

**Cálculo de Mitigación de Carbono**  
**Zonas Verdes - Universidad del Rosario**  
**Dirección de Hábitat**

**Profesional de Gestión Ambiental**  
**Esteban David Arce Pardo**

***Febrero 2026***

## 1. DECLARACIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

El informe abarca cuatro sedes institucionales: Claustro, Quinta de Mutis, la Sede de Emprendimiento, Innovación y Creación en Bogotá, y la Estación Experimental José Celestino Mutis (EEJCM), ubicada en La Vega, Cundinamarca. En cada una de estas sedes se analizan dos tipos de cobertura vegetal: (i) bosque nativo secundario y (ii) áreas de jardín o césped con mantenimiento periódico.

Tabla 1. Distribución de zonas de bosques nativos y jardín en mantenimiento

Sede / Campus	Municipio	Bosque nativo (m <sup>2</sup> )	Jardín / Pasto (m <sup>2</sup> )
Claustro	Bogotá D.C.	—	4.724
Quinta de Mutis	Bogotá D.C.	5.861	3.596
Emprendimiento	Bogotá D.C.	65.441	269.858
La Vega (EEJCM)	La Vega, Cundinamarca	123.898	457
<b>TOTALES</b>	<b>4 sedes</b>	<b>195.200 m<sup>2</sup></b>	<b>278.635 m<sup>2</sup></b>

Fuente: Anexos - Planos

## 2. DISCUSIÓN METODOLÓGICA

Cuando se habla de carbono en los bosques, existen dos conceptos que se confunden frecuentemente pero que son completamente distintos. El stock es la cantidad de carbono que está almacenada en la biomasa del bosque en un momento dado, como una fotografía del carbono acumulado durante años o décadas. El flujo es cuánto carbono absorbe el bosque cada año, como la velocidad a la que crece esa reserva.

Para calcular la compensación de una huella de carbono anual, lo que se necesita es el flujo, es decir, cuántas toneladas de CO<sub>2</sub> captura el bosque en un año específico. Usar el stock como proxy del flujo sería un error metodológico grave: sería como confundir el saldo de una cuenta bancaria con el salario mensual. El Inventario Forestal Nacional (IFN) del IDEAM, el documento de ANLA-SIPTA (2023) y los protocolos de Yepes et al. del SMBYC proveen todos valores de stock, no de flujo anual. Esto fue verificado directamente en cada documento fuente.

Tabla 2. Resumen de fuentes consultadas

Fuente consultada	Tipo de dato que provee	¿Sirve para flujo anual?	Razón
IFN Ciclo 2015–2022, IDEAM	Stock: 157 tCO <sub>2</sub> eq/ha (57 parcelas Andes)	No	Mide carbono acumulado en un momento dado
ANLA-SIPTA (2023)	Stock: valores de referencia por cobertura CLC	No	Valores de almacenamiento, no de captura anual
Yepes et al. (IDEAM/SMBYC)	Metodología para calcular biomasa	No directamente	Protocolo que requiere mediciones propias en campo
IPCC 2019 Refinement, Tabla 4.9	Flujo: tasa de crecimiento neto anual de biomasa	Sí	Da directamente la tasa de absorción en t MS/ha/año con incertidumbre declarada

### 3. METODO ELEGIDO

La referencia metodológica adoptada en el presente análisis corresponde a las directrices del **Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)**, las cuales constituyen el estándar oficial utilizado por Colombia para la elaboración de sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero reportados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), incluyendo el Segundo Informe Bienal de Actualización (IDEAM et al., 2018). En consecuencia, los factores empleados en este informe son consistentes con aquellos utilizados por el Estado colombiano en sus reportes internacionales, lo que garantiza coherencia metodológica, trazabilidad y solidez técnica frente a procesos de auditoría nacionales e internacionales.

