

Establecimiento de factores de emisión para plantaciones forestales de Colombia y en particular de la región Orinoquia

Preliminar

Biocarbono
Paisajes sostenibles bajos en carbono

 **Universidad del Tolima**



Establecimiento de factores de
emisión para plantaciones
forestales de Colombia y en
particular de la región Orinoquia

Entidades Socias



Agricultura



Ambiente



IDEAM
Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

Asesora



Departamento Nacional
de Planeación - **DNP**

Apoyan



Agencia Presidencial de
Cooperación Internacional
de Colombia **APC-COLOMBIA**



NORECCO
Nodo Regional
de Cambio Climático
Orinoquia

El proyecto hace parte de la iniciativa Paisajes Forestales
Sostenibles (ISFL) del Fondo Biocarbono del Banco Mundial



BioCarbon Fund
Initiative for Sustainable Forest Landscapes



DESARROLLO SOSTENIBLE BAJO EN CARBONO EN LA REGIÓN DE LA ORINOQUIA¹

Número de contrato
011-2021

Establecimiento de factores de emisión para plantaciones forestales de Colombia y en particular de la región Orinoquia, como insumo del sistema nacional de MRV para AFOLU, dentro del Componente 3: Preparación del Programa de Reducción de Emisiones y del MRV

Informe 5

Documentación del proceso de estandarización de factores para la estimación de biomasa en plantaciones comerciales en Colombia y con énfasis en la región de la Orinoquia, Colombia

Presentado a:

ENCARGO FIDUCIARIO MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR. S.A. - BANCO MUNDIAL,
PROYECTO BIOCARBONO ORINOQUÍA

Ibague, Tolima, Colombia
Diciembre 13 de 2021

ISBN

Todos los derechos reservados para el Proyecto Biocarbono 2023
El contenido de esta publicación puede ser usado, citado y divulgado siempre y cuando se realice la debida cita bibliográfica cumpliendo las respectivas normas de derechos de autor.

¹ De acuerdo con la versión electrónica del Diccionario panhispánico de dudas publicada en 2005, la región de América del Sur correspondiente a la cuenca del río Orinoco recibe en español el nombre de Orinoquia u Orinoquía. Sin embargo, la forma con diptongo Orinoquia es la más extendida en el uso general.



Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

**Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
(MADR)**

Jhenifer Mojica Flórez (2023)
Ministros de Agricultura y Desarrollo Rural

Martha Viviana Carvajalino (2023)
Viceministro de Desarrollo Rural

**Luis Alberto Villegas Prado (09/2022-
05/2023)**
Aura Maria Duarte (2023)
Viceministro de Asuntos Agropecuarios

Nelson Lozano (2023)
**María del Pilar Ruiz Molina (11/2022-
03/2023)**
Director@ de Innovación, Desarrollo
Tecnológico y Protección Sanitaria

**Ministerio de Ambiente y Desarrollo
Sostenible**

Susana Muhamad
Ministro de Ambiente y Desarrollo
Sostenible

Sandra Patricia Vilaridy
Viceministra de Políticas y Normalización
Ambiental

Francisco Javier Canal
Viceministro de Ordenamiento Ambiental
del Territorio, respectivamente.

Proyecto Biocarbono Orinoquia

Iván Darío Gómez Guzmán
Coordinador Nacional del Proyecto

Fabián Mauricio Gerena Reina
Líder componente Planeación Integrada
del Uso del Suelo y Gobernanza para el
Control a la Deforestación

Fernando Leyva Pinzón
Líder componente Uso y Manejo
Sostenible del Suelo

Johana Talina Lugo Rosero
Líder de componente Definición del
Programa de Reducción de Emisiones
(PRE) y de Monitoreo, Reporte y
Verificación MRV)

Juan David Turriago
Redactor ERP

Javier Rodríguez Dueñas
Coordinador Regional

Lilia Patricia Arias Duarte
Gestor Sénior Seguimiento y Monitoreo

Pedro Miguel Salazar
Susana Sandoval González
Lucía Salcedo Quevedo
Mónica Monsalvo Torres
Especialistas

Gandy Alarcón Montero
Fabián Peña
Janny Trujillo Moya
Juliana Fonseca
Asesores

Fabián Peña
Fotografía

Autores Universidad del Tolima

Alonso Barrios T.
Milena A. Segura
Hernán J. Andrade
Equipo consultor



Contenido

Presentación	12
Resumen	14
METODOLOGÍA	15
Definición del área de estudio y especies de interés	16
Variables para el establecimiento de factores de emisión	16
Recopilación de información sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión	16
Proceso de estandarización para la definición de niveles (Tier`s)	16
RESULTADOS	18
Área de estudio y especies de interés	18
Definición de variables para el establecimiento de factores de emisión de especies en plantaciones forestales	19
Introducción	0
Antecedentes	3
Materiales y Métodos	5
Definición del área de estudio y especies de interés	5
Variables para el establecimiento de factores de emisión	5
Recopilación de información sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión	6
Elaboración de lista de actores clave y expertos	6
Reuniones con expertos	7
Revisión de bases de datos	7
Revisión de repositorios institucionales	7
Visitas presenciales a bibliotecas	9
Consolidación de la base de datos	10
Proceso de estandarización para la definición de niveles (Tier`s)	10
Socialización de la consultoría	13
Resultados y Discusión	14



Área de estudio y especies de interés	14
Definición de variables para el establecimiento de factores de emisión de especies en plantaciones forestales	16
Turno o edad de rotación	16
Incremento medio anual en volumen (IMA)	19
Densidad básica de la madera (D).....	19
Factor de expansión de biomasa (FEB).....	20
Relación biomasa subterránea/aérea (R)	20
Fracción de carbono (FC)	20
Consulta a actores clave y reuniones con expertos	21
Base de datos	24
Variables y factores de emisión de especies y regiones priorizadas	26
Turno o edad de rotación	26
Incremento medio anual en volumen (IMA)	27
Densidad básica de la madera (D).....	28
Factor de expansión de biomasa (FEB).....	29
Relación biomasa subterránea/aérea (R)	30
Fracción de carbono (FC)	31
Factores de emisión para especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia.....	32
Variables y factores de emisión especies y regiones no priorizadas	34
Turno o edad de rotación	34
Incremento medio anual en volumen (IMA)	35
Densidad básica de la madera (D).....	36
Factor de expansión de biomasa (FEB).....	37
Relación biomasa subterránea/aérea (R)	38
Fracción de carbono (FC)	39
Factores de emisión de las especies y regiones no priorizadas	40
Validación y socialización de la consultoría	45
Taller de socialización de inicio de la consultoría	45



Taller de socialización de los resultados de la consultoría.....	47
Conclusiones.....	49
Referencias Bibliográficas	50
Anexos	54



Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Criterios empleados para evaluar la calidad de la información de las variables para el establecimiento de factores de emisión por especie en plantaciones forestales comerciales en Colombia.....</i>	25
Tabla 2 <i>Importancia relativa de cada variable para la estimación de los factores de emisión en especies empleadas en plantaciones forestales en Colombia.....</i>	26
Tabla 3 <i>Priorización de especies por área plantada actual y expectativas de siembra, para la definición de variables para la estimación de carbono para Colombia.....</i>	28
Tabla 4 <i>Respuestas obtenidas de actores clave en el marco de la consultoría No 011-2021.....</i>	35
Tabla 5 <i>Reuniones con expertos durante las visitas a los sitios en Colombia.....</i>	37
Tabla 6 <i>Factores de emisión para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia.....</i>	47
Tabla 7 <i>Factores de emisión de las especies y regiones no priorizadas.....</i>	55
Tabla 8 <i>Participantes a reunión de socialización de inicio de consultoría en FEDEMADERAS.....</i>	59
Tabla 9 <i>Participantes a reunión de socialización de resultados de consultoría en FEDEMADERAS.....</i>	61



Lista de Siglas

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
AU	Autores Universitarios
BIRF	Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento
C	Carbono
CA	Almacenamiento de Carbono en biomasa total t CO ₂ /ha
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CENICAFE	Centro Nacional de Investigaciones de Café
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático
CND	Contribuciones Nacionalmente Determinadas
CO ₂	Dióxido de carbono
DE	Desviación estándar
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EE	Error estándar
FC	Fracción de carbono
FEB	Factor de expansión de biomasa
FEV	Factor de expansión de volumen
FEDEMADERAS	Federación Nacional de Industriales de la Madera
ff	Factor de forma
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IMA	Incremento medio anual en volumen
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
IPFS	Iniciativa sobre Paisajes Forestales Sostenibles
LI	Límite inferior
LS	Límite superior
MADR	Ministerio de ambiente y desarrollo rural
MADS	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible
MB	Modelos de biomasa
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
MV	Modelos de volumen
NDC	Contribución Prevista Determinada a Nivel Nacional
OVVs	Organismos de Validación y Verificación
PI	Producción Intelectual
PND	Plan Nacional de Desarrollo



Establecimiento de factores de
emisión para plantaciones
forestales de Colombia y en
particular de la región Orinoquia

R	Relación biomasa subterránea/aérea
SINCHI	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas
TFC	Tasa de fijación de carbono en biomasa total (t CO ₂ /ha/año)
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
Vf	Volumen acumulado al turno (m ³ /ha)



Glosario

Biomasa Aérea: Peso seco de la vegetación viva, leñosa y herbácea sobre el suelo incluyendo los tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje.

Biomasa Subterránea: Peso seco de las raíces vivas excluyendo las raíces finas con menos de 2 mm de diámetro debido a que no se pueden distinguir de la materia orgánica del suelo o la hojarasca.

Biomasa Total: Peso seco total que contiene un individuo arbóreo o masa forestal resultado de la suma entre la biomasa aérea y la biomasa subterránea.

Densidad Básica: Relación entre la masa secada en horno y el volumen de madera fresca de troncos sin corteza.

Desviación Estándar: Estadístico que indica el nivel de dispersión de un conjunto de datos respecto a su media aritmética. Entre mayor sea la desviación estándar mayor es la dispersión de los datos.

Error Estándar: Error debido a la estimación de la media poblacional a partir de las medias muestrales.

Factor de Expansión de Biomasa: Cociente entre la biomasa aérea total y la biomasa del fuste.

Factor de Forma: Razón entre el volumen del fuste de un árbol y el volumen de un cilindro, con el mismo diámetro de la base y la misma altura.

Fracción de Carbono: Concentración de carbono en la biomasa.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Gases atmosféricos que absorben y emiten radiación dentro del rango infrarrojo. El incremento en la concentración de estos gases es el principal causante del cambio climático.

Incremento Medio Anual en Volumen: Promedio anual del incremento total en volumen, se obtiene dividiendo las dimensiones del árbol o masa forestal entre la edad.



Relación Biomasa Subterránea/Aérea: Cociente entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea de un individuo o una masa boscosa.

Turno o Edad de Rotación: Tiempo que transcurre entre el establecimiento de la plantación hasta el aprovechamiento de corta final (edad de cosecha).



PRESENTACIÓN

El proyecto Biocarbono Orinoquia tiene como objetivo mejorar las condiciones para la planificación y gestión de paisajes sostenibles con bajas emisiones de carbono en la región de la Orinoquia, con la finalidad de diseñar el Programa de Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero (PRE) para Colombia. La implementación de esta iniciativa contribuye al trabajo que el país está realizando para alcanzar una agricultura climáticamente inteligente, para la adaptación y mitigación del cambio climático, y a la meta de Colombia de reducir en un 51% sus emisiones de gases de efecto invernadero para el 2030.

Este proyecto se lleva a cabo en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, como parte de la iniciativa global Paisajes Forestales Sostenibles (ISFL), a través del Fondo Biocarbono del Banco Mundial, y es financiado por Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Noruega. El liderazgo en la ejecución del Proyecto Biocarbono Orinoquia está a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

La estructura del proyecto se compone de tres componentes que abordan los siguientes temas: 1) Planificación del uso del suelo y gobernanza para controlar la deforestación; 2) Uso y manejo sostenible del suelo; y 3) Preparación del Programa de Reducción de Emisiones y Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).

La presente publicación, titulada "Establecimiento de factores de emisión para plantaciones forestales de Colombia y, en particular, de la región Orinoquia", se realizó en colaboración con la Universidad del Tolima. Su objetivo es identificar, revisar, validar y definir los factores de emisión para plantaciones forestales. Este proceso se llevó a cabo mediante una labor concertada entre las entidades complementadoras del proyecto y se compartió con la Federación Nacional de Industriales de la Madera (FEDEMADERAS), involucrando a empresarios y productores reforestadores, asociaciones locales de empresarios, instituciones de apoyo y sus empresas miembros directos.

Con este documento se busca desarrollar modelos de ordenamiento y planificación sostenible del territorio, que integren sistemas productivos agropecuarios y



forestales con zonas de protección y áreas ambientales estratégicas. De esta manera, se contribuye a la reducción de las emisiones de GEI y a la disminución de la deforestación generada por actividades agrícolas, forestales y otros usos del suelo (AFOLU), bajo un enfoque jurisdiccional.

Agradecemos a todos los colaboradores y aliados que hicieron posible la realización de esta publicación.

Iván Darío Gómez Guzmán

Coordinador Nacional del Proyecto Biocarbono



Resumen

El Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento – BIRF – Banco Mundial y la Presidencia de la República de Colombia, firmaron en marzo 09 de 2018 el Acuerdo de Donación para el proyecto de Desarrollo Sostenible Bajo en Carbono en la Región de la Orinoquia. El Proyecto busca implementar en Colombia la Iniciativa sobre Paisajes Forestales Sostenibles (IPFS), en la cual se ha priorizado la región de la Orinoquia por parte del Banco Mundial y de varios países donantes. El Proyecto tiene el objetivo de mejorar las condiciones habilitantes para el manejo de paisajes sostenibles bajos en carbono en esta región, a través del desarrollo de modelos tipo de ordenamiento y planificación sostenible del territorio, en donde se complementan los sistemas productivos agropecuarios y forestales con las zonas de protección y zonas estratégicas ambientales, contribuyendo de esta manera en la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la reducción de la deforestación generada por las actividades agrícolas, forestales y de otros usos del suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés), bajo un enfoque jurisdiccional.

El proyecto se implementa a través de tres componentes técnicos:

Componente. 1: Planeación Integral del uso del suelo y mejoramiento de la gobernanza para el control de la deforestación, cuyo objetivo es el de fortalecer capacidades a nivel local, regional y nacional incluyendo consideraciones ambientales, reducción de GEI y deforestación. Se implementa a través de dos subcomponentes: 1) Ordenación del territorio y tenencia de la tierra y 2) Gobernanza y control a la deforestación.

Componente. 2. Uso y manejo sostenible del suelo, cuyo objetivo es el de generar capacidades para reducir emisiones de GEI del sector AFOLU y mitigar el impacto de su eventual expansión. Se implementa a través de tres subcomponentes: 1) Plataformas Multiactores y fortalecimiento de la coordinación y de la participación



público – privada, 2) Generación de modelos sostenibles bajos en carbono a partir de la validación de prácticas, tecnologías y enfoques producción – conservación y 3) Adopción de los modelos anteriores a través de incentivos financieros y no financieros.

Componente 3: Definición del programa de reducción de emisiones y de monitoreo, reporte y verificación (MRV), cuyo objetivo es el de financiar la asistencia técnica para la preparación del programa de pago por resultados (PRE) y fortalecer las capacidades institucionales y las condiciones para alcanzar los requerimientos relacionados con el conteo de emisiones. Se implementa a través de tres subcomponentes: 1) Mejorar la capacidad del país para un seguimiento, notificación, contabilidad y verificación de las emisiones y absorciones de AFOLU y 2) Preparación del Programa de Reducción de Emisiones-PRE.

Las actividades del componente 3 están orientadas principalmente a mejorar y asegurar la calidad de la información en cuanto a emisiones y reducciones de GEI para el sector AFOLU, específicamente para contar con datos nacionales que propendan por Tier 2 o 3. Esto implica información espacialmente explícita sobre los usos y cambios de uso de la tierra en la Orinoquia, considerando categorías clave de uso de la tierra incluidas en las guías del IPCC del 2006, mejorar la información sobre existencias y flujos de carbono en los diferentes ecosistemas de la Orinoquia y contar con factores de emisión propios.

En este contexto, el presente estudio que se realizó con la colaboración de la Universidad del Tolima, identificó, revisó, validó y definió los factores de emisión para plantaciones forestales, en un ejercicio concertado entre las entidades co-implementadoras del proyecto y socializado con la Federación Nacional de Industriales de la Madera (FEDEMADERAS) que vincula a empresarios y productores reforestadores, asociaciones locales de empresarios, instituciones de apoyo y sus empresas miembros directo.

METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del proceso de estandarización de factores de emisión de carbono en plantaciones comerciales en Colombia y con énfasis en la región de la Orinoquia se llevaron a cabo varias etapas las cuales son descritas a continuación:



Definición del área de estudio y especies de interés

En una primera etapa fue preciso definir el área de estudio y las especies de interés prioritario. La priorización del área de estudio se realizó teniendo en cuenta aquellas regiones con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Según los estudios realizados por la UPRA (2018a, 2018b) y Martínez (2018) existen tres regiones de desarrollo estratégico para plantaciones forestales con fines comerciales en el país, las cuales corresponden al Eje Cafetero y Suroccidente (Andina), Orinoquía y Caribe que incluyen 14 departamentos.

VARIABLES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE FACTORES DE EMISIÓN

La estimación de carbono almacenado en las especies y ecosistemas forestales requiere del conocimiento de variables propias para cada una de las especies, que, mediante el uso de diversas metodologías permiten estimar el almacenamiento de carbono en biomasa y la tasa de fijación de carbono en la biomasa total. Entre las variables requeridas para el establecimiento de factores de emisión se encuentran: turno o edad de rotación, incremento medio anual en volumen (IMA), densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/aérea (R), fracción de carbono (FC) y modelos alométricos de biomasa y volumen.

Recopilación de información sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión

Se revisaron varias fuentes de información en donde se tuviera acceso a datos sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión o variables que permitieran la estimación de estas. Toda la información recolectada fue consolidada en una base de datos elaborada por el equipo técnico de la consultoría. A continuación, se presentan los diferentes escenarios en donde se llevó a cabo la búsqueda de información:

- Elaboración de lista de actores clave y expertos
- Reuniones con expertos
- Revisión de bases de datos
- Revisión de repositorios institucionales
- Consolidación de la base de datos

Proceso de estandarización para la definición de niveles (Tier`s)

La definición de factores de emisión en biomasa total de plantaciones forestales comerciales requiere de seis variables: incremento medio anual (IMA), turno o edad



de rotación, densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), y la fracción de carbono (FC). De acuerdo con la calidad y localización regional de la información disponible en cada variable para cada especie, se adoptó un criterio para asignar una valoración a la calidad de la información y de esa manera aproximar a valorar el nivel de incertidumbre de las estimaciones.

Tabla 1 Criterios empleados para evaluar la calidad de la información de las variables para el establecimiento de factores de emisión por especie en plantaciones forestales comerciales en Colombia

Información disponible	Información regional	Calificación
Especie	Si	5
Especie	No	4
Género	Si	3
Género	No	2
Tipo especie/Crecimiento	Si	1
Tipo especie/Crecimiento	No	0

Tabla 2 Importancia relativa de cada variable para la estimación de los factores de emisión en especies empleadas en plantaciones forestales en Colombia

Variable	Peso/importancia relativa (%)	
	Local/regional	De la especie en otras regiones
Incremento medio anual (IMA)	40	10
Turno o edad de rotación	5	3
Densidad básica de la madera (D)	20	10
Factor de expansión de biomasa (FEB)	20	10
Relación biomasa subterránea/aérea (R)	10	5
Fracción de carbono (FC)	5	5



RESULTADOS

Área de estudio y especies de interés

Se identificaron tres regiones estratégicas para el establecimiento de plantaciones forestales: Andina, Orinoquia y Caribe. Dentro de estas tres regiones se identificaron las especies más relevantes de acuerdo a su superficie plantada y expectativas de siembra. Sin embargo, en el proceso de recolección y análisis de información se tuvieron en cuenta las otras dos regiones geográficas de Colombia Amazonía y Pacífica.

Tabla 3 Priorización de especies por área plantada actual y expectativas de siembra, para la definición de variables para la estimación de carbono para Colombia

Región	Región / Prioridad	Especie
Orinoquia	1	Eucalipto (<i>Eucalyptus pellita</i>)
	2	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i>)
	4	Caribea (<i>Pinus caribaea</i>)
	5	Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
	6	Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
Andina	1	Patula (<i>Pinus patula</i>)
	2	Pino (<i>Pinus tecunumanii</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	4	Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
	5	Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
	6	Pino (<i>Pinus maximinoi</i>)
	7	Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>)
	8	Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
	9	Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)
	10	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)
Caribe	1	Teca (<i>Tectona grandis</i>)
	2	Eucalipto (<i>Eucalyptus tereticornis</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	4	Melina (<i>Gmelina arborea</i>)
	5	Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
	6	Ceiba (<i>Bombacopsis quinata</i>)
Amazonía*		Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
		Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
		Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
		Ceiba (<i>Bombacopsis quinata</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus tereticornis</i>)
	Melina (<i>Gmelina arborea</i>)	



Región	Región / Prioridad	Especie
Pacífica*		Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)
		Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)
		Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)
		Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
		Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i>)
		Melina (<i>Gmelina arborea</i>)
		Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)
		Patula (<i>Pinus patula</i>)
	Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)	

Nota. Adaptado de Plan de acción para el desarrollo y consolidación de la cadena productiva de las plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera 2018-2038, por [UPRA, 2018b](#), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: UPRA. Y Boletín Estadístico Forestal marzo 2021, por [MADR, 2021a](#), Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (*) Regiones no priorizadas.

Definición de variables para el establecimiento de factores de emisión de especies en plantaciones forestales

Se definieron las siguientes variables para el establecimiento de factores de emisión: turno o edad de rotación, incremento medio anual en volumen (IMA), densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), fracción de carbono (FC) y relación biomasa subterránea/aérea (R), además se consideró información del factor de forma fustal y la disponibilidad de modelos alométricos de volumen y biomasa aérea.

En la consultoría se recolectó información sobre las variables para la estimación de factores de emisión de especies forestales distribuidas en las cinco regiones naturales de Colombia (Amazonía, Andina, Caribe, Orinoquía y Pacífica). Por lo que, también se aproximó la cuantificación de los factores de emisión para las especies y regiones no priorizadas.



