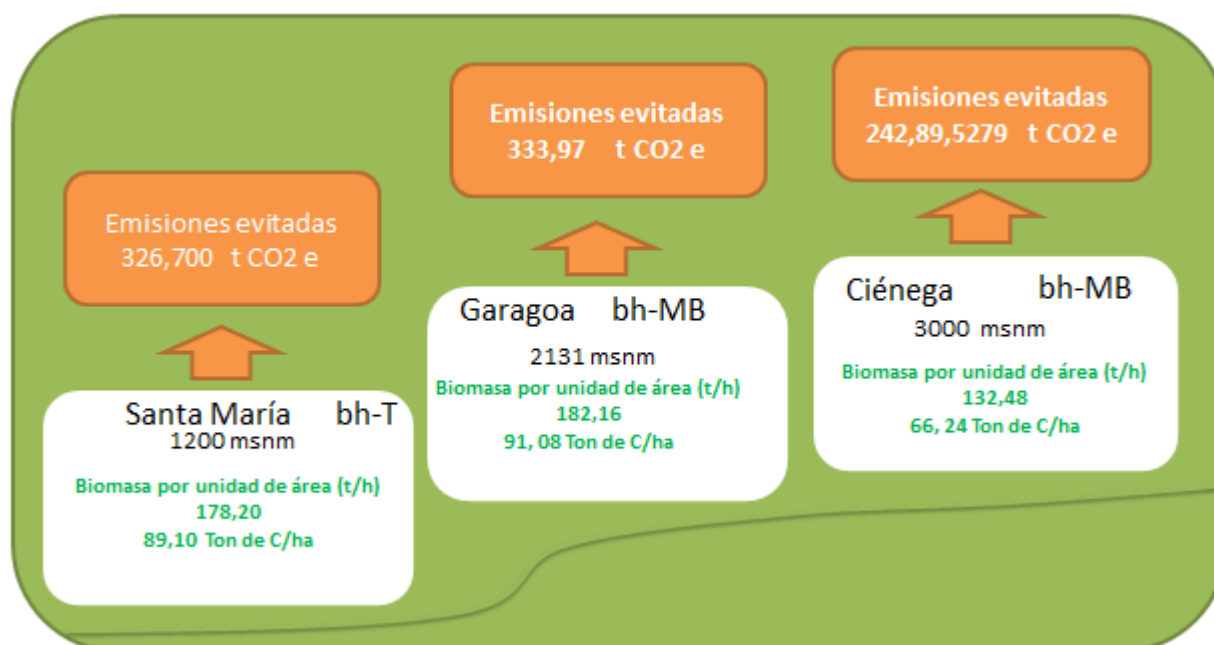


Figura 8. Estimación de la biomasa, carbono y toneladas de dióxido de carbono evitadas en bosques poco intervenidos. Fuente: Elaboración Propia

7.4. PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA ESTRATEGIA NACIONAL REDD+

La estrategia REDD+ en el país será la guía nacional para reducir emisiones por deforestación y maximizar los beneficios ambientales y sociales asociados a este tipo de actividades. Dentro de esta guía se plantean opciones de estrategia para enfrentar los motores de deforestación y degradación, con el fin de contribuir al ordenamiento ambiental del territorio y la gestión sostenible de los bosques.

Las opciones de estrategia contemplan también la creación de incentivos económicos y financieros para estimular la sostenibilidad en el aprovechamiento forestal y la degradación de los bosques.

En el apartado 7.1 (Estrategia Nacional REDD+), se describen cada una de las opciones planteadas con el fin de hacer frente a la deforestación mediante la implementación de acciones que buscan abordar de forma directa los motores de deforestación identificados.

Dentro del grupo de estrategias, se plantea la *“promoción de la ordenación, protección y restauración de ecosistemas forestales”*, y como actividades se propone la implementación de programas de rehabilitación, restauración y recuperación de ecosistemas boscosos, además de la implementación del Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios forestales y Restauración de Áreas Afectadas.

Lo anterior se presenta como una oportunidad para la restauración de áreas degradadas en el país, ya que de 114.049.387 ha de extensión en Colombia, 16.136.983 ha se encuentran degradadas en relación a las 35.335.870 ha transformadas, siendo las coberturas de cultivos, pastos y la vegetación secundaria las que representan el mayor grado de perturbación (45,6%). Así mismo, parte de las coberturas naturales presentan una degradación del 12,2%, correspondiente a 9.615 ha de 78.713 ha del total del país (MADS, 2013 a).

Por lo anterior, definir y gestionar proyectos de restauración ecológica que se encuentren inmersos en la estrategia REDD+, pueden contribuir a añadir toneladas certificables de CO₂ a proyectos de captura carbono. De esta forma el desarrollo exitoso del proyecto permitirá recuperar áreas degradadas y brindar mayores oportunidades de recibir beneficios a las poblaciones locales dependientes de los bosques, y a su vez lograr disminuir la pobreza rural.

Como propuesta de inclusión de la restauración ecológica dentro de la estrategia nacional REDD+ se formulan los siguientes criterios a tener en cuenta. Dentro de la figura 9 se describen los pasos fundamentales.