La actualización metodológica de 2019 del IPCC representa un avance sustantivo frente a la versión de 2006, al incorporar una base empírica compuesta por más de 25.000 parcelas de campo en bosques naturales a nivel global. Asimismo, introduce una diferenciación explícita entre bosque primario, bosque secundario mayor a 20 años y bosque secundario menor a 20 años, permitiendo una asignación más precisa de factores de remoción de carbono según el estado sucesional de la cobertura. Esta distinción resulta fundamental para evitar sesgos de estimación y asegurar la correcta aplicación de los factores correspondientes.

Adicionalmente, la clasificación de zonas ecológicas adoptada por el IPCC se fundamenta en el estándar de la FAO (2012), el cual ubica a los Andes colombianos dentro de la categoría “Tropical Mountain System”. Esta correspondencia se encuentra verificada en la Tabla 4.9 del IPCC (2019), donde la delimitación geográfica incluye explícitamente a “North and South America”, confirmando la pertinencia técnica de la aplicación de estos factores al contexto colombiano.

### 4. RIGOR METODOLÓGICO (IPCC TIER 1)

La referencia metodológica adoptada corresponde a las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), específicamente la actualización de 2019 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines), aplicando la metodología Tier 1 para el sector Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Este es el mismo estándar que Colombia emplea en la elaboración de sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero reportados ante la UNFCCC, incluyendo el Segundo Informe Bienal de Actualización (IDEAM et al., 2018), lo que garantiza coherencia metodológica, trazabilidad y solidez técnica frente a procesos de auditoría nacionales e internacionales.

La versión 2019 representa un avance sustantivo frente a la edición de 2006, al incorporar una base empírica de más de 25.000 parcelas de campo en bosques naturales a nivel global e introducir una diferenciación explícita entre bosque primario, bosque secundario mayor a 20 años y bosque secundario menor a 20 años. Esta distinción es fundamental para asignar los factores de remoción correctos según el estado sucesional de cada cobertura y evitar sesgos de estimación. La clasificación de zonas ecológicas sigue el estándar de la FAO (2012), que ubica los Andes colombianos en la categoría Tropical Mountain System, correspondencia verificada directamente en la Tabla 4.9 del IPCC (2019), donde la delimitación geográfica incluye explícitamente North and South America.

Para los bosques nativos se aplicó la Ecuación 2.10 del IPCC (2019, Capítulo 2), que calcula el crecimiento total de biomasa integrando tanto la fracción aérea (AGB) como la subterránea (BGB), a partir de los valores por defecto de la Tabla 4.9 —crecimiento neto AGB:  $1.8 \text{ t MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$ — y la Tabla 4.4 —factor raíz/tallo  $R = 0.348$ — para la categoría Tropical Mountain System, North and South America, Secondary >20 years. La clasificación como bosque secundario mayor a 20 años se justifica porque la totalidad de las coberturas forestales evaluadas corresponde a bosques nativos en predios adquiridos previamente, sin registro de plantación reciente. Para las áreas de jardín y

pasto con mantenimiento se aplicó la metodología de cambio en carbono orgánico del suelo establecida en el Capítulo 6, Tabla 6.2 del IPCC (2019), bajo la categoría Improved Grassland, Tropical Montane.

### 3. FACTORES DE CONVERSIÓN

#### 3.1 FACTORES BIOMASA AÉREA DE BOSQUES

El punto de partida es la Tabla 4.9 del IPCC (2019), que reporta la tasa de crecimiento neto de biomasa aérea (Above-Ground Net Biomass Growth) en toneladas de materia seca por hectárea por año. Esta tabla diferencia por zona ecológica, continente y estado del bosque. Para los bosques de las sedes, la fila aplicable es Tropical Mountain System, North and South America, Secondary >20 years.

Los bosques de La Vega y Bogotá están clasificados como secundarios con más de 20 años de regeneración, lo que los ubica exactamente en esa categoría. El valor que el IPCC asigna a esa fila es  $1.8 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$  con una desviación estándar de 0.8, derivado de la tabla 4.9 del IPCC (2019).