Tabla 4 Factores de emisión para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA	Turno	D	FEB	R	FC	BRaíz	BFuste	BAérea	BCopa	BTotál	TFC	CA	Suma Pesos	Nivel Tier
Andina	<i>Cupressus lusitanica</i>	Conífera	Medio	13.2	16	0.408	1.494	0.146	0.543	1.2	5.4	8.0	2.7	9.2	18.3	293.4	100	2
Andina	<i>Pinus patula</i>	Conífera	Medio	14.1	16	0.431	1.452	0.223	0.529	2.0	6.1	8.8	2.7	10.8	20.9	335.1	100	2
Andina	<i>Pinus maximinoi</i>	Conífera	Rápido	23.3	13	0.407	1.560	0.196	0.491	2.9	9.5	14.8	5.3	17.7	31.8	413.9	65	2
Andina	<i>Pinus oocarpa</i>	Conífera	Rápido	10.1	17	0.485	1.560	0.196	0.491	1.5	4.9	7.6	2.7	9.1	16.4	278.9	65	2
Andina	<i>Pinus tecunumanii</i>	Conífera	Rápido	30.1	19	0.392	1.938	0.093	0.486	2.1	11.8	22.9	11.1	25.0	44.5	845.4	100	2
Andina	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	15.4	4	0.490	1.676	0.260	0.537	3.3	7.5	12.6	5.1	15.9	31.4	125.5	100	2
Andina	<i>Alnus acuminata</i>	Latifoliada	Medio	14.4	15	0.396	1.549	0.207	0.409	1.8	5.7	8.9	3.1	10.7	16.0	240.7	100	2
Andina	<i>Cedrela odorata</i>	Latifoliada	Medio	12.4	18	0.422	1.453	0.231	0.462	1.7	5.2	7.6	2.4	9.3	15.8	283.8	70	2
Andina	<i>Cordia alliodora</i>	Latifoliada	Medio	8.3	21	0.427	1.244	0.377	0.379	1.7	3.5	4.4	0.9	6.1	8.4	177.3	100	2
Andina	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	18	0.489	1.342	0.225	0.438	1.2	3.8	5.1	1.3	6.3	10.1	182.5	85	2
Andina	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	6.0	12	0.562	1.655	0.263	0.382	1.5	3.4	5.6	2.2	7.0	9.9	118.3	85	2
Andina	<i>Tectona grandis</i>	Latifoliada	Medio	12.3	13	0.506	1.286	0.255	0.485	2.0	6.2	8.0	1.8	10.1	17.9	232.7	83	2
Andina	<i>Eucalyptus grandis</i>	Latifoliada	Rápido	29.6	9	0.469	1.439	0.163	0.475	3.2	13.9	20.0	6.1	23.2	40.4	363.8	100	2
Andina	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	31.3	6	0.461	1.439	0.163	0.475	3.4	14.4	20.7	6.3	24.1	41.9	251.4	10	1
Andina	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	31.2	6	0.461	1.439	0.163	0.475	3.4	14.3	20.6	6.3	24.0	41.8	250.6	40	1
Andina	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	17.0	9	0.438	1.163	0.250	0.411	2.2	7.5	8.7	1.2	10.9	16.4	147.4	95	2
Caribe	<i>Bombacopsis quinata</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.343	1.533	0.323	0.375	1.5	3.1	4.7	1.7	6.3	8.6	215.7	100	2
Caribe	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	9.0	15	0.499	1.656	0.256	0.525	1.9	4.5	7.4	3.0	9.3	18.0	270.0	85	2
Caribe	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	15.9	21	0.550	1.655	0.250	0.382	3.6	8.8	14.5	5.7	18.1	25.3	532.3	100	2
Caribe	<i>Tectona grandis</i>	Latifoliada	Medio	19.7	13	0.532	1.286	0.255	0.485	3.4	10.5	13.5	3.0	16.9	30.1	390.7	100	2
Caribe	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Latifoliada	Rápido	18.0	10	0.550	1.870	0.278	0.451	5.1	9.9	18.5	8.6	23.7	39.1	391.4	85	2
Caribe	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	19.2	10	0.795	1.870	0.278	0.451	7.9	15.2	28.5	13.3	36.4	60.3	602.6	65	2
Caribe	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	31.3	10	0.795	1.870	0.278	0.451	12.9	24.9	46.5	21.7	59.5	98.4	984.1	40	1
Caribe	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	28.3	10	0.795	1.870	0.278	0.451	11.7	22.5	42.0	19.5	53.7	88.8	888.4	10	1
Caribe	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	20.1	12	0.472	1.345	0.250	0.411	3.2	9.5	12.7	3.3	15.9	24.0	288.4	100	2
Orinoquía	<i>Pinus caribaea</i>	Conífera	Medio	12.3	14	0.424	1.418	0.250	0.461	1.9	5.2	7.4	2.2	9.3	15.7	219.6	100	2
Orinoquía	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	4.8	13	0.550	1.474	0.166	0.513	0.6	2.6	3.9	1.2	4.5	8.5	110.4	100	2



Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA	Turno	D	FEB	R	FC	BRaíz	BFuste	BAérea	BCopa	BTotal	TFC	CA	Suma Pesos	Nivel Tier
Orinoquía	<i>Eucalyptus pellita</i>	Latifoliada	Medio	8.6	12	0.707	1.311	0.284	0.391	2.3	6.1	8.0	1.9	10.3	14.7	176.5	100	2
Orinoquía	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	12	0.489	1.342	0.225	0.438	1.2	3.8	5.1	1.3	6.3	10.1	121.7	55	2
Orinoquía	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	16.1	10	0.795	1.311	0.284	0.391	4.8	12.8	16.8	4.0	21.5	30.9	308.6	23	1
Orinoquía	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	27.5	12	0.707	1.311	0.284	0.391	7.2	19.4	25.5	6.1	32.7	46.9	562.6	40	1
Orinoquía	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	28.3	12	0.707	1.311	0.284	0.391	7.4	20.0	26.2	6.2	33.6	48.2	578.2	10	1

Nota. IMA: Incremento medio anual (m³/ha/año); D: Densidad básica de la madera (t/m³); FEB: Factor de expansión de biomasa; R: Relación biomasa subterránea/aérea; FC: Fracción de carbono; B: Biomasa (t/ha/año); TFC: Tasa de fijación de carbono (t CO₂/ha/año), CA: Carbono acumulado al turno (t CO₂/ha).



Introducción

El Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento – BIRF – Banco Mundial y la Presidencia de la República de Colombia, firmaron en marzo 09 de 2018 el Acuerdo de Donación para el proyecto de Desarrollo Sostenible Bajo en Carbono en la Región de la Orinoquia, actuando como Fiduciario de la Iniciativa BioCFplus. El Proyecto busca implementar en Colombia la Iniciativa sobre Paisajes Forestales Sostenibles (IPFS), en la cual se ha priorizado la región de la Orinoquía por parte del Banco Mundial y de varios países donantes. El diseño y la implementación de la IPFS estarían liderados por MADR, en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

El Componente 3 de dicho acuerdo (Definición del programa de reducción de emisiones y de monitoreo, reporte y verificación -MRV), el cual es liderado por el IDEAM en coordinación con MADS y MADR, busca desarrollar actividades para el establecimiento y operación del Programa de Reducción de Emisiones con un enfoque de pago por resultados. Este componente se construye sobre los avances del IDEAM en la implementación del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono, el Inventario Forestal Nacional, el Sistema Nacional de Información Forestal, el Sistema de Inventario de Gases Efecto Invernadero, el Registro Nacional de Emisiones de GEI y los instrumentos previstos en el marco del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático ([Ley 1931 de 2018](#)), así como otros subsistemas en desarrollo anidados al Sistema de Información Ambiental de Colombia.

Las actividades del componente 3 están orientadas principalmente a mejorar y asegurar la calidad de la información en cuanto a emisiones y reducciones de GEI para el sector AFOLU, específicamente para contar con datos nacionales que propendan por Tier 2 o 3. Esta actividad apoyará acciones de recopilación, procesamiento y análisis de datos geospaciales y de campo, incluidos los datos de actividad y los factores de emisión para las subcategorías clave de AFOLU, específicamente el monitoreo del uso, cambio de uso/coberturas de la tierra y dinámicas agropecuarias, la generación de las capacidades, el monitoreo de carbono y el monitoreo de gases diferentes del CO₂ en actividades agropecuarias.



Esto implica información espacialmente explícita sobre los usos y cambios de uso de la tierra en la Orinoquia, considerando categorías clave de uso de la tierra incluidas en las guías del [IPCC del 2006](#), mejorar la información sobre existencias y flujos de carbono en los diferentes ecosistemas de la Orinoquia y contar con factores de emisión propios.

Colombia registró ante la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) su Contribución Prevista Determinada a Nivel Nacional (NDC), basada en las estimaciones de balance de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En la NDC actualizada en diciembre de 2020 se fijó como meta para 2030 disminuir las emisiones en un 51 % ([Gobierno de Colombia, 2020](#)). Así, Colombia liberará máximo 169,4 millones de toneladas de dióxido de carbono para ese año. Adicionalmente, Colombia se comprometió específicamente a reducir un 40 % la emisión de carbono negro. Finalmente, debido a que, en Colombia, el 36 % de las emisiones de GEI provienen de la deforestación, la nueva NDC establece que para 2030 la tasa de deforestación bruta no debe ser superior a 50.000 hectáreas anuales.

Considerando que la biodiversidad es un activo estratégico de Colombia, de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018 – 2022 ([DNP, 2019](#)), se requiere implementar medidas que detengan las altas tasas de deforestación en el país. Esto conlleva a plantear estrategias transectoriales para controlar la deforestación, conservar los ecosistemas y prevenir su degradación como una de las medidas que soportan una de sus líneas de acción. Las estrategias de mitigación requieren de instrumentos metodológicos y conocimientos suficientes, los cuales deben armonizar con las políticas y objetivos ambientales y sectoriales. En este contexto, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) requiere asegurar y fortalecer la ejecución de actividades relacionadas con la sostenibilidad ambiental del sector agropecuario nacional, para lo cual cuenta con el Proyecto: “Desarrollo Sostenible bajo en carbono en la Región de la Orinoquia”. Este proyecto busca el desarrollo de modelos tipo de ordenamiento y planificación sostenible del territorio, en donde se complementan los sistemas productivos agropecuarios y forestales con las zonas de protección y zonas estratégicas ambientales. De esta manera, se contribuye a la reducción de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la reducción de la deforestación generada por las actividades agrícolas, forestales y de otros usos del suelo (AFOLU).



Este marco de análisis integrado apoyará el sistema nacional de MRV para AFOLU, mejorando la información para los tomadores de decisiones en relación con el Programa de Reducción de Emisiones para la Orinoquia y el Sistema Nacional de MRV para AFOLU. Colombia ha desarrollado el sistema de contabilidad de reducción de emisiones y remoción de GEI, un conjunto de procesos, tecnologías, protocolos y reglas de contabilidad que determinan las emisiones, reducciones de emisiones y remociones de GEI que se contabilizan, con el objetivo de generar reportes y demostrar el avance en el cumplimiento de metas nacionales de cambio climático establecidas bajo la CMNUCC. De esta manera, se busca propender hacia la consistencia razonable de la contabilidad nacional de reducciones y remociones de GEI, bajo los principios de transparencia, exactitud, exhaustividad, comparabilidad, coherencia, prevención de doble contabilidad e integridad ambiental. Por lo tanto, esta consultoría identificará, revisará, validará y definirá los factores de emisión para plantaciones forestales, en un ejercicio concertado entre las entidades co-implementadoras del proyecto y la Federación Nacional de Industriales de la Madera (FEDEMADERAS) que vincula a empresarios y productores reforestadores, asociaciones locales de empresarios, instituciones de apoyo y sus empresas miembros directo.

El objetivo del presente informe es documentar el proceso llevado a cabo por la consultoría para determinar los factores de emisión de carbono en plantaciones comerciales en las regiones priorizadas y no priorizadas, y con énfasis en la región de la Orinoquia. El informe muestra el proceso de recolección de información secundaria, su sistematización y análisis estadístico para llegar a obtener una estandarización de los factores de emisión de carbono para las principales especies forestales empleadas en plantaciones comerciales en Colombia. Adicionalmente, el informe compila los principales resultados obtenidos a partir de la identificación y la consulta a expertos nacionales y de la socialización y validación de resultados ante FEDEMADERAS.



Antecedentes

Los ecosistemas terrestres tienen una gran relevancia en la captura de carbono desde la atmósfera ([van Kooten, 2020](#)). Las remociones de CO₂ en plantaciones forestales comerciales ocurren a través de reforestación y aforestación, lo cual se encuentra en el sector de Agricultura, Forestería y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés). Estos sistemas de uso de la tierra están siendo incluidos para alcanzar las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) bajo el Acuerdo de París ([ONU, 2015](#)). De acuerdo a [Grassi et al. \(2017\)](#), cerca del 25 % de las metas son logradas mediante actividades forestales y de uso de la tierra. En términos de mitigación, Colombia se compromete a emitir como máximo 169,4 millones de t CO₂e en 2030. Esto equivalente a una reducción del 51 % de las emisiones respecto a la proyección en 2030 en el escenario de referencia ([Gobierno de Colombia, 2020](#)).

Las remociones netas de gases de efecto invernadero (GEI) por las plantaciones forestales comerciales requieren de información de áreas y factores de emisión (en este caso, factores de remoción). En el caso de captura de carbono en biomasa de plantaciones forestales comerciales, el factor de emisión se refiere al almacenamiento de carbono por unidad de área y su incremento. Por consiguiente, se tienen dos factores de emisión: 1) el almacenamiento de carbono en la biomasa, y 2) la fijación de carbono en la biomasa. El [IPCC \(2006\)](#) recomienda que es buena práctica establecer subcategorías (por ejemplo, a nivel de especie y región geográfica) para reducir la variación en los factores de emisión.

En Colombia, los diferentes Organismos de Validación y Verificación (OVVs) y los Certificadores acreditados han publicado guías y protocolos para la formulación, validación y verificación de proyectos forestales de mitigación del cambio climático para la obtención de certificado de reducción de emisiones de GEI. Estos certificados son esenciales para alcanzar las metas establecidas en las NDC, comercializar créditos de carbono, cumplir con las obligaciones del [Decreto 926 del 2017](#) y lograr la neutralidad de carbono en muchas actividades de producción.

En países con mayor vocación en plantaciones forestales, se presenta una mayor calidad en los factores de emisión. Sin embargo, Colombia no cuenta con factores



de emisión específicos por especie ni discriminada por regiones naturales. El establecimiento de factores de emisión locales logrará un paso más en las acciones de mitigación del país, al mejorar la calidad en la estimación de estos factores, con la consecuente reducción de la incertidumbre, incremento en la exactitud de las estimaciones y aumento en el grado de confianza en la estimación del carbono almacenado.



Materiales y Métodos

Durante el desarrollo del proceso de estandarización de factores de emisión de carbono en plantaciones comerciales en Colombia y con énfasis en la región de la Orinoquía se llevaron a cabo varias etapas las cuales son descritas a continuación:

Definición del área de estudio y especies de interés

En una primera etapa fue preciso definir el área de estudio y las especies de interés prioritario. La priorización del área de estudio se realizó teniendo en cuenta aquellas regiones con potencial para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Según los estudios realizados por la UPRA ([2018a](#), [2018b](#)) y [Martínez \(2018\)](#) existen tres regiones de desarrollo estratégico para plantaciones forestales con fines comerciales en el país, las cuales corresponden al Eje Cafetero y Suroccidente (Andina), Orinoquía y Caribe que incluyen 14 departamentos. En estos departamentos existen 16,4 millones de hectáreas aptas para el establecimiento de plantaciones forestales y se prevé que en estas regiones se establezcan aproximadamente 1,1 millones de hectáreas para alcanzar la meta nacional 2018-2025 de establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera ([UPRA, 2018b](#)).

Variables para el establecimiento de factores de emisión

La estimación de carbono almacenado en las especies y ecosistemas forestales requiere del conocimiento de variables propias para cada una de las especies, que, mediante el uso de diversas metodologías permiten estimar el almacenamiento de carbono en biomasa y la tasa de fijación de carbono en la biomasa total. Se consultaron diferentes metodologías para la estimación de carbono en ecosistemas forestales desde la Guía de Buenas Prácticas del IPCC e información de autores expertos en la temática. Entre las variables requeridas para el establecimiento de factores de emisión se encuentran: turno o edad de rotación, incremento medio anual en volumen (IMA), densidad básica de la madera (D),



factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/aérea (R), fracción de carbono (FC) y modelos alométricos de biomasa y volumen.

Recopilación de información sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión

El proceso de recopilación de información se realizó de manera en que se pudieran abarcar diferentes fuentes de información, ya sea en línea o de manera presencial, siguiendo los lineamientos, orientaciones y protocolos impuestos debido a la pandemia del Covid-19.

Se revisaron varias fuentes de información en donde se tuviera acceso a datos sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión o variables que permitieran la estimación de las mismas. Toda la información recolectada fue consolidada en una base de datos elaborada por el equipo técnico de la consultoría. A continuación, se presentan los diferentes escenarios en donde se llevó a cabo la búsqueda de información:

Elaboración de lista de actores clave y expertos

Se consolidó un listado de expertos y actores clave: profesionales, técnicos e investigadores de diferentes instituciones a nivel nacional e internacional que trabajan en diferentes ámbitos de las plantaciones forestales comerciales en Colombia y en el área de cambio climático y bioestadística. Los nombres de los actores clave fueron propuestos por los miembros del equipo técnico de la consultoría con base en la experiencia y conocimiento propio y en información secundaria encontrada en artículos técnicos y científicos, talleres, conferencias y congresos en donde se presentan trabajos de esta área de estudio.

A cada actor clave se le envió un oficio solicitando información sobre variables para el establecimiento de factores de emisión como lo son: turnos o edades de rotación, incrementos medios anuales en volumen (IMA), factores de forma (ff), densidad básica de la madera (D), modelos de ahusamiento, modelos alométricos de volumen y biomasa, biomasa aérea, subterránea, factores de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/aérea (R) y fracción de carbono (FC) para especies forestales usadas en el país.



Reuniones con expertos

Se programaron reuniones con expertos previamente identificados en la lista de actores clave en busca de información no disponible en la web con el objetivo de enriquecer la base de datos para estimar factores de emisión y compilar variables clave para estimarlos en especies usadas en plantaciones forestales comerciales de Colombia. Estas reuniones se realizaron en diferentes ciudades de Colombia como: Pasto, Florencia, Medellín, Bogotá, Yopal y Villavicencio.

Revisión de bases de datos

Las bases de datos almacenan gran cantidad de información de utilidad como libros, publicaciones científicas, tesis, entre otros. La búsqueda de información se realizó en bases de datos multidisciplinarias y adquiridas por la Universidad del Tolima tales como Science Direct, Springer, E-Libro, Oxford University Press, Nature, Jstor, entre otras. Se consultaron bases de datos de libre acceso como Scielo, Redalyc.org, Proquest, Dialnet y bases de datos especializadas en ecuaciones alométricas, densidades de la madera y modelos de biomasa como GlobAllomeTree.org. Se consultó información en la plataforma Minga, la cual es una base de datos de observaciones y modelos de crecimiento para especies forestales tropicales y subtropicales.

Revisión de repositorios institucionales

Los repositorios institucionales son herramientas en línea en donde se deposita información sobre la producción científica y académica de una institución, como lo son tesis de pregrado, posgrado, publicaciones en revistas científicas, libros, entre otros. Se identificaron aquellas instituciones académicas en donde se ofertan programas de Ingeniería Forestal, Agroforestal, Ciencias Agropecuarias y afines. Los repositorios consultados corresponden a las siguientes instituciones:

- Universidad del Tolima
- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Universidad del Cauca
- Universidad Industrial de Santander
- Universidad de Nariño
- Universidad de los Llanos



- Universidad de la Amazonia
- Universidad de los Andes
- Universidad Javeriana
- Universidad de Caldas
- Universidad Tecnológica de Pereira

Se revisaron repositorios institucionales de entidades nacionales como el del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFE) e internacionales como el repositorio del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

De igual manera, se revisaron los documentos de PDD (Project Design Document, siglas en inglés) de la base de datos de proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto en el repositorio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y se consultaron los repositorios de proyectos de carbono voluntario con el fin de recopilar y analizar las metodologías empleadas y recolectar información sobre factores de emisión de carbono y variables para establecerlos. Se revisaron los siguientes repositorios:

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (<https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>): base de datos de proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto
- EcoRegistry (<https://www.ecoregistry.io/projects>): Plataforma en donde se registran proyectos y certificados de reducción de emisiones
- ProClima (<https://proclima.net.co/en/>): Programa de certificación y registro de iniciativas de mitigación de GEI y otros proyectos de gases efecto invernadero
- COLCX (<https://colcx.com/Iniciativas>): Iniciativa creada para los proyectos de mitigación de gases efecto invernadero (GEI).
- Verra (<https://registry.terra.org/app/search/VCS/All%20Projects>): Organización encargada de gestionar el programa de estándar de carbono verificado (VCS).
- Cercarbono (<https://www.cercarbono.com/>): Programa de certificación internacional de carbono, que ayuda a la mitigación del cambio climático.



Visitas presenciales a bibliotecas

De manera presencial, se visitaron las bibliotecas de las siguientes universidades en busca de información sobre las variables para la definición de factores de emisión:

Universidad del Tolima, biblioteca Rafael Parga Cortes: Se revisaron las tesis pertenecientes al programa de Ingeniería Forestal, Producción Intelectual (PI) y los Autores Universitarios (AU) de la universidad.

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, biblioteca Efe Gómez: Recursos físicos y digitales con información correspondiente a tesis de pregrado, posgrado, revistas, libros, seminarios entre otros principalmente del programa de Ingeniería Forestal y afines.

Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, biblioteca Gabriel García Márquez: Revisión de trabajos de grado, investigaciones, libros y demás.

Universidad de Nariño, entregó una base de datos para seleccionar tesis de pregrado y posgrado las cuales fueron enviadas en formato digital vía correo electrónico.

Universidad de la Amazonia, se revisaron trabajos de grado, investigaciones, libros y demás.

Se realizó la solicitud para tramitar el ingreso a las bibliotecas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, teniendo en cuenta que en esta universidad se encuentra un programa de Ingeniería Forestal y en sus bibliotecas se almacena información valiosa que no se encuentra disponible digitalmente. Sin embargo, la universidad manifestó que por medidas de bioseguridad del Subsistema de Seguridad y Salud en el trabajo se mantiene limitado el ingreso de personal externo y visitantes a la sede. Adicionalmente, se consultó sobre el acceso a las bibliotecas de la Universidad de los Andes, Universidad Javeriana, Universidad Tecnológica de Pereira, pero no fue posible conseguir el acceso ya que debido a la situación actual del país por la pandemia del Covid-19 el acceso se encuentra limitado y exclusivo para la comunidad de dichas instituciones y no se permite el ingreso de personal externo.