7.4.1. IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA

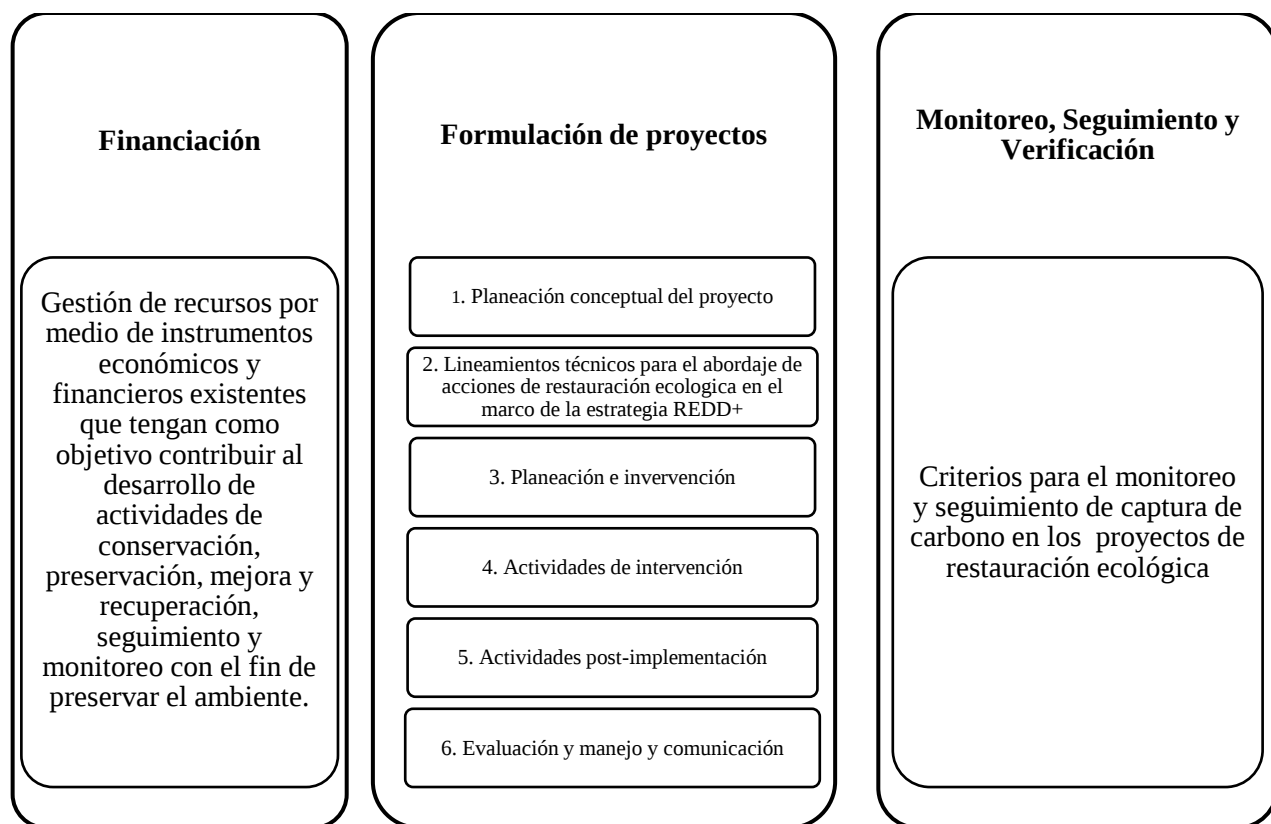


Figura 9. Identificación de criterios para la formulación de proyectos de restauración ecológica en el marco de la estrategia nacional REDD+.

7.4.1.1. FINANCIACIÓN

Existe la necesidad de búsqueda de financiación a nivel de proyectos dentro de REDD+ en el país. Dada la imposibilidad de que el sector público financie por sí sólo estas actividades, es necesario involucrar inversionistas privados, los cuales cuentan con disponibilidad para invertir en proyectos REDD+ y actividades sostenibles que contribuyan a reducir las causas de la deforestación.

Varios programas públicos colombianos encaminados al desarrollo de estrategias y capacidades están siendo hoy en día apoyados financieramente por gobiernos internacionales. También entidades privadas con y sin ánimo de lucro están participando en proyectos demostrativos REDD+. Buena parte de esas actividades están siendo ejecutadas con el objeto de obtener reducción de emisiones y créditos de carbono (**Costenbader et al. 2013**).

Por lo tanto, la gestión de recursos económicos y financieros existentes que tienen como objetivo contribuir a las actividades de conservación, preservación, mejora y recuperación, seguimiento y monitoreo en el área ambiental y la preservación de los ecosistemas, es fundamental para alcanzar los objetivos propuestos.

Como primer paso en la gestión de recursos que permitan financiar los proyectos de restauración es necesario un estudio para estimar las necesidades financieras de los proyectos y conocer los recursos que las entidades podrían invertir en este tipo de proyectos. Proporcionando un análisis de las fuentes potenciales de carácter nacional e internacional, como también instituciones públicas y privadas que permitan una articulación institucional.

Para tal fin se identificaron una serie de instrumentos que debido a su constitución y funcionamiento que permiten la inversión en proyectos con fines de restauración, entre estos se encuentran:

- **El sistema General de Regalías:**

Constituido a partir del acto legislativo del 18 de Julio de 2011 y su funcionamiento y organización fue regulado mediante la ley 1530 de 2012.

En el artículo 360 modificado por el acto legislativo 1530 indica que la explotación de un recurso natural no renovable causará, a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía y en el artículo 361 se afirma que los ingresos del Sistema General de Regalías se destinarán al financiamiento de proyectos para el desarrollo social, económico y ambiental de las entidades territoriales.

En la ley 1530 artículo 27 presenta como uno de los criterios para la aprobación y priorización de proyectos, que exista un impacto territorial, económico, social, cultural y ambiental. De acuerdo a lo anterior la restauración ecológica puede recibir el aval de financiación a través de los entes territoriales donde son asignados los recursos de las regalías, si se logra evidenciar los impactos positivos que esta puede causar a través de su implementación con existo en la áreas degradadas del país.

- **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)**

En alianza con sus clientes, el BID busca eliminar la pobreza y la desigualdad, así como promover el crecimiento económico sostenible a la vez concede préstamos a gobiernos nacionales, provinciales y municipales y a empresas privadas para cada uno de los siguientes temas: Agricultura, Desarrollo Urbano, Medio Ambiente, Educación, entre otros.

En la parte Ambiental el BID ayuda a los países miembros en actividades de mejoramiento de la gestión de las zonas protegidas, la generación de oportunidades de ingresos para las comunidades que dependen de los servicios de los ecosistemas, administrando los recursos costeros y marítimos y apoyando las iniciativas de gestión del cambio climático y de los riesgos de desastre en cuencas hídricas críticas **(BID 2014)**.

En el tema del Cambio Climático el BID propone cuatro áreas de acción la Adaptación, Mitigación, Sumideros de Carbono y Financiamiento Climático, las cuales pueden ser financiadas mediante la formulación de proyectos. Teniendo en cuenta que la restauración se encuentra enmarcada en el área de acción de mitigación del cambio climático, así como en el

tema ambiental de financiación que propone el BID, de esta forma queda claro que es posible una obtención de recursos que permitan su desarrollo de proyectos de restauración en el país.

- Proyectos sujetos a la Inversión 1%

En Decreto 1900 de 2006 se indica que todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua tomada directamente de fuentes naturales y que esté sujeto a la obtención de licencia ambiental, deberá destinar el 1% del total de la inversión para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica; de conformidad con el parágrafo del artículo 43 de la Ley 99 de 1993.