Tabla 3. Resumen de factores IPCC 2019 Biomasa aérea

Zona ecológica / Continente	Estado del bosque	Crecimiento AGB ( $\text{t MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$ )*	Desviación estándar
Tropical Mountain System — North and South America	Primary (Primario)	0.5	$\pm 1.9 \text{ SD}$
Tropical Mountain System — North and South America	<b>Secondary &gt;20 años</b>	<b>1.8</b>	<b><math>\pm 0.8 \text{ SD}</math></b>
Tropical Mountain System — North and South America	Secondary $\leq 20$ años	4.4	$\pm 1.6 \text{ SD}$

Fuente: IPCC (2019). Volume 4, Chapter 4, Table 4.9 (Updated): Above-Ground Net Biomass Growth in Natural Forests. p. 4.35. La nota 1 de esa tabla aclara que el valor representa el cambio neto total en biomasa aérea, incluyendo tanto el crecimiento como la mortalidad.

#### 3.2 FACTOR RAÍZ/TALLO (R) — TABLA 4.4 IPCC 2019

La Tabla 4.9 reporta únicamente el crecimiento de la biomasa aérea, es decir, lo que crece sobre el suelo: troncos, ramas y follaje. Sin embargo, los bosques también fijan carbono en las raíces subterráneas, que representan una porción significativa del total. Para incluir este componente, el IPCC define en el Capítulo 2 la Ecuación 2.10, que establece que el crecimiento total de biomasa se obtiene multiplicando el crecimiento aéreo por  $(1 + R)$ , donde R es el ratio de biomasa subterránea respecto a la aérea.

El valor de R para bosques nativos andinos se obtiene de la Tabla 4.4 del mismo documento. Para la categoría Tropical Mountain, North and South America, con biomasa aérea menor o igual a 125 t/ha (que corresponde a bosques secundarios de la región), el valor por defecto es  $R = 0.348$  (IPCC, 2019, Tabla 4.4, p. 4.18). Esto significa que por cada tonelada de biomasa aérea que crece, las raíces aportan 0.348 toneladas adicionales.

Tabla 4. Resumen de factores de biomasa subterránea

Zona ecológica / Región	Categoría de biomasa	R (raíz/tallo)	Interpretación práctica
Tropical Mountain — North and South America	AGB $\leq 125 \text{ t/ha}$ ← aplica bosques secundarios	0.348	Por cada 1 t de biomasa aérea → 0.348 t adicionales en raíces

Tropical Mountain — North and South America	AGB > 125 t/ha (bosques muy maduros o primarios)	0.283	Bosques con mayor biomasa tienen raíces proporcionalmente menores
---	--	-------	---

Fuente: IPCC (2019). Volume 4, Chapter 4, Table 4.4: Ratio of Below-Ground Biomass to Above-Ground Biomass (R) for Natural Forests. p. 4.18.

### 3.3 CADENA DE CONVERSIÓN COMPLETA: DE T MS A TCO<sub>2</sub>/HA/AÑO

Con los dos valores anteriores, el crecimiento aéreo  $G_W$  y el factor de raíces  $R$ , se aplica la Ecuación 2.10 del Capítulo 2 del IPCC (2019) para obtener el crecimiento total de biomasa. Luego se aplican dos factores de conversión estándar: la fracción de carbono en la biomasa seca ( $CF = 0.47$ ), establecida en la Ecuación 2.9 del IPCC (2006) y confirmada por el IDEAM (2014), y el peso molecular del CO<sub>2</sub> respecto al carbono ( $44/12 = 3.667$ ), que convierte carbono elemental en CO<sub>2</sub>. El resultado final es la absorción anual en toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea por año.