Consolidación de la base de datos

La información recolectada en línea, en las visitas técnicas y reuniones con expertos se consolidó una base de datos creada en el software Microsoft Excel, organizando la información en forma matricial. La base de datos consistió en tres hojas de cálculo:

Hoja 1. Contiene toda la información relacionada con los modelos alométricos de biomasa y volumen a nivel de árbol individual para las especies forestales, para cada dato reportado en cada estudio se registró la información correspondiente a la región geográfica a la que pertenece, localización (municipio/departamento), datos climáticos (precipitación, temperatura, altitud), especie, edad, turno, número de muestras, modelos, variables dependientes e independientes correspondientes a cada modelo con las unidades y se registra la cita, referencia bibliográfica y observaciones de donde fue tomada la información.

Hoja 2. Contiene la información relacionada con las variables para la definición de factores de emisión, al igual que la hoja 1 se registró información sobre la localización y datos climáticos del estudio, especie, edad, turno, número de muestras (n), incremento medio anual (IMA) en volumen ($m^3/ha/año$), densidad básica de la madera (D; t/m^3), factor de forma (ff), factor de ahusamiento, factor de expansión de biomasa (FEB), factor de expansión de volumen (FEV), fracción de carbono (FC), relación biomasa subterránea/aérea (R) e información correspondiente a la cita, referencia y observaciones de cada estudio.

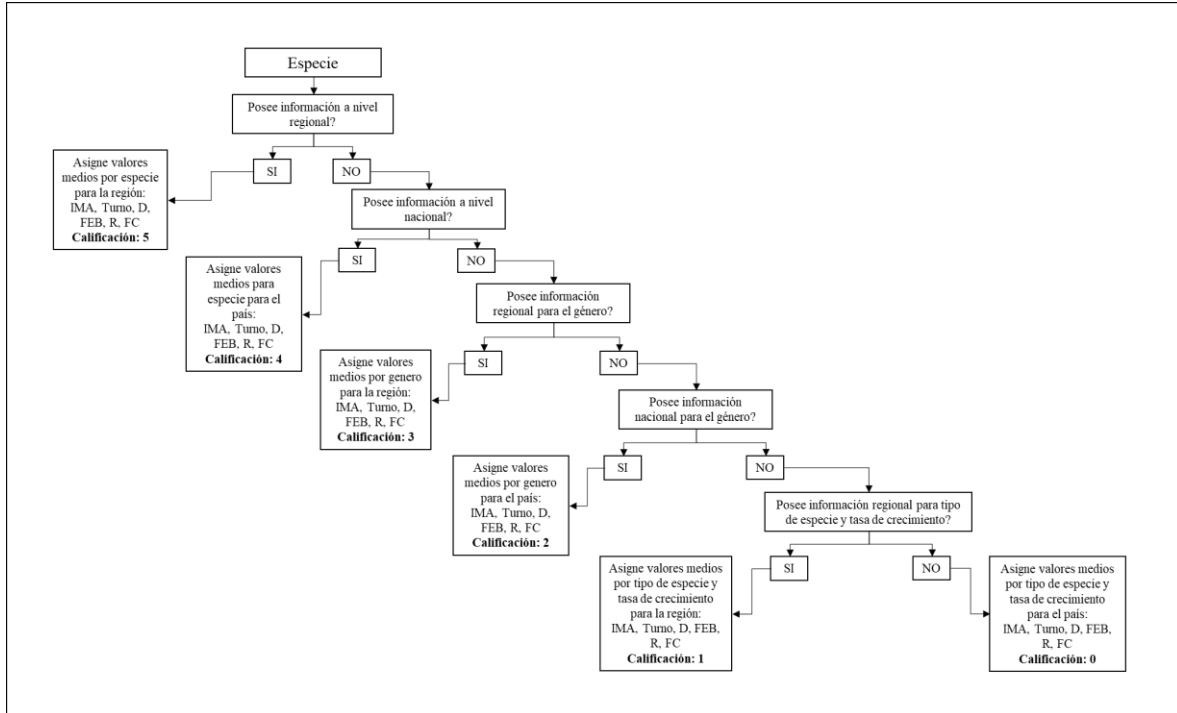
Hoja 3. Contiene información sobre las siglas empleadas en las hojas 1 y 2, variables y explicación de cada una.

Proceso de estandarización para la definición de niveles (Tier`s)

La definición de factores de emisión en biomasa total de plantaciones forestales comerciales requiere de seis variables: incremento medio anual (IMA), turno o edad de rotación, densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), y la fracción de carbono (FC). De acuerdo con la calidad y localización regional de la información disponible en cada variable para cada especie, se adoptó el siguiente criterio para asignar una valoración a la calidad de la información y de esa manera aproximar a valorar el nivel de incertidumbre de las estimaciones ([Figura 1](#); [Tabla 1](#))



Figura 1 Proceso de asignación de valores de variables para la determinación de factores de emisión para especies con y sin información



Nota. IMA: Incremento medio anual en volumen; D: Densidad básica de la madera; FEB: Factor de expansión de biomasa; R: Relación biomasa subterránea/aérea; FC: Fracción de carbono.

Tabla 4 Criterios empleados para evaluar la calidad de la información de las variables para el establecimiento de factores de emisión por especie en plantaciones forestales comerciales en Colombia

<i>Información disponible</i>	<i>Información regional</i>	<i>Calificación</i>
<i>Especie</i>	Si	5
<i>Especie</i>	No	4
<i>Género</i>	Si	3
<i>Género</i>	No	2
<i>Tipo especie/Crecimiento</i>	Si	1
<i>Tipo especie/Crecimiento</i>	No	0

Así mismo, se siguió la siguiente metodología para asignar un nivel Tier al factor de emisión de cada especie. Se asignó un peso a cada variable de acuerdo a la importancia relativa dentro de los cálculos en el establecimiento de factores de



emisión ([Tabla 2](#)). Siguiendo este criterio se asignó mayor peso a aquellas variables que son más determinantes y que presentan un mayor rango en la definición de los factores de emisión. Estos pesos fueron asignados a “juicio de expertos” ([Tabla 2](#)). En el caso que una variable de una especie no esté disponible a nivel local ni en otras regiones, entonces tendrá un peso de 0 %.

Tabla 5 *Importancia relativa de cada variable para la estimación de los factores de emisión en especies empleadas en plantaciones forestales en Colombia*

Variable	Peso/importancia relativa (%)	
	Local/regional	De la especie en otras regiones
<i>Incremento medio anual (IMA)</i>	40	10
<i>Turno o edad de rotación</i>	5	3
<i>Densidad básica de la madera (D)</i>	20	10
<i>Factor de expansión de biomasa (FEB)</i>	20	10
<i>Relación biomasa subterránea/aérea (R)</i>	10	5
<i>Fracción de carbono (FC)</i>	5	5

Se identificó la disponibilidad de información sobre las seis variables mencionadas anteriormente, considerando si fueron desarrolladas para la especie y si fue en el ámbito local/regional o en otras regiones del país. Finalmente, se sumaron los pesos o importancia relativa de cada variable según estos criterios. De esta forma, aquellas especies que cuenten con información desarrollada local o regionalmente tienen un 100 %. Se suman los pesos para cada variable, y si este total es superior a 50 %, se puede afirmar que la especie cuenta con un Nivel de Tier 2 para la definición de los factores de emisión en biomasa total.

Por ejemplo, una especie cuenta con información local de IMA (40 %), pero el turno o edad de rotación (3 %), la D (10 %) y el FEB (10 %) provienen de estudios de la misma especie en otras regiones; mientras que no cuenta con estudios de la R (0 %) y FC (0 %). En este caso, esta especie totaliza 63 % en los pesos de las variables, por lo cual sería un Nivel Tier 2. En contraste, una especie que dispone solo de información de otras regiones totalizaría 43 % y se encontraría en un Nivel Tier 1.



Una vez definida la calidad de la información y asignado un Nivel Tier, se calculó a nivel de especie el almacenamiento de carbono en biomasa total y la tasa de fijación de carbono en biomasa empleando las siguientes fórmulas:

$$C_A = V_f . D . FEB . (1 + R) . FC . (44/12)$$
$$TFC = IMA . D . FEB . (1 + R) . FC . (44/12)$$

Donde:

CA: Almacenamiento de carbono en biomasa total (t CO₂/ha)

TFC: Tasa de fijación de carbono en biomasa total (t CO₂/ha/año)

Vf: Volumen acumulado al turno (m³/ha) = IMA × Turno

IMA: Incremento medio anual en volumen (m³/ha/año)

D: Densidad básica de la madera (t/m³)

FEB: Factor de expansión de biomasa

R: Relación biomasa subterránea/aérea

FC: Fracción de carbono

Socialización de la consultoría

El proceso de validación y socialización de la consultoría se dividió en dos etapas: La primera etapa consistió en la realización de un taller de socialización al inicio de la consultoría, con el fin de presentar el objetivo, alcance y plan de trabajo para la recopilación y sistematización de información disponible sobre factores de emisión de carbono en plantaciones forestales.

La segunda etapa tuvo como objetivo presentar los resultados obtenidos por la Consultoría, y de esta manera validar los factores de emisión de carbono en plantaciones forestales.

En los dos talleres de validación y socialización realizados se compartió con los asistentes un formulario digital en *Google Forms* con el fin de tener un registro de los asistentes a dichos espacios y el último taller realizado se compartió un formulario digital para buscar retroalimentación de parte de los asistentes.



Resultados y Discusión

Área de estudio y especies de interés

Se identificaron tres regiones estratégicas para el establecimiento de plantaciones forestales: Andina, Orinoquía y Caribe. Dentro de estas tres regiones se identificaron las especies más relevantes de acuerdo a su superficie plantada y expectativas de siembra. Sin embargo, en el proceso de recolección y análisis de información se tuvieron en cuenta las otras dos regiones geográficas de Colombia Amazonía y Pacífica.

La selección de especies se realizó teniendo en cuenta diferentes estudios como lo son la resolución 255 de 2020 en donde se emite un listado de especies habilitadas a diciembre de 2020 para ser objeto del Certificado de Incentivo Forestal (CIF) en Colombia, los estudios realizados por la [UPRA \(2018b\)](#) donde se priorizan ocho especies (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pellita*, *Pinus caribaea*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus oocarpa* y *Pinus patula*) para el establecimiento de plantaciones y los reportes presentados por el MADR en el Boletín Estadístico Forestal con corte a marzo ([MADR, 2021a](#)) y junio de 2021 ([MADR, 2021b](#)) en donde se presenta la tendencia de área plantada de diferentes especies. Finalmente, las especies consideradas como prioritarias con las siguientes ([Tabla 3](#)):

Tabla 6 Priorización de especies por área plantada actual y expectativas de siembra, para la definición de variables para la estimación de carbono para Colombia

Región	Región / Prioridad	Especie
Orinoquía	1	Eucalipto (<i>Eucalyptus pellita</i>)
	2	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i>)
	4	Caribea (<i>Pinus caribaea</i>)
	5	Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
	6	Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
Andina	1	Patula (<i>Pinus patula</i>)
	2	Pino (<i>Pinus tecunumanii</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	4	Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
	5	Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
	6	Pino (<i>Pinus maximinoi</i>)
	7	Ciprés (<i>Cupresus lusitanica</i>)
	8	Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
	9	Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)



Región	Región / Prioridad	Especie
Caribe	10	Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)
	1	Teca (<i>Tectona grandis</i>)
	2	Eucalipto (<i>Eucalyptus tereticornis</i>)
	3	Eucalipto (<i>Eucalyptus urograndis</i>)
	4	Melina (<i>Gmelina arborea</i>)
	5	Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
Amazonía*	6	Ceiba (<i>Bombacopsis quinata</i>)
		Acacia (<i>Acacia mangium</i>)
		Caucho (<i>Hevea brasiliensis</i>)
		Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
		Ceiba (<i>Bombacopsis quinata</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus tereticornis</i>)
		Melina (<i>Gmelina arborea</i>)
		Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)
		Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)
Pacífica*		Aliso (<i>Alnus acuminata</i>)
		Cedro (<i>Cedrela odorata</i>)
		Ciprés (<i>Cupressus lusitanica</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)
		Eucalipto (<i>Eucalyptus urophylla</i>)
		Melina (<i>Gmelina arborea</i>)
		Nogal (<i>Cordia alliodora</i>)
		Patula (<i>Pinus patula</i>)
	Roble (<i>Tabebuia rosea</i>)	

Nota. Adaptado de Plan de acción para el desarrollo y consolidación de la cadena productiva de las plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera 2018-2038, por [UPRA, 2018b](#), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: UPRA. Y Boletín Estadístico Forestal marzo 2021, por [MADR, 2021a](#), Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (*) Regiones no priorizadas.

En el presente informe adicionalmente se incluyeron como prioritarias algunas especies de importancia en cada región como *Eucalyptus tereticornis* en la Orinoquía, *Tabebuia rosea*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus urophylla* en la región Andina y *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Tabebuia rosea* en el Caribe.

Las especies que se listan en la región de la Amazonía y Pacífica provienen de los listados de plantaciones registradas ante el ICA, y no significa que sean señaladas como importantes o estratégicas para la reforestación en esta región, solamente atiende a focos específicos (principalmente dentro del área de transición de una



región a otra). Así mismo, no significa que se esté proponiendo la eliminación de bosque natural para establecer plantaciones.

Definición de variables para el establecimiento de factores de emisión de especies en plantaciones forestales

Se definieron las siguientes variables para el establecimiento de factores de emisión: turno o edad de rotación, incremento medio anual en volumen (IMA), densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), fracción de carbono (FC) y relación biomasa subterránea/aérea (R), además se consideró información del factor de forma fustal y la disponibilidad de modelos alométricos de volumen y biomasa aérea. Una vez definidas estas variables, se inició el proceso de recopilación de información de cada una de ellas y estas mismas variables se utilizaron para el establecimiento de factores de emisión.

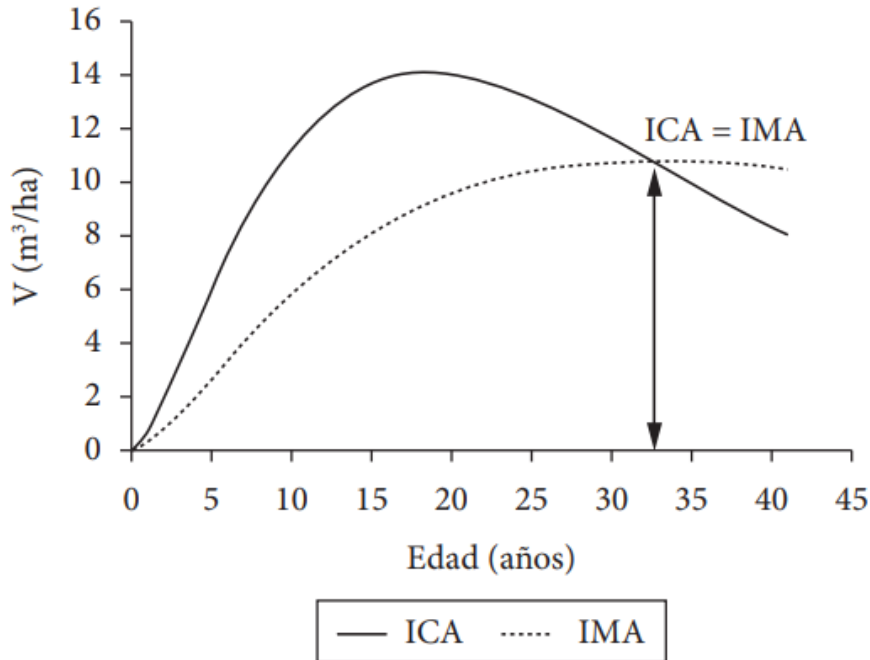
Turno o edad de rotación

El turno o edad de rotación no es más que el número de años necesarios para el aprovechamiento y la renovación de una masa forestal coetánea o plantación forestal ([INAB, 2011](#)). De manera general, existen dos metodologías para determinar el turno o edad de aprovechamiento de una plantación forestal: primero, el turno técnicamente óptimo, como lo menciona [Díaz-Balteiro \(1997\)](#) o también conocido como turno biológico ([Barrero, 2010](#); [Barrero et al., 2011](#)), basándose en el criterio de maximización del IMA por el cual se define la edad de aprovechamiento mediante un método gráfico donde se observa el momento de intersección entre las curvas de incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) versus el tiempo de la plantación forestal, como se observa en la [figura 2](#).

La segunda metodología busca encontrar el turno forestal económicamente óptimo. Esta se basa en el conocido paradigma de Faustmann-Pressler-Ohlin o criterio de [Faustmann \(1849\)](#) que busca la maximización del valor potencial del suelo (VPS) o en algunos casos la maximización del valor actual neto (VAN) de la plantación forestal. Todo lo anterior buscando encontrar el punto óptimo en el tiempo para cosechar una plantación forestal en el momento en que el beneficio del aprovechamiento iguala al costo de dejar la plantación en pie un periodo adicional.



Figura 2 Patrones de crecimiento e incremento en volumen de la especie *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari



Tomado de: [Medel et al. \(2011\)](#)

Para el caso de utilizar alguna de las metodologías, se hace necesario contar como mínimo con información de los siguientes parámetros ya sea a nivel de rodal o toda la plantación forestal:

- Incremento medio anual ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
- Incremento corriente anual ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
- Valor actual neto o valor presente neto ($\$/\text{ha}$)
- Valor potencial del suelo ($\$/\text{ha}$)

[Coronel de Renolfi \(2015\)](#), resalta que la rotación depende de varios factores que la hacen muchas veces impredecible como: la especie, la calidad de sitio, la meta económica y la meta técnica del reforestador, las cuales vienen definidas por el sistema de manejo y los objetivos de producción (tipos de productos). Los principales factores que afectan el turno o edad de rotación son:



- La productividad del sitio, la cual determina las tasas de crecimiento de una plantación ([López et al., 2007](#)).

Las condiciones patológicas, ya que la rotación o turno deberá tener en cuenta factores correctores a aplicar sobre los crecimientos medios dados por las tablas de producción, ya

- que dichas tablas no recogen la acción de la mortalidad natural y la repercusión que tienen los árboles defectuosos o enfermos en dicho volumen ([Justo, 1978](#)).
- Factores de mercado, ya que, al existir un mercado de productos forestales definidos por sus tamaños y calidades, induce a establecer un turno necesario para obtener dichos productos, donde su precio está determinado en función de las dimensiones (a constancia de especie y calidad), sobre todo en el caso de madera para aserrar y debobinar, donde los precios crecen en ciertos intervalos de diámetros, incluso en forma brusca. En otros casos, como por ejemplo en la madera para pulpa, el diámetro tiene una influencia menor en el crecimiento del precio, a partir de un cierto mínimo ([Justo, 1978](#)).
- Las tasas de interés e incentivos a la reforestación también tienen efectos sobre las edades de rotación óptimas. Estudios realizados por [López et al. \(2007\)](#) y [Restrepo et al. \(2012\)](#) establecieron que estos factores pueden hacer que la decisión de cosechar un rodal cambie en el tiempo.

Existen otros factores importantes que afectan la edad de rotación, [Villacura \(2012\)](#) establece de forma general que la distancia de transporte de la madera al centro de consumo es una variable que afecta negativamente la rentabilidad del cultivo, en la medida que la industria procesadora se aleja del área donde se ubican las plantaciones, por lo tanto, estos costos pueden incidir significativamente en la decisión de cosechar un rodal. Incluso actualmente los proyectos de bonos de carbono juegan un rol importante a la hora de escoger un turno, como se puede observar en el turno intermedio encontrado por [Romero et al. \(1998\)](#) donde se consideró la captura de carbono como un servicio público a ser respetado en la gestión de los bosques, para resolver la divergencia entre la rotación económica de Faustmann y la rotación social (máximo ingreso generado por créditos de CO₂).



Todos estos factores hacen que determinar un turno o edad de rotación en una plantación forestal sea tan subjetiva y esté ligada a muchos factores, por lo que, no es un factor que pueda ser estandarizado de manera sencilla.

Incremento medio anual en volumen (IMA)

El incremento medio anual en volumen (IMA) se define como el promedio anual del incremento total en volumen. Se obtiene dividiendo las dimensiones del árbol o masa forestal entre la edad ([FAO, 1999](#)). El incremento volumétrico de un rodal depende de factores climáticos, edáficos, fisiográficos y factores como la edad y densidad del bosque ([Vidal & Constantino, 1959](#)). Por lo tanto, es factible encontrar que cada rodal forestal tenga su propio IMA. Así mismo, esta variable es afectada por la edad (como se aprecia en la [figura 2](#)), por lo que es recomendado obtener valores de IMA en edades cercanas al turno de la especie. Idealmente, un proyecto de carbono debiera obtener estimaciones locales de los incrementos medios anuales a través de la medición directa de parcelas temporales o permanentes.

Densidad básica de la madera (D)

La densidad básica de la madera es la relación entre la masa secada al horno y el volumen de madera fresca de troncos sin corteza, es una propiedad que indica la calidad de la madera y contiene información sobre la cantidad de carbono en los árboles ([IPCC, 2006](#); [Núñez, 2007](#)). Es una de las más importantes propiedades físicas de la madera debido a su relación con otras propiedades mecánicas como módulo de ruptura, módulo de elasticidad, dureza, rendimiento pulpable ([Downes et al., 2002](#)). La densidad básica de la madera es también importante en la producción de energía, la selección genética ([Apiolaza, 2012](#)) y la cuantificación de los stocks de carbono ([Chave et al., 2006](#)).

Estudios previos han identificado diferentes fuentes de variación de la densidad básica de la madera en plantaciones forestales. Entre estas se pueden identificar variaciones entre sitios (variabilidad ambiental), entre árboles (variabilidad genética) y dentro del árbol (en el sentido radial y longitudinal) ([Barrios, 2018](#)). Siendo de especial importancia la variación entre árboles dentro de un rodal y la variación radial dentro del árbol causada por la ontogenia (edad) del árbol. Sin embargo, la variación ambiental entre regiones también puede ser de importancia para el cálculo de la biomasa. El hecho de emplear datos de densidad básica de



la madera de una región para estimar la biomasa en otra región podría ocasionar errores en la estimación ([Barrios et al., 2017](#)).

Factor de expansión de biomasa (FEB)

El factor de expansión de biomasa expande la biomasa del fuste a biomasa total aérea de un árbol ([IPCC, 2006](#)), se define como el cociente entre la biomasa aérea total y la biomasa del fuste ([Brown et al., 1999](#); [Segura & Kanninen, 2005](#); [Fonseca, 2017](#)). [Loguercio y Defoseé \(2001\)](#) argumentan que el factor de expansión disminuye al aumentar el diámetro, gráficamente muestra un comportamiento en forma de J invertida. Así mismo, el FEB es influenciado por la edad del árbol, encontrándose una disminución del FEB conforme aumenta la edad, hasta llegar a estabilizarse en edades superiores.

