

**POTENCIAL DE LOS BOSQUES DE GUADUA (*Guadua angustifolia* Kunth) EN LA  
REGULACIÓN CLIMÁTICA. CASO EJE CAFETERO COLOMBIANO**

**DIEGO ALEJANDRO AGUIRRE HERNÁNDEZ  
MANUEL CRIOLLO CORREA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL  
PEREIRA, 2020**

**POTENCIAL DE LOS BOSQUES DE GUADUA (*Guadua angustifolia* Kunth) EN LA  
REGULACIÓN CLIMÁTICA. CASO EJE CAFETERO COLOMBIANO**

**DIEGO ALEJANDRO AGUIRRE HERNÁNDEZ  
MANUEL CRIOLLO CORREA**

**TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ADMINISTRADOR AMBIENTAL**

**DIRECTOR: JUAN CARLOS CAMARGO GARCÍA  
PhD**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

**PEREIRA, 2020**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**PEREIRA, RISARALDA**

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, queremos dar agradecimientos a nuestros padres quienes son los principales promotores de nuestro camino de vida, también por depositar su confianza en nosotros y contribuir día a día a nuestro bienestar y al cumplimiento de nuestros deseos y expectativas. Gracias por su apoyo incondicional en todo este largo y duro proceso académico, para lo cual sin su ayuda hubiese sido imposible.*

*Damos gracias al profesor Juan Carlos Camargo García por brindarnos la oportunidad de realizar el trabajo de grado bajo su dirección, depositando su confianza en nosotros para el desarrollo de esta investigación.*

*Este trabajo se realizó en el marco del proyecto: Aportes a los sistemas de clasificación de materia prima de bambú: Caso Guadua angustifolia en el eje cafetero de Colombia, código 2-18-4, financiado por la Universidad Tecnológica de Pereira.*

*De igual manera, agradecemos al Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos y sus integrantes que contribuyeron al desarrollo del mismo, especialmente a Juan Martin Maya*

*Asimismo, agradecemos a los docentes que contribuyeron a nuestro proceso de formación académica; a cada uno de nuestros compañeros; así como a cada persona que nos brindó su apoyo en esta carrera profesional.*

## RESUMEN

En este trabajo se establecieron las bases para definir el potencial de regulación climática de los bosques dominados por la especie de bambú *Guadua angustifolia* Kunth (guadua) en la región cafetera de Colombia, considerando su capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa. Así mismo, la posibilidad de que propietarios de estos bosques puedan acceder a incentivos por este servicio ecosistémico. Dentro de los factores de sitio evaluados con potencial incidencia en los contenidos de biomasa, no se encontraron efectos significativos ( $p > 0.05$ ) de la edad de los culmos, mientras que análisis de correlación permiten evidenciar que cuando son mayores la pendiente, la temperatura y la precipitación, el valor de carbono tiende a incrementar significativamente ( $p < 0.05$ ). Así mismo, factores relacionados con el manejo como la densidad total de culmos, que a la vez es definida en muchos casos por la intensidad de cosecha, tienen un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en el contenido total de carbono, de tal manera que bosques con alta densidad de culmos tienen mayor contenido o de carbono y viceversa. El efecto de estos factores, implica gran variabilidad en el contenido de carbono total entre los sitios analizados, en un rango que va desde 18 Mg /ha a 260 Mg / ha y un contenido promedio de 108 Mg / ha ( $\pm 63$ ). De otro lado, se encontró que en la región hay mejores posibilidades de aplicar a cuatro esquemas o estándares locales para acceder a incentivos, que son el Estatuto Tributario Municipal; el Certificado de incentivo Forestal de Conservación y Reforestación; el BANCO<sub>2</sub>; y el Programa de Compensación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y aunque podrían acceder a esquemas de carácter internacional (pe. REDD +, FSC), las condiciones actuales de fragmentación de los bosques, los requerimientos de información y los costos de aplicar a estos esquemas, resultan inconvenientes para su aplicación. Los bosques de guadua del Eje Cafetero, pueden contribuir a la regulación climática mediante el almacenamiento de carbono en su biomasa con valores comparables a otros ecosistemas boscosos tropicales, pero los valores presentan una gran variabilidad dependiendo de factores de sitio y de manejo. Así mismo, dadas las condiciones actuales de estos bosques y el contexto de la región, los esquemas locales que conducen a incentivos, podrían tener mayor aplicabilidad.

**PALABRAS CLAVE:** Condiciones de sitio y manejo, carbono, incentivos, variabilidad.

## ABSTRACT

In this paper, bases were established to define the potential for climate regulation of the forests dominated by the *Guadua angustifolia* Kunth (guadua) bamboo species in the coffee-growing region of Colombia, considering its carbon storage capacity in biomass as well as the possibility for owners of these forests to have access to incentives for this ecosystem service. Among the site factors evaluated with a potential impact on biomass content, no significant effects ( $p > 0.05$ ) of the culm age were found, while correlation analysis shows that

when the slope, temperature and precipitation are higher, the carbon value tends to increase significantly ( $p < 0.05$ ). Likewise, factors related to management such as the total density of culms, which is defined in many cases by the intensity of harvest, have a significant effect ( $p < 0.05$ ) on the total carbon content, so that forests with high density of culms have higher content of carbon and vice versa. The effect of these factors implies great variability in the total carbon content between the analyzed sites, in a range ranging from 18 Mg /ha to 260 Mg / ha and an average content of 108 Mg / ha (63). On the other hand, it was found that in this region there are better chances to apply for four local schemes or standards to access incentives, which are the Municipal Tax Statute, the Forest Incentive Certificate for Conservation and Reforestation, the BANCO<sub>2</sub>, and the Greenhouse Gas Emissions Compensation Program, and although they could access to international schemes (e.g. REDD+, FSC), the current conditions of forest fragmentation, information requirements and the costs of applying to these schemes are inconvenient for their application. The guadua forests of the Coffee Axis can contribute to climate regulation by storing carbon in their biomass with values comparable to other tropical forest ecosystems, but the values are highly variable depending on site and management factors. Besides, given the current conditions of these forests and the context of the region, the local schemes that lead to incentives, could have greater applicability.

**KEY WORDS:** Site conditions and management, carbon, incentives, variability.



5.3.1.1.1	DIRECTRICES ASOCIADAS A LA APLICACIÓN DEL INCENTIVO .....	27
5.3.1.2	ESTATUTO TRIBUTARIO MUNICIPAL.....	28
5.3.1.3	CERTIFICADOS DE INCENTIVO FORESTAL A LA CONSERVACIÓN Y A LA REFORESTACIÓN.....	29
5.3.1.3.1	REQUERIMIENTOS DE APLICACIÓN AL INCENTIVO.....	30
5.3.1.4	CERTIFICADO DE INCENTIVO FORESTAL DE CONSERVACIÓN (DECRETO 900 DE 1997).....	30
5.3.1.4.1	ÁREAS QUE PUEDEN APLICAR AL INCENTIVO.....	31
5.3.1.4.2	REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO DEL CIF DE CONSERVACIÓN.....	31
5.3.1.5	PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: “INCORPORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SECTOR CAFETERO EN COLOMBIA (IBSCC)” .....	32
5.3.1.5.1	REQUISITOS PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES GEI.....	33
5.3.1.6	BANCO2.....	36
5.3.1.6.1	REQUERIMIENTOS DE APLICACIÓN AL INCENTIVO.....	37
5.3.2	INCENTIVOS DE CARÁCTER INTERNACIONAL.....	37
5.3.2.1	ESTÁNDAR DE VERIFICACIÓN DE CARBONO.....	37
5.3.2.2	REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DERIVADAS DE LA DEFORESTACIÓN Y LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES (REDD+) .....	38
5.3.2.3	CERTIFICACIÓN DE MANEJO FORESTAL: FOREST STEWARDSHIP COUNCIL-FSC.....	39
5.3.2.3.1	REQUERIMIENTOS PARA ACCEDER A LA CERTIFICACIÓN FORESTAL.....	39
5.3.3	ESQUEMAS PARA APLICAR A INCENTIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES.....	41
5.4	PROPUESTA DE ALTERNATIVAS ORIENTADAS A LA APLICACIÓN DE INCENTIVOS POR REGULACIÓN CLIMÁTICA DE LOS BOSQUES DE GUADUA EN EL EJE CAFETERO COLOMBIANO.....	44
5.4.1	PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DE UN ESTATUTO TRIBUTARIO MUNICIPAL.....	44
5.4.2	PROPUESTA ORIENTADA A CERTIFICADOS DE INCENTIVO FORESTAL A LA CONSERVACIÓN Y A LA REFORESTACIÓN ..	45



5.4.3	PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DE BANCO2.....	46
5.4.4	PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PARA EL EJE CAFETERO: “INCORPORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SECTOR CAFETERO EN COLOMBIA (IBSCC)”.....	47
5.4.5	PROPUESTA ORIENTADA A INCENTIVOS Y CERTIFICACIONES INTERNACIONALES.....	48
5.4.6	PROPUESTA ORIENTADA AL MERCADO LOCAL DE CARBONO.....	49
6.	CONCLUSIONES.....	50
	BIBLIOGRAFÍA.....	52
	ANEXOS.....	60

## LISTADO DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1.</b>	Contenido medio de carbono por culmos de <i>Guadua angustifolia</i> de diferentes edades. a) Jardín Botánico, Universidad Tecnológica de Pereira y b) Finca Yarima.....	20
<b>Figura 2.</b>	Contenido de carbono total (t / ha) de bosques de guadua en el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) La elevación, b) La pendiente, c) Temperatura, d) Precipitación e) Brillo solar y f) Posición topográfica.....	21
<b>Figura 3.</b>	Contenido de carbono total (t / ha) de bosques de guadua en el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) La densidad total de culmos por ha, b) Intensidad de cosecha estimada.....	22
<b>Figura 4.</b>	Contenido de carbono promedio (t / culmo) En el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) Elevación, b) Pendiente, c) Temperatura Media Anual, d) Precipitación Media Anual, e) Brillo Solar, f) Posición, g) Diámetro.....	23
<b>Figura 5.</b>	Variación de la Cantidad de Carbono Según el Sitio Específico del Eje Cafetero.....	25
<b>Figura 6.</b>	Proceso Asociado a la Certificación del Programa de Compensación.....	36
<b>Figura 7.</b>	Pasos para la Certificación Voluntaria con Énfasis en la Conservación .....	41
<b>Figura 8.</b>	Pasos Metodológicos para Acceder a Incentivos de Carácter Nacional.....	42
<b>Figura 9.</b>	Pasos Metodológicos para Acceder a Incentivos de Carácter Internacional.....	43

<b>LISTADO DE ANEXOS</b>	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1. MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 2. MEDICIONES PROPIEDADES FÍSICAS: YARIMA GUADUA.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO 3. MEDICIONES PROPIEDADES FÍSICAS: JARDÍN BOTÁNICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.....</b>	<b>65</b>

<b>LISTADO DE IMÁGENES</b>	<b>Pág.</b>
<b>Imagen 1. Medición de la Circunferencia del Tocón.....</b>	<b>60</b>
<b>Imagen 2. Medición de Diámetro Interno de la Basa.....</b>	<b>61</b>
<b>Imagen 3. Culmo de 2 Años.....</b>	<b>61</b>
<b>Imagen 4. Muestra de Probetas Hojas y Ramas.....</b>	<b>62</b>
<b>Imagen 5. Medición de la Longitud de Entrenudos.....</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 6. Medición de la Longitud de la Basa.....</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 7. Peso de Biomasa de Hojas y Ramas.....</b>	<b>63</b>
<b>Imagen 8. Peso de Biomasa de la Basa.....</b>	<b>64</b>
<b>Imagen 9. Peso de Biomasa de la Cepa.....</b>	<b>64</b>
<b>Imagen 10. Culmo de 2 Años.....</b>	<b>65</b>
<b>Imagen 11. Fisura de la Copa y Varillón.....</b>	<b>65</b>
<b>Imagen 12. Muestras de Probetas.....</b>	<b>66</b>
<b>Imagen 13. Medición de Paredes de la Basa.....</b>	<b>66</b>
<b>Imagen 14. Registro de Datos de Laboratorio.....</b>	<b>67</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El planeta tierra se encuentra actualmente pasando por una crisis ambiental que afecta tanto a los sistemas naturales como a los sistemas construidos. Esta situación es una consecuencia de las actividades humanas diarias (Greenpeace, 2019).

Dentro de esta crisis ambiental existe un fenómeno que avanza cada vez más rápido, el cual es el Cambio Climático (CC), que, desde el punto de vista de la meteorología, es una alteración de las condiciones predominantes del clima de una región (IDEAM, 2014). El CC tiene muchos efectos negativos sobre el medio ambiente y precisamente uno de los efectos más comunes de este es la alteración de ecosistemas o en el peor de los casos la desaparición de los mismos (GREENPEACE, 2018), que además afecta la economía de forma directa e indirecta al impedir el desarrollo de los sistemas agrícolas y forestales.

Uno de los factores causantes del CC es el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), que a su vez genera un incremento en las temperaturas en la atmósfera terrestre (Benavides y León, 2007). Dentro de estos gases se encuentra el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que, debido a sus altas cantidades emitidas producto de las actividades humanas, es considerado el de mayor relevancia a nivel mundial (Ordóñez y Masera, 2001). Según el inventario nacional y departamental de emisiones de GEI (IDEAM 2016), en Colombia se emitieron 258.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para el año 2012, cifra que es alarmante si se compara con los resultados de los años anteriores. Para el caso particular del Eje cafetero colombiano, se registraron emisiones para el 2012 entre 0.17 y 0.80 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (IDEAM 2016).

De esta manera surge la necesidad de reaccionar ante esta situación y es aquí donde los bosques cumplen un papel muy importante, no solo en lo que respecta al hábitat de la diversidad de especies de flora y fauna, sino que también en la prestación de servicios ecosistémicos como la regulación climática, debido a que tienen la capacidad de almacenar CO<sub>2</sub> en su biomasa a través de la fotosíntesis (Ibárcena y Scheelje, 2003).

Colombia cuenta con una gran diversidad de bosques, los cuales han venido disminuyendo en su área de cobertura como producto de la deforestación (Semana Sostenible, 2019). En general la deforestación en el país para los periodos 1990-2000, 2005 - 2010 y 2014 - 2015 fueron de 265.446 ha/año, 281.974 ha/año y 124.035 ha/año respectivamente. Así mismo, la deforestación para el periodo de 2017 – 2018 fue de 197.159 ha al año (IDEAM, 2018).

Entre los bosques más importantes de la región Eje Cafetero se encuentran los bosques dominados por la especie de bambú *Guadua angustifolia* Kunth (guadua), que se ubican entre los 900 y los 2000 msnm (Arango y Camargo, 2012). En el año 2006, Klein y Morales (2006) en un inventario realizado, estimaron una cobertura de bosques de guadua presentes en la región Eje Cafetero de aproximadamente 28000 ha, Estos bosques, son en su mayoría

naturales y han sido usados para la obtención de materia prima para diferentes aplicaciones (Arango y Camargo, 2012).

Los bosques de guadua presentan áreas que variaban entre 0,3 y 43,7 ha (Klein & Morales, 2006). Actualmente, esto puede haber cambiado, de acuerdo con Aguirre (2017), donde se evidencia una disminución en las áreas de bosque debido a la expansión de la agricultura y zonas urbanas.

A pesar de estar fragmentados y ser amenazados por la deforestación estos bosques cumplen un papel muy importante en la provisión de servicios ecosistémicos (Muñoz et al., 2017) y por lo tanto su conservación resulta estratégica. Estos servicios de acuerdo a MEA, (2005), pueden ser de provisión, regulación, soporte y culturales.

Para contribuir a la conservación de los bosques y de sus servicios ecosistémicos, se han diseñado diferentes estrategias que buscan compensar desde el sector privado u gubernamental a los propietarios de los bosques con incentivos. La protección y conservación de los servicios ecosistémicos prestados por la naturaleza, es producto del esfuerzo de diferentes actores, principalmente familias campesinas, pues estas son en su mayoría las que tienen una mayor relación con sus medios productivos con el sistema natural (FAO, 2020). En este sentido, surge la necesidad de implementar estrategias para motivar la conservación y protección de estos servicios, debido a que, sin la existencia de incentivos, los diferentes actores involucrado en esto no podrían disponer tiempo ni dinero en función de generar acciones para tal propósito (FAO, 2020).

No obstante, el acceso o implementación de estos esquemas puede generar costos adicionales a los propietarios de tal manera que acceder a incentivos es viable siempre y cuando los costos de conservación no superen el valor monetario recibido (Vargas y Reyes, 2011).

Dentro de los posibles incentivos asociados a servicios ecosistémicos, está el rol que cumplen los bosques en la mitigación del cambio climático a través de la fijación de carbono en su biomasa (FAO, 2020). No obstante, el potencial de regulación varía de acuerdo diferentes factores que indican en la densidad de carbono de los ecosistemas boscosos (Michael Köhl, et al. 2015).