Para tomar en cuenta este ente financiador se analizó que el artículo 5 Destinación de los recursos aclara: en ausencia del respectivo Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica, los recursos se podrán invertir en nueve diferentes actividades, para nuestro caso en particular la actividad propuesta en el numeral b indica: la restauración, conservación y protección de la cobertura vegetal, enriquecimientos vegetales y aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural.

- El Fondo Nacional Ambiental (FONAM)

Siendo el FONAM un instrumento financiero de apoyo a la ejecución de las políticas ambientales y de manejo de los recursos naturales renovables, se creó con la ley 99/ 93 y fue reglamentado a través del Decreto 4317 de 2004. En la ley se especifica que el FONAM podrá financiar o cofinanciar, según el caso en la ejecución a entidades públicas y privadas de actividades, estudios, investigaciones, planes, programas y proyectos, de utilidad pública e interés social, encaminados al fortalecimiento de la gestión ambiental, a la preservación, conservación, protección, mejoramiento y recuperación del medio ambiente y al manejo adecuado de los recursos naturales renovables y de desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta la propuesta de la restauración ecológica el FONAM puede ser incluido como ente financiador debido a que dentro de su objetivo cuenta con una línea de proyectos de inversión ambiental y su financiación proviene de recursos ordinarios de inversión, de recursos recaudados para tal fin y de los recursos de crédito externo del Presupuesto General de la Nación, asignados al FONAM.

7.4.1.2. FORMULACION Y PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS

Al momento de iniciar un proceso de restauración ecológica en un área determinada se pueden encontrar una gran variedad de factores tanto naturales como sociales que hacen de cada sitio un lugar único, lo que evidencia que las estrategias de restauración son diferentes dentro de un mismo ecosistema. Encontrándose una gran heterogeneidad ambiental y una historia de degradación en muchos casos difícil de reconstruir (**Vargas, 2007**).

Aunque no existe una receta para la planeación de proyectos de restauración de ecosistemas es posible plantear recomendaciones y construir estrategias en un escenario determinado. Para este caso se plantearán una serie estrategias recopiladas de las diferentes guías metodológicas creadas

respecto al tema, tanto a nivel nacional como internacional, que permitan llevar a cabo proyectos de restauración con el fin de aumentar las reservas de carbono en áreas establecidas para el desarrollo de la estrategia REDD+ en el país.

Clewell y colaboradores en el 2000, presentan una serie de lineamientos para desarrollar y administración de un proyecto de restauración, tales lineamientos fueron adaptados al escenario de la estrategia REDD+.

1. Planeación conceptual del proyecto:

Dentro del desarrollo del presente ítem se requiere la identificación del sitio a restaurar, el cual debe encontrarse dentro de áreas previamente priorizadas como objetivo REDD+, estas deben cumplir con los intereses ya pactados a nivel internacional, los cuales se refieren a zonas con mayor cobertura vegetal, donde es urgente la conservación de los bosques como una opción de desarrollo para las poblaciones dependientes de estos, y finalmente donde se presenten altas tasas de deforestación.

Ya priorizadas las áreas se deben establecer las necesidades de restauración ecológica al interior de estas, con el fin de dirigir los esfuerzos humanos, económicos y logísticos. Al igual que establecer las metas y objetivos.

Para lo cual se requiere de un análisis de las condiciones iniciales del lugar y las fuentes de perturbación así como la identificación de las barreras de perturbación, las limitaciones a nivel de paisaje, es necesario también la identificación de los recursos disponibles tanto biofísicos, sociales y legales. Finalmente se establece la duración del proyecto.

2. Establecimiento de lineamientos técnicos para el abordaje de acciones de restauración ecológica en el marco de los proyectos REDD+.

Según lo planteado por **Clewell et al. 2000**, se debe construir un equipo de trabajo interdisciplinario, establecer una línea base que sea explícita sobre la historia de degradación y los motores que han ejercido presión dentro del área los aspectos biofísicos como socioeconómicos, compilar información sobre las especies que se van a utilizar (tasas de germinación, tolerancias ambientales, mantenimiento, tasas de crecimiento y cuidados especiales), compilar información sobre experiencias previas en el ecosistema priorizado o de sistemas similares.

Teniendo en cuenta que REDD+ tiene como objetivo principal hacer frente a la deforestación y degradación por medio de lucha a las fuentes que originan estos eventos, en el momento de la implementación de los proyectos de restauración en el marco de REDD+ se podrá contar con la información referente a las causas de la deforestación lo cual permitirá un mejor desarrollo de los proyectos y así mismo evitar las fugas de carbono, por medio de esta identificación se podrá trabajar en conjunto con la población local.

Para tal fin se deben establecer vínculos interinstitucionales y establecer un mecanismo de participación comunitaria, el cual debe estar involucrado a partir de la planificación, ejecución y

monitoreo y seguimiento del proyecto; en donde la población se vea beneficiada desde el inicio por medio de los salarios y posteriormente recibiendo lo correspondiente a la venta de los bonos en los mercados de carbono.

En lo referente a las acciones de restauración a implementar se hace necesario indicar que los proyectos REDD+ aplican para áreas con coberturas vegetales, y que la ejecución de los proyectos obedece a la definición de bosque de cada país.

3. Planeación de la intervención

Dentro de este ítem el autor propone preparar protocolos de evaluación de gestión y monitoreo para cada uno de los objetivos, generar un cronograma de acuerdo con cada objetivo y obtener recursos tanto financieros como biológicos.

4. Tareas de intervención

Antes de comenzar la siembra o el acondicionamiento físico del lugar, es necesario delimitar las áreas de intervención e instalar los puntos de referencia para el monitoreo posterior.

5. Tareas postimplementación

Se debe proteger el proyecto de factores antrópicos y naturales, por tal motivo es necesario la conformación de grupos de mantenimiento postimplementación (fertilizaciones, inoculaciones, enriquecimientos, control de especies invasoras), trabajos que se deben realizar en conjunto al monitoreo y seguimiento del proyecto.

6. Evaluación, manejo y comunicación

El proyecto de ser evaluado periódicamente para identificar las necesidades de manejo adaptativo, y debe ser monitoreado para determinar si se están alcanzando las metas en el tiempo especificado. Con base en eso se diseñan y ejecutan acciones de manejo adaptativo. La información del monitoreo y las evaluaciones periódicas deben ser cuantitativas (no es suficiente tomar fotos) y los datos deben tener un protocolo de manejo, almacenamiento y protección. Entre los aspectos a evaluarse han de incluirse los objetivos socioeconómicos, sin restringirse a aspectos biofísicos.