Relación biomasa subterránea/aérea (R)

La relación biomasa subterránea/aérea (R), más conocida en inglés como “root/shoot ratio (RSR)”, es la relación entre la biomasa subterránea y la biomasa aérea, siendo el parámetro que refleja directamente la asignación de biomasa para las plantas ([Qi et al., 2019](#)). Esta variable es altamente dependiente de las condiciones climáticas del sitio de estudio, así en una zona seca se presenta una mayor R que en una zona húmeda ([Dixon, 1995](#)). Similarmente, el R también es afectado por la edad, encontrándose valores mayores de R en edades tempranas, y conforme aumenta la edad tiende a estabilizarse.

Fracción de carbono (FC)

La fracción de carbono es la concentración de carbono en la biomasa ([IPCC, 2006](#)). El conocimiento del carbono contenido en la madera viva es esencial para la estimación de las reservas de carbono a partir de las estimaciones biomasa aérea forestal y permite comprender los potenciales de los bosques para la captura y almacenamiento de carbono ([Thomas & Martin, 2012](#); [Vashum & Jayakumar, 2012](#)). Generalmente, se tiende a asumir que el contenido de carbono en la biomasa aérea es del 50 %, sin embargo, estudios recientes demuestran que este supuesto genera errores del 5 % en las estimaciones del carbono forestal ([Thomas & Martin, 2012](#)), por lo que se considera necesario realizar estudios a nivel de especie para cuantificar las reservas de carbono de manera más precisa.



Consulta a actores clave y reuniones con expertos

Se consolidó una lista final de actores clave con un total de 86 expertos nacionales e internacionales distribuidos en 43 instituciones como universidades, centros de investigación, corporaciones, entidades públicas y privadas ([Anexo 1](#)). Se elaboró un oficio solicitando a los expertos información disponible sobre las variables para el establecimiento de factores de emisión enviándose un total de 81 oficios entre el 17 de agosto y el 18 de noviembre del 2021.

El nivel de respuesta de los oficios fue muy bajo, únicamente el 23,5 % de los actores clave (19 expertos) dieron respuesta. Sin embargo, solo el 63,2 % de las respuestas contenían información que podría ser útil para la base de datos ([Tabla 4](#)), en las demás respuestas se manifestaba que no contaban con información o reenviaban la solicitud a otras dependencias.

Tabla 7 Respuestas obtenidas de actores clave en el marco de la consultoría No 011-2021

Institución	Ciudad	Experto	Observación
Universidad del Cauca	Popayán	Román Ospina	Artículo científico
Universidad de Nariño	Pasto	William Ballesteros	Revisión repositorios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)	Yopal	Blanca Carvajal	Tesis posgrado y 2 artículos científicos
Universidad de los Llanos	Villavicencio	Amanda Silva Parra	Sin información
Universidad de la Amazonía	Florencia	Ervin Humprey Durán Bautista	Artículo científico
Federación Nacional de Cafeteros	Bogotá	Raúl Jaime Hernández	Cartillas silviculturales Cenicafe
Procuencia	Manizales	Alejandro Arango	Remite información
Forest Stewardship Council (FSC)	Bogotá	Yadid Ordoñez	Sin información
IDEAM	Bogotá	Luís Mario Moreno	Sin información
MADS	Bogotá	Natalia Arias Sánchez	Correos dirección Cambio Climático
MADR	Bogotá	Marlene Velásquez	Informes CREFT
CATIE	Costa Rica	Miguel Cifuentes	Herramienta MINGA V. 2011
Verra- South pole	Bogotá	Susana Vélez	Sin información, revisión registro Verra
Cercarbono	Bogotá	Álvaro Vallejo	Herramienta MINGA V.2009
Fedemaderas	Bogotá	Sindy Baron	Revisión links



	Medellín	Sergio Orozco Escobar	Remite información
Forestry Consulting Group S.A.S.	Medellín	Paulo Hernández	Remite información
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)		Jaime Barrera García	Link publicaciones SINCHI
Aldea Forestal S.A.	Bogotá	Margarita Romero	Información certificaciones

Se sostuvieron reuniones con 28 expertos: profesores de universidades, centros de investigación y empresas desarrolladoras de proyectos de carbono ([Tabla 5](#)), en estas visitas participó el equipo consultor de la consultoría, compuesto por Alonso Barrios Trilleras (coordinador de la consultoría), Hernán J. Andrade (profesional temático forestal) y Milena A. Segura (profesional temático estadístico). Adicionalmente, los expertos visitados entregaron información de otros expertos y empresas que podrían contribuir con información para enriquecer la base de datos.



Tabla 8 Reuniones con expertos durante las visitas a los sitios en Colombia

Ciudad	Fecha	Institución	Experto	Cargo
Pasto	19- 22/09/21	Universidad de Nariño	Héctor Ramiro	Profesor
			Ordoñez	
			Iván Delgado	Profesor
			Vargas	
Florencia	26- 29/09/21	Universidad de la Amazonia	Gloria Cristina	Profesor
			Luna	
		Agrosavia	Juan Carlos	Profesor
			Suárez	
			Héctor Eduardo	Profesor
			Hernández	
Medellín	02- 05/11/21	Forestry Consulting Group	José Alfredo	Investigador
			Orjuela	
		Universidad Nacional de Colombia	Mauricio García	Investigador
			Yeraldine Vargas	Investigador
		Inverbosques	Paulo Hernández	Desarrollador de proyectos
			Juan Carlos Sierra	Profesor
			Luis Fernely	Desarrollador de proyectos
			Jaramillo	
Bogotá	7-10/11/21	Universidad Tecnológica del Chocó	Víctor Eleazar	Profesor
		CO2cero	Mena	
		Aldea Forestal	Andrés Alfonso	Desarrollador de proyectos
			María Margarita	Desarrollador de proyectos
		Universidad Distrital	Romero	
			Elkin Rodríguez	
			Robert Leal	Profesor
Yopal	11/11/2021	ICONTEC	César Polanco	Profesor
			Juan Camilo Serna	Validador
		Unitrópico	Ildelfonso Narváez	Profesor
			Fidel Mesa	Profesor
		Instituto Financiero del Casanare	Arguello	
			Alejandro Ospina	Profesor
			Sánchez	
		Consultor independiente	Cristian Vargas	Ingeniero Agroforestal
			Iván Orlando	Ingeniero Forestal
			Moreno	
Fundación Cataruben	Sandra Duarte	Desarrollador de proyectos		
	Daira García	Profesor		
	Juan Manuel	Profesor		
Villavicencio	12- 14/11/21	Universidad de los Llanos	Trujillo	



Ciudad	Fecha	Institución	Experto	Cargo
		Cumare	Jonier Fabian Herrera	Ingeniero Forestal
		Proyecto Biocarbono	Fernando Fernández	Consultor

Base de datos

La base de datos reúne toda la información colectada tanto durante las visitas a las instituciones y las reuniones presenciales en los diferentes sitios distribuidos en las regiones naturales de Colombia, así como, la revisión en línea del material bibliográfico, bases de datos nacionales e internacionales y de reuniones mediadas por las TIC`s. La información fue almacenada en una base de datos consolidada por el equipo técnico de la consultoría.

La base de datos se compone de tres hojas de Excel las cuales son: MODELOS, FACTORES DE EMISIÓN y GLOSARIO. La base de datos presenta 152 modelos alométricos de biomasa y volumen a nivel de árbol individual para las especies forestales en las regiones naturales de Colombia, así como información de las variables para la definición de factores de emisión en donde se presentan 7215 registros asociados a diversas fuentes de literatura ([Anexo 2](#)).

La hoja FACTORES DE EMISIÓN, es una matriz con un tamaño de 7216 filas contando 1 fila de encabezados y 24 columnas. De estas 24 columnas, dos registran la ubicación geográfica y departamental de cada registro. La Columna REGION, es de tipo carácter con 7215 registros donde cada uno indica la región natural del país en el cual se ubica el respectivo registro, seguido de LOCAL, es otra columna de tipo carácter, también con 5242 registros la cual indica el Municipio y el departamento donde se tomó el registro. En los casos en que no se pudo establecer con certeza el lugar de origen del dato se dejaba esta columna vacía y solo se registraba la región natural siendo un dato más sencillo de cualificar. La columna ESPECIE, es también de tipo carácter e igualmente presenta 7215 registros ya que por razones lógicas no se podían colocar registros sin especificar su epíteto específico. Además, las tres columnas finales CITA, REFERENCIA y OBS, también son de tipo carácter y especifican la forma en que se citaría dicho registro, la referencia bibliográfica donde se obtuvo el registro y las observaciones importantes sobre dicho registro.



De las 24 columnas, 15 son de factores cuantitativos. Las tres primeras PPT, ALT y TEMP indican la precipitación, la altitud y la temperatura promedio, respectivamente, de la zona donde proviene el registro. La cuarta columna cuantitativa es EDAD, la cual describe la edad de la plantación o de la muestra descrita en el registro cuando fue calculado, estimado o registrado en el documento de donde se obtuvo. En el caso que no se presentaba la edad explícitamente, se procedió a calcular si se tenía la información disponible para hacerlo. De los 7215 registros solo 6667 se les pudo obtener la edad (92 %).

Este factor varió con valores desde 0,25 hasta 60,83 años. La siguiente columna es TURNO, la cual describe la edad en el que se espera tener un aprovechamiento forestal para la especie. Es importante mencionar que no se hizo una diferenciación entre turnos biológicos o económicos. Solo se encontraron 135 registros para esta variable lo que significa que existen 7080 casillas vacías, presentando un intervalo con especies que esperan ser aprovechadas desde los 4 años hasta especies con turnos de aprovechamiento de hasta 38 años. La columna MUESTRAS, indica el marco muestral que presentó dicho registro o en palabras sencillas el número de observaciones del cual se obtuvo su valor medio en el momento de la investigación. Solo se cuenta con 495 registros con muestras, aunque cabe resaltar que muchos de estos no tienen un valor ya que son registros únicos o que se introdujeron de manera individual en la hoja de factores de emisión para tener una muestra más representativa. IMA, corresponde a la columna que describe el incremento medio anual en volumen para una especie en $m^3/ha/año$. Para esta variable se agregaron 3644 registros, encontrándose IMA's desde 0,10 hasta 91,60 $m^3/ha/año$.

DB_PROM, indica los valores encontrados para la densidad básica promedio por especie, esta columna se complementa con DB_MIN, DB_MAX, DB_DE y DB_CV las cuales indican consecutivamente si además del valor promedio para el registro se contaba con información de la densidad básica mínima, máxima, y los valores de la desviación estándar y coeficiente de variación para el valor promedio registrado. Solamente para DB_PROM se encontraron 418 registros, presentando un intervalo que varió desde las 0,12 t/m^3 a las 1,056 t/m^3 .

En cuanto a factores adimensionales las columnas FF, FA, FEV y FEB describen respectivamente al factor de forma, el factor de ahusamiento, el factor de expansión de volumen y el factor de expansión de biomasa. Se obtuvieron 71 registros para FF, 36 para FA y ningún registro para factor de expansión de



volumen. Para el caso del FEB fue el que más registros se consiguieron con un total de 147, variando desde 1,091 hasta 3,532. El valor promedio de FEB para todas las regiones es de 1,546. La columna FC, indica la fracción de carbono o cantidad de carbono respecto a la biomasa seca de la especie. El valor mínimo encontrado fue 0,355 lo que indica un porcentaje de 35,5 % de carbono respecto al 100 % de la biomasa seca de la especie y el valor máximo de 0,543 o 54,3 % de carbono respecto al 100 % de la biomasa seca de la especie. El valor promedio de todas las especies en las distintas regiones del país para la base de datos fue de 0,433 o 43,3 % de carbono respecto a la biomasa seca. Finalmente, la columna R, en la cual se registró la relación biomasa subterránea/biomasa aérea para las distintas especies. Se lograron obtener 202 observaciones, que varían desde 0,007 hasta 1,109, obteniéndose un valor medio de 0,264 para todas ellas.

Variables y factores de emisión de especies y regiones priorizadas

Las regiones priorizadas corresponden a la región Andina, Caribe y Orinoquía. Como especies priorizadas se tienen: *Acacia mangium*, *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinata*, *Cedrela odorata*, *Cordia alliodora*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis*, *E. tereticornis*, *E. urophylla*, *Gmelina arborea*, *Hevea brasiliensis*, *Pinus caribaea*, *P. maximinoi*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. tecunumanii*, *Tabebuia rosea* y *Tectona grandis*.

Las figuras presentadas a continuación reflejan las variables requeridas para el establecimiento de factores de emisión para las especies y regiones priorizadas, siguiendo la metodología descrita en el punto 3.4 ([Figura 1](#); [Tabla 1](#)). En las figuras, el color verde representa aquellas especies con mejor calidad de información disponible y a medida que el color se torna rojo, significa que la información de dicha especie es escasa, la calidad de la información es menor, y el nivel de incertidumbre mayor. Así mismo, en el [anexo 3](#) se presenta la información de cada variable en cada uno de los niveles de información descritos en la [tabla 1](#) y los factores de emisión para las especies priorizadas en las regiones estratégicas ([Anexo 4](#)).

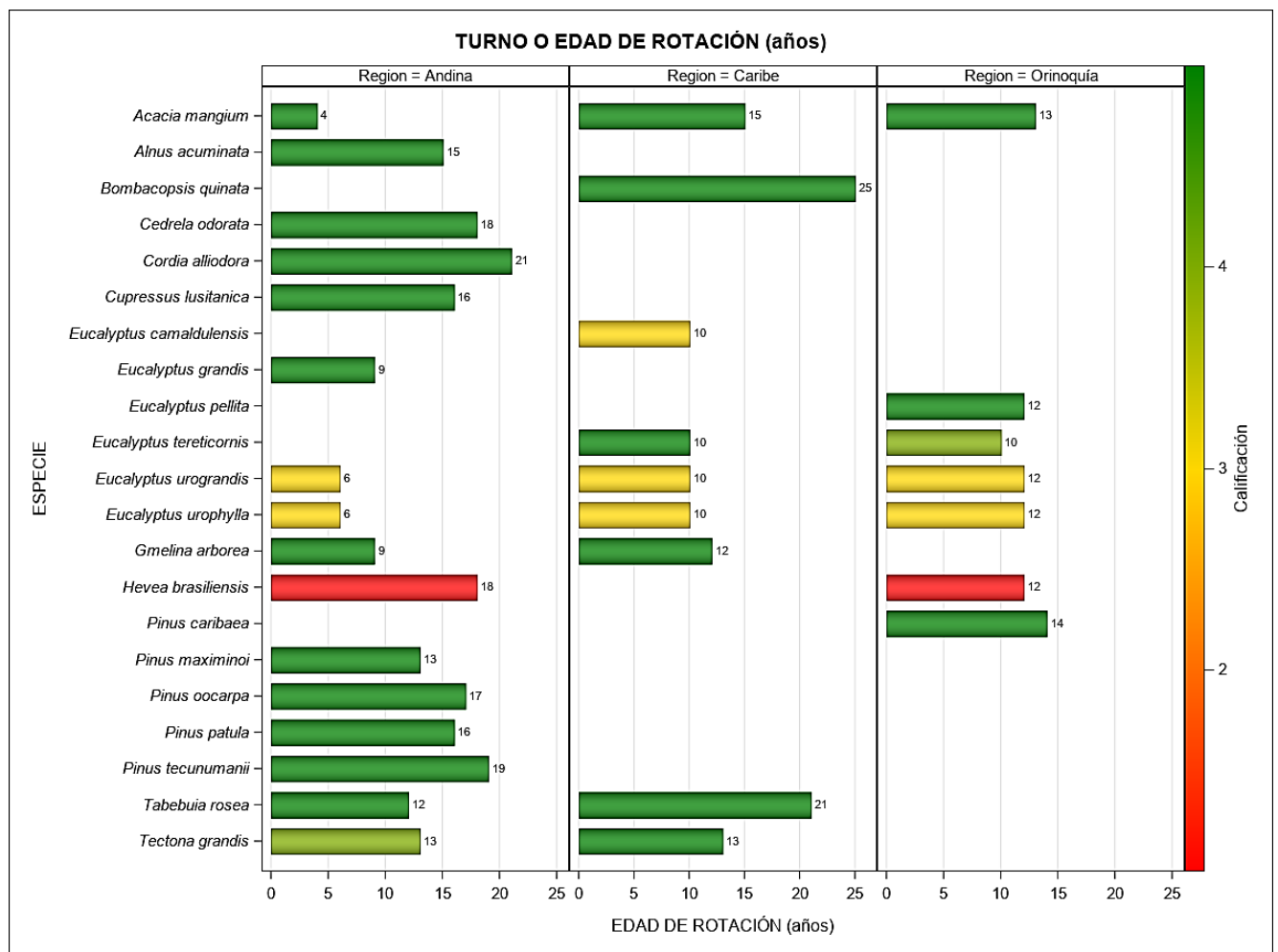
Turno o edad de rotación

En la [figura 3](#) se presenta el turno o edad de rotación para especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia. Se puede evidenciar que se presenta un gran vacío de información para las especies *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus*



urograndis y *E. urophylla*. Así mismo, como se explicó anteriormente existe una alta variabilidad en esta variable, inclusive para la misma especie, así, especies como *Tabebuia rosea* presenta una edad de rotación de 21 años para la región Caribe mientras que en la región de la Orinoquía la edad de rotación para la misma especie es de 12 años. La región Andina presenta el mayor número de datos para las especies priorizadas contrario a la región de la Orinoquía, donde la información fue escasa.

Figura 3 Turno o edad de rotación para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia

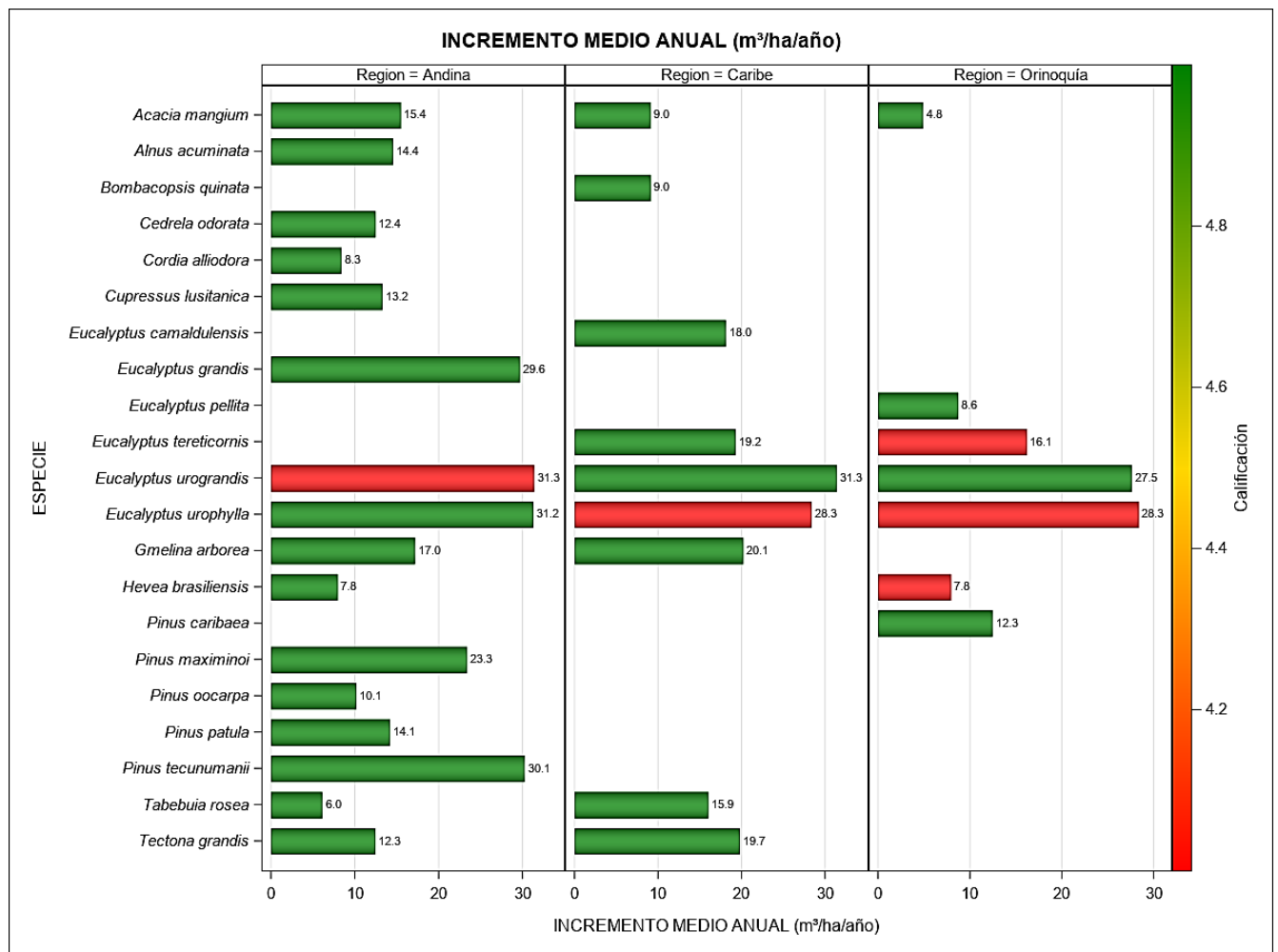


Incremento medio anual en volumen (IMA)



La especie *Acacia mangium* presenta uno de los IMA's más bajos con un valor de 4,8 m³/ha/año en la región de la Orinoquía, similar que *Tabebuia rosea* con un valor de IMA de 6 m³/ha/año. La especie *Eucalyptus urophylla* presenta un valor alto de IMA con 31,2 m³/ha/año en la región Andina, sin embargo, los IMA's de esta especie en la región Caribe y Orinoquía son altos (28,3 m³/ha/año) pero la confiabilidad de los datos es baja ([Figura 4](#)).