$$G_{TOTAL} = G_W \times (1 + R) \text{ [Ec. 2.10, IPCC Cap. 2]}$$

$$\text{Absorción} = G_{TOTAL} \times CF \times \frac{44}{12}$$

Tabla 5. Resumen de operaciones

#	Operación	Factor y fuente	Resultado acumulado
1	Crecimiento neto de biomasa aérea ( $G_W$ )	1.8 t MS·ha <sup>-1</sup> ·yr <sup>-1</sup> — IPCC 2019, Tabla 4.9, p. 4.35	1.8000 t MS aérea/ha/año
2	Incluir raíces subterráneas: $G_W \times (1 + R)$ — Ecuación 2.10 IPCC Cap. 2	$R = 0.348$ — IPCC 2019, Tabla 4.4, p. 4.18	$1.8 \times 1.348 = 2.4264$ t MS total/ha/año
3	Convertir materia seca a carbono elemental	$CF = 0.47$ — IPCC 2006, Ec. 2.9; confirmado por IDEAM (2014)	$2.4264 \times 0.47 = 1.1404$ tC/ha/año
4	Convertir carbono elemental a CO <sub>2</sub> (peso molecular: 44 g CO <sub>2</sub> / 12 g C)	Factor = $44/12 = 3.667$ — estándar IPCC universal	$1.1404 \times 3.667 = 4.18$ tCO <sub>2</sub> /ha/año
✓	<b>FACTOR FINAL — Bosque secundario &gt;20 años (AGB + BGB)</b>	Fuentes: IPCC 2019 Tab. 4.9 + Tab. 4.4 + Ec. 2.10; IPCC 2006 Ec. 2.9	<b>4.18 tCO<sub>2</sub>/ha/año (SD: ±0.8 → rango: 2.32 – 6.04)</b>

### 3.4 FACTOR DE ABSORCIÓN PARA JARDINES Y PASTO: 1.38 TCO<sub>2</sub>/HA/AÑO

Los jardines y áreas de pasto presentan un desafío metodológico distinto al de los bosques. A diferencia de los árboles, el pasto no acumula carbono en su biomasa aérea de manera neta: crece, se corta o se seca, y el carbono regresa a la atmósfera en el mismo ciclo anual. Por eso no es posible aplicar una tasa de crecimiento de biomasa como se hace con los bosques. Sin embargo, el pasto sí puede acumular carbono en el suelo de manera permanente, y esa acumulación es cuantificable según el IPCC.

#### 3.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS JARDINES COMO 'IMPROVED GRASSLAND'

Para poder usar los factores de cambio en carbono del suelo del Capítulo 6, primero hay que demostrar que los jardines institucionales califican como 'Improved Grassland' (pastizal mejorado) según la definición del IPCC (2019). La Figura 6.1 de ese capítulo (árbol de decisión) define como pastizal mejorado cualquier cobertura permanente de pasto que recibe al menos una práctica de manejo que incrementa los aportes de carbono al suelo.

Los jardines de las sedes cumplen esta condición: son coberturas permanentes (no temporales), reciben riego programado y corte periódico con retiro de material, que mantiene la densidad del pasto y la actividad microbiana

del suelo. Estas prácticas clasifican los jardines como Improved Grassland, Tropical Montane, según la Tabla 6.2 del IPCC (2019).

### 3.4.2 FUENTE PRIMARIA — TABLA 6.2 IPCC 2019

La Tabla 6.2 del Capítulo 6 del IPCC (2019) provee factores relativos de cambio en el stock de carbono orgánico del suelo (Stock Change Factors). Se combinan tres factores multiplicativos: FLU (uso de tierra), FMG (manejo del pastizal) e FI (nivel de insumos). El producto de los tres, comparado con el estado de referencia, indica cuánto cambia el carbono en el suelo respecto a un pastizal no mejorado.