7.4.1.3. MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN.

El diseño e implementación del Sistema Integrado de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) es uno de los componentes más importantes de la estrategia REDD+, ya que tiene como propósito monitorear la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal, así como el incremento de los inventarios de carbono debido a la conservación y manejo sostenibles de los bosques. Además, por medio del Sistema de MRV se evaluarán los múltiples beneficios sociales, económicos y ambientales, el cumplimiento de salvaguardas y la gobernanza que se logren con la implementación de las acciones REDD+ (**Banco Mundial 2012**).

Dentro de la estrategia de preparación EN-REDD+ como se mencionó anteriormente el cuarto componente está orientado en el diseño de un sistema de monitoreo de seguimiento forestal. Este sistema debe incluir ideas iniciales sobre cómo mejorar las capacidades del país para que realice

el seguimiento de la reducción de emisiones y del aumento de las reservas forestales de carbono y para evaluar cómo afecta la estrategia de REDD+ al sector forestal **(MADS, 2013,d)**.

Teniendo en cuenta que dentro de la propuesta de incluir la restauración ecológica en los proyectos REDD+, se debe llevar a cabo un monitoreo y seguimiento, que permita aumentar las posibilidades de éxito de la restauración e identificar los beneficios ambientales y sociales para las comunidades locales.

Resulta de gran importancia tener en cuenta la experiencia de implementación de un sistema de monitoreo para programas y proyectos de restauración forestal, llevado a cabo en Brasil, este fue formulado debido a la creación del Pacto por la Restauración Forestal del Atlántico.

Este es un movimiento entre los diversos sectores que tiene como objetivo asegurar la protección de los fragmentos de bosque que quedan e impulsar la restauración de los bosques en las zonas degradadas, la generación de oportunidades de empleo e ingresos a través de la restauración de la cadena de producción, lo que favorece la producción de servicios ambientales esenciales para millones de personas y empresas, así como la creación de incentivos a los propietarios de tierras para la regularización sus propiedades ambientales **(Pacto para la Restauración del Bosque Atlántico, 2013)**.

El Pacto es uno de los programas de restauración ecológica más ambiciosos en el mundo, con la misión de restaurar 15 millones de ha de tierras degradadas en el Bosque Atlántico de Brasil para el año 2050. Para el caso en particular la restauración es considerada una prioridad para la conservación del Bosque Atlántico; con este fin, todos los esfuerzos en cuanto a protección y restauración de los bosques, permitirá paralelamente incentivos económicos de Pago por Servicios Ambientales (PSA) debido al almacenamiento de carbono, protección y uso sostenible de los recursos naturales, lo que promueve un mejoramiento calidad de vida de las comunidades locales.

Tomando como referencia la experiencia de Brasil a continuación se presentan los criterios que pueden ser clave dentro del sistema de monitoreo y seguimiento de la restauración en los proyectos de restauración dentro de la estrategia nacional REDD+:

- Análisis de la estructura teniendo en cuenta distribución vertical y horizontal de las especies.
- Identificación de factores de degradación como: ocurrencia de incendios forestales, presencia de ganado y animales domésticos en la zona, practicas inadecuadas de agricultura y ganadería.
- Descripción cuantitativa y cualitativa de las especies que componen la restauración lo que permita identificar índices de biodiversidad.
- Evaluación del aumento de biomasa carbono almacenado y CO₂ dejado de emitir a la atmosfera.

- Verificación de las acciones de sensibilización mediante la educación ambiental, en cuanto a la importancia de la conservación de los bosques enfocada a los actores sociales involucrados.
- Identificación los impactos positivos y negativos del proyecto de restauración, mediante canales de participación con las comunidades locales y actores involucrados.
- Valoración de los ingresos y los incentivos asociados a la restauración como son el pago por servicios ambientales relacionados con el agua, la biodiversidad, el uso del suelo, carbono u otro.

8. CONCLUSIONES

- En la revisión bibliográfica realizada a las metodologías, proyectos, guías y estudios de caso que se han construido en el país para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica, -se encontró que la información y adelantos a nivel técnico y práctico -se encuentran -enfocados principalmente en la región Andina, por encima del cinturón de los 2.000 msnm y donde los suelos no tienen una vocación agrícola importante y que por tanto los niveles de cambio del uso del suelo son menores.
- La carencia de información en regiones biogeográficas diferentes a la Andina, en lo que se relaciona con la función y estructura de los ecosistemas se convierte en un desafío para las instituciones regionales para la generación de conocimiento científico y práctico que sirva como base para la implementación de proyectos de restauración de ecosistemas.
- El desarrollo de proyectos de restauración ecológica, en el marco de la estrategia nacional REDD+ se presenta como una actividad destinada al aumento de las reservas de carbono, resiliencia y conservación de la biodiversidad de los bosques, a la vez que provee beneficios a las poblaciones dependientes de estos, es decir, estos proyectos deben permanecer a la luz de una sinergia estándares que aseguren el cumplimiento de los objetivos planteados. Para tal fin el estándar plan vivo certifica proyectos de restauración forestal, además el (CCB) Clima, Comunidad y Biodiversidad es un estándar complementario y validado, que cuando se combina con el VCS, ofrece varias salvaguardas ambientales y genera beneficios sociales.
- Si bien los datos no son representativos y no se pueden hacer extrapolaciones debido a la poca información (parcelas) y al poco tiempo de restauración, si se puede indicar y definir que el carbono almacenado en estas áreas muestreadas es mayor frente a coberturas tales como: pastos, cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas donde los valores de carbono almacenado varían de 6,4 t C ha - 4,2 t C ha y 5,8 t C ha respectivamente, lo que demuestra como la restauración puede contribuir a aumentar las reservas de carbono en áreas degradadas.
- De acuerdo al análisis de resultados se puede indicar que los procesos de restauración y por tanto de acumulación de carbono contribuye a la disminución de las emisiones netas de CO₂.
- La implementación de la estrategia de reducción de emisiones por deforestación y degradación REDD+ es una oportunidad para la conservación de áreas prioritarias para la biodiversidad que se encuentren ubicadas en áreas de delimitadas como interés para REDD+.
- Los componentes propuestos para la construcción de la estrategia REDD+ además de cumplir con sus propios objetivos, le permitirá al país desarrollar las metas trazadas dentro de sus políticas nacionales y así como ejecutar los compromisos adquiridos a nivel internacional como: el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), contribuciones

de las gestiones a la biodiversidad y los servicios ecosistémicos hacia el logro de las metas pertinentes de los objetivos del desarrollo del milenio.