Figura 4 Incremento medio anual en volumen (IMA) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia



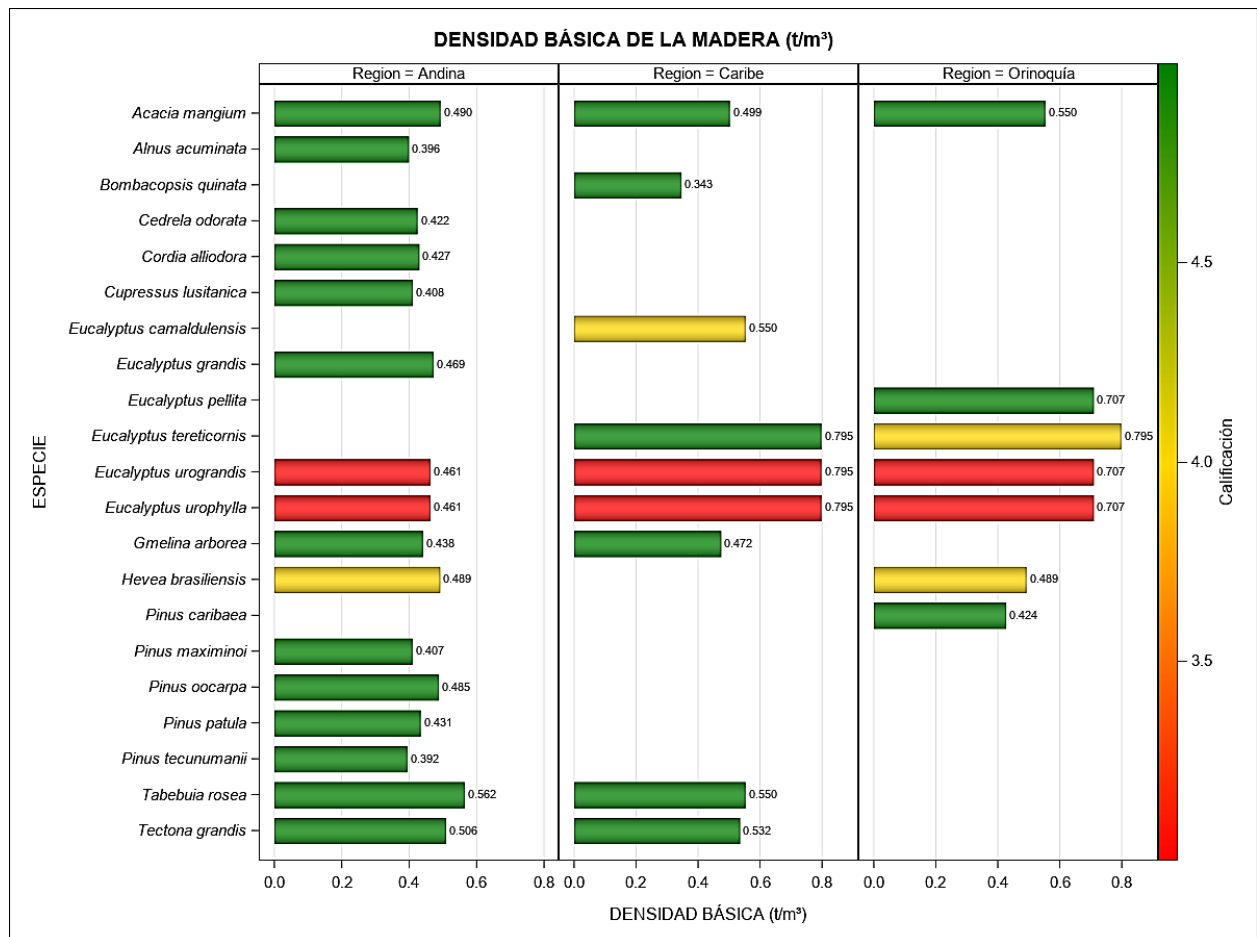
Densidad básica de la madera (D)

Como se puede observar en la [figura 5](#), la densidad básica de la madera en especies priorizadas varía desde 0,343 t/m³ para la especie *Bombacopsis quinata*



en la región de la Caribe hasta un valor de 0,795 t/m³ para *E. tereticornis* en la región Caribe y Orinoquía. Las especies *E. urograndis* y *E. urophylla* presentan valores de 0,461 t/m³, 0,795 t/m³ y 0,707 t/m³ para las regiones Andina, Caribe y Orinoquía, respectivamente, sin embargo, estos datos no son muy confiables debido a la falta de información propia para cada especie.

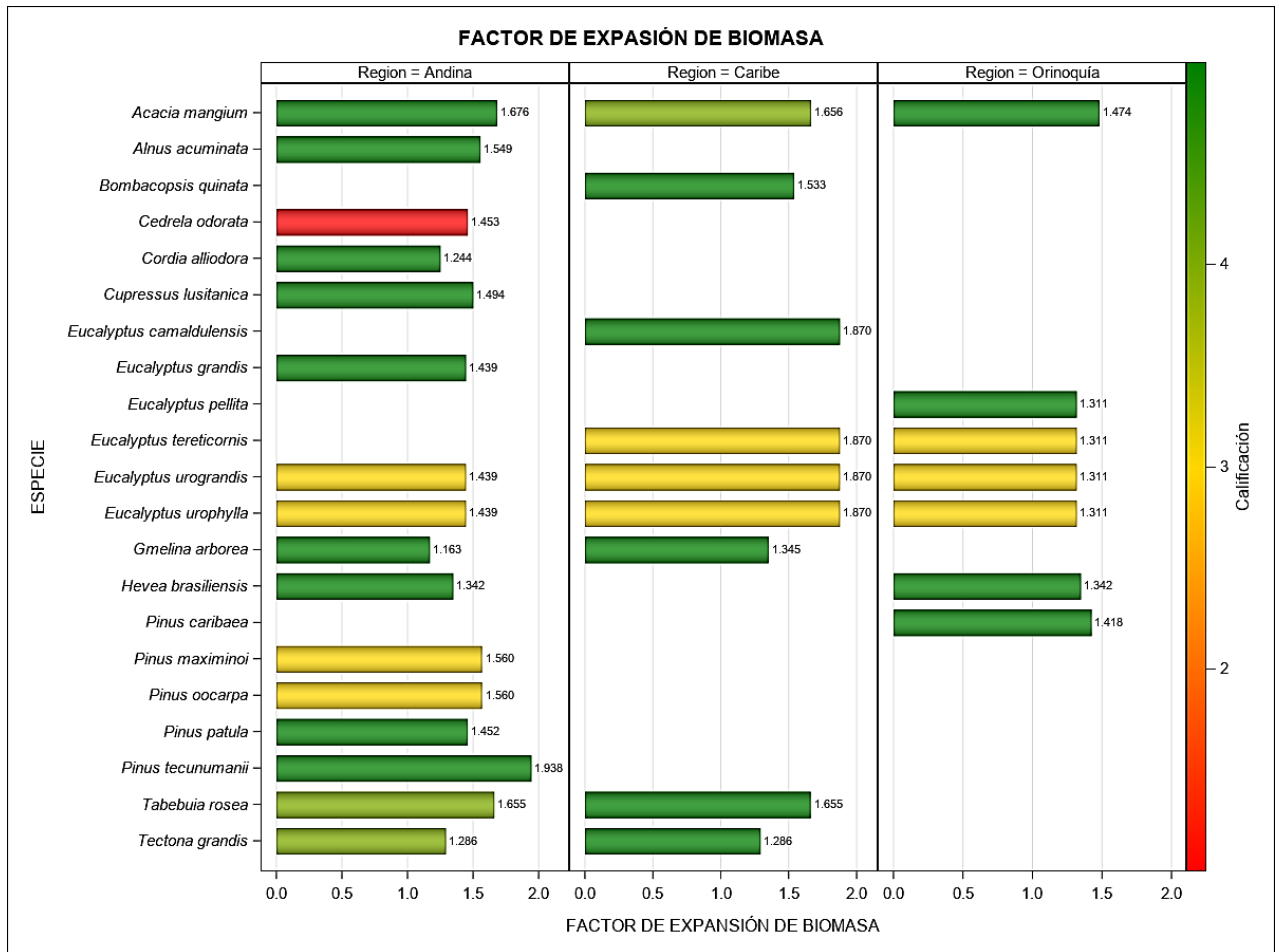
Figura 5 Densidad básica de la madera (D) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia



Factor de expansión de biomasa (FEB)

En la [figura 6](#) se presenta el factor de expansión de biomasa (FEB) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia, con valores que varían desde 1,163 para *Gmelina arborea* hasta 1,938 para *Pinus tecunumanii* ambas en la región Andina.

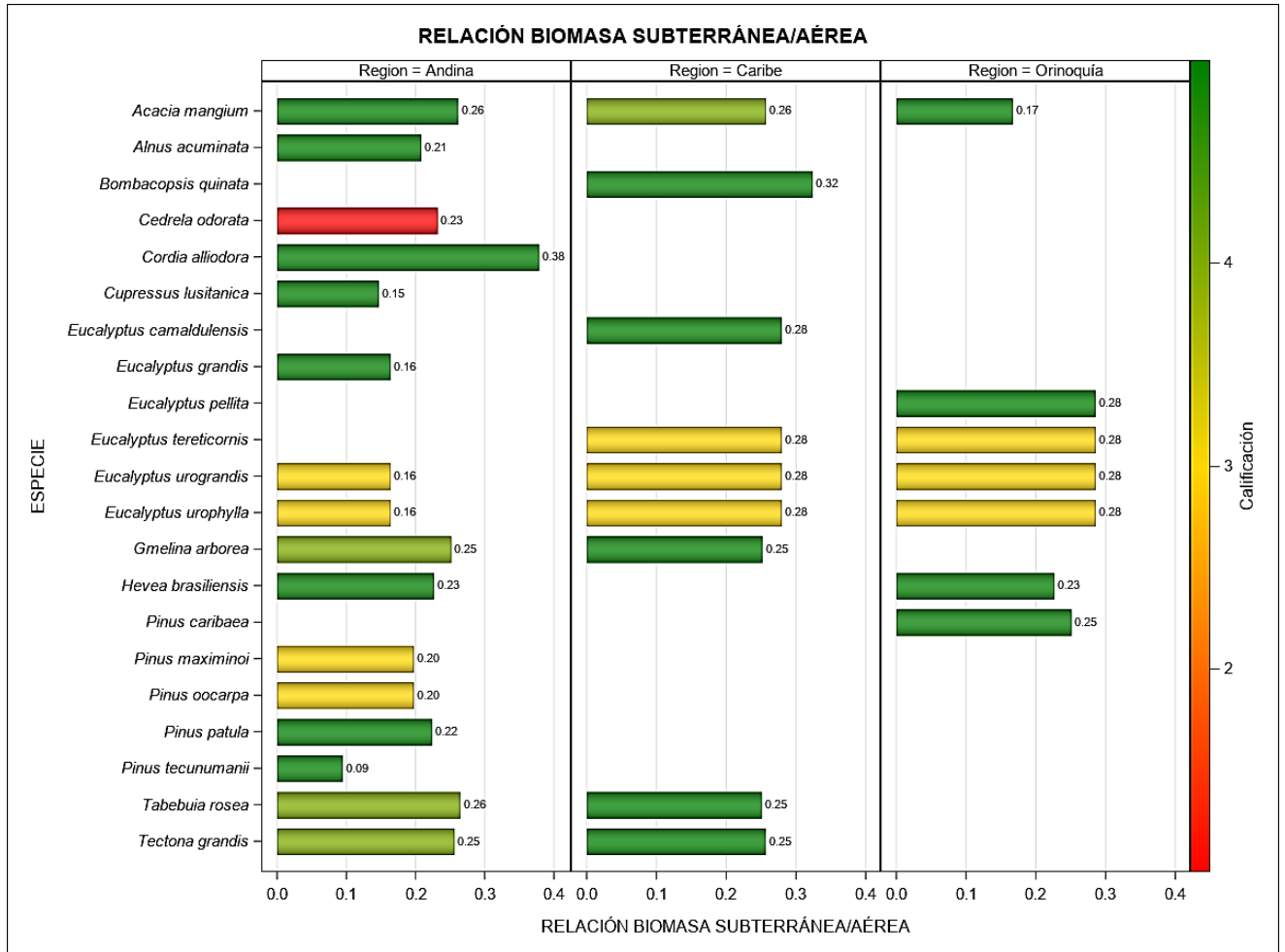
Figura 6 Factor de expansión de biomasa (FEB) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia



Relación biomasa subterránea/aérea (R)

Como se puede observar en la [figura 7](#), los valores de R varían desde 0,09 para *P. tecunumanii* en la región Andina hasta 0,38 para *C. alliodora* en la misma región. Las especies *E. tereticornis*, *E. urograndis*, *E. urophylla*, *Pinus maximinoi*, y *Pinus oocarpa* presentan una calificación cercana a 3, por lo que hay que tener precaución al emplear estos datos. Así mismo, se identifica que para *Cedrela odorata* no hay información disponible en la literatura sobre la relación biomasa subterránea/aérea (R).

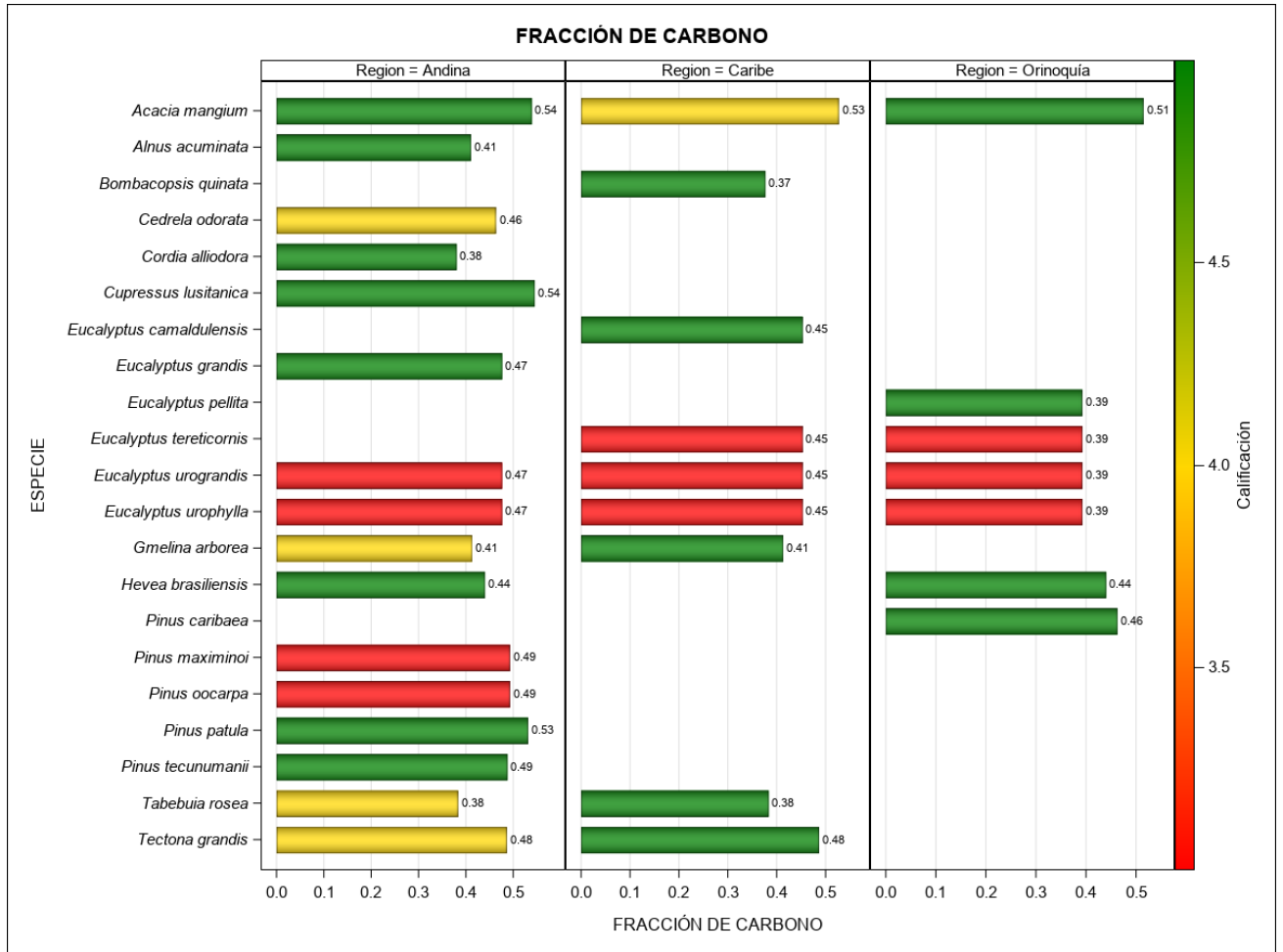
Figura 7 Relación biomasa subterránea/aérea (R) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia



Fracción de carbono (FC)

La región Andina cuenta con los valores de fracción de carbono para la mayoría de las especies priorizadas, mientras que la región de la Orinoquía es la que presenta menos información de las especies. Los valores de la fracción de carbono oscilan desde 0,37 para *Bombacopsis quinata* en la región Caribe hasta 0,54 para *Acacia mangium* y *Cupressus lusitanica* en la región Andina. De igual manera, se presenta carencia de información para las especies pertenecientes al género *Eucalyptus* y *Pinus* (Figura 8).

Figura 8 Fracción de carbono (FC) para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia



Factores de emisión para especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia

En la [tabla 6](#) se presentan los factores de emisión para las especies priorizada en las tres regiones estratégicas de Colombia. La especie *Eucalyptus urograndis* presenta una alta tasa de fijación de carbono con 98,41 t/ha/año en la región Caribe, sin embargo, su Nivel Tier es 1, mientras que la especie *Cordia alliodora* y *Acacia mangium* presentan tasas de fijación de carbono de 8,44 y 8,5 t/ha/año en la región Andina y Orinoquía, respectivamente, con un Nivel Tier 2 ([Anexo 4](#)).



Tabla 9 Factores de emisión para las especies priorizadas en las regiones estratégicas de Colombia

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA	Turno	D	FEB	R	FC	BRaíz	BFuste	BAérea	BCopa	BTotal	TFC	CA	Suma Pesos	Nivel Tier
Andina	<i>Cupressus lusitanica</i>	Conífera	Medio	13.2	16	0.408	1.494	0.146	0.543	1.2	5.4	8.0	2.7	9.2	18.3	293.4	100	2
Andina	<i>Pinus patula</i>	Conífera	Medio	14.1	16	0.431	1.452	0.223	0.529	2.0	6.1	8.8	2.7	10.8	20.9	335.1	100	2
Andina	<i>Pinus maximinoi</i>	Conífera	Rápido	23.3	13	0.407	1.560	0.196	0.491	2.9	9.5	14.8	5.3	17.7	31.8	413.9	65	2
Andina	<i>Pinus oocarpa</i>	Conífera	Rápido	10.1	17	0.485	1.560	0.196	0.491	1.5	4.9	7.6	2.7	9.1	16.4	278.9	65	2
Andina	<i>Pinus tecunumanii</i>	Conífera	Rápido	30.1	19	0.392	1.938	0.093	0.486	2.1	11.8	22.9	11.1	25.0	44.5	845.4	100	2
Andina	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	15.4	4	0.490	1.676	0.260	0.537	3.3	7.5	12.6	5.1	15.9	31.4	125.5	100	2
Andina	<i>Alnus acuminata</i>	Latifoliada	Medio	14.4	15	0.396	1.549	0.207	0.409	1.8	5.7	8.9	3.1	10.7	16.0	240.7	100	2
Andina	<i>Cedrela odorata</i>	Latifoliada	Medio	12.4	18	0.422	1.453	0.231	0.462	1.7	5.2	7.6	2.4	9.3	15.8	283.8	70	2
Andina	<i>Cordia alliodora</i>	Latifoliada	Medio	8.3	21	0.427	1.244	0.377	0.379	1.7	3.5	4.4	0.9	6.1	8.4	177.3	100	2
Andina	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	18	0.489	1.342	0.225	0.438	1.2	3.8	5.1	1.3	6.3	10.1	182.5	85	2
Andina	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	6.0	12	0.562	1.655	0.263	0.382	1.5	3.4	5.6	2.2	7.0	9.9	118.3	85	2
Andina	<i>Tectona grandis</i>	Latifoliada	Medio	12.3	13	0.506	1.286	0.255	0.485	2.0	6.2	8.0	1.8	10.1	17.9	232.7	83	2
Andina	<i>Eucalyptus grandis</i>	Latifoliada	Rápido	29.6	9	0.469	1.439	0.163	0.475	3.2	13.9	20.0	6.1	23.2	40.4	363.8	100	2
Andina	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	31.3	6	0.461	1.439	0.163	0.475	3.4	14.4	20.7	6.3	24.1	41.9	251.4	10	1
Andina	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	31.2	6	0.461	1.439	0.163	0.475	3.4	14.3	20.6	6.3	24.0	41.8	250.6	40	1
Andina	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	17.0	9	0.438	1.163	0.250	0.411	2.2	7.5	8.7	1.2	10.9	16.4	147.4	95	2
Caribe	<i>Bombacopsis quinata</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.343	1.533	0.323	0.375	1.5	3.1	4.7	1.7	6.3	8.6	215.7	100	2
Caribe	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	9.0	15	0.499	1.656	0.256	0.525	1.9	4.5	7.4	3.0	9.3	18.0	270.0	85	2
Caribe	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	15.9	21	0.550	1.655	0.250	0.382	3.6	8.8	14.5	5.7	18.1	25.3	532.3	100	2
Caribe	<i>Tectona grandis</i>	Latifoliada	Medio	19.7	13	0.532	1.286	0.255	0.485	3.4	10.5	13.5	3.0	16.9	30.1	390.7	100	2
Caribe	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Latifoliada	Rápido	18.0	10	0.550	1.870	0.278	0.451	5.1	9.9	18.5	8.6	23.7	39.1	391.4	85	2
Caribe	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	19.2	10	0.795	1.870	0.278	0.451	7.9	15.2	28.5	13.3	36.4	60.3	602.6	65	2
Caribe	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	31.3	10	0.795	1.870	0.278	0.451	12.9	24.9	46.5	21.7	59.5	98.4	984.1	40	1
Caribe	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	28.3	10	0.795	1.870	0.278	0.451	11.7	22.5	42.0	19.5	53.7	88.8	888.4	10	1
Caribe	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	20.1	12	0.472	1.345	0.250	0.411	3.2	9.5	12.7	3.3	15.9	24.0	288.4	100	2
Orinoquía	<i>Pinus caribaea</i>	Conífera	Medio	12.3	14	0.424	1.418	0.250	0.461	1.9	5.2	7.4	2.2	9.3	15.7	219.6	100	2
Orinoquía	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	4.8	13	0.550	1.474	0.166	0.513	0.6	2.6	3.9	1.2	4.5	8.5	110.4	100	2
Orinoquía	<i>Eucalyptus pellita</i>	Latifoliada	Medio	8.6	12	0.707	1.311	0.284	0.391	2.3	6.1	8.0	1.9	10.3	14.7	176.5	100	2
Orinoquía	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	12	0.489	1.342	0.225	0.438	1.2	3.8	5.1	1.3	6.3	10.1	121.7	55	2
Orinoquía	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	16.1	10	0.795	1.311	0.284	0.391	4.8	12.8	16.8	4.0	21.5	30.9	308.6	23	1
Orinoquía	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Latifoliada	Rápido	27.5	12	0.707	1.311	0.284	0.391	7.2	19.4	25.5	6.1	32.7	46.9	562.6	40	1
Orinoquía	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	28.3	12	0.707	1.311	0.284	0.391	7.4	20.0	26.2	6.2	33.6	48.2	578.2	10	1

Nota. IMA: Incremento medio anual (m³/ha/año); D: Densidad básica de la madera (t/m³); FEB: Factor de expansión de biomasa; R: Relación biomasa subterránea/aérea; FC: Fracción de carbono; B: Biomasa (t/ha/año); TFC: Tasa de fijación de carbono (t CO₂/ha/año); CA: Carbono acumulado al turno (t CO₂/ha).