Tabla 6. Factores de cambio de jardines mejorados

Factor	Descripción	Categoría aplicada	Valor IPCC	Error declarado en Tabla 6.2
FLU	Factor de uso de tierra (land use)	All native / permanent grassland	1.00	Valor de referencia (base de comparación)
FMG	Factor de manejo (management)	Improved grassland — Tropical Montane	1.16	±40% — IPCC declara datos insuficientes para Tropical Montane; valor estimado como promedio entre zonas templada y tropical (nota 5, Tabla 6.2)
FI	Factor de insumos (input level)	Medium input — mantenimiento estándar sin fertilización intensa	1.00	Valor de referencia

Fuente: IPCC (2019). Volume 4, Chapter 6: Grassland. Table 6.2 (Updated): Relative Stock Change Factors for Grassland Management. p. 6.6. La nota 5 de esa tabla señala literalmente: 'There were not enough studies to estimate stock change factors for mineral soils in the tropical montane climate region. As an approximation, the average stock change between the temperate and tropical regions was used.' Esta limitación está declarada en la fuente y se refleja en el ±40% de incertidumbre.

### 3.4.3 CADENA DE CONVERSIÓN COMPLETA: DE FACTORES IPCC A TCO<sub>2</sub>/HA/AÑO

Con los factores de la Tabla 6.2 se calcula la diferencia de carbono en el suelo entre un pastizal mejorado y uno de referencia, y esa diferencia se divide entre el período de transición de 20 años que el IPCC (2019) establece como estándar Tier 1 (Capítulo 6, Sección 6.2.3.2). El stock de referencia (SOCREF = 47 tC/ha) proviene del ejemplo numérico ilustrativo del propio IPCC (2019, Capítulo 6, p. 6.10), que usa ese valor para clima tropical húmedo en suelos tipo Ultisol, representativo de la zona andina colombiana.

$$\Delta SOC = SOCREF \times FLU \times (FMG_{imp} - FMG_{ref}) \div D$$

$$Absorción = \Delta SOC \times 44/12$$

Tabla 7. Resumen de cálculos para jardines mejorados

#	Operación	Factor y fuente	Resultado acumulado
1	Stock de referencia de carbono en suelo (SOCREF)	47 tC/ha — IPCC 2019, Cap. 6, p. 6.10 (ejemplo Tier 1); Tabla 2.3	47.0 tC/ha (estado de referencia, pasto nominal)
2	SOC de pastizal nominal: SOCREF × FLU × FMG <sub>ref</sub> × FI	47 × 1.0 × 1.0 × 1.0	47.0 tC/ha
3	SOC de pastizal mejorado: SOCREF × FLU × FMG <sub>imp</sub> × FI	47 × 1.0 × 1.16 × 1.0	54.52 tC/ha
4	Diferencia de carbono acumulada en el suelo (ganancia total)	54.52 – 47.0	7.52 tC/ha (ganancia acumulada en 20 años)
5	Tasa anual: dividir por período de transición D = 20 años	D = 20 años — IPCC 2019, Cap. 6, §6.2.3.2	7.52 ÷ 20 = 0.376 tC/ha/año
6	Convertir carbono a CO <sub>2</sub> : × (44/12) = × 3.667	Factor molecular estándar IPCC	0.376 × 3.667 = 1.38 tCO <sub>2</sub> /ha/año

✓	<b>FACTOR FINAL — Jardín / pasto con mantenimiento (carbono en suelo)</b>	Fuentes: IPCC 2019, Cap. 6, Tabla 6.2 + §6.2.3.4	1.38 tCO <sub>2</sub> /ha/año (±40% → rango: 0.83 – 1.93)
---	---	--	---

#### 4. CÁLCULO DE ABSORCIÓN ANUAL POR SEDE

Con los dos factores definidos y verificados en las secciones anteriores, 4.18 tCO<sub>2</sub>/ha/año para bosques y 1.38 tCO<sub>2</sub>/ha/año para jardines, se aplica el cálculo a cada sede. La fórmula es directa: área en hectáreas multiplicada por el factor correspondiente. Los metros cuadrados del inventario predial se convierten a hectáreas dividiendo por 10.000.