- Tanto los entes financieros y los beneficiarios de la estrategia REDD+ deben aumentar su conocimiento sobre la implementación de proyectos de restauración a fin de crear un enfoque cuantificable, rentable, y participativo para la gestión sostenible de los bosques y del carbono almacenado en estos, que mejore simultáneamente valores de la biodiversidad y la prestación de servicios de los ecosistemas a las naciones y las poblaciones por igual.
- Siendo entonces REDD + un mecanismo que tiene como finalidad el mercado de bonos de carbono; resultara beneficioso en términos de retribuciones económicas, si se mide también el compartimiento del suelo, ya que por ejemplo en bosques de tierras altas en los cuales las bajas temperaturas y la alta humedad hacen que el ecosistema tenga bajas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes, favoreciendo una lenta pero continua absorción neta de CO₂ atmosférico, que es acumulado como parte de la materia orgánica en sus suelos.

9. RECOMENDACIONES

- En la revisión de las metodologías, proyectos, guías y estudios de caso se encontró que este tipo de herramientas en su mayoría, son estudios desarrollados a escala local, se recomienda entonces que para ejercicios de priorización y elección de zonas para los proyectos de restauración se formulen a nivel de paisaje, el cual implica la búsqueda de la reintegración de ecosistemas fragmentados y paisajes, más que el enfoque sobre un único ecosistema, lo que permite obtener mejores resultados en los procesos de restauración.
- Se requiere de estudios sobre la estimación de captura de carbono en otras zonas vida y en bosques en diferentes estados de restauración con el fin de realizar un mayor aporte de información que sirva de soporte para realizar inversiones en proyectos de restauración ecológica en áreas degradadas con el fin de aumentar las reservas de carbono.
- Es evidente la necesidad en el país del desarrollo de estudios dirigidos a la restauración de ecosistemas teniendo en cuenta las condiciones específicas de cada región en cuanto a la dinámica de sus ecosistemas, la historia de degradación y los motores que han influenciado esta condición. Por tanto, se requiere incentivar las investigaciones a escala regional con el fin de contar con la información necesaria para realizar una adecuada formulación y planificación de los proyectos.
- Realizar en próximos estudios un análisis costo-efectivo que permita determinar si los pagos por el servicio ambiental de almacenamiento de carbono generado por la realización de proyectos de restauración ecológica resulta más rentable que disponer las áreas degradadas para una actividad agrícola o industrial.

10. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, N y Torres, J. (2014). Restauración ecológica de los páramos de Jatunhuaycu: degradación, sistemas de referencia y estrategias de restauración. Fondo para la protección del agua –FONAG. Quito, Ecuador. Recuperado de: http://issuu.com/fonag/docs/jatunhuayco_serie_investigaci__n_1/1?e=0/8943799

Alexander, S., Nelson, C., Aronson, J., Lamb, D., Cliquet, A., Erwin, K., Finlayson, M., De Groot, R., Harris, J., Higgs, E., Hobbs, R., Robin, R., Martínez, D & Murcia, C. (2011). Opportunities and Challenges for Ecological Restoration within REDD+. *Restoration Ecology* 19(6) : 683-689.

Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., Salas, G., Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S & Rodríguez, L. (2012). Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, pp. 297- 308.

Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayan. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 7 No. 1 Enero-Junio. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13>

Armenteras, D.; Gast, F & Villareal, H. (2003) Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*. Vol. 113, Issue 2, Pages 245-256.

Armenteras, D., Cabrera, E., Rodríguez, N & Retana, J. (2013). National and regional determinants of tropical deforestation in Colombia. *Regional Environmental Change* (2013) 13: 1181-1193.

Angelsen, A., Brown, S., Loisel, C., Peskett, L., Streck, C & Zarin, D. (2009). Reducción de Emisiones de la deforestación y la degradación de bosques (REDD): Reporte de Evaluación de opciones. Recuperado de: http://www.redd-oar.org/links/REDD_OAR_es.pdf.

Ariza, W., Toro, J y Lores, A. (2009). Análisis florístico y estructura de los bosques premontanos en el municipio de Amalfia (Antioquia, Colombia). *Revista Colombiana Forestal* Vol. 12: 81-102. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a07>

Arriaga, V. (2012). Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques REDD+ en los países de América Latina. CEPAL. Recuperado de: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/47580/reducciondeemisiones.pdf>

Asideu, Ofosu. (S.F). Bosque húmedo tropical. Instituto de investigación forestal de Ghana. Recuperado de: <http://www.cich.org/publicaciones/Ofosu.pdf>

Asquin, N. (S.F). La dinámica del bosque y la diversidad arbórea. Recuperado de: <http://www.uprm.edu/biology/profs/chinea/ecolplt/lectesc/asquith1.pdf>

Azcon, J y Talón, M. (2000). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid. España. 522p.

Banco Mundial. (2012). Análisis crítico del R-PP de El Salvador (Presentado oficialmente al FCPF del Banco Mundial el 21 de abril de 2012). Recuperado de: https://forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/May2012/ANALISIS%20R-PP_SV_FCPF%20-%20%5BEsp%5D%2014May2012_0.pdf

Barrera, C., Rodríguez, A., Ochoa, C., Perilla, N Garzón, D y Rondón, C . (2009). Restauración ecológica por minería a cielo abierto en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.274p.

Brancalion, P., Viani, R., Strassburg, B y Rodríguez, R. (2012). Cómo financiar la restauración de los bosques tropicales. Unasylva 239. Vol.63. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/017/i2890s/i2890s07.pdf>

Brennan, K., Durschinger, L., Vogt, T., Lambert M and Seplarsky, D. (2013). Informe FIELD número 16 Directrices y mejores prácticas para transacciones REDD+. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID. Recuperado de: <http://www.terraglobalcapital.com/sites/default/files/Terra%20FIELD%20Report%20No%2016%20REDD%2B%20Transaction%20Good%20Guidance%20Spanish.pdf>

Bastos, S. (2005). Evaluación del estado del arte de la restauración ecológica. (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Beltran, M y Lesmes, M. (2008). Caracterización de vegetación y eliminación de agentes tensionantes para activar la restauración ecológica Reserva Pantano Redondo. En Barrera B;

Bellefontaine, R., Petit, A., Pain-Orcet, M., Deleporte., P y Bertault. (2002). Los árboles fuera del bosque. Centro de cooperación internacional en investigación Agrícola para el desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2002. Pág. 220.