Variables y factores de emisión especies y regiones no priorizadas

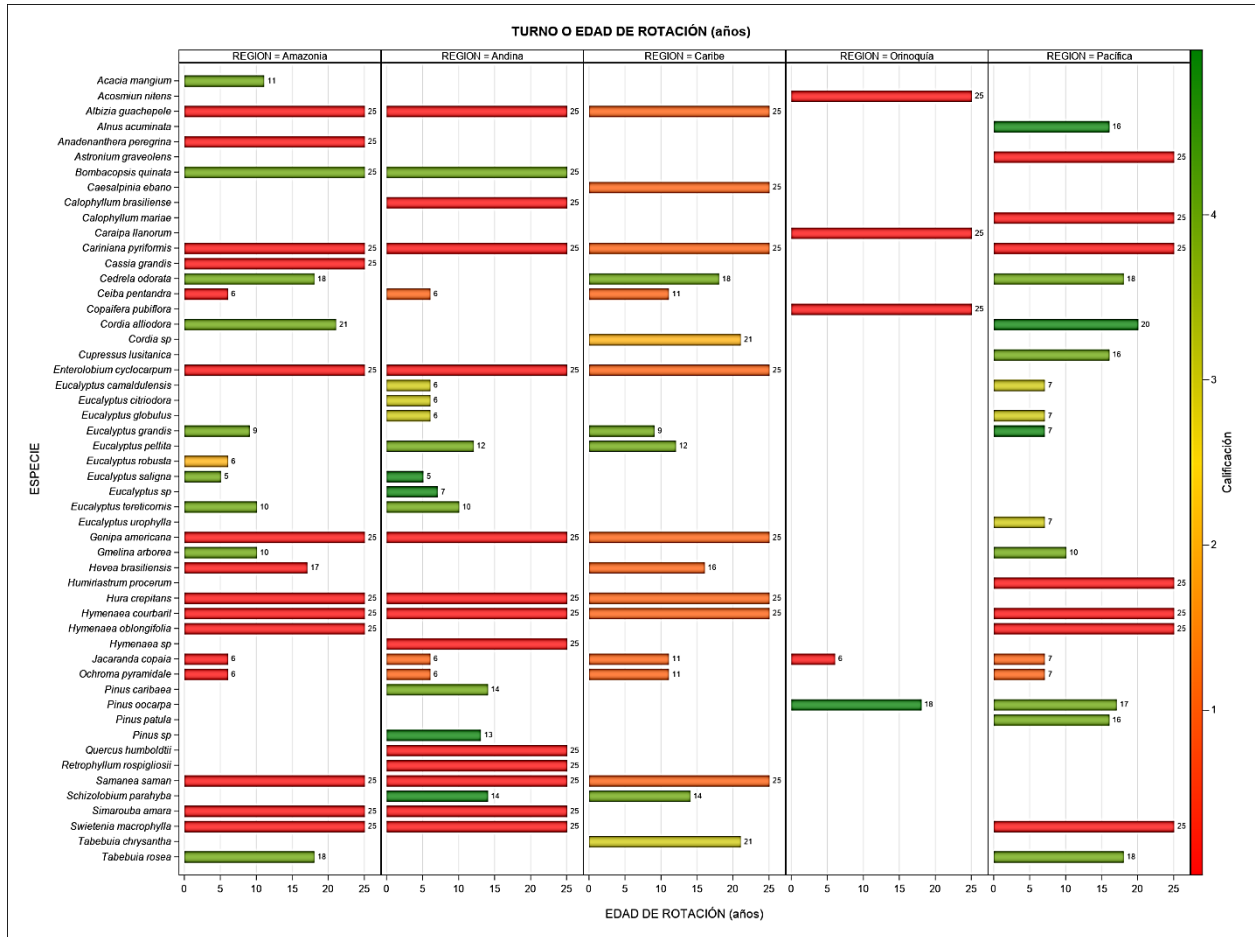
En la consultoría se recolectó información sobre las variables para la estimación de factores de emisión de especies forestales distribuidas en las cinco regiones naturales de Colombia (Amazonía, Andina, Caribe, Orinoquía y Pacífica). Por lo que, también se aproximó la cuantificación de los factores de emisión para las especies y regiones no priorizadas. Cabe resaltar nuevamente que las figuras presentadas a continuación reflejan las variables y factores de emisión, en donde, el color verde representa aquellas especies con datos propios y a medida que el color se torna rojo, significa que la información de dicha especie es escasa, por lo que se tuvo que recurrir a alguno de los criterios presentados en la [tabla 1](#) para asignar un valor a cada variable.

Turno o edad de rotación

La edad de rotación de las especies y regiones no priorizadas varía con valores desde 5 años para la especie *Eucalyptus saligna* en la región Andina hasta 25 años para la especie *Bombacopsis quinata* en la región de la Amazonía y Andina. Se presentan edades de rotación de 25 años para otras especies estudiadas, sin embargo, poseen una calificación muy baja por lo que hay que tener precaución al usar estas edades ([Figura 9](#)).

La región de la Orinoquía presenta pocos datos sobre la edad de rotación de las especies no priorizadas, mientras que la región Andina y Amazonía cuentan con registro del turno de la mayoría de las especies. Esto no quiere decir que los valores del turno presentados en estas regiones sean propios de cada especie ya que la confiabilidad y precisión de los valores presentados depende de la calificación asignada y el significado de cada una.

Figura 9 Turno o edad de rotación de las especies y regiones no priorizadas

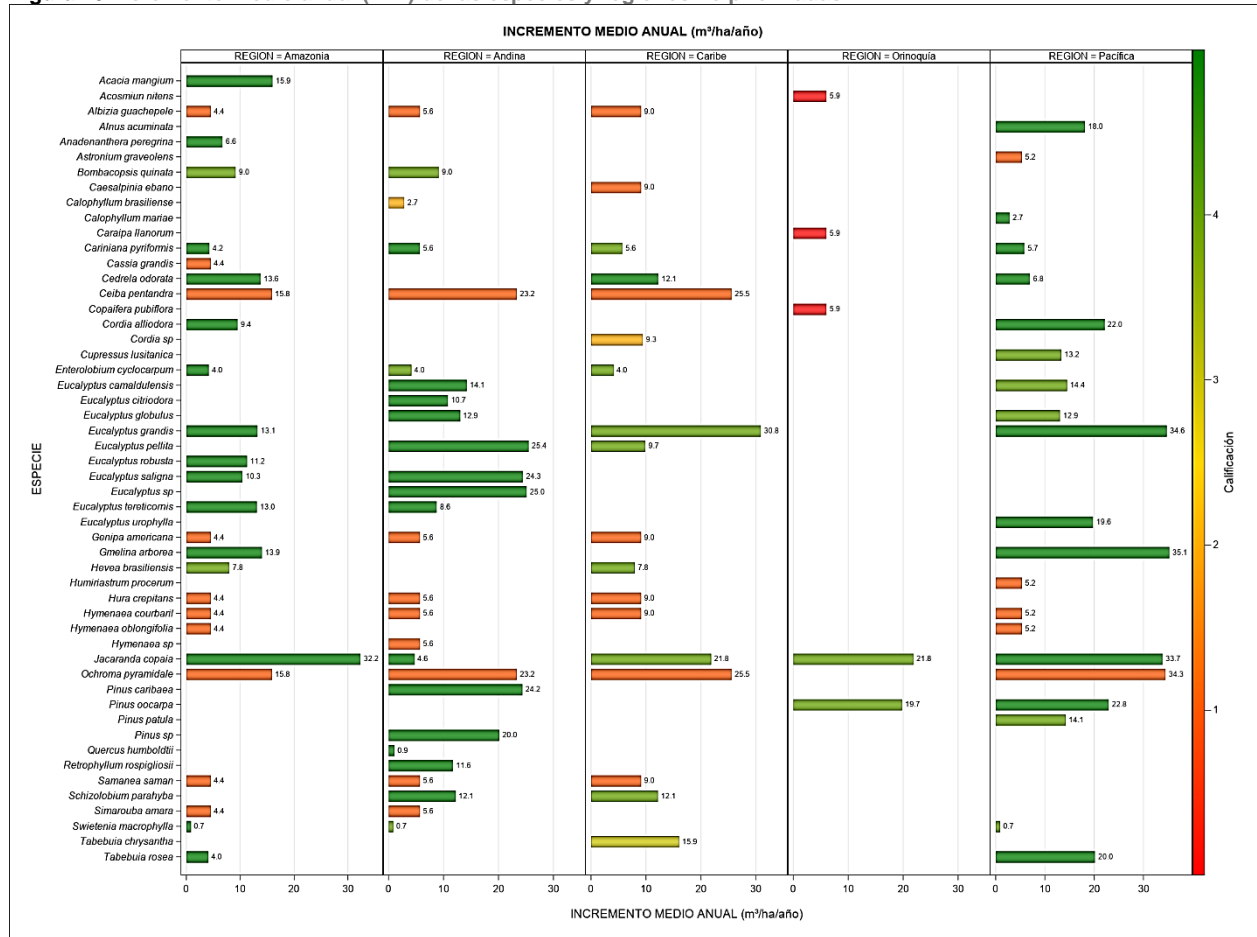


Incremento medio anual en volumen (IMA)

El incremento medio anual en volumen (IMA) varía entre las especies y regiones en estudio (Figura 10). La especie *Tabebuia rosea* presenta un IMA de 4 m³/ha/año en la región Amazónica mientras que en la región Pacífica el IMA es de 20 m³/ha/año. La especie *Cedrela odorata* presenta valores muy similares de IMA de 13,6 m³/ha/año y 12,1 m³/ha/año para las regiones Amazonía y Caribe, respectivamente. Así mismo, resaltan especies nativas como *Jacaranda copaia*, la cual presenta un IMA de 21,8 m³/ha/año en la región Orinoquía y de 32,2 m³/ha/año en la región Amazónica. Como se aprecia en la figura 10, la información disponible en la región de la Orinoquía fue escasa.



Figura 10 Incremento medio anual (IMA) de las especies y regiones no priorizadas

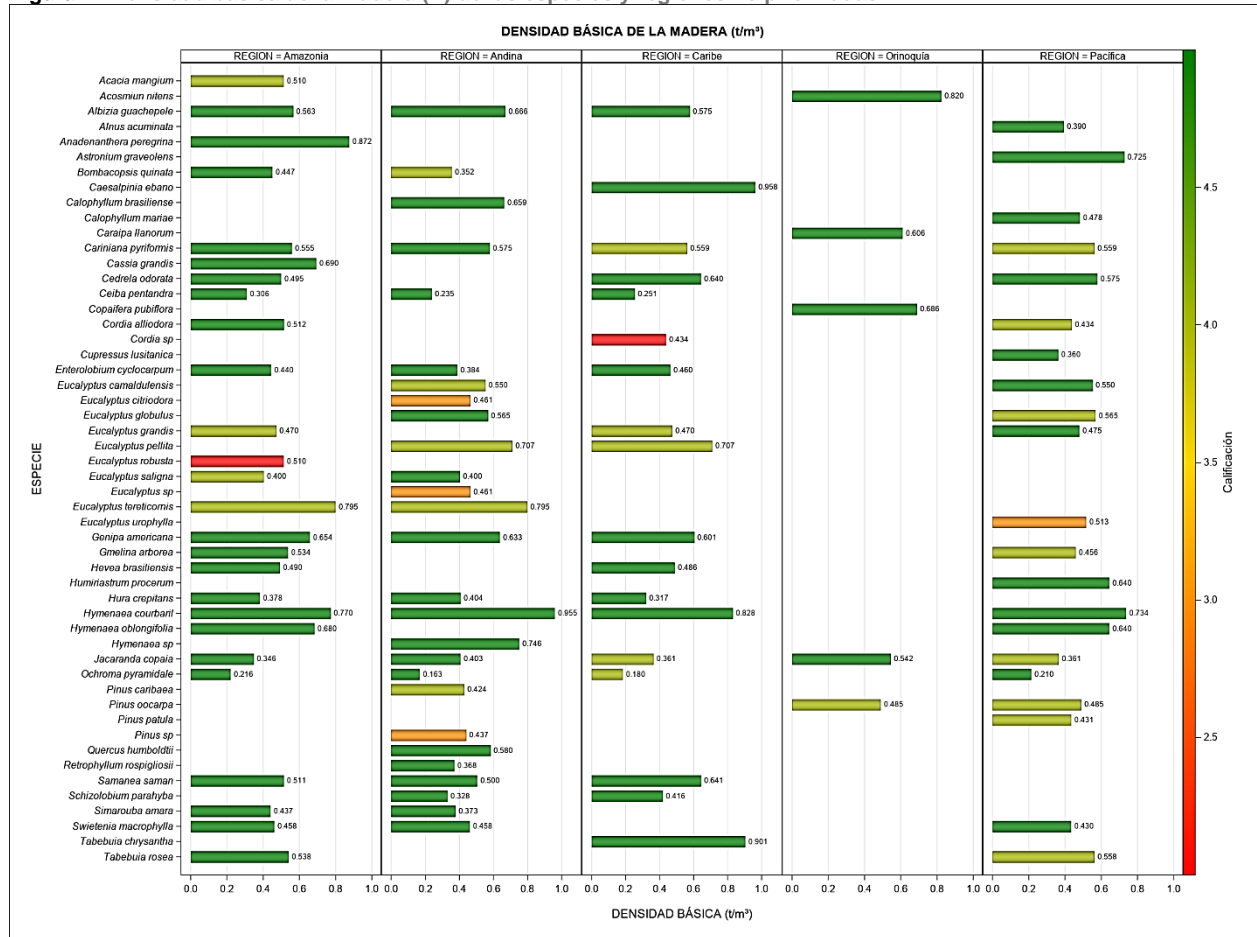


Densidad básica de la madera (D)

En la [figura 11](#) se presentan los valores de la densidad básica de la madera (D) de las especies y regiones no priorizadas. Como se puede observar en la figura, los valores de densidad varían mucho entre especies reportándose valores bajos de densidad de 0,216 t/m³ y 0,163 t/m³ para la especie *Ochroma pyramidale* en las regiones Amazónica y Andina, respectivamente. Una de las maderas más densas corresponde a la especie *Hymenaea courbaril* con valores de densidad de 0,77 t/m³, 0,955 t/m³ y 0,828 t/m³ para las regiones Amazónica, Andina y Caribe, respectivamente.



Figura 11 Densidad básica de la madera (D) de las especies y regiones no priorizadas

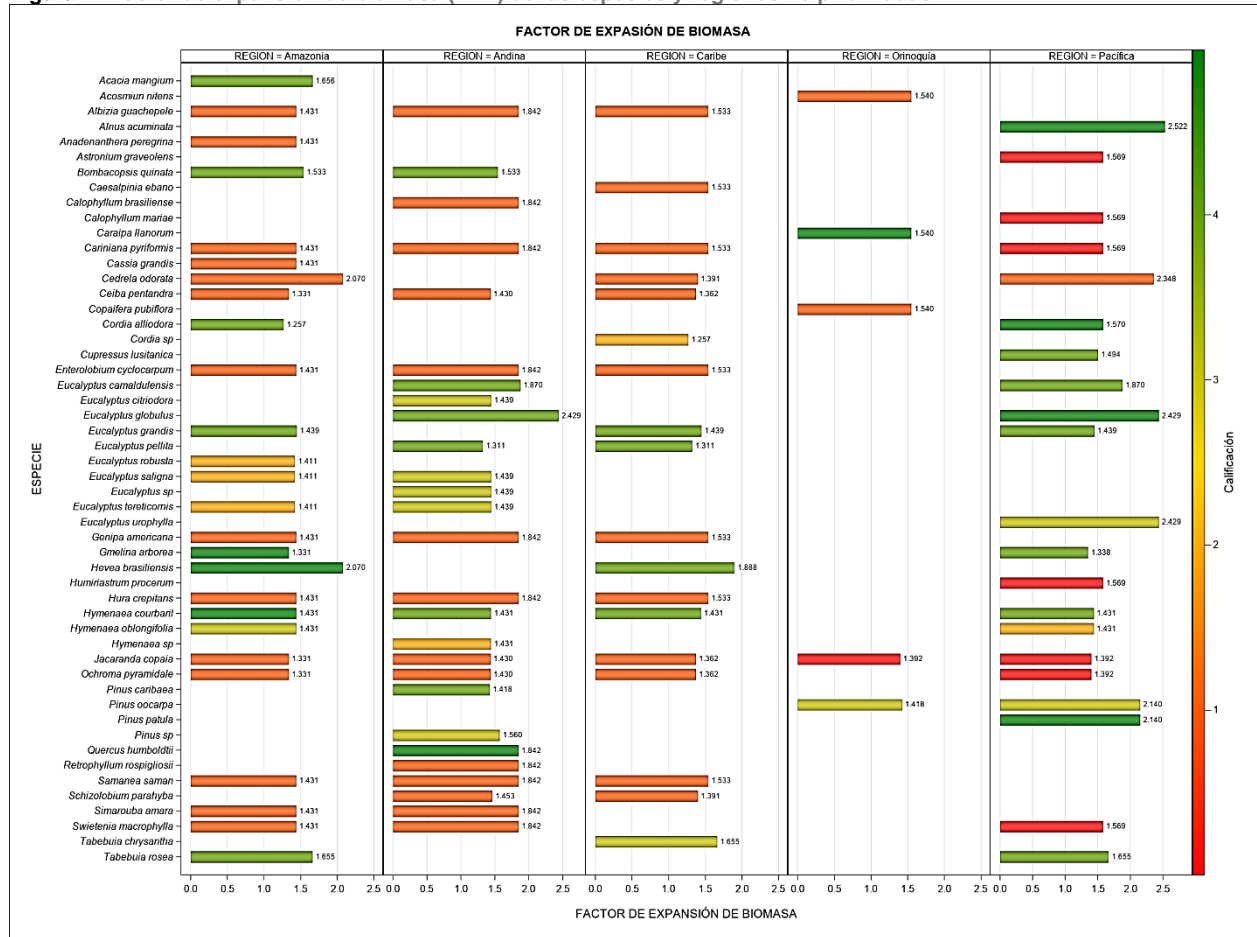


Factor de expansión de biomasa (FEB)

En general, los valores del factor de expansión de biomasa (FEB) fueron escasos para la mayoría de las especies, se presentan vacíos de información propios de cada especie y fue necesario el uso del tipo de especie y tasa de crecimiento (Calificación 0 y 1). Como se puede observar en la [figura 12](#), los valores más altos en esta variable los presentaron las especies *Eucalyptus globulus* con FEB de 2,429 para la región Andina y Pacífica, *Alnus acuminata* con un FEB de 2,522 en la región Pacífica y *Hevea brasiliensis* con un FEB de 2,070 en la región Amazónica y 1,888 en la región Caribe.



Figura 12 Factor de expansión de biomasa (FEB) de las especies y regiones no prioritizadas

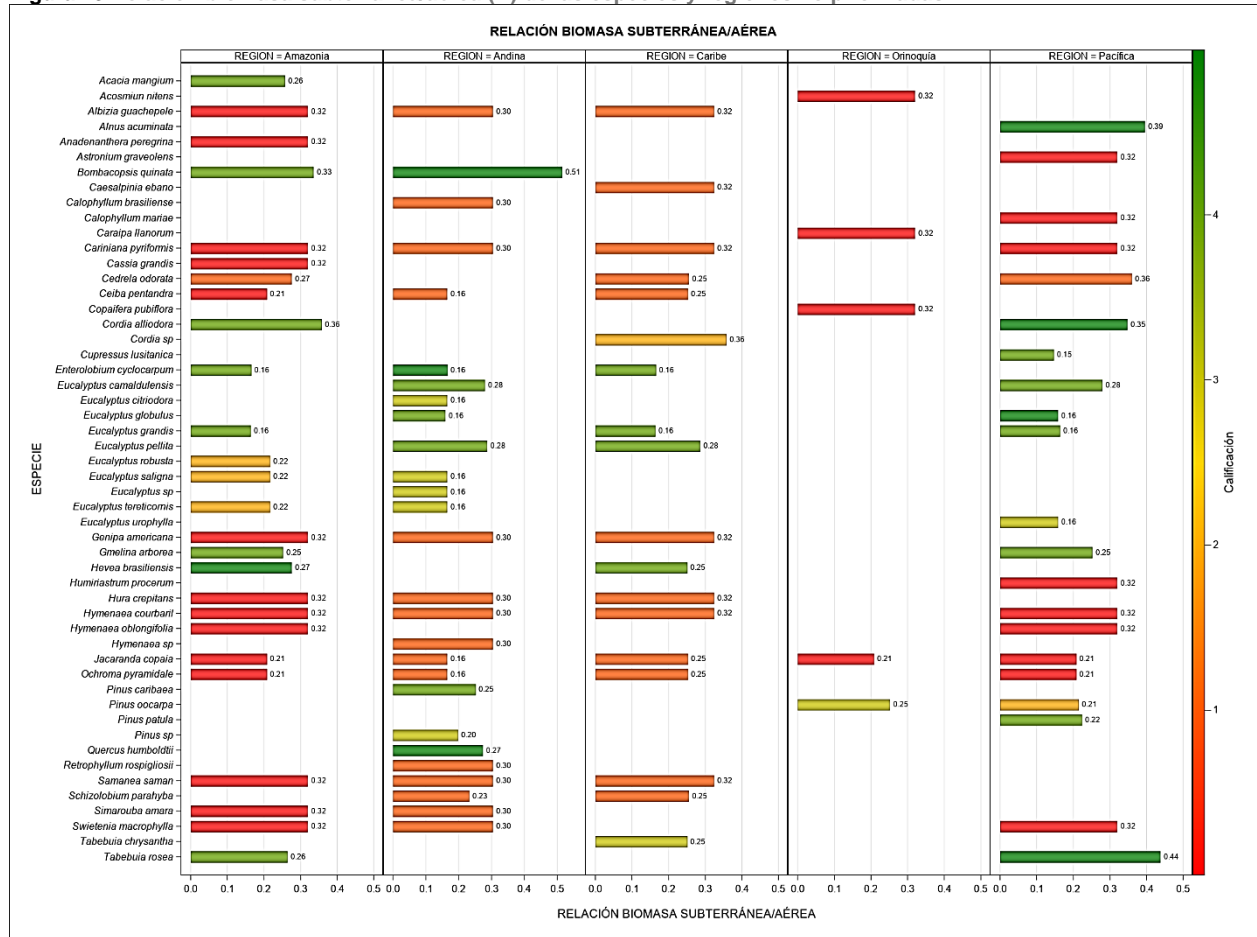


Relación biomasa subterránea/aérea (R)

Al igual que el FEB, los valores de la relación biomasa subterránea/área (R) propios de cada especie fueron muy escasos, la mayoría de las especies en estudio presentan calificación muy baja principalmente en la región de la Amazonia, Orinoquía y Pacífica (Figura 13). Los valores más altos de R fueron obtenidos para especies nativas como *Bombacopsis quinata* (0,51) en la región Andina, *Tabebuia rosea* (0,44) y *Alnus acuminata* (0,39) en la región Pacífica en la región y *Cordia alliodora* (0,36) para la región Amazónica.