En el caso del bambú, el contenido de carbono también puede variar de acuerdo a diferentes factores (Yuen et al 2017). Esto se asocia principalmente a el tipo de cubierta terrestre donde se ubique el bosque, variables climáticas como la precipitación y temperatura, variables intrínsecas a los bosques como la densidad de culmos/ha, las condiciones del suelo, así como la edad de los mismos, puesta que, para condiciones de bosques maduros, las cantidades de almacenamiento de carbono pueden ser mayores (Yuen et al 2017). Por otra parte, las reservas más bajas de carbono podrían estar asociadas a diferentes especies de bambú enano,

condiciones de sitio como la elevación y bajas temperatura, así como las condiciones nutricionales (Yuen et al 2017).

Por otra parte, la existencia de diferentes esquemas, iniciativas y estándares que se han diseñado a nivel global y local con el propósito de posibilitar el acceso a incentivos directa o indirectamente por parte de comunidades, productores rurales u organizaciones que garantizan la conservación de ecosistemas naturales y que a su vez el acceso a estos incentivos podría dificultarse, dados los requerimientos dependiendo de cada caso y / o contexto.

En este trabajo se pretende establecer las bases para definir el potencial de regulación climática de los bosques de guadua, con el fin de presentar recomendaciones para acceder a incentivos económicos que contribuyan significativamente en la planificación ambiental del territorio, el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y la extensión del funcionamiento de los sistemas naturales.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Establecer las bases para definir el potencial de regulación climática de los bosques de *Guadua angustifolia* Kunth en el en el Eje Cafetero de Colombia y la posibilidad de acceder a incentivos por este servicio ecosistémico.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los factores que influyen en la variación del contenido de carbono de los bosques de guadua.
- Identificar incentivos económicos asociados a la prestación de servicios ecosistémicos de regulación climática en un contexto regional.
- Proponer alternativas para el acceso a incentivos económicos por regulación climática con base en las características de los bosques de guadua.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Un tema importante que se ha venido consolidando como fuente de muchas investigaciones en función de generar alternativas para contribuir a la disminución de la degradación ambiental es el cambio climático. Según la definición abordada por la Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático, entiende este como una variabilidad en las condiciones climáticas históricas de los territorios y que puede ser atribuible a las diferentes actividades antrópicas (ONU, 1998). Por otra parte, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático lo establece como una variabilidad en el clima asociado a diferentes dinámicas naturales y/o por diferentes actividades que el ser humano realiza (IPCC, 2013). En este sentido, el cambio climático es producto de emisiones de gases generados a partir de actividades antrópicas y a su vez de dinámicas naturales, entendiendo esto como emisiones de gases efecto invernadero.

Según el Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, producto de actividades antrópicas o dinámicas naturales, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (IDEAM, 2010). Esto a su vez genera lo que se conoce como el efecto invernadero, que se entiende como la absorción eficaz de los GEI de la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, por las nubes y por la propia atmósfera debido a los mismos gases. Esto además genera que los GEI atrapen el calor en el sistema superficie-troposfera, dificultando la salida de la radiación de la tierra (IDEAM, 2010).

A nivel mundial, los ecosistemas forestales desempeñan un importante papel en cuanto a la mitigación y reducción de gases de efecto invernadero, debido a que prestan un servicio ecosistémico de regulación climática que es la fijación de carbono y actúan como un sumidero, lo cual, según la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, se entiende como un proceso mediante el cual se puede captar y almacenar un determinado gas de efecto invernadero (ONU, 1992).

Sin embargo, es preciso mencionar que muchas de las cantidades de carbono fijado por los ecosistemas forestales a nivel mundial, retornan a la atmósfera debido a la liberación del mismo mediante actividades de deforestación realizadas por diversos actores, que a su vez tienen diferentes propósitos en los territorios. La deforestación según la Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación (FAO), es un proceso que consiste en la pérdida permanente de la cubierta de bosque e implica la transformación en otro uso de la tierra. Dicha pérdida puede ser causada y mantenida por acción humana o perturbación natural.

Desde una mirada a nivel nacional, en Colombia, según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (IDEAM, 2010), las emisiones netas totales en gigagramos de CO<sub>2</sub>

equivalente para todos los sectores en el periodo 2010 al 2012 fueron de 178.258 Gg. Esto indica que el país presenta cifras considerables en cuanto a emisiones de GEI.

Con base a esto, es importante mencionar que el país debe de implementar estrategias en los planes de desarrollo, tanto nacional, regionales y locales, que permitan mitigar y/o reducir la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera, con el propósito de generar una adaptación y mitigación del cambio climático en los territorios. Es por esto que la reforestación implementada con guadua, se presenta como una estrategia adaptativa al cambio climático en un determinado territorio, por su potencial de la regulación climática.

Los ecosistemas forestales almacenan carbono capturado en toda su biomasa, entendiendo esta como la masa leñosa que presentan los árboles y arbustos en un área de vegetación (Yepes A.P. et al, 2015).

Según Yiping et al. (2010), los bosques de Bambú tienen un alto potencial de capturar y secuestrar carbono atmosférico durante su etapa de crecimiento y de esta manera actuar como un regulador climático al igual que otras especies de árboles. Los guaduales naturales en Colombia, característicos de las riberas de los ríos y de la región cafetera de Colombia, poseen una buena capacidad de almacenar dióxido de carbono (Arango y Camargo, 2012).

Para el caso de Colombia para el año 2015, la superficie boscosa correspondía aproximadamente a 58'840.508 ha y el área deforestada fue de 124.035 ha de bosque (IDEAM, 2015). Durante los años de 2013, 2014 y 2015, los mayores reportes de deforestación en el país los tuvieron las regiones Amazonia y Andina con un 46% y un 29% respectivamente (IDEAM, 2015).

Actualmente, en la región cafetera los bosques de guadua se consolidan como uno de los más abundantes y característicos de la misma (Aguirre, 2017). Sin embargo, actualmente se presentan en un alto grado de fragmentación debido a que el rango altitudinal que es óptimo para su desarrollo (900 y 1800 msnm), coinciden con el desarrollo de cultivo como el café (Ospina y Rodríguez, 2002).

Klein & Morales (2006), presentaron en un estudio realizado para la región cafetera de Colombia, que los bosques de guadua presentan áreas menores o iguales a 2 ha, y a su vez, un tamaño promedio de 2,9 ha para la totalidad de sitios muestreados. Esto reafirma que los bosques de guadua presentes en este territorio tienen un alto grado de fragmentación.

A nivel general, para bosques naturales primarios y secundarios presentan valores de almacenamiento entre 60 y 230 t C /ha y entre 25 y 190 t C/ ha, respectivamente (Brown *et ál.*, 1997). A nivel nacional, las estimaciones de carbono almacenado en los ecosistemas forestales presentan valores entre 2529 y 11476 millones de toneladas (Gibbs et al. 2007).

Yuen et al. (2017), presentaron valores de almacenamiento de carbono en bosques de *Guadua angustifolia* para Ecuador, Colombia y Bolivia con valores con un rango entre 41.3 t/ha y 155.5 t/ha. Para el caso del Eje Cafetero Colombiano, se estimó el contenido de carbono almacenado en un rodal ubicado en la ciudad de Pereira, el cual presentó una capacidad de fijación de 76 toneladas de CO<sub>2</sub>/ha, de las cuales el 83% se hallaba principalmente en la parte aérea (Camargo et al, 2010). De igual manera, Camargo et al (2007) presentó para los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Caldas valores de fijación de toneladas de carbono en una hectárea de bosque de 235.31, 204.34, 144.76 y 6.12 respectivamente.

Con base a esto, los bosques de guadua de la región del Eje Cafetero, presentan valores muy similares en cuanto a la cantidad de carbono almacenado que presentan los bosques naturales (primarios y secundarios), por lo tanto, tienen el potencial de regulación climática con condiciones parecidas en cuanto a la eficiencia de almacenamiento de carbono que dichos bosques naturales.

Así mismo, los bosques de guadua tienen la capacidad de prestar otras funciones de protección. Por un lado, en la región cafetera se hace común encontrar sobre las riberas de los ríos relictos de bosques de guadua que contribuyen a la protección de fuentes hídricas y de suelos con pendientes muy pronunciadas (Chará et al. 2010). Los bosques de guadua ubicados en las orillas de los ríos contribuyen a la protección y estabilidad de los cauces (Chará et ál. 2008), de igual manera, permite que se presente una infiltración de las aguas de escorrentía, así como a la retención de nutrientes, sedimentos y materia orgánica que podrían terminar en un cauce (Kondolf et ál. 2007; Richardson et ál. 2007).

Por otra parte, los bosques de guadua de la región cafetera teniendo en cuenta que se asocian a otro tipo de coberturas pueden generar estructuras físicas, recursos y hábitat para albergar especies de plantas y animales nativos que se asocian a los sistemas productivos (Zuluaga et al. 2011). En este sentido, pueden servir como hábitat de avifauna, los cuales a su vez se constituyen como bioindicadores del estado de los ecosistemas (Sánchez et al. 2012).

Cabe decir que las emisiones que se presentan por las diversas dinámicas naturales, así como también por diferentes actividades antrópicas, pueden contrarrestarse por otros procesos naturales realizados por diversas especies de los ecosistemas. Este tipo de servicios que benefician a las sociedades de manera indirecta o directa se les denominan servicios ecosistémicos o servicios ambientales, dentro de los cuales se presenta la regulación climática.

De acuerdo al Ministerio de Ambiente (2017) se pueden entender los servicios ecosistémicos como aquellas contribuciones que hacen los ecosistemas al bienestar humano, que se caracterizan por elementos o funciones derivadas de los ecosistemas que son apropiadas por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades. En este sentido, los bosques de guadua



se presentan como una estrategia potencial para la prestación del servicio ecosistémico de regulación climática principalmente por los servicios ambientales que prestan.

Los servicios ecosistémicos pueden estar sujetos a la aplicación de estándares y/o esquemas orientados a la conservación de los mismos en predios determinados, por parte de una persona naturales o jurídica como puede ser el caso de un ente territorial.

Estos estándares pueden estar sujetos a la aplicación de incentivos que pueden ser económicos, certificaciones, excepciones, entre otros. Estos incentivos según FAO (2020) se definen como estrategias que son empleadas por los sectores públicos y privados para motivar a comunidades, principalmente campesinas, a proteger, conservar y mejorar los servicios ecosistémicos que benefician a ellos y otras personas. Por otra parte, se pueden entender como un instrumento económico o legal diseñado en función de favorecer actividades positivas orientadas a la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, así como desalentar actividades que generen degradación de la misma (Consejo Nacional de Ambiente, 2001).

Un tipo de incentivo se asocia al pago por servicios ecosistémicos o ambientales (PSA), que se constituyen como instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los propietarios de un predio, con el propósito de garantizar la conservación de ecosistemas estratégicos que prestan servicios ecosistémicos (CIFOR, 2006). De igual manera, la reducción de impuestos por inversiones de conservación, las exenciones fiscales y exenciones de impuesto predial se constituyen como tipos de incentivos asociados a la conservación de la biodiversidad biológica (Consejo Nacional de Ambiente, 2001).

Por otra parte, para el caso de plantaciones forestales se presentan incentivos asociados a procesos de certificación. Según el FSC (2019) la Certificación Forestal asegura al consumidor que la madera, o cualquier otro producto forestal, procede de un bosque gestionado de manera responsable y sostenible.

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 CAMBIOS EN LA BIOMASA DE (CARBONO) DE ACUERDO A LAS CARACTERÍSTICAS INTRÍNECAS DE LOS BOSQUES Y LOS FACTORES DE SITIO**

Se evaluó el efecto de la edad de los culmos sobre en los contenidos de biomasa (carbono), para lo cual se hizo un trabajo de campo dividido en dos etapas en dos sitios ubicados en la ciudad de Pereira. El primer sitio, fue el Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira, Donde existen 7 ha de bosques de guadua. Este sitio, se encuentra a 1450 m de

altitud, con condiciones climáticas de precipitación media anual de 2209.7 mm y temperatura de 20 °C promedio anual y suelos andisoles (Maya et al. 2017).

El segundo sitio, fue la finca Yarima, la cual presenta 24.8 ha de bosques de guadua, ubicada a 1150 msnm, con precipitación y temperatura promedio anual de 2262 mm y 24°C, respectivamente, con suelos que corresponden principalmente al orden de los inceptisoles (Maya et al. 2017).

El trabajo realizado en estos dos sitios se desarrolló en parcelas donde se colectaron 24 culmos en el jardín botánico, con 4 réplicas por edad desde 1 a 6 años. En la finca Yarima se colectaron 18 culmos, donde solo fueron 3 réplicas por edad de 1 a 6 años. Para estimar la biomasa, el volumen neto de los culmos fue medido y la densidad media de la madera de guadua se calculó siguiendo la norma ISO-TR (2004). A partir del volumen y la densidad se calculó la masa de cada culmo y con el factor 0.5 que representa la fracción aproximada de carbono en la biomasa (Aalder et al. 2006) se estimó el carbono almacenado en la misma. Luego el valor de biomasa total se calculó usando un factor de expansión de 1.2 a partir de Arango (2011).

Los valores de carbono de acuerdo a la edad de los culmos, fueron comparados mediante la prueba de no paramétrica Kruskall Wallis, usando el software Infostat (Infostat - Statical Software, Versión. 2019 d).

Para evaluar el efecto de los factores de sitio y de manejo, se tuvo acceso a una base de datos que contenía inventarios de guadua de 33 sitios ubicados entre los 912 msnm y 2142 msnm en el Eje Cafetero colombiano (Camargo, 2006). En este sentido, se obtuvieron datos de bosques de guadua presentes en los siguientes municipios: Cartago, Viterbo, Anserma, Calarcá, Pereira, Belalcázar, Quimbaya, Palestina, Quebrada Negra, Santa Rosa, Salento, Marsella, Sevilla y Villa María. Esta información incluyó densidad de la madera, volumen de los culmos y número total de culmos de tal manera que se calculó la biomasa y el carbono, como se mencionó previamente.

Mediante análisis de correlación, se buscaron relaciones entre variables de sitio y el carbono. Para esto, las variables que se tuvieron en consideración fueron la temperatura media, la pendiente, el brillo solar, la precipitación media anual, la elevación y la posición del sitio. Este análisis se llevó a cabo también, considerando la densidad total de culmos y la intensidad de cosecha, como variables intrínsecas de los bosques que se asocian al manejo. De otro lado, el carbono entre bosques en diferentes posiciones topográficas, se comparó mediante la prueba de no paramétrica Kruskall Wallis. Para esto también se usó el software Infostat 2019 (Infostat - Statical Software, Versión. 2019 d).

Para evidenciar la variabilidad espacial del contenido de carbono en toneladas se generó un mapa de calor de acuerdo a los 33 sitios analizados en el Eje Cafetero, con la herramienta de Google Maps y Google Fusión (Google, 2019).

## **4.2 ESQUEMAS Y /O ESTÁNDARES ASOCIADOS A INCENTIVOS POR MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Para evaluar la factibilidad de aplicar a estándares para la posible obtención de incentivos, se evaluaron los requisitos tanto de aquellos de carácter global como local, en relación a las características de los bosques de guadua y aquellos que incluyen la mitigación del cambio climático a través del almacenamiento de carbono.

Aquí es importante decir, que se incluyen aquellos estándares y esquemas que aplican a bosques naturales, teniendo en cuenta que los bosques de guadua del eje cafetero son en su gran mayoría naturales (Camargo, 2006) y existen muy pocas plantaciones. Por esta razón, no se considera la función de captura de carbono, si no la de almacenamiento.

Por lo anterior, el proceso que se siguió fue la revisión del marco legal local o nacional que soporta los diferentes incentivos y luego, fueron evaluados distintos estándares para los cuales de acuerdo a sus requisitos se podría acceder con los bosques de guadua. El mismo proceso se siguió con los estándares internacionales.

La descripción de los estándares fue hecha en función de los requisitos que tienen los mismos para acceder y los beneficios que pueden lograr. Luego, de acuerdo a las características de los bosques de guadua, se evaluó la viabilidad de aplicación de estos incentivos en el contexto regional del Eje Cafetero Colombiano.

## **4.3 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS ORIENTADAS A LA APLICACIÓN DE INCENTIVOS POR REGULACIÓN CLIMÁTICA DE LOS BOSQUES DE GUADUA EN EL EJE CAFETERO COLOMBIANO**

Posterior a la descripción de los estándares y los requisitos que tienen los mismos para acceder y los beneficios que pueden lograr, se evaluó la factibilidad de aplicación de estos en la región cafetera de Colombia de acuerdo a las características de los bosques de guadua y los requerimientos asociados a los estándares globales y locales.