Bayenas, J; Newton, A; Diaz, A & Bollock, J. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. Science. Vol 325, 1121.

Byer, M & Weaver, P. (1977). Early secondary succession in an elfin Woodland in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica, Vol. 9, No1, pp. 35-47.

Bosques y Carbono. (2012). Páramos colombianos en peligro de desaparecer. Recuperado de: http://www.carbonoybosques.org/ultimas_noticias/paramos_colombianos_en_peligro_de_desaparecer.html

Castillo, A. (2005). Comunicación para la restauración: perspectivas de los actores con y por medio de las personas. En: Temas sobre restauración ecológica. Centro de Investigaciones en ecosistemas UNAM Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/467/castillo.html>

Campbell, B. (2009). Beyond Copenhagen: REDD+, agriculture, adaptation strategies and poverty. *Editorial/ Global Environmental Change* 19 (2009) 397-399.

Ciella, W. (1995). Cambio Climático bosques y ordenación forestal. Una visión conjunta. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Recuperado de: http://books.google.com.co/books?id=DzoW7rZmY5QC&pg=PA150&lpg=PA150&dq=Ciella+W.M.+1996.+Cambio+Clim%C3%A1tico,+Bosques+y+Ordenaci%C3%B3n+Forestal.+Una+Visi%C3%B3n+de+Conjunto.+FAO.+RomaItalia.&source=bl&ots=8kCuxdqywq&sig=FJ0IcQw2rf1HyaM9SUjPY8nYzM&hl=es&sa=X&ei=7amUU_rdLMK2sAT0qIHQBQ&ved=0CC4Q6AEwAQ#v=onepage&q&f=false.

Chave, J., Oliver, J., Bongers, F., Chatelet, P., Forget, P., Van der Merr, P., Norden, N., Riéra, B & Dominique, C. (2008). Above-ground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. *Journal of Tropical Ecology* 24: 355-366.

Corporación Autónoma Regional del Chivor (CORPOCHIVOR), Corporación Autónoma de Boyacá (CORPOBOYACA), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Universidad Nacional de Colombia. (2006). Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca de Río Garagoa. Garagoa, Boyacá. Recuperado de: http://www.corpochivor.gov.co/sites/default/files/attach/pgar2007_2019.pdf

Corporación Autónoma Regional del Chivor (CORPOCHIVOR). (2010). Atlas Geográfico y Ambiental de CORPOCHIVOR. Salamandra Grupo Creativo S.A.S. Impreso Tunja, Boyacá – Colombia. Primera Edición. 198p

Corporación Autónoma Regional de Chivor –CORPOCHIVOR; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Fondo de Compensación Ambiental; Universidad Distrital Francisco José de Caldas 2013. Formulación de herramientas de planeación para la ordenación forestal de la jurisdicción de CORPOCHIVOR PGOF. Garagoa-Boyacá, Colombia 7 Capítulos.

Costenbader, J., Castro, J y Streck, C. (2013). Desarrollando un enfoque anidado REDD+ en Colombia. Valorando Naturaleza. Dándole valor a lo invaluable. Recuperado de: http://www.valorandonaturaleza.org/noticias/desarrollando_un_enfoque_anidado_redd_en_colombia_

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA (2011). Acto Legislativo 05 del 18 de julio de 2011. Colombia, Bogotá. Recuperado de: <https://www.sgr.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=EZij8T5b0Jc%3d&tabid=95&mid=517>

CONGRESO COLOMBIA (1993). Ley 99 de 1993. Colombia, Bogotá. Recuperado de: http://www.otuscolombia.org/tabs/normativa/LEY_99_DE_1993.pdf

CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA (2012). Ley 1530 del 17 de mayo de 2012. Colombia, Bogotá. Recuperado de: <https://www.sgr.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=EZij8T5b0Jc%3d&tabid=95&mid=517>

Clewell, A., Rieger, J & Munro, J. (2000). Guidelines for developing and managing ecological restoration projects. A society for ecological restoration publication. Recuperado de: http://web.archive.org/web/20041029153203/http://www.ser.org/content/guidelines_ecological_restoration.asp

Clewell, A & Aroson, J. (2013). The SER primer and climate change. Ecological managment & restoracion Vol 14 No 3.

Departamento Nacional de Planeación. (2011a). Documento Conpes 3700. Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=2yrDLdRTUKY%3D&tabid=1260>

Departamento Nacional de Planeación. (2011b). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Recuperado de: <https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=J7HMrzUQfxY%3d&tabid=1238>

Departamento Técnico Administrativo de Medio Ambiente. (2000). Protocolo distrital de restauración ecológica, una guía para la restauración de ecosistemas nativos en áreas rurales de Santa Fe de Bogotá. Colombia. Recuperado de: <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/200413/PROTOCOLO+DISTRITAL+SDA.pdf>

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. (2004a). Guía técnica para la Restauración Ecológica en áreas con plantaciones forestales exóticas en el Distrito Capital. Recuperado de https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Foab.ambientebogota.gov.co%2Fapc-aa-files%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2Fguia_restauracion_exoticas.pdf&ei=gjX8U4e2More8gGPxoHgCA&usg=AFQjCNFweuxSDQpGK1EPptx9tvpPHeA9Gw&bvm=bv.73612305,d.b2U

Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. (2004b). Guía técnica para la Restauración Ecológica de áreas de ronda y nacederos del distrito capital. Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Foab.ambientebogota.gov.co%2Fapc-aa-files%2F57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a%2Fguia_para_la_restauracion_de_areas_de_ronda_y_nacederos_del_distrito_capital.pdf&ei=JzP8U6PaMMWa8gHBuIGIBw&usg=AFQjCNFZwAbqZ29nqU9bmyW54r2JweyrKg&bvm=bv.73612305,d.b2U

Etter, A. & van Wyngaarden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. Royal Swedish Academy of Sciences. Ambio Vol. 29. No 7.

Ewel, J. 1980. Tropical Succession: Manifold Routes to Maturity. Biotropical, Vol. 12, Supplement: Tropical succession, pp.2-7

Federación Española de Municipios Y Provincias. (2011). España. Recuperado de: <http://www.redciudadesclima.es/uploads/documentacion/c2dd700737802664a97469104e56f17d.pdf>

García, C., Suarez, C y Daza, M. (2010). Estructura y diversidad florística de los bosques naturales (Buenos Aires, Cauca, Colombia). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 8. No.1

Giraldo, C. Rivera, Y., Domínguez, Y; Calle, Z; Piedrahita, L y Sinisterra, J. (2008). Diversidad de insectos y plantas en cárcavas restauradas con bioingeniería. En Barrera B; Aguilar; D; Rondón, C. (2008). Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C.274p.