Figura 13 Relación biomasa subterránea/aérea (R) de las especies y regiones no priorizadas



Fracción de carbono (FC)

En la [figura 14](#) se presenta la fracción de carbono (FC) para las especies y regiones no priorizadas. Algunas especies presentaron valores de FC similares, como es el caso de *Cedrela odorata* con un valor de FC de 0,46 en la región Caribe, para esta misma región las especies *Ceiba pentandra* e *Hymenaea courbaril* presentan un valor de 0,47. El *Eucalyptus globulus* presenta una FC de 0,44. Nuevamente, varias especies carecen de información propia de FC, lo que genera que algunos valores presentados presenten una calificación baja.

Figura 14 Fracción de carbono (FC) de las especies y regiones no priorizadas



Factores de emisión de las especies y regiones no priorizadas

En la [tabla 7](#) se presentan los factores de emisión para las especies y regiones no priorizadas. En el [anexo 5](#) se presenta una planilla de Excel con los factores de emisión para las especies y regiones no priorizadas.



Tabla 10 Factores de emisión de las especies y regiones no priorizadas

Región	Especie	Tipo	Crecimiento	IMA	Turno	D	FEB	R	FC	BRaíz	BFuste	BAérea	BCopa	BTtotal	TFC	CA	Suma Pesos	Nivel Tier
Amazonia	<i>Albizia guachepele</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.563	1.431	0.318	0.389	1.1	2.5	3.6	1.1	4.7	6.7	167.1	20	1
Amazonia	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Latifoliada	Lento	6.6	25	0.872	1.431	0.318	0.389	2.6	5.7	8.2	2.5	10.8	15.4	384.6	60	2
Amazonia	<i>Bombacopsis quinata</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.447	1.533	0.334	0.383	2.1	4.0	6.2	2.1	8.2	11.6	289.1	53	2
Amazonia	<i>Cariniana pyriformis</i>	Latifoliada	Lento	4.2	25	0.555	1.431	0.318	0.445	1.0	2.3	3.3	1.0	4.3	7.1	177.2	65	2
Amazonia	<i>Cassia grandis</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.690	1.431	0.318	0.389	1.4	3.0	4.4	1.3	5.7	8.2	204.7	20	1
Amazonia	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Latifoliada	Lento	4.0	25	0.440	1.431	0.164	0.389	0.4	1.8	2.5	0.8	3.0	4.2	105.5	65	2
Amazonia	<i>Genipa americana</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.654	1.431	0.318	0.389	1.3	2.9	4.1	1.2	5.4	7.8	194.0	20	1
Amazonia	<i>Hura crepitans</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.378	1.431	0.318	0.425	0.8	1.7	2.4	0.7	3.1	4.9	122.7	25	1
Amazonia	<i>Hymenaea courbaril</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.770	1.431	0.318	0.471	1.5	3.4	4.9	1.5	6.4	11.1	276.3	45	1
Amazonia	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.680	1.431	0.318	0.471	1.4	3.0	4.3	1.3	5.7	9.8	244.2	20	1
Amazonia	<i>Samanea saman</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.511	1.431	0.318	0.482	1.0	2.3	3.2	1.0	4.3	7.5	188.0	25	1
Amazonia	<i>Simarouba amara</i>	Latifoliada	Lento	4.4	25	0.437	1.431	0.318	0.389	0.9	1.9	2.8	0.8	3.6	5.2	129.5	20	1
Amazonia	<i>Swietenia macrophylla</i>	Latifoliada	Lento	0.7	25	0.458	1.431	0.318	0.389	0.2	0.3	0.5	0.1	0.6	0.9	22.8	60	2
Amazonia	<i>Acacia mangium</i>	Latifoliada	Medio	15.9	11	0.510	1.656	0.256	0.525	3.4	8.1	13.4	5.3	16.8	32.4	356.4	73	2
Amazonia	<i>Cedrela odorata</i>	Latifoliada	Medio	13.6	18	0.495	2.070	0.274	0.462	3.8	6.8	14.0	7.2	17.8	30.2	542.7	68	2
Amazonia	<i>Cordia alliodora</i>	Latifoliada	Medio	9.4	21	0.512	1.257	0.356	0.379	2.2	4.8	6.0	1.2	8.2	11.4	239.2	83	2
Amazonia	<i>Eucalyptus robusta</i>	Latifoliada	Medio	11.2	6	0.510	1.411	0.216	0.438	1.7	5.7	8.0	2.3	9.8	15.7	94.1	40	1
Amazonia	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	17	0.490	2.070	0.274	0.422	2.2	3.8	8.0	4.1	10.1	15.7	266.8	65	2
Amazonia	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	4.0	18	0.538	1.655	0.263	0.382	0.9	2.1	3.5	1.4	4.5	6.2	112.4	83	2
Amazonia	<i>Ceiba pentandra</i>	Latifoliada	Rápido	15.8	6	0.306	1.331	0.207	0.467	1.3	4.8	6.4	1.6	7.8	13.3	79.7	25	1
Amazonia	<i>Eucalyptus grandis</i>	Latifoliada	Rápido	13.1	9	0.470	1.439	0.163	0.475	1.4	6.1	8.8	2.7	10.3	17.9	161.0	73	2
Amazonia	<i>Eucalyptus saligna</i>	Latifoliada	Rápido	10.3	5	0.400	1.411	0.216	0.438	1.3	4.1	5.8	1.7	7.1	11.4	56.8	53	2
Amazonia	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	13.0	10	0.795	1.411	0.216	0.438	3.1	10.3	14.5	4.2	17.7	28.4	283.8	53	2
Amazonia	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	13.9	10	0.534	1.331	0.250	0.411	2.5	7.4	9.9	2.5	12.4	18.7	186.6	93	2
Amazonia	<i>Jacaranda copaia</i>	Latifoliada	Rápido	32.2	6	0.346	1.331	0.207	0.485	3.1	11.1	14.8	3.7	17.9	31.8	190.8	65	2
Amazonia	<i>Ochroma pyramidale</i>	Latifoliada	Rápido	15.8	6	0.216	1.331	0.207	0.443	0.9	3.4	4.5	1.1	5.5	8.9	53.3	25	1



Andina	<i>Pinus caribaea</i>	Conífera	Medio	24.2	14	0.424	1.418	0.250	0.461	3.6	10.3	14.6	4.3	18.2	30.8	431.1	73	2
Andina	<i>Pinus sp</i>	Conífera	Rápido	20.0	13	0.437	1.560	0.196	0.491	2.7	8.7	13.6	4.9	16.3	29.4	382.0	45	1
Andina	<i>Albizia guachepele</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.666	1.842	0.302	0.396	2.1	3.7	6.9	3.1	8.9	13.0	324.4	20	1
Andina	<i>Bombacopsis quinata</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.352	1.533	0.513	0.517	2.5	3.2	4.9	1.7	7.4	13.9	348.7	48	1
Andina	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Latifoliada	Lento	2.7	25	0.659	1.842	0.302	0.396	1.0	1.8	3.3	1.5	4.3	6.2	154.8	20	1
Andina	<i>Cariniana pyriformis</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.576	1.842	0.302	0.445	1.8	3.2	5.9	2.7	7.7	12.6	314.1	65	2
Andina	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Latifoliada	Lento	4.0	25	0.384	1.842	0.164	0.396	0.5	1.5	2.9	1.3	3.3	4.8	120.7	40	1
Andina	<i>Genipa americana</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.633	1.842	0.302	0.396	2.0	3.5	6.5	3.0	8.5	12.3	308.2	20	1
Andina	<i>Hura crepitans</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.404	1.842	0.302	0.425	1.3	2.3	4.2	1.9	5.4	8.5	211.3	25	1
Andina	<i>Hymenaea courbaril</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.955	1.431	0.302	0.471	2.3	5.3	7.6	2.3	10.0	17.2	429.5	35	1
Andina	<i>Hymenaea sp</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.746	1.431	0.302	0.471	1.8	4.2	6.0	1.8	7.8	13.4	335.4	20	1
Andina	<i>Quercus humboldtii</i>	Latifoliada	Lento	0.9	25	0.580	1.842	0.272	0.356	0.3	0.5	1.0	0.5	1.3	1.6	41.2	95	2
Andina	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	Latifoliada	Lento	11.6	25	0.368	1.842	0.302	0.396	2.4	4.2	7.8	3.6	10.2	14.8	369.8	60	2
Andina	<i>Samanea saman</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.500	1.842	0.302	0.482	1.6	2.8	5.2	2.4	6.7	11.9	296.5	25	1
Andina	<i>Simarouba amara</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.373	1.842	0.302	0.396	1.2	2.1	3.8	1.8	5.0	7.3	181.8	20	1
Andina	<i>Swietenia macrophylla</i>	Latifoliada	Lento	0.7	25	0.458	1.842	0.302	0.396	0.2	0.3	0.6	0.3	0.8	1.2	29.6	30	1
Andina	<i>Eucalyptus citriodora</i>	Latifoliada	Medio	10.7	6	0.461	1.439	0.163	0.475	1.2	4.9	7.1	2.2	8.2	14.3	85.9	40	1
Andina	<i>Eucalyptus globulus</i>	Latifoliada	Medio	12.9	6	0.565	2.429	0.157	0.441	2.8	7.3	17.7	10.4	20.5	33.1	198.8	80	2
Andina	<i>Eucalyptus pellita</i>	Latifoliada	Medio	25.4	12	0.707	1.311	0.284	0.391	6.7	17.9	23.5	5.6	30.2	43.3	519.2	73	2
Andina	<i>Schizolobium parahyba</i>	Latifoliada	Medio	12.1	14	0.328	1.453	0.231	0.459	1.3	4.0	5.7	1.8	7.1	11.9	166.6	70	2
Andina	<i>Ceiba pentandra</i>	Latifoliada	Rápido	23.2	6	0.235	1.430	0.163	0.467	1.3	5.5	7.8	2.3	9.1	15.5	93.2	25	1
Andina	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Latifoliada	Rápido	14.1	6	0.550	1.870	0.278	0.451	4.0	7.8	14.5	6.7	18.5	30.6	183.9	70	2
Andina	<i>Eucalyptus saligna</i>	Latifoliada	Rápido	24.3	5	0.400	1.439	0.163	0.475	2.3	9.7	14.0	4.3	16.3	28.3	141.5	65	2
Andina	<i>Eucalyptus sp</i>	Latifoliada	Rápido	25.0	7	0.461	1.439	0.163	0.475	2.7	11.5	16.6	5.1	19.3	33.5	234.7	45	1
Andina	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Latifoliada	Rápido	8.6	10	0.795	1.439	0.163	0.475	1.6	6.8	9.8	3.0	11.4	19.9	198.9	53	2
Andina	<i>Jacaranda copaia</i>	Latifoliada	Rápido	4.6	6	0.403	1.430	0.163	0.485	0.4	1.9	2.6	0.8	3.1	5.5	32.9	65	2
Andina	<i>Ochroma pyramidale</i>	Latifoliada	Rápido	23.2	6	0.164	1.430	0.163	0.443	0.9	3.8	5.4	1.6	6.3	10.2	61.5	25	1
Caribe	<i>Albizia guachepele</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.575	1.533	0.323	0.384	2.6	5.2	7.9	2.8	10.5	14.8	369.7	20	1



Caribe	<i>Caesalpinia ebano</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.958	1.533	0.323	0.384	4.3	8.6	13.2	4.6	17.5	24.6	615.9	20	1
Caribe	<i>Cariniana pyriformis</i>	Latifoliada	Lento	5.6	25	0.559	1.533	0.323	0.445	1.5	3.1	4.8	1.7	6.3	10.3	258.3	25	1
Caribe	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Latifoliada	Lento	4.0	25	0.460	1.533	0.164	0.384	0.5	1.9	2.8	1.0	3.3	4.7	116.6	35	1
Caribe	<i>Genipa americana</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.601	1.533	0.323	0.384	2.7	5.4	8.3	2.9	11.0	15.5	386.4	20	1
Caribe	<i>Hura crepitans</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.317	1.533	0.323	0.425	1.4	2.9	4.4	1.5	5.8	9.0	226.0	25	1
Caribe	<i>Hymenaea courbaril</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.828	1.431	0.323	0.471	3.4	7.5	10.7	3.2	14.1	24.4	609.5	35	1
Caribe	<i>Samanea saman</i>	Latifoliada	Lento	9.0	25	0.641	1.533	0.323	0.482	2.9	5.8	8.9	3.1	11.7	20.7	518.1	25	1
Caribe	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Latifoliada	Lento	15.9	21	0.901	1.655	0.250	0.382	5.9	14.3	23.7	9.4	29.7	41.5	872.0	20	1
Caribe	<i>Cedrela odorata</i>	Latifoliada	Medio	12.1	18	0.640	1.391	0.253	0.462	2.7	7.8	10.8	3.0	13.5	22.9	411.8	68	2
Caribe	<i>Cordia sp</i>	Latifoliada	Medio	9.3	21	0.434	1.257	0.356	0.436	1.8	4.0	5.1	1.0	6.9	11.0	231.9	5	1
Caribe	<i>Eucalyptus pellita</i>	Latifoliada	Medio	9.7	12	0.707	1.311	0.284	0.391	2.6	6.9	9.0	2.1	11.6	16.6	199.3	43	1
Caribe	<i>Hevea brasiliensis</i>	Latifoliada	Medio	7.8	16	0.486	1.888	0.250	0.430	1.8	3.8	7.2	3.4	9.0	14.2	227.1	50	2
Caribe	<i>Schizolobium parahyba</i>	Latifoliada	Medio	12.1	14	0.416	1.391	0.253	0.459	1.8	5.0	7.0	2.0	8.8	14.7	206.4	38	1
Caribe	<i>Ceiba pentandra</i>	Latifoliada	Rápido	25.5	11	0.251	1.362	0.251	0.467	2.2	6.4	8.7	2.3	10.9	18.7	205.3	25	1
Caribe	<i>Eucalyptus grandis</i>	Latifoliada	Rápido	30.8	9	0.470	1.439	0.163	0.475	3.4	14.5	20.8	6.3	24.2	42.1	379.2	43	1
Caribe	<i>Jacaranda copaia</i>	Latifoliada	Rápido	21.8	11	0.361	1.362	0.251	0.485	2.7	7.9	10.7	2.8	13.4	23.8	262.3	25	1
Caribe	<i>Ochroma pyramidale</i>	Latifoliada	Rápido	25.5	11	0.180	1.362	0.251	0.443	1.6	4.6	6.2	1.7	7.8	12.7	139.7	15	1
Orinoquía	<i>Pinus oocarpa</i>	Conífera	Rápido	19.7	18	0.485	1.418	0.250	0.461	3.4	9.6	13.5	4.0	16.9	28.6	515.1	25	1
Orinoquía	<i>Acosmiun nitens</i>	Latifoliada	Lento	5.9	25	0.820	1.540	0.318	0.530	2.4	4.9	7.5	2.6	9.9	19.1	478.3	20	1
Orinoquía	<i>Caraipa llanorum</i>	Latifoliada	Lento	5.9	25	0.606	1.540	0.318	0.530	1.8	3.6	5.5	1.9	7.3	14.1	353.7	45	1
Orinoquía	<i>Copaifera pubiflora</i>	Latifoliada	Lento	5.9	25	0.686	1.540	0.318	0.530	2.0	4.1	6.3	2.2	8.2	16.0	400.1	20	1
Orinoquía	<i>Jacaranda copaia</i>	Latifoliada	Rápido	21.8	6	0.542	1.392	0.207	0.485	3.4	11.8	16.4	4.6	19.8	35.2	211.4	35	1
Pacífica	<i>Cupressus lusitanica</i>	Conífera	Medio	13.2	16	0.360	1.494	0.146	0.543	1.0	4.7	7.1	2.3	8.1	16.2	258.9	53	2
Pacífica	<i>Pinus patula</i>	Conífera	Medio	14.1	16	0.431	2.140	0.223	0.529	2.9	6.1	13.0	6.9	15.9	30.9	493.8	53	2
Pacífica	<i>Pinus oocarpa</i>	Conífera	Rápido	22.8	17	0.485	2.140	0.213	0.471	5.1	11.1	23.7	12.6	28.8	49.6	843.6	53	2
Pacífica	<i>Astronium graveolens</i>	Latifoliada	Lento	5.2	25	0.725	1.569	0.318	0.389	1.9	3.8	5.9	2.1	7.8	11.1	277.3	20	1
Pacífica	<i>Calophyllum mariae</i>	Latifoliada	Lento	2.7	25	0.478	1.569	0.318	0.389	0.6	1.3	2.0	0.7	2.7	3.8	95.3	60	2
Pacífica	<i>Cariniana pyriformis</i>	Latifoliada	Lento	5.7	25	0.559	1.569	0.318	0.445	1.6	3.2	5.0	1.8	6.5	10.6	266.2	55	2
Pacífica	<i>Humiriastrum procerum</i>	Latifoliada	Lento	5.2	25	0.640	1.569	0.318	0.389	1.7	3.3	5.2	1.9	6.9	9.8	244.7	20	1



Pacífica	<i>Hymenaea courbaril</i>	Latifoliada	Lento	5.2	25	0.734	1.431	0.318	0.471	1.7	3.8	5.4	1.6	7.2	12.4	309.7	35	1
Pacífica	<i>Hymenaea oblongifolia</i>	Latifoliada	Lento	5.2	25	0.640	1.431	0.318	0.471	1.5	3.3	4.7	1.4	6.3	10.8	270.0	20	1
Pacífica	<i>Swietenia macrophylla</i>	Latifoliada	Lento	0.7	25	0.430	1.569	0.318	0.389	0.2	0.3	0.5	0.2	0.7	0.9	23.5	30	1
Pacífica	<i>Alnus acuminata</i>	Latifoliada	Medio	18.0	16	0.390	2.522	0.394	0.409	7.0	7.0	17.7	10.7	24.7	37.0	591.8	100	2
Pacífica	<i>Cedrela odorata</i>	Latifoliada	Medio	6.8	18	0.575	2.348	0.358	0.462	3.3	3.9	9.2	5.3	12.5	21.1	379.5	68	2
Pacífica	<i>Cordia alliodora</i>	Latifoliada	Medio	22.0	20	0.434	1.570	0.346	0.379	5.2	9.6	15.0	5.4	20.2	28.0	560.5	90	2
Pacífica	<i>Eucalyptus globulus</i>	Latifoliada	Medio	12.9	7	0.565	2.429	0.157	0.441	2.8	7.3	17.7	10.4	20.5	33.1	232.0	55	2
Pacífica	<i>Tabebuia rosea</i>	Latifoliada	Medio	20.0	18	0.558	1.655	0.436	0.382	8.1	11.2	18.5	7.3	26.5	37.1	668.0	78	2
Pacífica	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Latifoliada	Rápido	14.4	7	0.550	1.870	0.278	0.451	4.1	7.9	14.8	6.9	18.9	31.3	219.1	50	2
Pacífica	<i>Eucalyptus grandis</i>	Latifoliada	Rápido	34.6	7	0.475	1.439	0.163	0.475	3.8	16.4	23.6	7.2	27.5	47.8	334.9	85	2
Pacífica	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Latifoliada	Rápido	19.6	7	0.513	2.429	0.157	0.441	3.8	10.0	24.4	14.4	28.2	45.6	319.2	40	1
Pacífica	<i>Gmelina arborea</i>	Latifoliada	Rápido	35.1	10	0.456	1.338	0.250	0.411	5.4	16.0	21.4	5.4	26.8	40.4	404.1	73	2
Pacífica	<i>Jacaranda copaia</i>	Latifoliada	Rápido	33.7	7	0.361	1.392	0.207	0.485	3.5	12.2	17.0	4.8	20.5	36.4	254.9	55	2
Pacífica	<i>Ochroma pyramidale</i>	Latifoliada	Rápido	34.3	7	0.210	1.392	0.207	0.443	2.1	7.2	10.0	2.8	12.1	19.7	137.9	25	1

Nota. IMA: Incremento medio anual (m³/ha/año); D: Densidad básica de la madera (t/m³); FEB: Factor de expansión de biomasa; R: Relación biomasa subterránea/aérea; FC: Fracción de carbono; B: Biomasa (t/ha/año); TFC: Tasa de fijación de carbono (t CO₂/ha/año), CA: Carbono acumulado al turno (t CO₂/ha).



Validación y socialización de la consultoría

Se sostuvieron dos encuentros de socialización del contrato: el primero consistió en un taller de socialización al inicio de la consultoría y el segundo un taller de socialización de los resultados de la consultoría.

Taller de socialización de inicio de la consultoría

Durante el taller se presentaron los antecedentes del contrato, el objetivo, alcance y el equipo de trabajo a cargo de la coordinación y ejecución técnica del contrato. Se contextualizó la importancia del carbono para la mitigación del cambio climático dentro de los compromisos nacionales de mitigación, y el aporte que las plantaciones pueden dar al cumplimiento de dichos compromisos. Se presentó una conceptualización teórica de las variables empleadas para la estimación de factores de emisión y se invitó a los asociados de FEDEMADERAS a participar a través del aporte de información sobre incrementos medios anuales en volumen (IMA), densidad básica de la madera (D), factores de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/aérea (R), fracciones de carbono (FC) y modelos alométricos de volumen y biomasa de especies forestales, con un manejo confidencial de los datos suministrados. En la [tabla 8](#) se presentan los asistentes a la reunión de socialización de inicio de la consultoría.