Para esto se tuvo en cuenta las cantidades de almacenamiento de carbono que presentan los bosques de guadua en los sitios mencionados anteriormente, las áreas promedio (en hectáreas

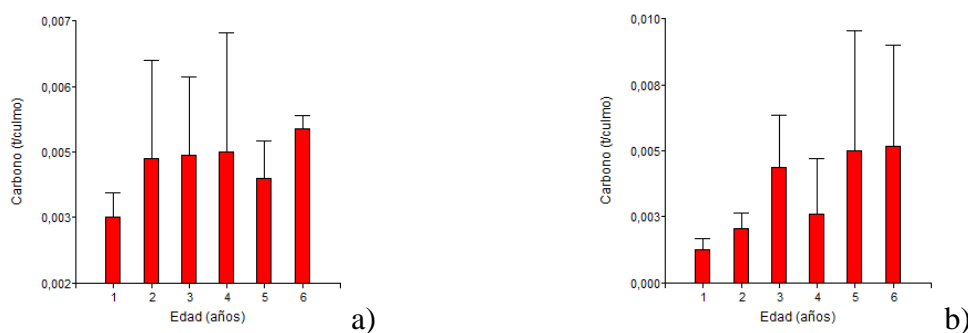
y porcentajes) de los bosques de guadua presentes en los predios de la región, el grado de fragmentación de los mismos, así como la intensidad de cosecha.

Para el caso de los incentivos se tuvo en cuenta que dentro de sus metodologías de aplicación se mencionara el área mínima requerida en bosque, el tipo de especie que puede estar asociada al ecosistema forestal, que aplicara el servicio ecosistémico de regulación climática, si se diferencia el estándar para plantaciones o bosques naturales, si requerían un proceso de auditoría y certificación por parte de terceros, así como estudios técnicos sobre los bosques.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO SEGÚN LA EDAD DE LOS CULMOS: JARDÍN BOTÁNICO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA Y LA FINCA YARIMA GUADUA

Tanto en el Jardín Botánico como en la finca Yarima, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el carbono de los culmos de acuerdo a la edad. No obstante, en ambos casos se observó una gran variabilidad y una leve tendencia de incremento con la edad (Figura 1).



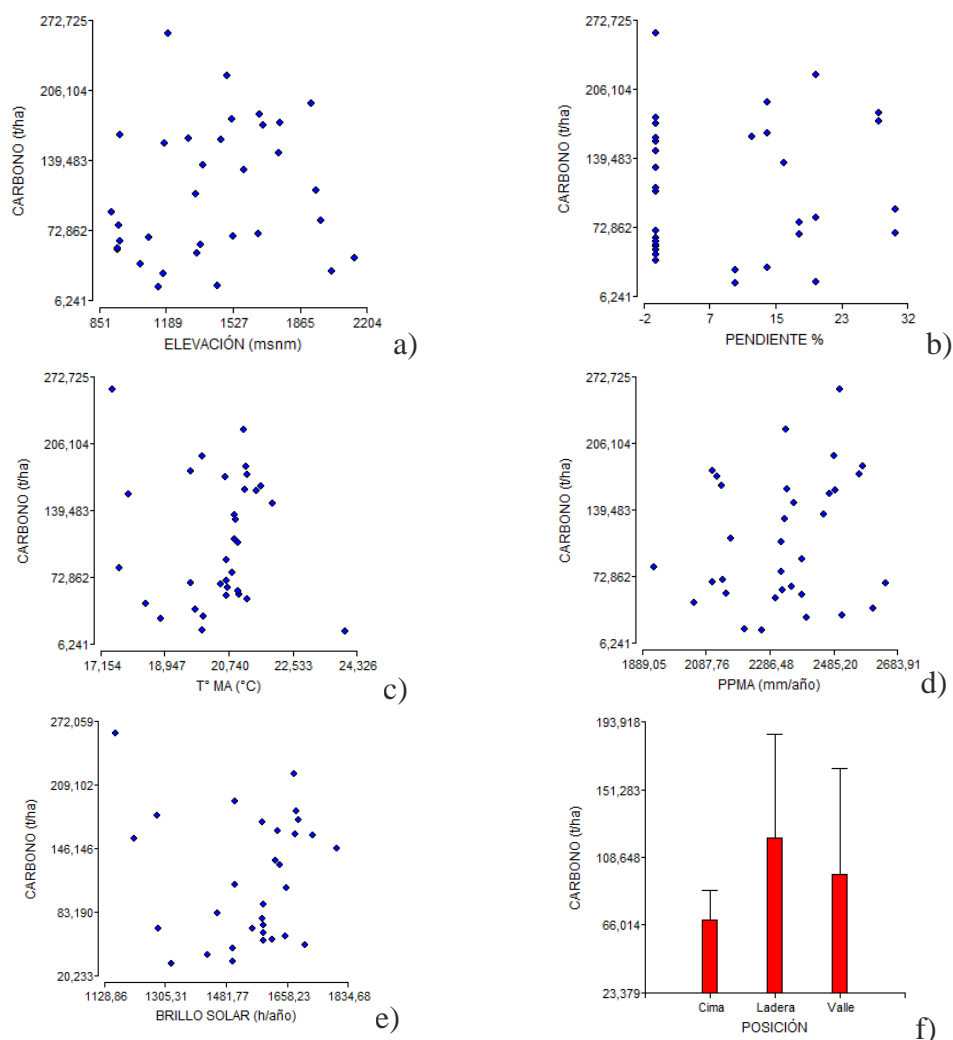
**Figura 1.** Contenido medio de carbono por culmos de *Guadua angustifolia* de diferentes edades. a) Jardín Botánico, Universidad Tecnológica de Pereira y b) Finca Yarima. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar

### 5.2 VARIABILIDAD DEL CONTENIDO DE CARBONO EN BOSQUES DE GUADUA DEL EJE CAFETERO

#### 5.2.1 VARIACIÓN EN EL CONTENIDO DE CARBONO POR HECTÁREA DE ACUERDO A CONDICIONES DE SITIO Y DE MANEJO

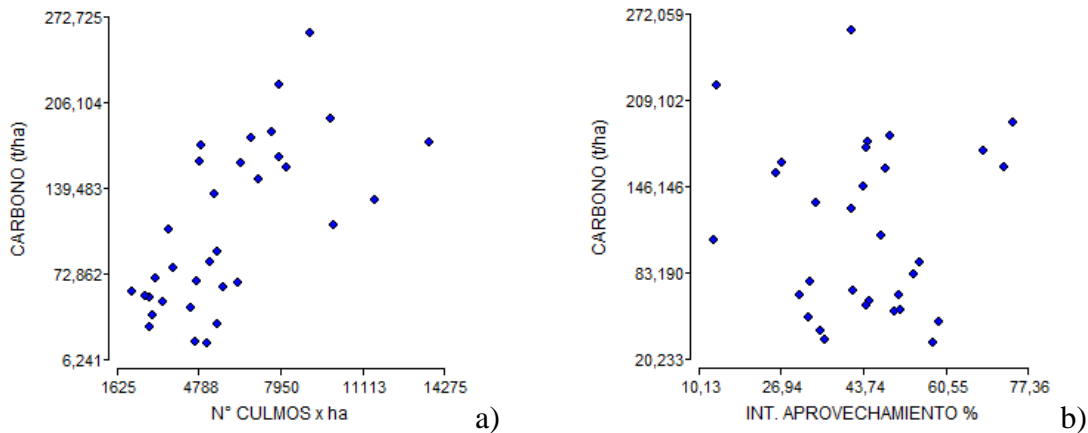
Los análisis de correlación mostraron relaciones significativas ( $p < 0.05$ ) del contenido de carbono con el brillo solar ( $R = 0,78$ ), la pendiente ( $R = 0,6$ ), la temperatura ( $R = 0,63$ ). En todos los casos a medida que aumentaron los valores de las variables se observó una

tendencia al incremento del contenido de carbono. Así mismo, en la posición de ladera los bosques de guadua mostraron valores más altos de carbono (Figura 2).



**Figura 2.** Contenido de carbono total (t / ha) de bosques de guadua en el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) La elevación, b) La pendiente, c) Temperatura, d) Precipitación e) Brillo solar y f) Posición topográfica

Así mismo, cuando se evaluaron variables extrínsecas relacionadas con el manejo, se encontraron correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre el contenido de carbono con la densidad de culmos y la intensidad de cosecha. En este caso, el carbono es más alto a mayor cantidad de culmos ( $R = 0,65$ ), mientras que a mayor intensidad de cosecha el carbono tiende a disminuir ( $R = 0,21$ ) (Figura 3).



**Figura 3.** Contenido de carbono total (t/ha) de bosques de guadua en el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) La densidad total de culmos por ha, b) Intensidad de cosecha estimada

Las cantidades de carbono almacenado por hectárea para diferentes bosques de guadua distribuidos en los 33 sitios estudiados, se encuentran en un rango entre 260,61 t y 18,3 t. De igual manera, la intensidad de aprovechamiento para estos bosques oscila entre 13,19% y 74,30%, lo cual indica que se tienen en algunos sitios valores considerablemente altos de aprovechamiento forestal y en otros valores bajos. Esto se puede asimilar a los valores de carbono superficial almacenado en *Guadua angustifolia* presentados por Yuen et al. (2017), el cual mostró valores entre 41.3 t/ha y 155.5 t/ha para 8 muestras distribuidas en Colombia, Ecuador y Bolivia. Así como lo valores presentados por Camargo et al (2007) de carbono almacenado en bosques de guadua para los departamentos de Risaralda, Quindío, Valle del Cauca y Caldas de 235.31 t/ha, 204.34 t/ha, 144.76 t/ha y 6.12 t/ha respectivamente.

Para bosques naturales primarios y secundarios presentan valores de almacenamiento entre 60 y 230 t C /ha y entre 25 y 190 t C/ ha, respectivamente (Brown *et al.*, 1997). Lo cual indica que los bosques de guadua del Eje Cafetero Colombiano también presentan buena capacidad de almacenamiento de carbono, similar a las que pueden presentar bosques naturales primarios y secundarios.

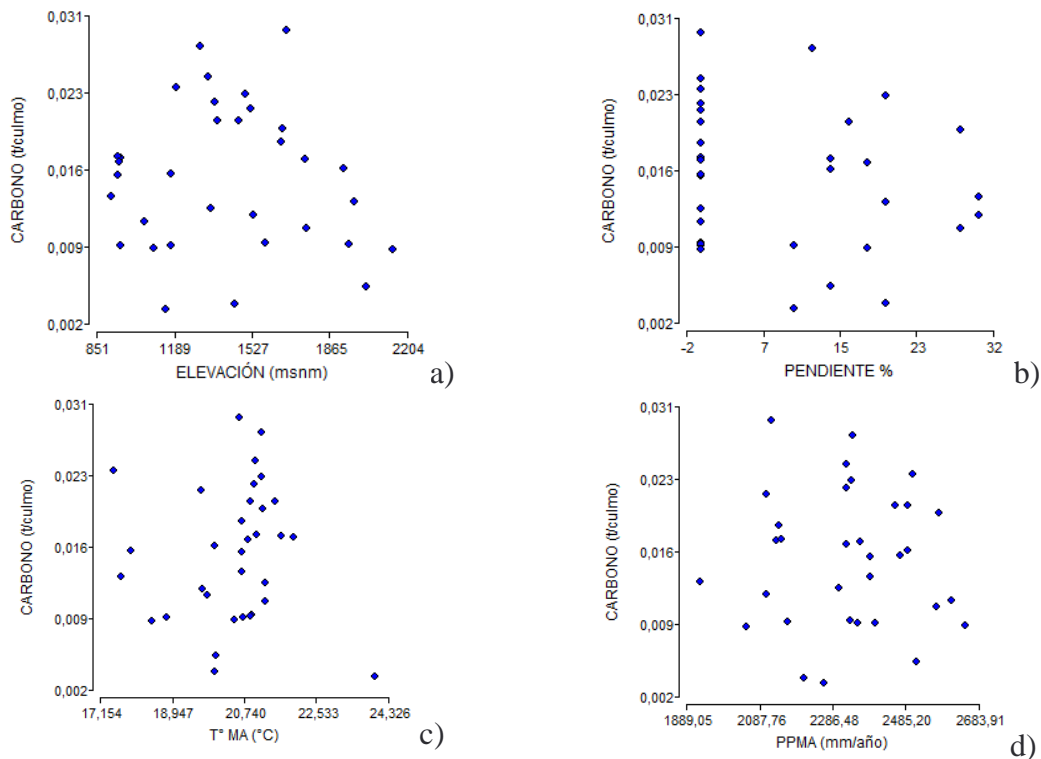
No obstante, los bosques de guadua distribuidos en los 33 sitios en la región cafetera, presentaron una gran variabilidad en cuanto al almacenamiento de carbono en una hectárea, que se debe principalmente a factores de sitio asociados a brillo solar, pendiente, temperatura y posición (ladera). De igual manera, para el caso de las variables asociadas al manejo, tuvo mayor incidencia la densidad de culmos por hectárea, lo cual hace evidente que a mayor número de culmos hay mayor carbono almacenado.

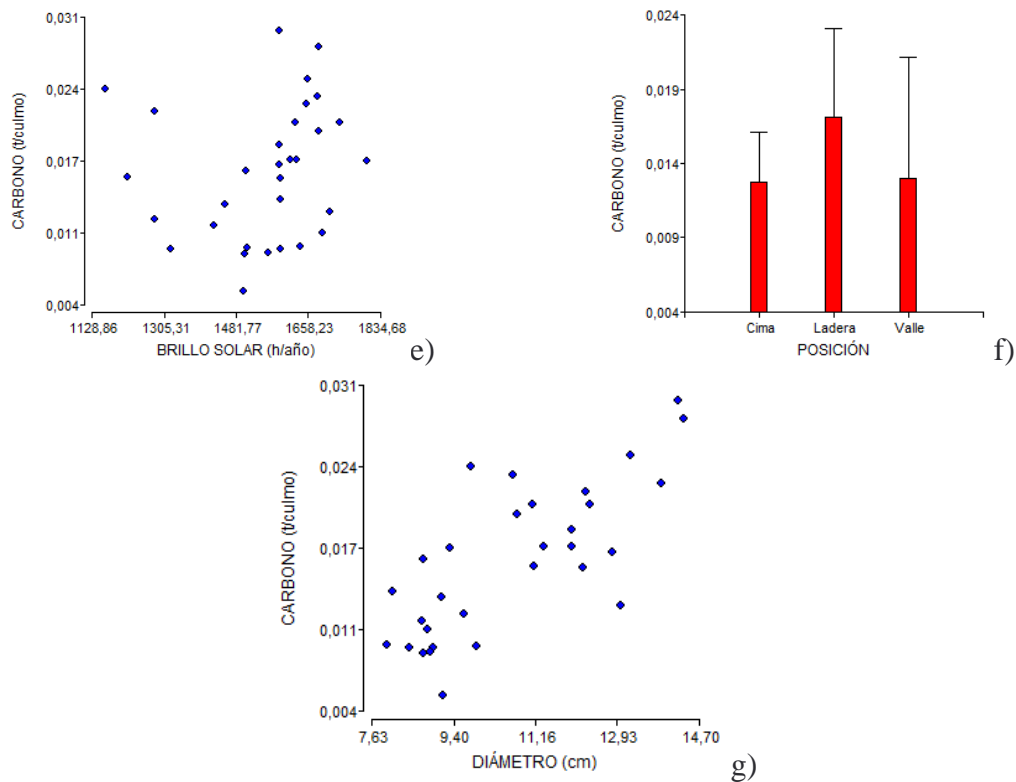
## 5.2.2 VARIACIÓN EN EL CONTENIDO DE CARBONO PROMEDIO POR CULMO DE ACUERDO A CONDICIONES DE SITIO Y DE MANEJO

Para el caso del carbono almacenado en promedio por culmo en los 33 sitios observados del Eje Cafetero, se obtuvo que la precipitación, la temperatura, la elevación y el diámetro fueron variables que contribuyen a la cantidad de carbono almacenado de manera considerable. Para el análisis de correlación, se presentaron relaciones significativas de estas variables ( $p < 0.5$ ) de 0.85, 0.99, 0.68 y 0.7 respectivamente.

Por otra parte, al igual que el carbono almacenado por hectárea, para este caso se presenta que la posición del sitio también influye en el carbono almacenado por culmo, puesto que las condiciones de ladera también presentan los mayores contenidos. Sin embargo, la desviación estándar se da de manera amplia, lo cual indica que no es significativa la diferencia del carbono almacenado en ladera respecto a las condiciones de valle y de cima (Figura 4).

Las demás variables al no presentar una tendencia considerable en los gráficos de dispersión, y de igual manera, al no presentar valores por encima de 0.6 en el análisis de correlación, no presentan una influencia significativa en la cantidad de carbono almacenado en promedio por culmo.