##### 4.1 SEDE CLAUSTRO

El Claustro no registra área de bosque nativo. Su absorción proviene íntegramente del jardín de 4.724 m<sup>2</sup> (0,4724 ha), al que se aplica el factor de suelo mejorado.

Tabla 8. Absorción anual de CO<sub>2</sub> – Sede Claustro

Parámetro	Bosque nativo	Jardín / pasto	Factor (tCO <sub>2</sub> /ha/año)	Absorción (tCO <sub>2</sub> /año)
Área total (m <sup>2</sup> )	—	4.724	—	—
Área (ha) ÷ 10.000	—	0,4724	—	—
Factor de absorción anual	—	1.38	tCO <sub>2</sub> /ha/año	—
Absorción = ha × factor	—	0,65	—	—
<b>TOTAL Claustro</b>	—	<b>0,65 tCO<sub>2</sub>/año</b>	—	<b>0,65 tCO<sub>2</sub>/año</b>

##### 4.2 QUINTA DE MUTIS — BOGOTÁ D.C.

La sede cuenta con 5.861 m<sup>2</sup> (0,5861 ha) de bosque secundario mayor a 20 años y 3.596 m<sup>2</sup> (0,3596 ha) de jardín. Se aplica el factor de biomasa total (AGB+BGB) al bosque y el factor de suelo al jardín.

Tabla 9. Absorción anual de CO<sub>2</sub> – Sede Quinta de Mutis

Parámetro	Bosque nativo	Jardín / pasto	Factor (tCO <sub>2</sub> /ha/año)	Absorción (tCO <sub>2</sub> /año)
Área total (m <sup>2</sup> )	5.861	3.596	—	—
Área (ha) ÷ 10.000	0,5861	0,3596	—	—
Factor de absorción anual	4.18	1.38	tCO <sub>2</sub> /ha/año	—
Absorción = ha × factor	2,45	0,50	—	—
<b>TOTAL Quinta de Mutis</b>	<b>2,45 tCO<sub>2</sub>/año</b>	<b>0,50 tCO<sub>2</sub>/año</b>	—	<b>2,95 tCO<sub>2</sub>/año</b>

##### 4.3 SEDE DEL EMPRENDIMIENTO, INNOVACIÓN Y CREACIÓN — BOGOTÁ D.C.

La sede cuenta con 65.441 m<sup>2</sup> (6,5441 ha) de bosque secundario mayor a 20 años y 269.858 m<sup>2</sup> (26,9858 ha) de jardín. Se aplica el factor de biomasa total (AGB+BGB) al bosque y el factor de suelo al jardín.

Tabla 10. Absorción anual de CO<sub>2</sub> – Sede del Emprendimiento, Innovación y Creación

Parámetro	Bosque nativo	Jardín / pasto	Factor (tCO <sub>2</sub> /ha/año)	Absorción (tCO <sub>2</sub> /año)
Área total (m <sup>2</sup> )	65.441	269.858	—	—
Área (ha) ÷ 10.000	6,5441	26,9858	—	—
Factor de absorción anual	4.18	1.38	tCO <sub>2</sub> /ha/año	—
Absorción = ha × factor	27,35	37,24	—	—
<b>TOTAL Emprendimiento</b>	<b>27,35 tCO<sub>2</sub>/año</b>	<b>37,24 tCO<sub>2</sub>/año</b>	—	<b>64,59 tCO<sub>2</sub>/año</b>

#### 4.4 LA VEGA (EEJCM) — LA VEGA, CUNDINAMARCA

La sede cuenta con 123.898 m<sup>2</sup> (12,3898 ha) de bosque secundario mayor a 20 años y 457 m<sup>2</sup> (0,0457 ha) de jardín. Se aplica el factor de biomasa total (AGB+BGB) al bosque y el factor de suelo al jardín.