GIZ., BMZ., Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo y CCAD. (2012). Sistematización de estándares internacionales para el desarrollo de proyectos de carbono forestal en Centro América y Republica Dominicana. Recuperado de: http://www.reddccadgiz.org/mecanismos/docs/mrv_1713776486.pdf

Hernández, L., Pineda, G y Cortes, F. (2012). Plan de Restauración Ecológica de la Micro cuenca del río la Vega, Ensayos piloto de Restauración en áreas disturbadas. Recuperado de: <http://www.uptc.edu.co/eventos/2012/clnamt/documentos/memorias.pdf>

Hogan, K y Machado, J. (2002). Luz solar: consecuencias biológicas y medición. En M. Guariguata y G. Kattan. (Ed.), Título del libro (pp. 120-139). Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Holdridge, L. (1987). Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. Tercera edición. IICA. Pág. 14.

Holl, K; & Aide, T. (2011). When and where to actively restore ecosystems?. Forest ecology and management 261. 1558-1563.

IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, SINCHI & IIAP. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/mec/ecosistemas_continenciales_costeros_y_marinos.pdf

Instituto de Hidrología, meteorología y estudios Ambientales de Colombia IDEAM. (2010). Estimación de las reservas potenciales de Carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Recuperado de: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022167/022167.html>.

IDEAM, IAvH, INVEMAR, SINCHI e IIAP TOMO 2. (2013). Estado de la biodiversidad, de los ecosistemas continentales, marinos costeros y avances en el conocimiento. Informe del estado del medio ambiente y los recursos forestales naturales renovables 2011. Bogotá, DC, 2013. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022650/InformeTomo2.pdf>,

IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR y SINCHI. (2011). Informe del estado del medio ambiente y

de los recursos naturales renovables 2010. Instituto, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 384p. Recuperado de: <http://www.quebradanegra-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/34633334336537346539336363383665/informe-del-estado-del-medio-ambiente-y-los-recurso-naturales-2010.pdf>

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Recuperado de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol1.html>

Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2011). Proyecto de Restauración Ecológica informe técnico de intervención cuenca río Tunjuelo localidad Usme predio la Dorada. Colombia, Bogotá D.C. <http://jbb-repositorio.metabiblioteca.org/bitstream/001/257/12/A-M.%20La%20Dorada%20Vda%20Las%20Margaritas.pdf>

Kattan, G., Naranjo, L. (2008). Regiones biodiversas. Herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas. WCS Colombia; Fundación EcoAndina, WWF Colombia. Recuperado de: http://elti.fesprojects.net/2011Corridors1Colombia/regiones_biodiversas.pdf

Martin, M. (2008). Deforestación, cambio climático y REDD. Unasylva, Vol 59. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/011/i0440s/i0440s02.htm>

Ministerio de Medio Ambiente. (1998). Plan estratégico para la restauración y el establecimiento de bosques en Colombia: Plan Verde. Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: [http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Cifras_cuadro_mamacoca/pverde\[1\].pdf](http://www.mamacoca.org/docs_de_base/Cifras_cuadro_mamacoca/pverde[1].pdf)

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). Guía metodológica para la restauración ecológica a partir del manejo de vegetación. Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MAVDT-0116/MAVDT-0116.pdf>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor). (2006). Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) 2007-2019. Garagoa. Boyacá. Pg. 120. Recuperado de: http://www.corpochivor.gov.co/sites/default/files/attach/pgar2007_2019.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2011). Restauración ecológica. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1239&conID=7434>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012a). Política nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: https://www.siac.gov.co/documentos/DOCPortal/DOC_Biodiversidad/010812_PNGIBSE_2012.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2012b). Construcción colectiva de la estrategia nacional REDD+ Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=444:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-37&catid=28:bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-articulos&Itemid=436#documentos-de-propuesta-de-preparación-r-pp

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2013a). Plan nacional de restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación áreas disturbadas. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/documentos/DocumentosBiodiversidad/publicaciones/plan_nacional_restauracion_2012.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2013b). Propuesta de preparación para REDD+ (R-PP). (Versión 8.0-Septiembre 30 de 2013). Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=444:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-37&catid=28:bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-articulos&Itemid=436#documentos-de-propuesta-de-preparación-r-pp

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2013c). Restauración Ecológica. Recuperado del sitio de internet: <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1239> HYPERLINK

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2013d). ¿Qué es la preparación de la estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal ENREDD). Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=1262&conID=8647&pagID=10627>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible (MADS). (2014). REDD+. ¿Cómo estamos trabajando? (Etapas de la Estrategia REDD+). Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=43:plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-32&catid=28:bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-articulos&Itemid=436#imagenes.

Miles, L., Dunning, E., Doswald, N., Osti, M. (2010). Resumen ejecutivo. Una propuesta más segura para REDD+. Revisión de la evidencia sobre la biodiversidad y la resistencia de las reservas forestales de carbono. Documento de trabajo: 27 de octubre 2010 (v.2). Multiple Benefits Series 10. Prepared on behalf of the Un-REDD Programme. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.

Morton, D., De Fries, R., Olivier, J., Kasibhatla, P., Jackson, R., Collatz, G & Randerson, J. (2009). CO₂ emissions from forest loss. Nature Geoscience 2: 737- 739.

Mosquera, H. (2010). Dinámica de la biomasa aérea en bosques primarios de Colombia y su relación con la precipitación y la altitud. Tesis Maestría en bosques y conservación ambiental. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Recuperado de: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.

Naciones Unidas. (2010). Guía para Comprender e Implementar las Salvaguardas REDD+ de la Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio Climático. CMNUCC. Recuperado de: <http://www.clientearth.org/reports/guia-para-comprender-e-implementar-las-salvaguardas-de-redd+-de-la-cmnucc.pdf>.

Newton, A y Tejedor, N. (2011). Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internación para la Restauración de Ecosistemas. XXIV + 409pp.