**Figura 4.** Contenido de carbono promedio (t / culmo) En el eje cafetero de Colombia de acuerdo a: a) Elevación, b) Pendiente, c) Temperatura Media Anual, d) Precipitación Media Anual, e) Brillo Solar, f) Posición, g) Diámetro

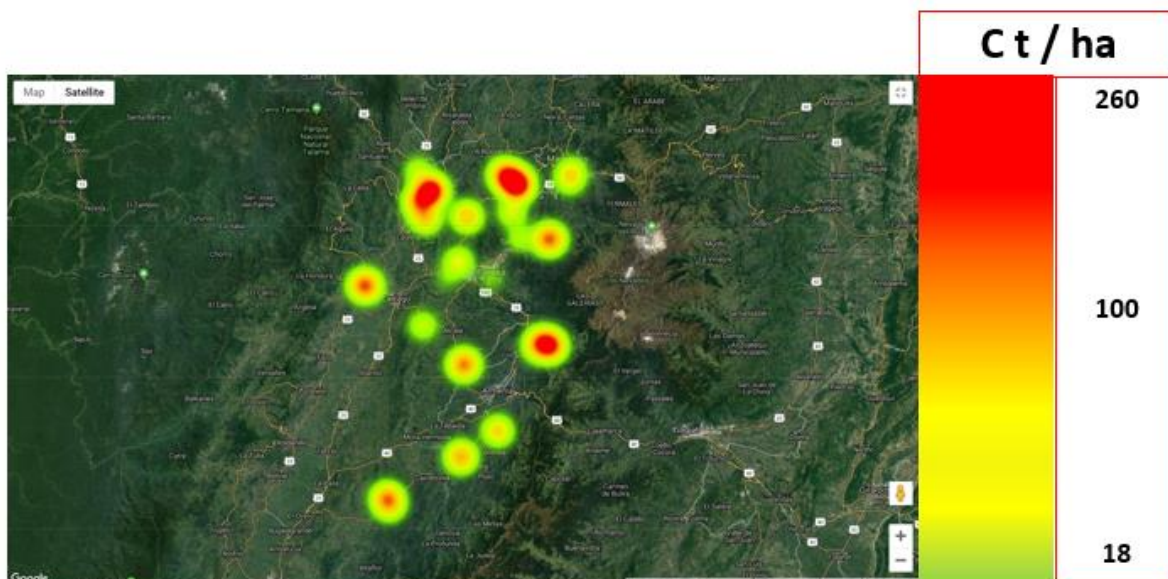
Para el caso de los contenidos de carbono promedio almacenado por culmo se presentaron en un rango entre 0.029 t/culmo y 0.002 t/culmo, lo cual refleja una amplia variabilidad entre los sitios analizados. En este sentido, se puede atribuir que el aumento en el contenido de carbono se debe a la influencia de factores de sitio como la precipitación, la temperatura y la elevación. De igual manera, el diámetro promedio por culmo como variable intrínseca también contribuye al aumento del carbono por culmo.

En una plantación de guadua de seis años con 8640 culmos/ha, Riaño et al. (2002) estimaron un contenido total de carbono de 54 t/ha, lo cual presentaría un valor de carbono en promedio por culmo de 0.00625 t/culmo, lo cual es un valor que estaría en el rango de variación obtenido en esta investigación, el cual se acerca más al mínimo de carbono almacenado en un culmo.



### 5.2.3 VARIABILIDAD ESPACIAL DEL CONTENIDO DE CARBONO

Con la ubicación de los 33 sitios de los cuales se tiene información sobre carbono un mapa de calor, se permite observar la variabilidad espacial que se podría presentar en un radio de 50 km (Figura 5).



*Figura 5. Variación de la Cantidad de Carbono Según el Sitio Específico del Eje Cafetero. Elaboración Propia*

En este mapa se presenta la mayor intensidad de concentración de carbono la zona correspondiente entre los municipios de La Virginia y Viterbo, así como lo correspondiente al municipio de Chinchiná, en los límites con la ciudad de Manizales. En menor intensidad se presentan niveles de almacenamiento de carbono en las cercanías de los municipios de Circasia, Ansermanuevo y al suroccidente de Caicedonia. La más baja intensidad de distribuye en los demás municipios de la región.

Para el caso de los municipios La Virginia y Viterbo se presenta temperaturas medias de 22°C a 24°C y brillo solar de 6 a 7 h/día (IDEAM, 2020). Presentando rangos de temperaturas y de brillo solar más altos dentro de la región cafetera, al estar ubicados sobre el valle geográfico del río Risaralda (POMCA, 2017). En este sentido, se relaciona con los datos obtenidos en el carbono almacenado por una hectárea, puesto que para este caso los valores más altos aproximados a 260 t/ha se relacionaron con la temperatura y el brillo solar. De igual manera, para los municipios asociados a temperaturas más bajas y con menor intensidad de brillo solar, los valores se asociaron a 100 t/ha y 18 t/ha.

Estos valores son similares a los presentados por Yuen et al (2017), debido a que en este estudio se obtuvo que los contenidos de carbono más altos en bosques de bambú con valores entre 128 t/ha y 256 t/ha, se asociaron a sitios con condiciones de precipitación de 1300mm a 1700mm y temperaturas de 24 a 25°C.

### **5.3 ESQUEMAS Y /O ESTÁNDARES ASOCIADOS A INCENTIVOS POR MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Se presentan una serie de iniciativas internacionales y nacionales, que están orientadas a la aplicación de incentivos por parte de propietarios de predios que destinen grandes áreas a la conservación. Principalmente, a unidades que presenten bosques en buen estado o que garanticen la protección de ecosistemas estratégicos para el desarrollo vital de la biodiversidad y para la prestación de servicios ecosistémicos.

#### **5.3.1 ESQUEMAS Y/O ESTÁNDARES DE CARÁCTER NACIONAL**

Previo a la identificación y descripción de los incentivos de carácter nacional, es importante abordar la normatividad vigente que potencializa los incentivos por conservación en el país, así como los requerimientos que debe de tener un beneficiario potencial. Con esto entonces, se considera el decreto 1007 de 2018 como el que reglamenta estos procesos.

##### **5.3.1.1 DECRETO 1007 DE 2018**

Este decreto tiene como propósito reglamentar el incentivo de pago por servicios ecosistémicos a nivel nacional, orientado a propietarios de predios con áreas representativas en zonas de protección, así como predios en zonas asociadas a ecosistemas estratégicos y áreas protegidas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Por otra parte, este decreto tiene un ámbito de aplicación hacia las autoridades ambientales, entes territoriales, así como personas públicas y privadas, las cuales fomenten proyectos asociados al pago por servicios ecosistémicos financiados por recursos públicos o privados.

En este sentido, aplica para los responsables de proyectos que requieran licencia ambiental, permisos, concesiones, autorizaciones, entre otros, el establecimiento de planes de compensación ambiental, los cuales presenten proyectos de pago por servicios ecosistémicos. De igual manera, es deber de la autoridad ambiental con jurisdicción en el territorio donde se desarrollen estas actividades, realizar la evaluación, seguimiento y monitoreo a la aplicación de pago por servicios ecosistémicos, como medida de compensación.

### **5.3.1.1.1 DIRECTRICES ASOCIADAS PARA APLICAR A INCENTIVOS POR CONSERVACIÓN SEGÚN EL DECRETO 1007 DE 2018**

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018), presenta los requerimientos que debe de cumplir una persona natural propietaria de un predio que quiera aplicar a iniciativas de pago por servicios ecosistémicos, los cuales son los siguientes:

- En primer lugar, se deben de focalizar las áreas y los ecosistemas estratégicos identificados por Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales (RUNAP) donde se ubique el predio que pretende aplicar al incentivo. Estas áreas deben de cumplir las siguientes condiciones:
  - Deben ser áreas o ecosistemas que han sufrido degradación en su cobertura vegetal natural o con un riesgo potencial sobre esto, asociado a procesos de expansión agropecuaria, principalmente en zonas priorizadas para el postconflicto.
  - Áreas o ecosistemas degradados por conflictos de uso del suelo (sobreutilización), asociado a presiones por actividades productivas intensificadas, principalmente en zonas priorizadas para el postconflicto.
- Otro aspecto asociado a la aplicación de este incentivo, es identificar los servicios ecosistémicos que están siendo generados y conservados por parte de las áreas de interés. Dentro de los servicios ecosistémicos que estarían sujetos a un pago en un determinado predio, se presentan los establecidos por el decreto 870 de 2017:
  - Pago por servicios ecosistémicos de regulación y calidad hídrica.
  - Pago por servicios ecosistémicos para la conservación de la biodiversidad.
  - Pago por servicios ecosistémicos de reducción y captura de gases de efecto invernadero (GEI).
  - Pago por servicios ecosistémicos culturales, espirituales y de recreación.
- Otro paso que se presenta para poder aplicar a este incentivo es la selección y priorización de predios. Estos a su vez deben contar con las siguientes características:
  - Con mayor proporción de cobertura natural en riesgo de transformación por expansión agrícola.
  - Con potencial de conectividad ecosistémica con áreas protegidas o estrategias de conservación in situ.
  - En los que concurren varios servicios ambientales como una expresión de riqueza de la diversidad biológica a conservar.

Para la selección y priorización de áreas, así como la identificación de servicios ecosistémicos generados y conservados por las mismas, se podrá contar con el apoyo de personal técnico de la corporación autónoma regional en jurisdicción del territorio determinado.

### **5.3.1.2 ESTATUTO TRIBUTARIO MUNICIPAL**

En primer lugar, se hace importante mencionar que este incentivo no se encuentra estandarizado a nivel nacional, puesto a que no es fijo y de obligatorio cumplimiento para las entidades territoriales. Por lo cual, se aborda la experiencia del municipio de Pereira en su generación del acuerdo 41 de 2012 orientado a la exención del impuesto predial por conservación de bosques. En este sentido, los demás municipios a nivel nacional y los perteneciente al Eje Cafetero colombiano que deseen implementar incentivos tributarios para propietarios de predios que establezcan áreas de bosques protectores y/o bosques de guadua a la protección ambiental, deberán generar acuerdos administrativos -en caso de no existir- que reglamenten y oficialicen la posibilidad de acceder a estos incentivos.

Dentro de las funciones de los Concejos municipales está la de definir lineamientos para la administración de los tributos que percibe el municipio. De esta manera, el municipio de Pereira mediante el acuerdo 41 de 2012, adoptó el Estatuto Tributario Municipal el cual se modificó a través del acuerdo 20 de 2015 en sus parágrafos 2°, 6° y 7°, que para efectos de esta investigación se tratará únicamente el parágrafo 6° (Arango et al., 2017). Allí se establecen tarifas de compensación para predios que destinen parte de la totalidad del área de los mismos a la protección ambiental así:

- a) Predios que tengan como mínimo un área del 10% con respecto al área total, con coberturas correspondientes a bosques protectores y bosques de guadua y cañabrava. El propietario deberá acreditar como mínimo el 10% de estas áreas destinadas a la protección ambiental, para realizar procesos de recertificación.
- b) Propietarios que en el momento de solicitar el beneficio tributario tengan como mínimo un área del 5% con respecto al área total del predio, con coberturas correspondientes a bosques protectores y bosques de guadua y cañabrava, y que al segundo año alcancen el 10% de estas coberturas.
- c) Propietarios que por voluntad destinen parte o la totalidad de su predio a la conservación de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de recursos naturales. Estas se definirán según el decreto 2372 de 2010 como reservas de la sociedad civil.

### **5.3.1.3 CERTIFICADOS DE INCENTIVO FORESTAL A LA CONSERVACIÓN Y A LA REFORESTACIÓN**

Este certificado de incentivo forestal fue creado y reglamentado por la Ley 139 de 1994, como un reconocimiento por parte del Estado colombiano hacia personas naturales o jurídicas de carácter privado, entidades descentralizadas o distritales, las cuales hayan generado externalidades positivas por procesos de reforestación en cuanto a beneficios ambientales y sociales que puedan ser apropiados por una población determinada (Congreso de la República de Colombia, 1994).

Este incentivo tiene como fin el de promover las inversiones por parte de diferentes actores, orientadas al establecimiento de plantaciones forestales de uso protector-productor en suelos que tengan una aptitud forestal. Cabe mencionar que la *Guadua angustifolia* se constituye como una especie forestal autóctona que es aceptada para establecer las plantaciones (Ministerio de Agricultura de Desarrollo Rural, 2013).

Es relevante que para este tipo de procesos se desarrollen en conjunto con la autoridad ambiental competente, en cuanto a que esta determinara el plan de establecimiento y manejo forestal más pertinente, en cuanto los términos y especificaciones dictados por la Ley 139 de 1994 (Congreso de la República de Colombia, 1994).

El certificado otorgado por la autoridad ambiental en jurisdicción del territorio donde se presentan los procesos de reforestación, dará el derecho a la persona en cuestión a obtener posteriormente al proceso de reforestación, la suma de dinero que se fije conforme la Ley.

Por otra parte, según el Congreso de la República de Colombia (1994), para la cuantía del dinero que estará destinado para el incentivo se formulará para los siguientes casos:

- El 75% de los costos totales netos del establecimiento de plantaciones con especies autóctonas, o el 50% de los costos totales netos de plantaciones asociadas a especies introducidas, con la condicionante de que sea plantaciones con una densidad mayor a 1000 árboles por hectárea. De lo contrario, si la densidad es inferior a la planteada, el valor del incentivo estará mediada proporcionalmente a cada árbol.
- El 50% de los costos totales netos de mantenimiento que se presenten durante los primeros 5 años después de establecerse la plantación, cualquiera que sea la especie plantada.
- El 75% de los costos totales que se presenten durante los primeros 5 años, asociados al mantenimiento de las áreas de bosque natural que se encuentren dentro de un plan de establecimiento y manejo forestal.

### **5.3.1.3.1 REQUERIMIENTOS DE APLICACIÓN AL INCENTIVO**

Al momento de otorgar los certificados de incentivo forestal, se debe de verificar el cumplimiento de las siguientes condiciones, presentadas en el esquema metodológico de la Ley 139 de 1994 (Minagricultura, 1994):

- Se debe aprobar por parte de la autoridad ambiental competente el Plan de Establecimiento y Manejo Forestal (Minagricultura, 1994).
- Es preciso demostrar que las plantaciones se establezcan en suelos con aptitud forestal, los cuales deben estar determinados por la autoridad ambiental y que a su vez pueden apoyarse en las zonificaciones cartográficas generadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Minagricultura, 1994).
- Verificar que los suelos donde se establecerán las plantaciones, no ha presentado en los últimos 5 años coberturas de bosque natural, de acuerdo a los sistemas probatorios determinados por el reglamento (Minagricultura, 1994).
- Se debe de presentar documentos que den cuenta que el beneficiario del incentivo es propietario o arrendatario del suelo donde se establecerán las plantaciones forestales. Dado el caso que se presente un arrendatario, el contrato debe incluir el desarrollo del Plan de Establecimiento y Manejo Forestal que debe de ser aprobado por la autoridad ambiental. Una vez otorgado el Certificado de Incentivo Forestal, el término del contrato de arrendamiento no podrá rescindirse por la persona o personas en cuestión (Minagricultura, 1994).
- Una autorización expedida por FINAGRO por solicitud de la autoridad ambiental, en función de otorgar el Certificado de Incentivo Forestal, en la cual se deberá establecer la cuantía y demás condiciones del mismo (Minagricultura, 1994).
- Establecer un contrato por parte del beneficiario del incentivo con la autoridad ambiental competente, donde además del cumplimiento del Plan de Establecimiento y Manejo Forestal, se determinarán las multas y otras sanciones pecuniarias que se podrán imponer al beneficiario en caso de incumplimiento parcial o total de sus obligaciones contractuales y las garantías que se consideren indispensables. En este sentido, según las disposiciones legales, se podrá exigir un reembolso, según sea el caso, de una parte, parcial o de la totalidad del dinero otorgado al beneficiario (Minagricultura, 1994).

### **5.3.1.4 CERTIFICADO DE INCENTIVO FORESTAL DE CONSERVACIÓN (DECRETO 900 DE 1997)**

Es un reconocimiento por los costos directos e indirectos en que incurre un propietario por conservar en su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos, cuyo valor

se definirá con base en los costos directos e indirectos por la conservación y la disponibilidad de recursos totales para el incentivo (Minagricultura, 1997).

#### **5.3.1.4.1 ÁREAS QUE PUEDEN APLICAR AL INCENTIVO**

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1997) definió estas áreas en el Decreto 900 de 1997.

- A. Bosque localizado por encima de la cota 2.500 m.s.n.m.
- B. Bosque cuya sucesión vegetal se encuentre en estado primario o secundario y que se halle localizado al margen de los cursos de agua y de los humedales.
- C. Bosque localizado en predios ubicados dentro del Sistema de Parques Nacionales o Parques Regionales Naturales, siempre y cuando hayan sido titulados antes de la declaratoria del área como parque y cuyos propietarios no estén ejecutando acciones contraviniendo las disposiciones establecidas en las normas vigentes para la administración y manejo de dichas áreas.
- D. Bosque que se encuentre en las cuencas hidrográficas que surten acueductos veredales y municipales.

#### **5.3.1.4.2 REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO PARA EL OTORGAMIENTO DEL CIF DE CONSERVACIÓN**

- A. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1997) se deberá realizar la solicitud ante la autoridad ambiental correspondiente al área donde se encuentre localizado el predio.

La solicitud debe contener:

- a. El nombre, identificación y dirección del solicitante.
- b. El número de matrícula inmobiliaria del predio.
- c. La descripción, alinderación y extensión del ecosistema natural boscoso poco o nada intervenido.