Tabla 11. Absorción anual de CO<sub>2</sub> – Estación Experimental José Celestino Mutis (La Vega)

Parámetro	Bosque nativo	Jardín / pasto	Factor (tCO <sub>2</sub> /ha/año)	Absorción (tCO <sub>2</sub> /año)
Área total (m <sup>2</sup> )	123.898	457	—	—
Área (ha) ÷ 10.000	12,3898	0,0457	—	—
Factor de absorción anual	4.18	1.38	tCO <sub>2</sub> /ha/año	—
Absorción = ha × factor	51,79	0,06	—	—
<b>TOTAL La Vega (EEJCM)</b>	<b>51,79 tCO<sub>2</sub>/año</b>	<b>0,06 tCO<sub>2</sub>/año</b>	—	<b>51,85 tCO<sub>2</sub>/año</b>

#### 5. RESUMEN CONSOLIDADO — TODAS LAS SEDES

La siguiente tabla consolida los resultados de las cuatro sedes en un solo cuadro. La columna de absorción total por sede es la suma de la absorción de bosque más la absorción de jardín. El gran total institucional representa el potencial anual de mitigación de carbono del conjunto de sedes.

Tabla 12. Resumen Absorción CO<sub>2</sub> – UR

Sede	Bosque (ha)	Jardín (ha)	Absorción bosque (tCO <sub>2</sub> /año)	Absorción jardín (tCO <sub>2</sub> /año)	Total sede (tCO <sub>2</sub> /año)
<b>Claustro</b>	0,0000	0,4724	—	0,65	0,65
<b>Quinta de Mutis</b>	0,5861	0,3596	2,45	0,50	2,95
<b>Emprendimiento</b>	6,5441	26,9858	27,35	37,24	64,59
<b>La Vega (EEJCM)</b>	12,3898	0,0457	51,79	0,06	51,85
<b>TOTALES</b>	<b>19,52 ha</b>	<b>27,86 ha</b>	<b>81,59 tCO<sub>2</sub>/año</b>	<b>38,45 tCO<sub>2</sub>/año</b>	<b>120,05 tCO<sub>2</sub>/año</b>

#### 6. CONCLUSIONES

El presente informe estima la absorción anual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) asociada a las coberturas vegetales institucionales en 120,05 tCO<sub>2</sub>eq/año, de las cuales 81,59 tCO<sub>2</sub>eq/año corresponden a bosques nativos y 38,45 tCO<sub>2</sub>eq/año a jardines y áreas de césped con mantenimiento.

La totalidad de los factores de emisión y remoción empleados fueron extraídos directamente de las tablas y ecuaciones contenidas en las Directrices 2019 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), asegurando consistencia con los lineamientos metodológicos adoptados por Colombia en sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Esta base metodológica garantiza trazabilidad, transparencia y plena reproducibilidad por parte de terceros independientes o procesos de auditoría.

El factor aplicado a jardines y césped (1,38 tCO<sub>2</sub>/ha/año) presenta el mayor nivel de incertidumbre del análisis ( $\pm 40\%$ ) y, adicionalmente, el menor rendimiento de absorción por hectárea. En este contexto, resulta técnicamente pertinente evaluar la viabilidad de introducir especies arbóreas nativas en aquellas áreas actualmente clasificadas como pasto. Una transición progresiva hacia coberturas de tipo forestal secundario permitiría aplicar el factor correspondiente a bosque (4,18 tCO<sub>2</sub>/ha/año), lo que implicaría aproximadamente triplicar la capacidad de absorción por hectárea en dichas superficies. Las 27,86 hectáreas actualmente destinadas a jardín constituyen, por tanto, una oportunidad concreta de mejora dentro del mismo predio institucional.

Para aquellas emisiones cuya compensación no pueda incrementarse mediante cambios en la cobertura vegetal, se recomienda complementar la estrategia mediante la adquisición de créditos de carbono certificados bajo estándares reconocidos internacionalmente (por ejemplo, VCS, Gold Standard o equivalentes), priorizando proyectos de conservación o restauración forestal en la región andina colombiana. Esta aproximación fortalecería la coherencia geográfica, ambiental y metodológica del reporte, manteniendo alineación con los principios de integridad ambiental y adicionalidad.