Rangel, O., Lowy,D.,Aguilar, M. (1997) Colombia diversidad biótica II. Tipo de vegetación en Colombia. Institución de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente. Editorial Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

Ordoñez, J., Masera,O & Jong, B. (2001). Almacenamiento de Carbono en un bosque. Instituto de Ecología, México. Vol 7, pp 27-47. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articuloBasic.oa?id=61770204>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010a). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Pág. 46. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010b). REDD-plus y la biodiversidad: oportunidades y retos. Unasylva 236, Vol. 61, 2010. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/013/i1758s/i1758s14.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011a). Los bosques del mundo en cifras. América Latina y el Caribe, una región rica en materia forestal. Recuperado de: http://www.revista-mm.com/ediciones/rev72/forestal_bosques.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. (2011b). Situación de los bosques del mundo. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Estado actual de los bosques. Pág 9. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>

Ortega, P., García, C y Sabogal, J. (2010). Deforestación evitada una guía REDD+ Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecovera; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural - Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y Fondo para la Acción Ambiental. Bogotá, Colombia. 72 p.

Pacto para la Restauración del Bosque Atlántico (2013). Protocolo de Monitoreo para Programas y Proyectos de Restauración Forestal. Recuperado de: <http://www.pactomataatlantica.org.br/referencial-teorico.aspx?lang=pt-br>

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2008). Estrategia nacional de restauración ecológica del sistema de parques nacionales naturales Colombia. Bogotá D.C. Recuperado de: http://www.globalrestorationnetwork.org/wp-content/uploads/2012/04/Estrategia-Nacional_Colombia.pdf

Parques Nacionales Naturales, Ecopetrol, Fundación Natura (2014). Esfuerzos de instituciones para reducir impactos del cambio climático. Colombia. Recuperado de: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=148&conID=80966&pagID=135883>

Phillips, J., Duque, J., Yepes, P., Cabrera, R., García, C., Navarrete, A., Álvarez E y Cárdenas D. (2011a). Estimación de las reservas actuales 2010 de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Estratificación, alometría y métodos analíticos. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales —. Bogotá D.C., Colombia. 68 pp.

Phillips, F., Duque, J., Cabrera, R., Yepes, P., Navarrete, A., García, C., Álvarez, E., Cabrera, E., Cárdenas, D., Galindo G., Ordóñez, F., Rodríguez, L y Vargas, M (2011b). Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 pp. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022167/022167.html>.

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. (2006). Decreto 1900 de junio 12 de 2006. Bogotá, Diario Oficial. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=20466>

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA (2004). Decreto 4317 de diciembre de 2004. Colombia, Bogotá, Diario Oficial. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15518>

Programa ONU-REDD. S.F. Estrategia del programa ONU REDD+ 2011-2015. Recuperado de: <http://www.un-redd.org/>

Sanin, D y Duque, C. (2006). Estructura y composición de dos transeptos localizados en la reserva forestal protectora rio blanco (Manizales, Caldas, Colombia). Boletín Científico Centros de Museos-Historia Natural Vol. 10, pas. 45-75. Recuperado de: http://boletincientifico.ucaldas.edu.co/downloads/Revista%2010_3.pdf

Secretaria Distrital de Ambiente. (2008). Protocolo para rehabilitación y recuperación ecológica de humedales en centros urbanos. Colombia, Bogotá D.C. Recuperado de: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97&x=2901

Secretaría Distrital de Ambiente, Pontificia Universidad Javeriana. (2010). Manual para la restauración de los ecosistemas disturbados en el distrito capital. Colombia, Bogotá D.C.

Recuperado de: http://oab.ambientebogota.gov.co/resultado_busquedas.php?AA_SL_Session=8cf97&x=5473

Society for ecological restoration (SER). (2004). International primer on ecological restoration. Version 2. Recuperado de: <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>

The REDD Desk. (2014). The REDD desk. A collaborative resource for REDD readiness. The forest. Recuperado de: <http://theredddesk.org/encyclopaedia/forest>

Torres, A.; Peña, E.; Zuñiga, O y Peña, O. (2012). Evaluación de impactos de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono. Bol. Cient. Mus.Hist.Nat.Univ. Caldas Vol. 16. No 1. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682012000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Unión internacional para la conservación de la naturaleza (UICN). (2008). REDD en América del Sur Experiencias y herramientas útiles. Recuperado de: http://cmsdata.iucn.org/downloads/experiencias_y_herramientas_utiles_para_redd.pdf

Unión internacional para la conservación de la naturaleza (UICN). (2010). Qué es REDD+. Recuperado de: http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_bosquesam/sur_bosques_cambio_climatico/sur_bosques_redd/

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Guía Para la Recolección y preservación de muestras botánicas en campo. Herbario UDBC. Recuperado de: http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/images/stories/Guia_Para_la_Recoleccion_de_Material_Vegetal.pdf

The United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries (UN-REDD PROGRAMME). (2009). About REDD+. Recuperado de: <http://www.un-redd.org/AboutREDD/tabid/102614/Default.aspx>

Valero, N. (2013). Estimaciones de las reservas potenciales de Carbono almacenado en la biomasa aérea en los bosques naturales ubicados en el sur oriente del departamento de Boyacá-Colombia, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor –CORPOCHIVOR, y su potencial como sumideros de Carbono. Tesis Maestría. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Acta biológica colombiana, Vol. 16. No 2, pp 221-246.

Vargas, O. (2007). Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias. Departamento de Biología. Recuperado de: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf

Vargas, O., Reyes, S., Gómez, P y Díaz, J. (2010). La restauración ecológica de ecosistemas. Convenio de asociación No. 22 entre el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) y academia de ciencias exactas, física y naturaleza (ACCEFYN).

Vargas, O y Reyes, S. (2011). La restauración ecológica en la práctica: Memorias I congreso colombiano de restauración y II simposio nacional ecológica. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, D. C; Colombia.

Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S y Gómez, P. (2012). Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Convenio de Asociación No. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). Grupo de Restauración Ecológica (GREUNAL), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional. Bogotá, D.C. Recuperado de: http://www.researchgate.net/publication/260365693_Guas_tcnicas_para_la_restauracin_ecolgica_de_los_ecosistemas_de_Colombia

WWF, Sociedad Zoológica de Londres (ZSL), Red de la Huella Global, Agencia Espacial Europea. (2012). Planeta vivo. Informe (2012). Biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro. Recuperado de: http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/informe_planeta_vivo_2012.pdf

Yepes, A., Navarrete A., Phillips, F., Duque, J., Cabrera, E., Galindo, G., Vargas, D., García, M.C y Ordoñez, F. (2011a). Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 32 pp.

Yepes, A., Navarrete, A., Duque, J., Phillips, F., Cabrera, K. R., Álvarez, E y García, C. (2011b). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. Instituto de Hidrologia, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Colombia, Bogotá D.C. p. 162. Recuperado de: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022101/022101.htm>.