**B.** La Corporación Autónoma Regional (CAR) competente será la encargada de verificar los límites del predio y determinará que dentro de éste se encuentra alguna de las áreas establecidas en el artículo 3, para ser beneficiario del incentivo forestal (Minagricultura, 1997).

**C.** La autoridad ambiental competente definirá el monto del incentivo con base en la metodología establecida en los artículos 7 al 11 (Minagricultura, 1997).

**D.** La autoridad ambiental competente deberá tener certificado de disponibilidad presupuestal y obtener una autorización y certificado de disponibilidad presupuestal de FINAGRO (Minagricultura, 1997).

**E.** El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1997) establece que previamente al otorgamiento del CIF de conservación, se celebrará un contrato entre el beneficiario del CIF de conservación y CAR. De conformidad con lo dispuesto por el numeral 6 del artículo 5 de la Ley 139 de 1994, en este contrato se establecerán además de las cláusulas a las que hace referencia la Ley 80 de 1993, las siguientes:

- a. Las condiciones y obligaciones estipuladas en el acto de otorgamiento del CIF de conservación.
- b. Las multas y sanciones pecuniarias en caso de incumplimiento parcial o total de las obligaciones a cargo del beneficiario, sin perjuicio de poder exigir el reembolso total o parcial del monto del CIF de conservación, de acuerdo al salario mínimo mensual vigente en la fecha de la devolución.
- c. Las garantías que se consideren indispensables. En todo caso el desembolso anual queda condicionado a la disponibilidad presupuestal correspondiente.

**F.** La autoridad ambiental competente otorgará mediante acto administrativo motivado el CIF de conservación, bajo las condiciones y obligaciones necesarias para la conservación del ecosistema (Minagricultura, 1997).

El CIF de conservación tendrá una vigencia de hasta diez (10) años.

El valor total del incentivo se pagará hasta en diez (10) cuotas anuales, con base en el salario mínimo mensual vigente para el año del pago.

#### **5.3.1.5 PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: “INCORPORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SECTOR CAFETERO EN COLOMBIA (IBSCC)”**

Este esquema de pago por servicios ecosistémicos es una iniciativa ejecutada por la Federación Nacional de Cafeteros, la cual tiene por objetivo conservar la biodiversidad de importancia global en los agroecosistemas cafeteros, junto con procesos de cooperación técnica y financiera con socios a nivel nacional, regional y local (Duque et al. 2014).

Esta iniciativa se constituye un esquema local de PSA por emisiones, el cual va orientado principalmente a los pequeños productores de café en Colombia, con el propósito de que



estos se comprometan a la conservación de la biodiversidad. En este sentido, es viable su aplicación en minifundios presentes en el Eje Cafetero y en las demás regiones productoras de café.

El programa de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero presenta un conjunto de acciones orientadas a compensar emisiones de gases de efecto invernadero, organizadas en un sistema que mide, registra, cuantifica y gestiona las remociones de GEI, a través de actividades en el sector forestal.

Para el caso de este esquema orientado al sector cafetero del país, las acciones están encaminadas a la implementación de herramientas de manejo del paisaje, así como el sistema mediante el cual se estiman, se registran y se compilan las unidades de compensación que se comercializan.

La compensación de emisiones es una combinación entre la implementación de las actividades forestales y la contabilización de las remociones de GEI, como compensación por parte de quien está interesado en neutralizar su huella de carbono o sus emisiones.

Las actividades forestales pueden estar empleadas para las compensaciones de gases de gases de efecto invernadero, dentro de las cuales este Programa de Compensación adopta los cultivos de guadua como potencial para la reducción de estos gases (Duque et al. 2014).

#### **5.3.1.5.1 REQUISITOS PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES GEI**

Según la Federación Nacional de Cafeteros, para el diseño de un programa de compensación de emisiones de gases de efecto invernaderos en una unidad productiva cafetera se requieren los siguientes pasos:

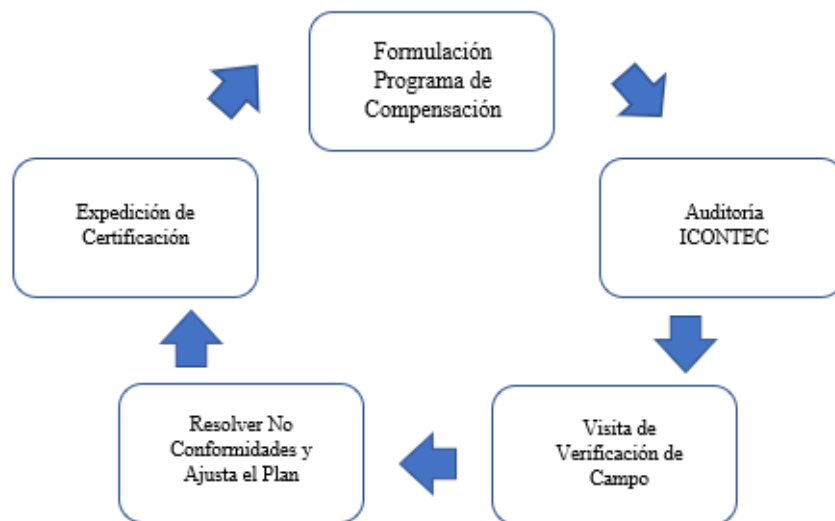
- El primer paso consiste en la evaluación asociada a los predios potencialmente elegibles para el establecimiento del programa. En este punto, las áreas seleccionadas para el pago por servicios ecosistémicos deben cumplir los siguientes criterios:
  - Estar distribuido en fincas, de tal forma que permitan evaluar el efecto del incentivo económico sobre los cambios en el uso del suelo, la biodiversidad y la calidad de vida de los caficultores.
  - Debe presentar áreas con cobertura diferentes a bosque con al menos 10 años antes del inicio del programa para iniciar procesos de reforestación. Así como coberturas de bosque natural con al menos 10 años antes del inicio del programa para iniciar procesos de conservación y manejo sostenible.

- Tener área mínima de una (1) hectárea por finca o conjunto de fincas colindantes.
- El segundo paso consiste en ubicar los sitios para la implementación de herramientas de manejo del paisaje. Para el caso del programa de “Incorporación de la Biodiversidad en el Sector Cafetero en Colombia” se establecen 7 criterios que son:
    - Conectividad entre núcleos.
    - Conectividad entre área de monitoreo.
    - Conectividad entre corredores.
    - Conectividad en la cuenca.
    - Conectividad entre núcleos y corredores.
    - Conectividad entre áreas de monitoreo y corredores.
    - Encuesta social para oportunidad de conservación.
- El tercer paso consiste en la selección de herramientas de manejo del paisaje. Las herramientas de manejo del paisaje se configuran como procesos de siembra de árboles, donde varía fundamentalmente la forma de siembra, la densidad (arreglo) y las especies.
- En cuarto lugar, se requiere la selección de las especies a emplear en el programa de compensación. Las especies que pueden ser empleadas en programas de compensación orientados a unidades productoras de café son:
    - Especies con diversas formas de vida y crecimiento (no sólo se necesitan árboles. Las especies ornamentales o artesanales son a menudo hierbas o trepadoras).
    - Especies con valor ecológico, muchas son claves en la producción de recursos para la fauna.
    - Especies de importancia económica, como especies maderables nativas y no nativas que disminuyan los impactos sobre los remanentes y los ecosistemas.
    - Especies que aporten localmente a la conservación de suelos, conservación de aguas.
    - Especies claves para enriquecimientos de bosque y diversificación de sombríos.
- En quinto lugar, se debe cuantificar las remociones/ compensaciones atribuibles a las actividades forestales de Programa de Compensación de Emisiones de GEI. De acuerdo con la condición para que un proyecto/programa sea de pequeña escala, las actividades de proyecto deben fijar menos de 16.000 toneladas de CO<sub>2</sub>e por año.

- El paso sexto está orientado a la identificación de los requisitos legales y tenencia de la tierra. La organización responsable del programa de compensaciones deberá contar con procedimientos establecidos para identificar y dar cumplimiento a los requisitos legales ambientales enmarcados en su actividad y hacer seguimientos continuos a los desarrollos legislativos en el país, relacionados con ello. Así como un análisis sobre el derecho al uso del suelo por parte de los caficultores.
  
- El séptimo paso está asociado a la definición de procesos de gestión de información, lo cual indica que la organización vinculada al programa deberá presentar una base de datos que contenga los siguientes aspectos:
  - Área con actividades forestales (en Hectáreas)
  - Coordenadas geográficas
  - Cobertura vegetal al inicio de las actividades forestales
  - Información sobre los derechos de tenencia y uso del suelo
  - Especie / especies
  - Procedencia y producción del material vegetal
  - Objetivo de la actividad forestal (Conservación, recuperación, producción, etc.).
  - Ciclo de manejo de la(s) especie(s) y duración de las actividades forestales
  - Fecha de inicio de las actividades forestales
  - Manejo silvicultural
  - Crecimiento anual en biomasa, si realiza mediciones periódicas
  - Parámetros relacionados con la conversión de biomasa a variaciones de carbono de acuerdo con la metodología seleccionada.
  - Resultados de la cuantificación de las remociones/compensaciones
  - Eventos de perturbación (si se presentan).
  
- Por último, se deberá definir el procedimiento para la expedición de las compensaciones. En este sentido, por cada serie o conjunto de compensaciones asignadas o vendidas, la organización responsable del programa deberá preparar una declaración/certificado.

Es importante mencionar que posterior al diseño del programa de compensación por emisiones de gases de efecto invernadero, la organización que lo formula debe de recibir una certificación por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC.

A continuación, se presenta un esquema asociado al proceso que conlleva a la certificación por parte de este instituto sobre el programa de compensación.



**Figura 6.** *Proceso Asociado a la Certificación del Programa de Compensación*  
 Adaptado de: *Duque et al. (2014)*  
 Elaboración Propia

### 5.3.1.6 BANCO2

Es una estrategia de pago por servicios ecosistémicos de tipo voluntario que se viene implementando desde 2013. Los actores que pueden acceder a este incentivo, son principalmente propietarios de predios en los cuales existan ecosistemas estratégicos y deseen destinarlos a la conservación. Por otra parte, los recursos destinados para esta iniciativa provienen de aportes voluntarios hechos por empresas, instituciones y ciudadanos como compensación por su huella de carbono (BanCO2, 2019).

Esta iniciativa va principalmente enfocada en la conservación y restauración de bosques naturales, los cuales puedan generar servicios asociados a la disminución de gases de efecto invernadero por almacenamiento de carbono (GEI) y reducir los procesos de degradación ambiental generados por empresas en sus procesos productivos, así como personas en su vida diaria (BanCO2, 2019).

Este incentivo se presenta principalmente para los campesinos que poseen predios en áreas de bosques naturales en conservación y que obtienen su sustento de vida principalmente de actividades agrícolas y pecuarias a pequeña escala. En este sentido, el beneficiario estará mediado de acuerdo a su nivel socioeconómico, de igual manera se dará prioridad a campesinos cuya condición social y económica sea más desfavorable (BanCO2, 2019).

### 5.3.1.6.1 REQUERIMIENTOS DE APLICACIÓN AL INCENTIVO

Las personas que deseen aplicar a este incentivo deben de presentar los siguientes requerimientos (BanCO2, 2019):

- Bosques naturales localizados en predios ubicados dentro del sistema de Áreas Protegidas y Reserva Forestal de ley 2ª de 1959, siempre y cuando hayan sido titulados antes de la declaratoria del área.
- Bosques naturales en áreas de reservas municipales, regionales o de la sociedad civil.
- Bosques remanentes de gran valor biológico o ecosistémico.
- Ser propietarios o poseedores de los predios, lo cual debe ser soportado con los respectivos documentos de tenencia.
- Que habiten en el predio o muy cerca de él, para garantizar el cuidado de las áreas compensadas.

### 5.3.2 INCENTIVOS DE CARÁCTER INTERNACIONAL

#### 5.3.2.1 ESTÁNDAR DE VERIFICACIÓN DE CARBONO (VCS)

Es un incentivo de Reducción Voluntaria de Emisiones, el cual consiste en promover el mercado voluntario de bonos de carbono. Además, tiene como propósito contribuir a la disminución de emisiones por parte de actividades del sector público y privado, así como mejorar los medios de vida y la protección y conservación de los recursos naturales. Este estándar está orientado a los proyectos que tengan como finalidad la recuperación de áreas degradadas y bosque.

Este estándar presenta una serie de normas y requisitos para que organizaciones del sector público y privado puedan certificarse en VCS (Verified Carbon Units), debido a las toneladas métricas de cualquier gas de efecto invernadero (GEI), que se reducen o que se eliminan de la atmósfera (REDUCCIÓN VOLUNTARIA DE EMISIONES – VERIFIED CARBON STANDARD VCS (<http://www.appluscertification.com>, 2020)).

Este estándar internacional contiene a su vez varios programas o iniciativas, donde se presentan 2 orientados a la protección de los bosques:

- **Programa VCS:** Esta iniciativa permite convertir las reducciones de gases de efecto invernadero en bonos de carbono que pueden ser comercializados en el mercado.
- **Programa VCS Jurisdiccional y Anidado REDD+:** Esta iniciativa contribuye a la formulación de proyectos orientados a mejorar los bosques a nivel mundial, así como

la disminución de procesos de deforestación, apoyando la iniciativa de REDD+ Nacional.

### **5.3.2.2 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DERIVADAS DE LA DEFORESTACIÓN Y LA DEGRADACIÓN DE LOS BOSQUES (REDD+)**

Según FAO (2019), REDD+ tiene como propósito incentivar a los países en vía de desarrollo a contribuir en los esfuerzos para la mitigación del cambio climático a través de dos aspectos principalmente:

- a. La reducción de emisiones de GEI con la ralentización, detención y reversión del cambio climático; y
- b. El aumento de las remociones de GEI de la atmósfera terrestre por medio de la conservación, gestión y expansión de los bosques (FAO, 2019).

Además, se requiere que los países que estén interesados en REDD+ avancen en tres etapas, que están estrechamente ligadas entre sí según la Decisión 1/CP.16 de la CMNUCC, Párrafo 73 (FAO, 2019):

- **Preparación**, con la elaboración de estrategias o planes de acción, acciones de mitigación de REDD+ y el desarrollo de capacidades;
- **Ejecución de las estrategias nacionales y de las actividades de demostración basadas en los resultados**, poniendo en marcha acciones REDD+ y estrategias o planes nacionales, que podrían involucrar nuevas actividades de desarrollo de capacidades, desarrollo y transferencia de tecnología y actividades de demostración basadas en los resultados;
- **Ejecución de medidas basadas en los resultados** que deberían contar con la debida medición, notificación y verificación.

Para la contribución a la mitigación del cambio climático en las medidas del sector forestal, se acordaron cinco actividades de REDD+ a nivel mundial, las cuales pueden ser implementadas individual o colectivamente por medio de un conjunto de Políticas y Medidas coordinadas, definidas por cada uno de los países e incorporadas dentro de sus estrategias y planes de acción nacional (FAO, 2019):

- I. Reducción de las emisiones producto de la deforestación;
- II. Reducción de las emisiones producto de la degradación forestal;
- III. Conservación de las reservas forestales de carbono;
- IV. Incremento de las reservas forestales de carbono; y
- V. Ordenación forestal sostenible.

### **5.3.2.3 CERTIFICACIÓN DE MANEJO FORESTAL Y CERTIFICACIÓN FORESTAL PARA SERVICIOS DEL ECOSISTEMA: FOREST STEWARDSHIP COUNCIL-FSC**

El FSC (2019) establece que la certificación de manejo forestal es un estándar que pretende confirmar que los bosques se están manejando de manera correcta y que se garantiza la conservación de la diversidad biológica, a la vez que se asegura la viabilidad económica, se benefician las poblaciones y los trabajadores locales.

Por otra parte, la Certificación Forestal para Servicios del Ecosistema (ForCES), se creó en 2011 como un incentivo para la preservación de servicios del ecosistema valiosos en bosques manejados de manera responsable. El objetivo del proyecto es adaptar los estándares FSC a los mercados emergentes de servicios del ecosistema e identificar servicios del ecosistema con potencial de mercado en la actualidad o en el futuro (FSC, 2015).

El FSC es una organización que se encuentra en varios países a nivel mundial y está orientada a promover el manejo sostenible de los bosques a través de la certificación forestal de manera voluntaria por parte de propietarios de plantaciones forestales a gran y a pequeña escala. Además, para poder acceder a la certificación forestal, las unidades de manejo forestal (UMF) deben de regirse bajo 10 principios y 56 criterios, basados en un modelo de sostenibilidad ambiental, social y económica (FSC, 2019).

Una de las iniciativas que presenta esta organización está orientada principalmente a la certificación por parte de pequeños productores y la certificación en grupo. Este se denomina “Certificación en grupo y para SLIM”.