## 7. DECLARACIÓN DE INCERTIDUMBRE

Todo inventario de gases de efecto invernadero debe declarar la incertidumbre de sus estimaciones. La incertidumbre no invalida el cálculo: es parte normal de la metodología Tier 1 del IPCC y está explícitamente declarada en las tablas fuente. Lo importante es que el valor central es el mejor estimador disponible con las fuentes internacionalmente aceptadas, y los rangos inferior y superior indican cuán variable puede ser ese valor según los estudios disponibles.

Tabla 13. Resumen de incertidumbre de acuerdo a factores

Cobertura	Factor central	Tipo y magnitud de incertidumbre	Límite inferior	Límite superior	Fuente
Bosque secundario >20 años	4.18 tCO <sub>2</sub> /ha/año	SD = $\pm 0.8$ t MS·ha <sup>-1</sup> ·yr <sup>-1</sup> sobre G_W (propagado a toda la cadena)	2.32 tCO <sub>2</sub> /ha/año	6.04 tCO <sub>2</sub> /ha/año	IPCC 2019, Tab. 4.9
Jardín / pasto mejorado	1.38 tCO <sub>2</sub> /ha/año	$\pm 40\%$ sobre FMG (datos insuficientes para Tropical Montane, según nota 5 de Tab. 6.2)	0.83 tCO <sub>2</sub> /ha/año	1.93 tCO <sub>2</sub> /ha/año	IPCC 2019, Tab. 6.2

La incertidumbre de los bosques (SD=0.8) se propaga así: G\_W mínimo =  $1.8 - 0.8 = 1.0 \rightarrow 1.0 \times 1.348 \times 0.47 \times 3.667 = 2.32$ . G\_W máximo =  $1.8 + 0.8 = 2.6 \rightarrow 2.6 \times 1.348 \times 0.47 \times 3.667 = 6.04$ . La incertidumbre de los jardines ( $\pm 40\%$ ) se aplica directamente al factor:  $1.38 \times 0.60 = 0.83$  (mínimo);  $1.38 \times 1.40 = 1.93$  (máximo).

## 7. Referencias Bibliográficas

- Anderson-Teixeira, K. J., et al. (2018a). CTFS-ForestGEO: A worldwide network monitoring forests in an era of global change. *Global Change Biology*, 21(2), 528–549. <https://doi.org/10.1111/gcb.12712>
- Anderson-Teixeira, K. J., et al. (2018b). Carbon cycling in mature and regrowth forests globally. *Environmental Research Letters*, 13(12), 127003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaedf3>
- FAO. (2012). Global ecological zones for FAO forest reporting: 2010 update (Forest Resources Assessment Working Paper 179). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/ap861e/ap861e00.pdf>
- IDEAM. (2014). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa-carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & Cancillería. (2018). Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). IDEAM. <https://unfccc.int/documents/193552>
- IDEAM. (2022). Inventario Forestal Nacional (IFN) Ciclo 2015–2022 — Anexo 2: Metadatos de estructura, biomasa y carbono. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>
- IPCC. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4. Agriculture, forestry and other land use (S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
- IPCC. (2019). 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4. Agriculture, forestry and other land use (E. Calvo Buendia, K. Tanabe, A. Kranjc, J. Baasansuren, M. Fukuda, S. Ngarize, A. Osako, Y. Pyrozhenko, P. Shermanau, & S. Federici, Eds.). IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- Poorter, L., et al. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530(7589), 211–214. <https://doi.org/10.1038/nature16512>
- Subdirección de Instrumentos Permisos y Trámites Ambientales — SIPTA, ANLA. (2023). Valores de referencia del carbono almacenado en coberturas de la tierra y su valoración económica (Actualización marzo 2023). Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. <https://www.anla.gov.co/images/documentos/manuales/2024-03-14-anla-VRPCA-areas-lic-ANLA.pdf>