Tabla 11 Participantes a reunión de socialización de inicio de consultoría en FEDEMADERAS

Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
Universidad del Tolima	Ibagué	Alonso Barrios	abarriost@ut.edu.co
	Ibagué	Milena A. Segura	masegura@ut.edu.co
	Ibagué	Hernán J. Andrade	hjandrade@ut.edu.co
	Ibagué	Víctor Nieto	Victor1nieto1@gmail.com
Universidad Nacional	Medellín	Rodolfo H. Parra Sánchez	rhparra@unal.edu.co
Fedemaderas	Bogotá	Sindy Baron	Coordinacion@fedemaderas.org.co



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
	Bogotá	Luis Octavio López G.	otalopez1@gmail.com
	Bogotá	Alejandra Ospitia Murcia	direccion@fedemaderas.org.co
	Medellín	Sergio Orozco Escobar	dirantioquia@fedemaderas.org.co
Núcleo Forestal Primavera	La Primavera	Jesús Rivera	Jesusrivera@proyectosforestales.com
	La Primavera	Juan Guarnizo Orjuela	mdl@proyectosforestales.com
IDEAM SEA	Bogotá	Luis E. Caicedo Navarro	lecaicedo@ideam.gov.co
	Bogotá	Lizet J. Robayo Rocha	ljrobayo@ideam.gov.co
Smurfit Kappa Colombia	Yumbo	Mauricio López	mauricio.lopez@smurfitkappa.com.co
Visso Consultores	Bogotá	Jorge Girón	jgiron@vissoconsultores.com
Incomser Ltda.	Bogotá	María Rivera	proyectosforestales@proyectosforestales.com
ProClima Intl.	Bogotá	Ángela Duque	adunque@proclima.net.co
Forestry Consulting group	Medellín	Paulo Hernández	Paulo.hernandez@fcgsas.com

Los asistentes al taller estuvieron de acuerdo con el enfoque metodológico presentado y manifestaron su interés y apoyo a la iniciativa. Sin embargo,



consideraron que la entrega de información debía hacerse desde FEDEMADERAS al IDEAM y no directamente a la Universidad del Tolima, debido a la confidencialidad del manejo de los datos, por lo que, se adquirió un compromiso de tramitar un acuerdo de confidencialidad entre FEDEMADERAS y el IDEAM.

Taller de socialización de los resultados de la consultoría

Inicialmente, se presentó el objetivo, alcance y el equipo de trabajo a cargo de la coordinación y ejecución técnica del contrato. Seguido a esto, se mostró la priorización del área de estudio en donde se identificaron tres regiones estratégicas para plantaciones forestales (Andina, Caribe y Orinoquía) y se identificaron las especies de interés por área plantada actual y expectativas de siembra. Se presentaron las variables definidas para el establecimiento de factores de emisión y las fuentes de información consultadas para la estructuración de la base de datos. Se informó que se realizaron consultas a expertos a través de oficios remitidos vía correo electrónico y visitas presenciales realizadas para la recopilación de información.

Se presentaron los resultados de las variables requeridas para la estimación de factores de emisión de carbono para especies/región, como el incremento medio anual (IMA), turnos o edades de rotación, densidad básica de la madera (D), factores de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), y fracción de carbono (FC). Durante la presentación se hizo énfasis en que existen especies con información disponible que permite tener una base de datos bastante confiable, y que estas especies representan alrededor de 60 % del área con plantaciones forestales comerciales, sin embargo, hay un grupo de especies que carecen de información. Finalmente, se presentaron las fórmulas empleadas para determinar los factores de emisión de carbono, las tasas de fijación de carbono para especies en un escenario Tier 2 y Tier 1. En la [tabla 9](#) se presentan los asistentes al taller de socialización de resultados de la consultoría.

Tabla 12 Participantes a reunión de socialización de resultados de consultoría en FEDEMADERAS

Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
FEDEMADERAS	Bogotá	Alejandra Espitia	coordinacion@fedemaderas.org .co
FEDEMADERAS	Bogotá	Sindy Barón	coordinacion@fedemaderas.org .co
Forestales La Primavera	Bogotá	Juan E. Guarnizo Orjuela	mdl@proyectosforestales.com



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
Biofix	Bogotá	Ana Milena plata	Aplata@biofix.com.co
Forestry Consulting Group	Medellín	Ana María Munévar Díaz	ana.munevar@fcgsas.com
Forestry Consulting Group	Medellín	Paulo Hernández	Paulo.hernandez@fcgsas.com
IDEAM-proyecto Biocarbono Rincco S.A.S	Bogotá	Luis Enrique Caicedo Navarro	lecaicedo@ideam.gov.co
IDEAM-SEA	Medellín	José Rivera	j.rivera@rincco.com
IDEAM	Bogotá	Lizet Jimena Robayo Rocha	ljrobayo@ideam.gov.co
Smurfitkappa	Cajicá	Juan David Turriago García	jturriago@ideam.gov.co
Universidad del Tolima	Cali	Mauricio López	Mauricio.lopez@smurfitkappa.com.co
Universidad del Tolima	Ibagué	Alonso Barrios	abarriost@ut.edu.co
Universidad del Tolima	Ibagué	Hernán J. Andrade	hjandro@ut.edu.co
Universidad del Tolima	Ibagué	Milena A. Segura Madrigal	masegura@ut.edu.co

Finalizando el taller se pidió a los asistentes manifestar comentarios adicionales sobre el enfoque metodológico y resultados entregados, así como, fuentes de información para enriquecer la base de datos. Los asistentes destacaron los resultados obtenidos por la Consultoría, sin embargo, algunos asistentes manifestaron no estar de acuerdo con que se estandaricen los valores de las variables o de los factores de emisión de carbono para las plantaciones forestales de Colombia. Los asistentes abogaron por mantener la autonomía en los valores empleados en los cálculos y los factores de emisión reportados por los reforestadores comerciales, siempre y cuando los datos sean generados con suficiencia y rigor técnico y científico.

Como resultado de la socialización se obtuvieron nuevas fuentes de información que permitieron alimentar la base de datos, sin embargo, también quedó de manifiesto que debido a que no se adelantaron los acuerdos de confidencialidad entre IDEAM y FEDEMADERAS, no hubo una contribución directa de parte de FEDEMADERAS que hubiera facilitado la entrega de información tangible al proyecto.



Conclusiones

El establecimiento de los factores de emisión para biomasa total en plantaciones forestales requiere de seis variables, mencionadas en orden de importancia: incremento medio anual (IMA) en volumen, densidad básica de la madera (D), factor de expansión de biomasa (FEB), relación biomasa subterránea/biomasa aérea (R), turno o edad de rotación y fracción de carbono (FC). La disponibilidad de estas variables para las especies forestales establecidas en Colombia define el nivel (Tier) de la estimación de los factores de emisión.

En Colombia, se tiene gran variabilidad en la disponibilidad de información sobre las variables para estimar los factores de emisión. A partir de la información recolectada, el análisis realizado y la propuesta de estandarización de variables y de acuerdo a los Niveles Tier asignados para las especies priorizadas en las regiones estratégicas, se tiene que la región Andina y Caribe cuentan con información Nivel Tier 2 para el 88 y 78 % de las especies plantadas, respectivamente. Contrariamente, en la región de la Orinoquía solo el 57 % de sus especies priorizadas cuentan con información Nivel Tier 2.

Se logró cubrir aproximadamente un 79 % de la superficie plantada en el país (523.255 ha) con un Nivel Tier 2. Sin embargo, especies altamente potenciales para la reforestación comercial como *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus urograndis* y *Eucalyptus tereticornis*, no poseen suficiente información y, por lo tanto, quedaron clasificadas en Nivel Tier 1. Estas especies podrían ser catalogadas como prioritarias para la generación información en campo de variables para la determinación de factores de emisión.

Los niveles de disponibilidad de información de las especies empleadas en plantaciones forestales comerciales en Colombia pueden mejorar si se tiene acceso a la información colectada por empresas reforestadoras y desarrolladores de proyectos en Colombia. Es importante que se consideren políticas, mecanismos o incentivos que permitan acceder a esta información, para que sea de utilidad para todo el país. De la misma forma, se recomienda fomentar la investigación cuyos resultados sean publicados sobre aquellas especies en las cuales aún persisten vacíos de información para alcanzar el Tier 2.



Referencias Bibliográficas

- Apiolaza, LA. (2012). Basic density of radiata pine in New Zealand: genetic and environmental factors. *Tree Genet Genomes* 8:87–96
- Barrero, H. (2010). Modelo integral de crecimiento, perfil de fuste, grosor de corteza y densidad de la madera de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea*. Barret y Golfari: Estudio de caso EFI Macurije [tesis]. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río.
- Barrero, H., Equino, O., Lazo, D., & Guera, M. (2011). Determinación del Turno de Corta para *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la Empresa Forestal Integral "Macurije". *Floresta e Ambiente*, 18(1), 109-116.
- Barrios, A. (2018). Modeling radial variation and climate effects on wood properties in *Pinus radiata* D. Don plantations grown in Chile. [Doctoral thesis] Universidad Austral de Chile.
- Barrios, A., G. Trincado, & M.S. Watt. (2017). Wood properties of juvenile and mature wood of *Pinus radiata* D. Don trees growing on contrasting sites in Chile. *Forest Science*, 63(2):184–191. doi: <http://dx.doi.org/10.5849/forsci.2016-060>
- Brown, S.L., Schroeder, P., & Kern, J.S. (1999). Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management* 123:81-90
- Chave J, Muller-Landau H, Baker T, Easdale T, Steege H, Webb C. (2006). Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecol Appl* 16(6):2356–2367
- Coronel de Renolfi, M. (2015). Determinación del turno forestal: Bases teóricas y aplicaciones prácticas.
- Decreto 926 de 2017. Por el cual se establece el Procedimiento para la No Causación del Impuesto Nacional al Carbono. Bogotá D.C, Colombia. 1 de junio de 2017. <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20926%20D EL%2001%20DE%20JUNIO%20DE%202017.pdf>
- Díaz-Balteiro, L. (1997). Turno forestal económicamente óptimo: una revisión. *Economía Agraria*, (180), 181–224
- Dixon, R. (1995). Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry systems*, 31, 99-116. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00711719>
- DNP. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad. Bogotá, D. C., Colombia.



- Downes, G.M., Nyakuengama, J.G., & Evans, R. (2002). Relationship between wood density, microfibril angle and stiffness in thinned and fertilized *Pinus radiata*. IAWA J. 23(3):253–265
- FAO. (1999). Terminología Forestal Práctica. FAO-PAFBOL.
- Faustmann, M. (1849). On the determination of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Edición en inglés editada por M. Gane, Oxford Institute Paper 42, 1968. Reimpresión en Journal of Forest Economics (1995) 1(1):7- 44
- Fonseca, W. (2017). Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci), 91-109. doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.5>
- Grassi, G., House, J., Dentener, F.; Federici, S; Elzen. M; Penman, J. (2017). The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. Nature Clim Change 7, 220–226 (2017). doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate3227>
- Gobierno de Colombia. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC) 2020. La actualización de la NDC de Colombia fue aprobada en el marco de la Novena Sesión de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático, del 10 de diciembre de 2020. <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Colombia%20First/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>
- INAB (2011). Lineamientos Técnicos de Manejo Forestal. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4: AFOLU, Capítulo 4: Tierras forestales. Directrices del IPCC de 2006.
- Justo, E.E. (1978). Economía de la empresa forestal. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes Sección de Publicaciones.
- Ley 1931 de 2018. Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático, título I disposiciones generales. Bogotá D.C, Colombia. 27 de julio de 2018. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201931%20DEL%2027%20DE%20JULIO%20DE%202018.pdf>
- Loguercio, G. & Defossé, G. (2001). Ecuaciones de biomasa aérea, factores de expansión y de reducción de la lenga *Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl) Krasser, en el So del Chubut, Argentina. Ponencia presentada en el



- Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile.
- López, A.M., Barrios, A., Ortega, A., Nieto, V.M., Gasca, G., Salamanca, M. (2007). Empleo de un modelo de crecimiento y rendimiento para la determinación de la edad óptima de rotación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* creciendo en la región oriental de Colombia. *Colombia Forestal*, 10(20): 119-126
- MADR. (2021a). Boletín Estadístico Forestal marzo 2021. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). <https://www.forestmaderero.com/wp-content/uploads/2021/04/3-BOLETIN-ESTADISTICO-FORESTAL-MARZO2021-comprimido.pdf>
- MADR. (2021b). Boletín Estadístico Forestal Septiembre 2021. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). https://www.forestmaderero.com/wp-content/uploads/2021/11/BOLETIN_FORESTAL_SEPTIEMBRE_COLOMBIA.pdf
- Martínez, O. (2018). Disponibilidad de madera de plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia: análisis de prospectiva 2015-2047. Modelo del sector forestal colombiano. Bogotá: Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.
- Medel, H. B., Equino, O. P., Lazo, D. Á., Guera, M. (2011). Determinación del turno de corta para *Pinus caribaea* var. *caribaea* en la empresa forestal integral macurije. *Floresta e Ambiente*, 18(1), 109–115
- Núñez, C.E. (2007). Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera. *Rev. Cien. Tecnol.*, 44-50
- Organización de Naciones Unidas [ONU]. (2015). Acuerdo de París. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Qi, Y., Wei, W., Chen, C., & Chen, L. (2019). Plant root-shoot biomass allocation over diverse biomes: A global synthesis. *Global Ecology and Conservation*, 18(18), 14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00606>
- Restrepo, H.I., Orrego, S.A., del Valle, J.I., Salazar, J.C. (2012). Rendimiento, turno óptimo forestal y rentabilidad de plantaciones forestales de *Tectona grandis* y *Pinus patula* en Colombia. *Interciencia*, 37(1): 14-29
- Romero, C., Ros, V., Diaz-Balteiro, L. (1998). Optimal forest rotation age when carbon captured is considered: Theory and applications. *Journal of the Operational Research Society*, 49(2): 121-131
- Segura, M. & Kanninen, M. (2005). Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1), 2-8.



- Thomas, S.C. & Martin, A.R. (2012). Carbon content of tree tissues: A synthesis. *Forest* 3, 332-352. doi:10.3390/f3020332
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2018a). Lineamientos de política: plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera y su cadena productiva. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: UPRA. <https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/PLANTACIONES+FOR+ESTALES+CON+FINES+COMERCIALES+PARA+LA+OBTENCI%C3%93N+DE+MADERA+Y+SU+CADENA+PRODUCTIVA/051c6fbc-ae53-4bf6-8e45-a0d64939c391?version=1.1>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2018b). Plan de acción para el desarrollo y consolidación de la cadena productiva de las plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera 2018-2038. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá: UPRA. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col191615.pdf>
- van Kooten, G. C. (2020). How effective are forests in mitigating climate change? *Forest Policy and Economics*, 2020, 102295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102295>
- Vashum, K. & Jayakumar, S. (2012). Methods to estimate above-ground biomass and carbon stock in natural forests - A review. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 1-7. doi:10.4172/2157-7625.1000116
- Vidal, J., & Constantino, Y. (1959). *Iniciación a la ciencia forestal*. Salvat Editores, S.A. Barcelona, España. 547p.
- Villacura, L.H. (2012). Determinación de la edad de rotación óptima para dos variedades híbridas del género *Populus* ubicadas en el valle central de la Región del Maule. [Tesis de Pregrado]. Universidad Austral de Chile.



Anexos

Anexo 1 *Lista de actores clave*

Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
Universidad del Tolima	Ibagué	Alejandra Ramírez	amramireza@ut.edu.co
		Julio Bermúdez	jcbermudez@ut.edu.co
		Rosven Arévalo	rlareval@ut.edu.co
		Ómar Melo	omelo@ut.edu.co
Universidad Distrital	Bogotá	Robert Leal	rolealp@udistrital.edu.co
		Jaime Moreno	jmoreno@udistrital.edu.co
		César Polanco	cpolanco@udistrital.edu.co
		Nancy Pulido Rodríguez	nanpulido2000@yahoo.es
Universidad Nacional sede Medellín	Medellín	Sergio Orrego	saorrego@unal.edu.co
		Miguel A. Peña	mapenah@unal.edu.co
		Rodolfo H. Parra Sánchez	rhparra@unal.edu.co
		Angela María Vásquez	amvasque@unal.edu.co
Universidad del Cauca	Popayán	Román Ospina-Montealegre	rospina@unicauca.edu.co
Universidad de Nariño	Pasto	William Ballesteros	wballesterosp@udenar.edu.co
		Iván Andrés Delgado	ivan.delgado@udenar.edu.co
Universidad Industrial de Santander (UIS)	Málaga	Julián Botero	ganaderiaagroforestal@gmail.com
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)	Yopal	Blanca Carvajal	blanca.carvajal@unad.edu.co
		Esteban Álvarez	esteban.alvarez@unad.edu.co



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
Universidad de los Llanos	Villavicencio	Amanda Silva Parra	asilvap@unillanos.edu.co
Universidad de la Amazonia	Florencia	José A. Orjuela Ch.	j.orjuela@udla.edu.co
		Juan Carlos Suárez Salazar	ju.suarez@udla.edu.co
		Ervin Humprey Durán Bautista	e.duran@udla.edu.co
Universidad Tecnológica de Pereira (UTP)	Pereira	Juan Carlos Camargo	jupipe@utp.edu.co
Universidad de Córdoba	Montería	Miguel Espitia	mmespitia@correo.unicordoba.edu.co
Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá	Juan Carlos Benavides	jubenavides@javeriana.edu.co
Agrosavia	Chicoral (Tolima)	John Jairo Zuluaga	jzuluaga@agrosavia.co
	Villavicencio (Meta)	Albert Gutiérrez	agutierrez@agrosavia.co
Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)	Florencia	Luís Eduardo Rivera Martin	sinchi@sinchi.org.co
		Jaime Alberto Barrera García	jbarrera@sinchi.org.co
		Bernardo Giraldo	bgiraldo@sinchi.org.co
		Raúl Jaime Hernández	rauljaime.hernandez@cafedecolombia.com
Federación Nacional de Cafeteros	Bogotá	Raúl Jaime Hernández	rauljaime.hernandez@cafedecolombia.com
Cenicafé	Chinchiná	Fernando Farfán	fernando.farfán@cafedecolombia.com
Cenicaucho	Bogotá	Fernando García	cenicaucho@gmail.com
Instituto de Investigaciones	Quibdó	Nelsy Sofia Bonilla Urrutia	sofibon@gmail.com



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
s Ambientales del Pacífico (IIAP)		Zulmary Valoyes Cardozo	zulmaryvaloyes@gmail.com
CONIF	Bogotá	Fabio Escobar	fabioescobarv@gmail.com
Procuenca	Manizales	Alejandro Arango Castro	gerencia@infimanizales.com
ONF Andina	Bogotá	Natalia González Romero Juan David Calderón	contacto@onfandina.com jdcalderonv@dane.gov.co
Forest Stewardship Council (FSC)	Bogotá	Marisol Jaime Yadid Ordoñez	m.jaime@fsc.org yordonez@catie.ac.cr
IDEAM	Bogotá	María Cecilia Cardona Claudia Patricia Olarte Luis Mario Moreno Luis E. Caicedo Navarro Lizet J. Robayo Rocha	mcardona@ideam.gov.co colarte@ideam.gov.co lmoreno@ideam.gov.co lecaicedo@ideam.gov.co ljobayo@ideam.gov.co
MADS	Bogotá	Javier Darío Aristizábal Carlos Garrid Jiménez María Natalia Arias Sánchez	jaristizabal@minambiente.gov.co crivera@minambiente.gov.co mnariass@minambiente.gov.co
MADR	Bogotá	Dirección cambio climático Marlene Velásquez Jiménez	cclimatico@minambiente.gov.co marlene.velasquez@minagricultura.gov.co



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
CATIE	Costa Rica	Manuel Enrique Paredes	manuel.paredes@minagricultura.gov.co
		Nelson Enrique Lozano	nelson.lozano@minagricultura.gov.co
		Miguel Cifuentes	miguel.cifuentes@catie.ac.cr
		Fernando Casanoves	casanoves@catie.ac.cr
		Adriana Yepes Quintero	adriana.yepes@fao.org
Verra- South pole	Bogotá	María Echeverri	maria.chauxecheverri@fao.org
		Susana Vélez	svhaller@verra.org
Proclima	Bogotá	Angela Duque	adunque@proclima.net.co
Cercarbono	Bogotá	Catalina Romero	info@cercarbono.com
		Álvaro Vallejo	avallejo@cercarbono.com
Verifit	Bogotá	Pablo Rodríguez	contacto@verifit.com.co
		Martín Pérez	makalazz@hotmail.com
Independiente	Bogotá	Juan Saldarriaga	jsaldarr@uniandes.edu.co
Independiente	Bogotá	Miguel Rodríguez	mrodriguezmelos@gmail.com
Fedemaderas	Bogotá	Sindy Baron	Coordinacion@fedemaderas.org.co
		Luis Octavio López G.	otalopez1@gmail.com
	Bogotá	Alejandra Ospitia Murcia	direccion@fedemaderas.org.co
		Medellín	Sergio A. Orozco Escobar
	La Primavera	Jesús Rivera	Jesusrivera@proyectosforestales.com



Institución	Ciudad	Experto	Información de contacto
Núcleo Forestal La Primavera	La Primavera	Juan E. Guarnizo	mdl@proyectosforestales.com
Smurfit Kappa Colombia	Yumbo	Orjuela	mauricio.lopez@smurfitkappa.com.co
Visso Consultores	Bogotá	Mauricio López	mauricio.lopez@smurfitkappa.com.co
Incomser Ltda.	Bogotá	Jorge Girón	jgiron@vissoconsultores.com
Forestry Consulting Group S.A.S.	Bogotá	María Rivera	proyectosforestales@proyectosforestales.com
Ecologic S.A.S.	Medellín	Paulo Hernández	Paulo.hernandez@fcgsas.com
Aldea Forestal S.A.	Bogotá	Julieth Gómez Duarte	julieth.gomez@co2cero.co
InverBosques	Bogotá	Andrés Alfonso Wilson Camargo	andres.alfonso@co2cero.co
Campo Forestal	Bogotá	Daniel Obando	aldea.forestal.sa@gmail.com
Instituto Financiero del Casanare IFC	Bogotá	María Margarita Romero	aldea.forestal.sa@gmail.com
Instituto Colombiano Agropecuario ICA	Medellín	Elkin Rodríguez	luis.jaramillo@inverbosques.com
Fundación Cataruben	Medellín	Luis Fernely Jaramillo	luis.jaramillo@inverbosques.com
	Bogotá	Gómez	Jose.baquero@campoforestal.com
	Yopal, Casanare	José Luis Baquero	m
	Bogotá	Cristian Vargas	ventanillaunica@ifc.gov.co
	Bogotá	Martha Arias	martha.arias@ica.gov.co
	Casanare	María Fernanda Wilches	gerencia@cataruben.org



Anexo 2 *Base de datos final en Excel de la Consultoría*

Anexo 3 *Bases de datos en Excel de cada variable requerida para la determinación de factores de emisión*

Anexo 4 *Bases de datos en Excel con los factores de emisión para las especies priorizadas en las regiones estratégicas*

Anexo 5 *Bases de datos en Excel con los factores de emisión para las especies y regiones no priorizadas*

Biocarbono

Paisajes sostenibles bajos en carbono

<https://biocarbono.org/>



/biocarbono



/biocarbono



/@proyectobiocarbono2074



/biocarbono_



/company/biocarbono/