#### **5.3.2.3.1 REQUERIMIENTO PARA ACCEDER A LA CERTIFICACIÓN FORESTAL**

Para poder acceder a la certificación forestal de la FSC, a nivel nacional (Colombia), un organismo técnicamente competente en procesos de auditoría, debe de dar cuenta del cumplimiento de 10 principios asociados a la sostenibilidad ambiental, social y económica en los contextos donde se ubica la UMF. Estos criterios son los siguientes (FSC, 2019):

- Observación de las leyes y los principios del FSC.
- Derechos y responsabilidades de tenencia y uso.
- Derechos de las comunidades indígenas.
- Relaciones comunales y derechos de los trabajadores.
- Beneficios del bosque.
- Impacto ambiental.

- Plan de manejo.
- Seguimiento y evaluación.
- Mantenimiento de bosques que presenten un alto valor de conservación.
- Plantaciones forestales.

Es importante mencionar que existen dos tipos de certificación forestal: Una orientada a nivel individual para un poseedor de un área en bosque que decide certificar de manera voluntaria la unidad de manejo forestal; y otra orientada a nivel grupal y pequeños productores, para asociaciones de dueños de bosques, cooperativas o entes públicos. Cada una de estas modalidades tiene las siguientes consideraciones para la certificación (FSC, 2019).

### ***ESTÁNDARES DE CERTIFICACIÓN FORESTAL***

- **Individual de bosques pequeños y/o de baja intensidad de manejo:** Para productores que manejan menos de 100 hectáreas y que la intensidad de aprovechamiento no supere el 20%
- **Grupal de bosques pequeños y de baja intensidad de manejo:** Para varios productores que manejan menos de 100 hectáreas, que la intensidad de aprovechamiento no supere el 20% y que entre todos los miembros no se supere un volumen de 5000 m<sup>3</sup>.

Por otra parte, otro proceso importante que se ha venido desarrollando en la organización es el de articular los servicios ecosistémicos que se generan en las prácticas forestales en cada UMF. Con esto, se pretende generar una herramienta que permita a los productores de pequeñas y grandes áreas de bosque, acceder a mercados de servicios ecosistémicos y de esta manera generar otras fuentes de ingresos alternas (Arango et al., 2017).

Este proceso trae a consideración la generación de 5 servicios ecosistémicos por parte de las unidades de manejo forestal, los cuales son los siguientes: Fijación y almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios de las cuencas hidrográficas, conservación del recurso suelo y prestación de servicios recreativos (Arango et al., 2017).

Es importante mencionar que, para el cumplimiento de este estándar, la unidad de manejo forestal debe de considerar y dar cumplimiento a los siguientes pasos:

- Declaración del servicio(s) ecosistémico(s) prestado(s).
- Descripción del servicio o los servicios identificados.
- Descripción de las amenazas antrópicas y naturales sobre el servicio o servicios.
- Elección de los impactos que se van a demostrar con el servicio(s), expresado en indicadores.



- Incluir dentro de las actividades de manejo de la unidad forestal las actividades de demostración de impacto de los servicios ecosistémicos.
- Determinación de la línea base para el indicador o los indicadores de resultados seleccionados.
- Determinar la metodología orientada a la demostración de los impactos de los SE.
- Exposición de los resultados asociados al impacto de los servicios ecosistémicos en un análisis comparativo de los indicadores, así como las conclusiones derivadas del proceso.

Es preciso mencionar que la aplicación al incentivo por prestación de servicios ecosistémicos de la unidad de manejo forestal debe estar articulada con el estándar de manejo sostenible de la actividad forestal (FSC, 2019). En este sentido, se presentan de manera resumida los pasos para acceder a la certificación forestal en el siguiente esquema:



**Figura 7.** Pasos para la Certificación Voluntaria con Énfasis en la Conservación  
Fuente: FSC, 2017 en Arango et al., 2017.

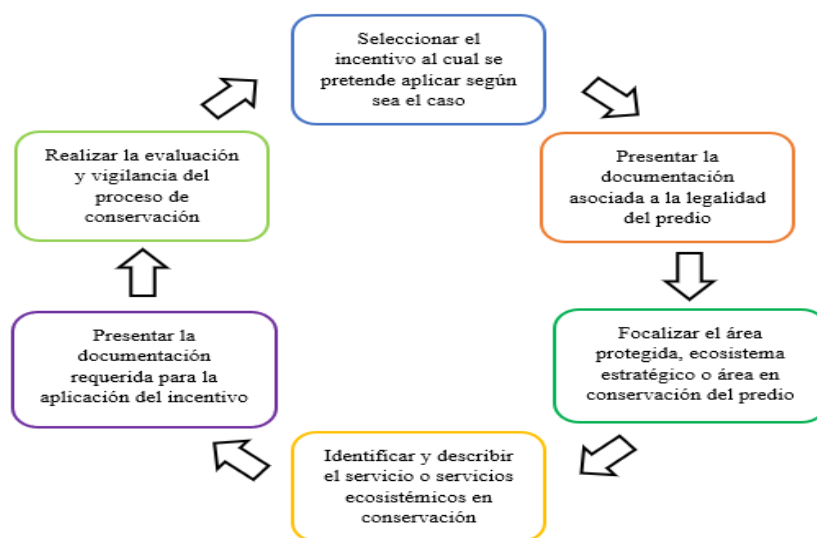
### 5.3.3 ESQUEMAS PARA APLICAR A INCENTIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES

- **ESQUEMAS GENERAL DE APLICACIÓN A INCENTIVOS NACIONALES**

A nivel general, se presenta de manera sintetizada los pasos que se deben de seguir para aplicar a un incentivo económico de pago por servicios ecosistémicos de carácter nacional. Aplicados principalmente al servicio de regulación climática,

- Primero, se deben de seleccionar el incentivo al cual pretende aplicar una persona natural o jurídica que sea propietaria de uno o varios predios.
- Segundo, se debe de presentar la documentación asociada a la legalidad del predio, así como dar cuenta del propietario y/o arrendatario.

- Tercero, se debe de focalizar el área protegida o ecosistema estratégico del que haga parte el predio o sea el caso, identificar el área en conservación in situ que presente la propiedad.
- El cuarto, consistirá en hacer una identificación y descripción detallada del servicio o servicios ecosistémicos que están siendo conservados.
- El quinto, es gestionar y presentar toda la documentación requerida para la aplicación del incentivo determinado, con las instituciones y autoridades que tengan en jurisdicción el lugar donde se ubique el predio.
- El sexto, consistirá en la evaluación y vigilancia pertinente al proceso de conservación, por parte de la autoridad ambiental competente.



**Figura 8. Pasos Metodológicos para Acceder a Incentivos de Carácter Nacional**  
 Elaboración propia

● **ESQUEMA GENERAL DE APLICACIÓN A INCENTIVOS Y CERTIFICACIONES INTERNACIONALES**

En general, se exponen de manera resumida los pasos a seguir para aplicar a los incentivos internacionales VCS, REDD+ y FSC en un esquema síntesis (Figura 9).

Estándar/ Certificación/ Incentivo	Criterios de acceso	Registro/Validación	Referencia
VCS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ser reales</li> <li>- Medibles</li> <li>- Permanentes</li> <li>- Adicionales</li> <li>- Independiente/ auditadas</li> <li>- Únicos</li> <li>- Transparentes</li> <li>- Conservadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envío de descripción del proyecto y documentación por parte del proponente adjunta el registro VCS.</li> <li>- Organismo de validación evalúa el proyecto de acuerdo a la normativa VCS.</li> <li>- Proponente envía informe de monitoreo y la documentación adjunta al organismo de validación.</li> <li>- Organismo de validación evalúa las reducciones de GEI de acuerdo a la normativa VCS.</li> <li>- Proponente envía documentos de proyecto a registro VCS.</li> <li>- El registro VCS revisa el registro del proyecto y solicita emisión de VCU.</li> <li>- VCS crea registros de proyectos y de VCU en la base de datos de proyectos VCS y deposita VCU en la cuenta del proponente del proyecto.</li> </ul>	<p>REDUCCIÓN VOLUNTARIA DE EMISIONES – VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) (<a href="http://www.appluscertification.com">http://www.appluscertification.com</a>, 2020):</p> <p><a href="http://www.appluscertification.com">http://www.appluscertification.com</a> (2020). <i>Reducción Voluntaria de Emisiones – Verified Carbon Standard (VCS)</i>. [online] Available at:</p> <p><a href="https://www.appluscertification.com/global/es/what-we-do/service-sheet/reduccion-voluntaria-de-emisiones-%E2%80%93-verified-carbon-standard-(vcs)">https://www.appluscertification.com/global/es/what-we-do/service-sheet/reduccion-voluntaria-de-emisiones-%E2%80%93-verified-carbon-standard-(vcs)</a> [Accessed 21 Jan. 2020].</p>
REDD+	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de emisiones producto de la deforestación.</li> <li>- Reducción de las emisiones producto de la degradación forestal.</li> <li>- Conservación de las reservas forestales de carbono.</li> <li>- Incremento de las reservas forestales de carbono.</li> <li>- Ordenación forestal sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir el área para acceder a los incentivos.</li> <li>- Definir la metodología a aplicar.</li> <li>- Establecer la línea base.</li> <li>- Establecer parcelas para el muestreo permanente.</li> <li>- Medición, reporte y verificación de resultados.</li> </ul>	<p>Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2019). "REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques". Recuperado de: <a href="http://www.fao.org/redd/overview/es/">http://www.fao.org/redd/overview/es/</a></p>
FSC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Declaración del servicio(s) ecosistémico(s) prestado(s).</li> <li>- Descripción del servicio o los servicios identificados.</li> <li>- Descripción de las amenazas antrópicas y naturales sobre el servicio o servicios.</li> <li>- Elección de los impactos que se van a demostrar con el servicio(s), expresado en indicadores.</li> <li>- Incluir dentro de las actividades de manejo de la unidad forestal las actividades de demostración de impacto de los servicios ecosistémicos.</li> <li>- Determinación de la línea base para el indicador o los indicadores de resultados seleccionados.</li> <li>- Determinar la metodología orientada a la demostración de los impactos de los SE.</li> <li>- Exposición de los resultados asociados al impacto de los servicios ecosistémicos en un análisis comparativo de los indicadores, así como las conclusiones derivadas del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación de las leyes y los principios del FSC.</li> <li>- Derechos y responsabilidades de tenencia y uso.</li> <li>- Derechos de las comunidades indígenas.</li> <li>- Relaciones comunales y derechos de los trabajadores.</li> <li>- Beneficios del bosque.</li> <li>- Impacto ambiental.</li> <li>- Plan de manejo.</li> <li>- Seguimiento y evaluación.</li> <li>- Mantenimiento de bosques que presenten un alto valor de conservación.</li> <li>- Plantaciones forestales.</li> </ul>	<p>Forest Stewardship Council (2019). "Certificación de manejo forestal". Recuperado de: <a href="https://fsc.org/es/page/certificacion-de-manejo-forestal">https://fsc.org/es/page/certificacion-de-manejo-forestal</a></p>

**Figura 9. Pasos Metodológicos para Acceder a Incentivos y Certificaciones de Carácter Internacional**  
*Elaboración propia*

## **5.4 PROPUESTA DE ALTERNATIVAS ORIENTADAS A LA APLICACIÓN DE INCENTIVOS POR REGULACIÓN CLIMÁTICA DE LOS BOSQUES DE GUADUA EN EL EJE CAFETERO COLOMBIANO**

Teniendo en cuenta las condiciones de los bosques de guadua que se presentan en toda la región del Eje Cafetero de Colombia, como se mencionó anteriormente, se puede dar cuenta del alto grado de fragmentación que presentan los mismos en este territorio. Sin embargo, considerando que esta región presenta mayor predominancia de bosques de guadua, y estos a su vez una alta capacidad de almacenamiento de carbono, se hace viable la aplicación de incentivos económicos por la conservación y la prestación de servicios ecosistémicos de los mismos.

Trayendo en consideración los diferentes incentivos y estándares de carácter nacional e internacional mencionados anteriormente, se pueden presentar diferentes alternativas aplicadas a las condiciones de los bosques de guadua de la región, en función de fortalecer los procesos de gestión ambiental local dentro de los predios y comunidades donde estos se ubiquen, así como generar un manejo adecuado de los mismos.

### **5.4.1 PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DE UN ESTATUTO TRIBUTARIO MUNICIPAL**

Teniendo en cuenta la descripción que se dio referente a este incentivo, así como los requisitos que debe de cumplir un propietario de un predio para poder acceder al mismo, se hace viable la aplicación de este esquema orientado a exención del pago predial según las condiciones de los bosques de guadua en esta región.

En primer lugar, uno de los requisitos que se establecen es que un predio debe de tener el 10% del área total representado en bosques protectores, bosques de guadua o caña brava, para lo cual no se establece un valor específico de área, es decir, un predio de la región tiene en promedio una extensión de 6.4 hectáreas (Camargo, 2006) y comparándolo con el promedio de extensión de los bosques de guadua de 2.9 hectáreas, estos representarían poco más del 45% del área total del predio, en ese sentido, si se puede aplicar a dicho incentivo, puesto a que está cumpliendo con este criterio.

En segundo lugar, lo que se refiere al segundo requisito para la aplicación del incentivo, se menciona que debe de presentarse el 5% del área total del predio en las coberturas antes mencionadas y para el segundo año se debe alcanzar el 10% del área total. En este sentido, como el criterio anterior, al no establecerse un valor específico de área, los predios pequeños que presenten estas condiciones se hacen aptos para la aplicación de este incentivo. Puesto que en lo que hace referencia para el segundo año, posterior a la aplicación de este esquema,

se podrían establecer plantaciones asociadas a bosques de guadua, debido a que su crecimiento es relativamente rápido y se podría alcanzar con el restante de área requerida para el predio.

Con base a esto, el alto grado de fragmentación de los bosques de guadua en el Eje Cafetero, no se constituye como un limitante para la aplicación del incentivo. Sin embargo, cabe aclarar que este esquema no se presenta estandarizado a nivel nacional, debido a que es un acuerdo pactado únicamente para el municipio de Pereira, de igual manera, se hace la salvedad mencionada en la descripción del incentivo; que los demás municipios pertenecientes al Eje Cafetero colombiano que deseen implementar incentivos tributarios para propietarios de predios que establezcan áreas de bosques protectores y/o bosques de guadua a la protección ambiental, deberán generar acuerdos administrativos que reglamenten y oficialicen la posibilidad de acceder a estos incentivos.

Para esto entonces, las alcaldías y los concejos de los municipios son los actores encargados de propiciar este tipo de estrategias en sus territorios, con la colaboración de las autoridades ambientales regionales para fines de estudios técnicos y de trabajo social con las personas que pretendan acceder a este incentivo por conservación.

#### **5.4.2 PROPUESTA DE ORIENTADA A CERTIFICADOS DE INCENTIVO FORESTAL A LA CONSERVACIÓN Y A LA REFORESTACIÓN**

Esta certificación está orientada principalmente a proyectos de plantaciones que ejecuten personas naturales o jurídicas de carácter privado y entidades descentralizadas o distritales. Tiene como propósito aumentar la inversión en plantaciones de uso protector-productor únicamente en suelos que tengan aptitud forestal.

Para la aplicación de este incentivo no se especifica en la Ley cual debe ser la cantidad de área destinada a la conservación y / o reforestación, en ese sentido se podría posibilitar la viabilidad de acceder a este incentivo forestal por parte de los propietarios de los predios, debido a que los bosques de guadua presentes en el Eje Cafetero cumplen con las condiciones necesarias de protección por su alto potencial de prestación de servicios ecosistémicos relacionados con la regulación climática, así como también de protección de recursos hídricos, hábitat de fauna y de aprovechamiento maderero.

No obstante, existen una serie de limitantes asociados al contexto territorial y de los habitantes del predio, debido a que en algunos de los casos no se cuenta con información actualizada por parte del IGAC para conocer la aptitud de los suelos, las personas involucradas en la implementación del Plan de Establecimiento y Manejo Forestal no cuentan con la totalidad de conocimientos necesarios para llevarlo a cabo, así como que la mayoría

de los bosques de guadua de la región son naturales, lo que conlleva a aumentar la inversión en la actualización de estudios de suelo en la zona cafetera y capacitaciones a los propietarios de los predios para poder cumplir con la totalidad de los requerimientos asociados a la certificación de este incentivo.

El proceso de gestión encaminado a la obtención de este incentivo por parte del propietario de un predio, debe ir de la mano con las autoridades ambientales competentes en el territorio, pues estos son los que determinan el nivel de cumplimiento de los requisitos, así como las obligaciones que debe de cumplir el beneficiario para garantizar la conservación del ecosistema forestal. Además, se debe de articular este proceso con el Fondo Para el Financiamiento del Sector Agropecuario (FINAGRO), puesta esta entidad es la encargada de expedir el certificado del incentivo forestal.

#### **5.4.3 PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DE BANCO2**

Como se mencionó anteriormente, este es un incentivo que va principalmente orientado a campesinos que poseen áreas de producción agrícola y pecuaria a pequeña escala, así como que pertenezcan a niveles socioeconómicos bajos. Además, este incentivo está en función de garantizar la prestación del servicio ecosistémico de regulación climática por la disminución de los gases de efecto invernadero, lo cual se potencia su aplicación en el contexto del Eje Cafetero de Colombia, debido a la alta presencia de bosques de guadua y a su alto potencial de almacenamiento de carbono.

En este sentido, se hace viable la aplicación de este esquema a nivel regional. En primer lugar, debido a que la gran mayoría de las unidades de producción de la región se presentan en minifundios, donde se establecen cultivos asociados a pequeños fragmentos de bosques secundarios y en gran mayoría fragmentos de guadua, que pueden estar sujetos a conservación.

Por otra parte, se hace evidente que las condiciones de muchos campesinos en el Eje Cafetero colombiano presentan bajos ingresos económicos, por lo cual, esta herramienta se presentaría como una fuente alterna de ingresos, lo cual permitiría mejorar el estilo de vida de estas comunidades, manejando principios de sostenibilidad en el territorio.

Al igual que el Estatuto Tributario Municipal, el grado de fragmentación de los bosques de guadua no se constituye como una limitante significativa para poder acceder al esquema BanCO2, puesto a que los requisitos de este incentivo no establecen un valor fijo de área en conservación. Sin embargo, un factor importante a considerar para este caso sería el escepticismo por parte de los campesinos, debido a que no muchos estarían dispuestos a destinar parte de sus predios para procesos de conservación, principalmente por que estarían

dejando parte de su tierra productiva para la protección, y los ingresos asociados al pago por servicios ecosistémicos tal vez no cubrirán las mismas cantidades.

Esta estrategia se puede materializar en la región cafetera del país, mediante el trabajo articulado de las corporaciones autónomas regionales y las administraciones municipales, en vista a que estos actores pueden garantizar en primer lugar que las condiciones de los bosques en conservación sean óptimas, así como de que los beneficiarios del incentivo cumplan con las condiciones adecuadas para su aplicación, es decir, que sean realmente familias campesinas con bajos ingresos. Además, para la consolidación de la estrategia, se debe trabajar en conjunto con la ONG Masbosques, pues esta es la organización encargada de la implementación del esquema.

#### **5.4.4 PROPUESTA ORIENTADA A LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA EL EJE CAFETERO: “INCORPORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL SECTOR CAFETERO EN COLOMBIA (IBSCC)”**

La aplicabilidad de este incentivo se hace totalmente viable, puesto a que es un esquema orientado principalmente a la región del Eje Cafetero colombiano. Este tiene como objetivo garantizar la conservación de la biodiversidad presente en agroecosistemas cafeteros y de la prestación del servicio ecosistémico de regulación climática, y se enfoca principalmente a los pequeños productores de café en Colombia.

Teniendo en cuenta las condiciones de los bosques de guadua en el contexto cafetero, donde en promedio se encuentran 2,9 ha por predio, las unidades productivas tienen gran potencial para el almacenamiento de carbono, potenciado además por la asociación de estos fragmentos de bosque con cultivos como el café y el plátano.

Además, este esquema puede establecerse a nivel grupal en un conjunto de fincas colindantes. Es decir, que las áreas seleccionadas para hacer la compensación pueden estar distribuidas en varios predios y el área mínima que se debe tener en bosque es de 1 hectárea por predio o en conjunto. En este sentido, las condiciones de la región son totalmente aptas para la aplicación de este esquema.

En este sentido, no hay consecuencias negativas sobre la aplicabilidad del incentivo por parte del nivel de fragmentación de los bosques de guadua en la región. De igual manera, este esquema garantiza que se pueden generar sistemas de producción en articulación con sistemas de protección, garantizando los ingresos por parte de la actividad productiva, y a su vez, generar ingresos alternos por la conservación.

Asimismo, si se pretenden aumentar las áreas en conservación, la guadua se hace viable para procesos de reforestación, debido a que, en los requisitos para aplicación del incentivo, se especifican que pueden ser especies nativas que disminuyan los impactos sobre los bosques remanentes y los ecosistemas.

Dentro de las principales limitaciones que se pueden identificar a la hora de aplicar este esquema de PSA, se presenta la falta de capacitación técnica de los campesinos para llevar a cabo los procesos de cuantificación de las remociones de GEI por parte de la actividad forestal, así como todo el proceso de gestión de información que se debe ir generando para el monitoreo del programa de compensación. Además, el tema orientado a la certificación de la actividad forestal por parte de ICONTEC puede presentarse como un obstáculo, puesto que los costos que debe asumir un beneficiario del incentivo pueden ser bastante altos, y en muchos casos no se podrían gestionar con facilidad.

Para el desarrollo de este esquema y su aplicación en el territorio, se deben de articular la participación de las autoridades ambientales, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Alcaldías y empresas privadas, quienes se constituyen como los actores principales a los cuales acudir al momento en que los propietarios de los predios pretendan acceder a este incentivo de pago por servicios ambientales.

#### **5.4.5 PROPUESTA ORIENTADA AL ACCESO A INCENTIVOS Y CERTIFICACIONES INTERNACIONALES**

A nivel del Eje Cafetero Colombiano se establecieron las bases para la aplicación de la estrategia REDD+ en ecosistemas boscosos (Arango et al. 2012). Se menciona que tanto a nivel nacional como regional se hace viable debido a las altas coberturas en bosque presentes, con base a esto se potencia la aplicación de proyectos REDD+ en Colombia y específicamente en el departamento de Risaralda (Arango et al. 2012).

La última versión de la Estrategia REDD+ en Colombia ha establecido la aplicación de este programa a nivel de proyectos y consolida el departamento de Risaralda como una de las principales opciones para implementar la estrategia (Arango et al. 2012). Teniendo en cuenta que el departamento cuenta con el 49% de su área en zonas de protección, que el Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) 2009 – 2012, prospecta el territorio como “Bosque modelo para el mundo”, así como que se cuenta con un Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) y a nivel de departamento se cuenta con un Sistema Departamental de Áreas Protegidas (SIDAP), así como la articulación interinstitucional debido a la integración de autoridades ambientales y entidades territoriales para el logro de acciones encaminadas a la conservación de los bosques (Arango et al. 2012). Sin embargo, se hace necesario fortalecer



dicha articulación, así como la capacidad de gestión en función de lograr una sinergia en los procesos asociados a los requerimientos de aplicación de la estrategia (Arango et al. 2012).

Para el caso del incentivo REDD+, su aplicación en el contexto del Eje Cafetero Colombiano se podría llevar a cabo debido a la alta capacidad de los bosques de guadua que tienen para el almacenamiento de carbono. No obstante, teniendo en cuenta que el nivel socioeconómico de los propietarios de los predios en la zona es bajo, esto como consecuencia de que en su mayoría la tenencia de la tierra es a pequeña escala, es decir minifundios, lo que reduce de cierta manera la capacidad productiva y por lo tanto adquisitiva de los mismos. En este sentido el acceso a este incentivo resulta limitado, debido a los altos costos que tienen los estudios y verificaciones técnicas que requiere REDD+ para cumplir con los requisitos en su totalidad. Por lo tanto, si se desea aplicar, se requeriría una amplia inversión bien sea por recursos propios del dueño del predio o acudiendo a los actores territoriales competentes como lo son alcaldías, corporaciones autónomas, ONG's y empresas privadas.

Por otra parte, las iniciativas voluntarias propuestas por el FSC de Certificación Forestal individual y Certificación en grupo y para SLIM, se podrían implementar en las unidades productivas del Eje Cafetero Colombiano, debido a que los bosques de guadua presentes tienen la extensión requerida de menos de 100 hectáreas y si se mantiene la intensidad de aprovechamiento menor al 20% como lo exige la organización, no obstante, se presenta un limitante que resulta similar con los que se han mencionado en las propuestas anteriores y es la baja capacidad adquisitiva de los dueños de los predios. Esto se presenta como limitante debido a que se requiere una inversión significativa para realizar las auditorías, verificaciones y estudios técnicos en los bosques de guadua que se desean destinar a la conservación, en ese sentido no resultaría viable su aplicación por los altos costos que recaería sobre los propietarios. Además, se dificultaría su viabilidad en el contexto regional en cuanto a que la son en su mayoría bosques naturales y la certificación no se asocia a conservación.

Por otra parte, es importante aclarar que este incentivo no se orienta a la captura de carbono, lo cual se sale del marco de regulación climática que presentan las condiciones de los bosques de guadua de la región cafetera. Sin embargo, este tipo de certificaciones para el caso en particular de plantaciones forestales que se puedan presentar con guadua, garantizaría el adecuado manejo de la plantación, y en este sentido, contribuiría indirectamente a almacenamiento de carbono los rodales.

#### **5.4.6 PROPUESTA ORIENTADA AL MERCADO LOCAL DE CARBONO**

Los mercados de carbono se podrían constituir como una estrategia potencial dentro de la región cafetera, en vista de que se pueden reducir las externalidades generadas a partir de emisiones por parte de actividades industriales, así como el funcionamiento de vehículos

públicos y privados. Además, se puede potenciar por el Plan Nacional de Negocios Verdes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

En este sentido, los mercados de carbono se pueden establecer como herramientas que permitan que los propietarios de predios con presencia de bosques de guadua puedan vender o adquirir reducciones de emisiones de GEI. Esta estrategia estaría orientada a que las organizaciones públicas, privadas e individuos puedan adquirir créditos de carbono para disminuir su huella de carbono de manera voluntaria.

Sin embargo, dentro del marco de una política pública, las administraciones municipales podrían generar normatividad asociada a que los propietarios de vehículos públicos y/o privados paguen impuestos por las emisiones de estos. En este caso, la estrategia estaría regulada por parte de las administraciones municipales y conllevaría a que las autoridades ambientales y las contralorías lleven a cabo los debidos procesos de seguimiento y control, garantizando el debido cumplimiento de esto.

A diferencia de los otros incentivos evaluados, los mercados de carbono se hacen mas viables para el contexto regional, puesto a que muchas organizaciones estarían dispuestas a pagar este tipo de compensaciones en lugar de generar los procesos de gestión ambiental a nivel interno, que a su vez podrían ser más costosos.

Es importante mencionar que el papel de las administraciones municipales en articulación con las autoridades ambientales y todos los gremios sectoriales, se hace importante para poder materializar este tipo de estrategias en los territorios, para garantizar la sostenibilidad de los mismos, mediante la formulación e implementación de políticas públicas orientadas a intervenir las externalidades generadas por las actividades ya mencionas.

## **6. CONCLUSIONES**

En este trabajo fue factible establecer las bases para el potencial que tienen los bosques de guadua en la región del Eje Cafetero de Colombia para mitigar el cambio climático y de esta manera contribuir a la regulación del mismo al igual que lo hacen otros ecosistemas forestales. Este potencial depende de factores como los intrínsecos específicos de cada rodal, del sitio donde se encuentran y del manejo. Condiciones que implican una amplia variabilidad en los valores de densidad de carbono, y, por lo tanto, en la capacidad para mitigar, pero conociendo estos cambios es factible actuar con mayor certeza en los procesos que implican la consideración de estos bosques y su rol dentro del territorio. Los factores de sitio no son manejables, pues representan una condición asociada netamente a características biofísicas. Por el contrario, la intensidad de cosecha, la fragmentación asociada a la deforestación para establecimiento de otros usos del suelo y la densidad de culmos por hectárea son factores de manejo que pueden ser controlados efectivamente. En este sentido,

es importante tener en cuenta que las condiciones de manejo son un factor importante que puede potenciar el almacenamiento de carbono en los bosques de guadua, llevando a cabo procesos sostenibles dentro de los predios donde las bajas intensidades de aprovechamiento permitan mantener las cantidades de carbono en almacenadas en la biomasa de los bosques.

Esta capacidad de almacenamiento de carbono, que, a su vez varía ampliamente, es útil para conocer las posibilidades de acceder a esquemas y/o estándares que conlleven a incentivos por la conservación de bosques naturales de guadua y los servicios ecosistémicos que prestan, los cuales pueden ser económicos, por exención de impuestos o certificaciones. Esto resulta viable en cierta medida para el caso de los incentivos y / o certificaciones en las cuales sus criterios de aplicación no se requieran de una alta inversión, extensas áreas de bosque de guadua, así como también de personal con conocimientos técnicos y científicos especiales para lograr su cumplimiento. Esto debido a que los bosques de guadua en la región presentan un alto grado de fragmentación, al predominio de propietarios con bosques de áreas pequeñas hace que se dificulte la aplicación de estos esquemas o iniciativas y que gran parte de los propietarios de los predios donde se ubican no cuentan con la capacitación técnica ni con los recursos suficientes para mantener las condiciones requeridas.

No obstante, para el caso de certificaciones forestales se hace más compleja su aplicación debido a que la gran mayoría de los bosques de guadua presentes en la región son naturales. En este sentido, la aplicación a esquemas locales resulta más viable para este contexto. Además, dentro del marco de las políticas públicas deben establecerse componentes rigurosos que intervengan las emisiones generadas por diferentes actividades industriales, así como del sector transporte, potenciando incentivos como los mercados de carbono.

El papel que cumplen los entes territoriales, las organizaciones gubernamentales y privadas en la aplicación de incentivos y / o certificaciones es de gran importancia para los propietarios de los predios, en el sentido de que son quienes cuentan con los recursos y conocimientos técnicos para cumplir con los criterios requeridos por estos esquemas. Por lo tanto, es indispensable la articulación de esfuerzos entre autoridades ambientales, empresas privadas, entidades territoriales y demás organizaciones, para lograr alcanzar los objetivos de este tipo de proyectos y poder contribuir a la mitigación del cambio climático a través de la conservación de ecosistemas estratégicos que prestan los servicios ecosistémicos requeridos para el bienestar humano y de los territorios. De igual manera, es importante la formulación e implementación de políticas públicas que permitan llevar a cabo acciones orientadas a la mitigación del cambio climático y en este sentido potenciar la aplicación de estrategias asociadas a bosques de guadua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aalder, H. - Gonzales, P. - Gytarsky M. - Krug, T. - Kurz, W.A. - Ogle, S. - Raison, J. - Schoene D. - Ravindranath, N.H. - Elhassan, N.G. - Heath, L.S. - Higuchi, N. - Kainja, S. - Matsumoto, M. - Sanz, Sánchez, M.J. - Somogyi, Z (2006). “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra . Recuperado de: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_04\\_Ch4\\_Forest\\_Land.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf)
- Aguirre, Moreno, D. (2017). “CAUSAS Y AGENTES DE LA DEFORESTACIÓN EN LA ZONA SUROCCIDENTAL DEL MUNICIPIO DE PEREIRA, RISARALDA”. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7743/33375A284.pdf?sequence=1>
- Angelsen, A. con Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlin, W. D. y Wertz-Kanounnikoff, S. (2010) La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política. CIFOR, Bogor, Indonesia. Recuperado de: [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BAngelsen1001.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen1001.pdf)
- Arango, Arango, A.M - Amézquita, Berjan, M.A - Camargo, García, J.C (2012). “Bases para la aplicación de REDD+ en ecosistemas boscosos del Eje Cafetero de Colombia”. *Recursos Naturales y Ambiente/no. 65-66: 26-31*
- Arango, Arango, A.M - Muñoz, López, J - Pineda, Rodríguez, J.M - Camargo, García, J.C (2017). “Bases conceptuales y metodológicas para la implementación de mecanismos e instrumentos orientados a la obtención de incentivos para la conservación y la gestión sostenible de los bosques propiedad de la ESP Aguas y Aguas de Pereira S.A.”. Grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Universidad Tecnológica de Pereira[J1] . Informe de Proyecto Sin Publicar
- Arango, Arango, A.M (2011). “Posibilidades de la guadua para la mitigación del cambio climático: Caso: Eje Cafetero Colombiano”. Universidad Tecnológica de Pereira
- Arango, Arango, A.M. Camargo, García, J.C (2012). “Determinación de la huella de carbono de una empresa forestal productora de guadua: El caso de la empresa Yarima Guadua, Eje cafetero de Colombia”. *Recursos Naturales y Ambiente/no. 65-66*
- Arango, Arango, A.M. Camargo, García, J.C (2010). “Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+”. *Recursos Naturales y Ambiente/no. 61: 77-85*

- BanCO2 (2019). “Servicios Ambientales Comunitarios”. Recuperado de: <https://www.banco2.com/contenido/preguntas-frecuentes>
- Benavides, H. León, G. (2007). “*Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*”. NOTA TÉCNICA DEL IDEAM, Diciembre de 2007. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Benjamín, Ordóñez, J.A. Masera, O. (2001). “*Captura de carbono ante el cambio climático*”. Recuperado de: <http://myb.ojs.inecol.mx/index.php/myb/article/view/1314/1484>
- Brown, P; Cabarle, B; Livernash, R. 1997. “*Carbon counts: Estimating climate change mitigation in forestry projects*”. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.
- Camargo, García, J.C. Arango, Arango, A.M (2012). “Consideraciones sobre inventario y medición del bambú en bosques y plantaciones, con especial referencia a *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero de Colombia”. *Recursos Naturales y Ambiente/no. 65-66: 62-67*
- Camargo, J.C. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* Kunth in the Coffee Region of Colombia (Ph.D. Tesis). Göttingen: Göttingen Universität. 205 p.
- Camargo, J.C., Dossman, M.A., Cardona, G., García, J.H., Arias; L.M. 2007. Zonificación detallada del recurso *Guadua* en el Eje Cafetero de Colombia, Tolima y Valle del Cauca. Pereira. Min. Ambiente, Universidad Tecnológica de Pereira, CARs del eje cafetero. 143p.
- Camargo, J.C., Rodríguez J.A., Arango, A.M. 2010b. Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de *guadua* en la zona cafetera de Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente. 61: 86–94.*
- CARDER, (2002). *Ecorregión Eje Cafetero: Un Territorio de Oportunidades*. Pereira. Recuperado de: [http://www.almamater.edu.co/Publicaciones/Ecorregion\\_Eje\\_Cafetero\\_Un\\_Territorio\\_de\\_Oportunidades.pdf](http://www.almamater.edu.co/Publicaciones/Ecorregion_Eje_Cafetero_Un_Territorio_de_Oportunidades.pdf)
- CARDER, (2004). *Nodo Regional de Cambio Climático: Ecorregión Eje Cafetero*. Recuperado de: <http://www.carder.gov.co/index.php/web/es/nodo-regional-de-cambio-clim-tico-de-la-ecorregi-n-eje-cafetero>
- CBPA (2004). “Manual Introducción A La Gestión Ambiental Municipal”. Recuperado de: <http://www.ceppia.com.co/Herramientas/PLANIFICACION-Y-GESTION%20AMBIENTAL/Manual-de-Introduccion-a-la-Gestion-Ambiental-Municipal.pdf>
- Center for International Forestry Research (CIFOR) (2006). “*Pago por servicios ambientales*”. Extraído de: [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-42S.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42S.pdf)

- Chará, J., Giraldo-Sánchez, L. P., Chará-Serna, A.M., Pedraza, G.X. (2010). Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. 2. Efectos sobre la escorrentía y captura de nutrientes. Recursos Naturales y Ambiente. 61.: p60-66.
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L. 2008. Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas. In Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 111-129.
- Comité de Cafeteros de Risaralda (2019). “¿Que es BanCO2?” Recuperado de: [https://risaralda.federaciondecafeteros.org/buenas\\_noticias/que\\_es\\_banco2/](https://risaralda.federaciondecafeteros.org/buenas_noticias/que_es_banco2/)
- Congreso de la República de Colombia (1994). “Ley 139 de 1994”.
- Consejo Nacional de Ambiente (2001). “Resolución Presidencial N° 040-2001-CD/CONAM”. Grupo Técnico Sobre Medidas de Incentivos Económicos Para la Conservación de la Diversidad Biológica. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/case-studies/inc/cs-inc-pe-01-es.pdf>
- Documento CONPES No. 2834 (1996) “Política de bosques”. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Políticas/555\\_politica\\_de\\_bosques.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Políticas/555_politica_de_bosques.pdf)
- Duque V. A., Pardo M.P., Rubiano D.J. 2014. “Compensaciones de gases efecto invernadero (GEI) en paisajes cafeteros de Colombia”. Federación Nacional de Cafeteros Bogotá 18 p.
- Forest Stewardship Council (2015). “Ecosystem services strategy”. Recuperado de: <https://fsc.org/es/page/servicios-del-ecosistema>
- Forest Stewardship Council (2019). “Certificación de manejo forestal”. Recuperado de: <https://fsc.org/es/page/certificacion-de-manejo-forestal>
- García, J (2003). *Evolución de la distribución de las fincas cafeteras: Hacia una regionalización de la caficultura colombiana*. Federación Nacional de Cafeteros. Recuperado de: <https://federaciondecafeteros.org/static/files/3.evolucionfincascaferas.pdf>
- Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, O.J., Foley, J.A. (2007). “Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality” Environmental Research Letters. Available from: : <https://www.researchgate.net/publication/230901361>
- Google. (2019.). “Variación de la Cantidad de Carbono Según el Sitio Específico del Eje Cafetero”.. Recuperado de: <https://www.google.com.co/maps/>
- GREENPEACE (2018). *Imágenes y datos: Así nos afecta el cambio climático*. Recuperado de: <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP-cambio-climatico-LR.pdf>

- GREENPEACE (2019, 23 de Diciembre). *Crisis ambiental, lo que nos deja el 2019*. Recuperado de: <https://www.greenpeace.org/colombia/uncategorized/2566/crisis-ambiental-lo-que-nos-deja-el-2019/>
- Hurtado, De Barrera, J. (1996). “*Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia*”. Recuperado de: <https://blog.reyqui.com/descargas-pdf/metodologia-de-la-investigacion-holistica-de-jacqueline-hurtado-de-barrera-pdf/>
- Ibárcena, M. Scheelje, J. (2003). “*Rol de los bosques en el cambio climático*”. Versión original de documento sometido al XII Congreso Forestal Mundial, Québec City, Canadá. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/XII/0814-B2.htm>
- Ibrahim, M. Chacón, M. Cuartas, C. Naranjo, J. Ponce, G. Vega, P. Casasola, F. Rojas, J. (2007). “*Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua*”. *Agroforestería en las Américas* N° 45. Recuperado de: <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/Articulos/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20biomasa%20arborea.pdf>
- IDEAM) (2009-2011). “Carbono forestal”. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Infostat - Statal Software (Versión. 2019 d). “*Infostat/Free. 2019*” Recuperado de: [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – (IDEAM). 2015. *Las cifras de deforestación en Colombia 2015*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Revisado el 11 octubre 2016, Disponible en [http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset\\_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/la-cifra-de-deforestacion-en-colombia-2015-reporta-124-035-hectareas-afectada](http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/la-cifra-de-deforestacion-en-colombia-2015-reporta-124-035-hectareas-afectada).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (2010 - 2012). “*Inventario nacional de gases de efecto invernadero, Colombia*”. Recuperado de: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla\\_INGEI.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (2014). “*Cambio Climático*”. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (2016). “*MONITOREO Y SEGUIMIENTO AL FENÓMENO DE LA DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA*”. Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y

- Carbono. Bogotá D.C, Colombia. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/bosques/deforestacion-colombia>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) (2018)). *Reporte de Cambio de la Superficie Cubierta por Bosque Natural (Nacional)*. Recuperado de: [http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/pub/reporteGeoproceso.jsp?id\\_reporte=7297](http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/pub/reporteGeoproceso.jsp?id_reporte=7297)
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
  - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). (2020). “Atlas Climatológico de Colombia”. Recuperado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
  - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). “*Climate Change 2013: Physical Science Basis*”. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1>
  - International Organization for Standardization (ISO 22157-1). (2004). *Bamboo-Determination of physical and mechanical properties-Part 1: Requirements*. Genova: International Organization for Standardization. 19 p
  - Keith, H., Mackey, B., & Lindenmayer, D. (2009). *Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests* Proceedings of the National Academy of Sciences DOI: [10.1073/pnas.0901970106](https://doi.org/10.1073/pnas.0901970106).
  - Kleinn, Christoph & Morales-Hidalgo, David. (2006). An inventory of Guadua (Guadua angustifolia) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research*. 125. 361-368. [10.1007/s10342-006-0129-3](https://doi.org/10.1007/s10342-006-0129-3).
  - Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Jonsson, O., Korhonen, K.T., Mundhenk, P., Navar, J.D., Stinson, G. (2015). “Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment” *Forest Ecology and Management* **Volume 352**, 7 September 2015, Pages 21-34
  - Kondolf, G; Pie´gay, W; Landon, N. 2007.Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830. *Landscape Ecology* 22: 367-384.
  - MAYA ECHEVERRY, Juan Martín; CAMARGO GARCIA, Juan Carlos and MOSQUERA, Oscar Marino. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULMOS DE GUADUA DE ACUERDO AL SITIO Y SU ESTADO DE MADUREZ. *Colomb. for.* [online]. 2017, vol.20, n.2 [cited 2020-01-17], pp.180-190. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-07392017000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392017000200006&lng=en&nrm=iso). ISSN 0120-0739. <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a06>.
  - Maya, A. (2001). *La Diosa Némesis: Desarrollo sostenible o cambio cultural*. Cali: CARGRAPHICS S.A.



- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being Biodiversity Synthesis* (Vol. 7; J. Sarukán, A. Whyte, & M. . Boardm, Eds.). Washington,DC.: World Resources Institut.
- Ministerio de Agricultura y de Desarrollo Rural (2013). “*Resolución 80 de 2013: Listado de especies forestales a ser beneficiadas con el certificado de incentivo forestal (CIF)*”.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (1997). “Decreto 900 de 1997”. Recuperado de: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=30218&dt=S>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). “Plan Nacional de Negocios Verdes”. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/plan\\_de\\_negocios\\_verdes/Plan\\_Nacional\\_de\\_Negocios\\_Verdes.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/plan_de_negocios_verdes/Plan_Nacional_de_Negocios_Verdes.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). “Decreto 1007 de 2018” Recuperado de: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201007%20DEL%2014%20DE%20JUNIO%20DE%202018.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente (2017). “*Servicios Ecosistémicos*”. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). “*Construcción Colectiva de la Estrategia Nacional REDD+*”. Recuperado de: [http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Documentos-Redd/110213\\_cartilla\\_redd\\_construccion\\_colectiva.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Documentos-Redd/110213_cartilla_redd_construccion_colectiva.pdf)
- Ministerio del Medio Ambiente (1997). “*Decreto 900 de 1997: Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación.*”. Recuperado de: [https://www.sinchi.org.co/files/leyes%20y%20decretos/dec\\_0900\\_010497.pdf](https://www.sinchi.org.co/files/leyes%20y%20decretos/dec_0900_010497.pdf)
- Muñoz-López, J., Camargo-García, J., & Romero-Ladino, C. (2017). *Beneficios de los bosques de guadua como una aproximación a la valoración de servicios ecosistémicos desde la “Jerarquización y Calificación”*. *Gestión y Ambiente*, 20(2), 222-231. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/ga.v20n2.66603>
- Ordoñez, J., Maser, O. (2001). “*Captura de carbono ante el cambio climático*”. *Madera y Bosques* 7(1), 2001: 3-12
- Organización de las Naciones Unidas (1998). “*PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*”. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2010). “*Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Términos y definiciones*”. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-am665s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2019). “*REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques*”. Recuperado de: <http://www.fao.org/redd/overview/es/>

- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2010). “EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES MUNDIALES 2010; TÉRMINOS Y DEFINICIONES”. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-am665s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (2020). “Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad: Servicios de Regulación”. Recuperado de: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/regulating-services/es/>”
- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (2020). “Servicios Ecosistémicos y Biodiversidad”. Recuperado de: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/incentives/es/>
- Organización de Naciones Unidas (1992). “Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático”. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Organización de Naciones Unidas (2011) “*Convención Marco sobre el Cambio Climático*”. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf>
- Ospina, R. & Rodríguez, J. 2002. Diversidad en Guaduales importancia e implicaciones para un buen manejo. (1st ed., p. 1). Pereira. Revisado en [http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/Ospina\\_Rodriguez.PDF](http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/Ospina_Rodriguez.PDF). (Consultado el 15 de Ago. 2016).
- Patrimonio Natural (2017). Esquemas de incentivos a la conservación para la protección de servicios ambientales en la microcuenca La Guinea, municipio de San José del Fragua/Arango, Harold; Herrera, Wilmer; Coronado, Vanessa; Monsalve, Juliana; Montoya, Oscar Darío. Bogotá, D.C. Colombia. Fondo Patrimonio Natural. 2017. 20 p. - ISBN978-958-59535-2-9. Recuperado de: [https://es.scribd.com/document/346169998/ESQUEMA-DE-INCENTIVOS-A-LA-CONSERVACION-PARA-LA-PROTECCION-DE-SERVICIOS-AMBIENTALES#from\\_embed](https://es.scribd.com/document/346169998/ESQUEMA-DE-INCENTIVOS-A-LA-CONSERVACION-PARA-LA-PROTECCION-DE-SERVICIOS-AMBIENTALES#from_embed)
- Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Risaralda (POMCA). (2017). “Caracterización del medio biofísico: Climatología”
- REDUCCIÓN VOLUNTARIA DE EMISIONES – VERIFIED CARBON STANDARD (VCS) (<http://www.appluscertification.com>, 2020): <http://www.appluscertification.com>. (2020). *Reducción Voluntaria de Emisiones – Verified Carbon Standard (VCS)*. [online] Available at: [https://www.appluscertification.com/global/es/what-we-do/service-sheet/reduccion-voluntaria-de-emisiones-%E2%80%93-verified-carbon-standard-\(vcs\)](https://www.appluscertification.com/global/es/what-we-do/service-sheet/reduccion-voluntaria-de-emisiones-%E2%80%93-verified-carbon-standard-(vcs)) [Accessed 21 Jan. 2020].

- Riaño, NM; Londoño, X; López, Y; Gómez, JH. 2002. Plant growth and biomass distribution on *Guadua angustifolia* Kunth in relation to ageing in Valle del Cauca-Colombia. *Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society* 16(1): 43-51.
- Richardson, D; Holmes, P; Esler, K; Galatowitsch, S; Stromberg, J; Kirkman, P; Pysek, S; Hobbs, R. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139.
- Romero, J. (2017, 19 de septiembre). *La ineficacia de los incentivos a la conservación*. Semana Sostenible. Recuperado de: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/incentivos-a-la-conservacion-son-herramientas-ineficaces/38680>
- Sánchez, E.L., Camargo, J.C. 2012. Diversidad de avifauna en paisajes rurales de la cuenca del río La Vieja, Eje Cafetero de Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* N° 65-66: 83-89.
- Semana Sostenible (2019, 16 de marzo). *Sigue en aumento la deforestación en Colombia*. Recuperado de: <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/sigue-en-aumento-la-deforestacion-en-colombia/43319>
- Vargas, A, Reyes, M, (2011). *Incentivos económicos para la conservación de áreas naturales: Una revisión de la literatura*. *Lecturas de Economía*, ISSN 0120-2596 – eISSN 2323-0622. Universidad de Antioquia. Recuperado de: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeeconomia/article/view/9997/17987>
- Vélez, S. (2018). “La guadua *Angustifolia*: El Bambú Colombiano”. Recuperado de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf)
- Yepes, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., Galindo, G., Granado, E., Duque, A., Barbosa, A., Olarte, C., Cardona, M., (2015). “*Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia*”. *Revista de Biología Tropical* Vol. 63 (1): 69-82
- Yiping, L. Yaxia, L. Buckingham, K. Henley, G. Guomo, Z. (2010). “*Bamboo and Climate Change Mitigation*”. *INBAR*.
- Yuen, J. Q., Fung, T., Zielger, A.D (2017). “Carbon stocks in bamboo ecosystems worldwide: Estimates and uncertainties” *Forest Ecology and Management* Volume 393, 1 June 2017, Pages 113-138
- Zuluaga, A.; Giraldo, C.; Chará, J. 2011. *Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad*. Bogotá, Colombia, GEF, Banco Mundial, Fedegan, CIPAV, Fondo Acción, TNC

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

	PPMA	T° MA	BRILLO SOLAR	INT. APROVECHAMIENTO %	ELEVACIÓN	CULMOS x HA	DIÁMETRO	DENSIDAD	PENDIENTE	CARBONO x CULMO	CARBONO x HA
PPMA	1	0,5843	0,37775126	0,659807885	0,186005659	0,1421282	0,888514192	0,662584254	0,451411391	0,85333826	0,275214643
T° MA	0,0988	1	0,991344618	0,108244942	0,287777909	0,9959118	0,653693533	0,841045879	0,790052713	0,99207398	0,631934947
BRILLO SOLAR	0,1587	-0,002	1	0,001160031	0,595171587	0,6261513	1,49538E-08	0,325991222	0,535962405	0,0046684	0,064344977
INT. APROVECHAMIENTO	-0,0796	-0,2847	0,540682946	1	0,129447792	0,8289237	0,008168038	0,953609591	0,798509765	0,08636652	0,238883959
ELEVACIÓN	-0,236	-0,1907	0,095984306	0,269431164	1	0,0481207	0,773483348	0,951460351	0,807047225	0,68434603	0,35188233
CULMOS x HA	0,2611	0,00093	0,088031507	0,039108696	0,346644989	1	0,340701828	0,058224831	0,24217645	0,68412596	3,27266E-05
DIÁMETRO	-0,0254	-0,0811	0,806154976	0,452654895	-0,052077319	-0,171231	1	0,068479966	0,119627224	2,3102E-07	0,045632247
DENSIDAD	-0,0789	0,0363	-0,176439522	-0,010532753	-0,011102129	0,3330622	-0,321065011	1	0,817761801	0,8576226	0,117304396
PENDIENTE	0,1357	0,04818	-0,111711215	-0,046195401	0,044199731	0,2094023	-0,276273057	-0,041702338	1	0,28662822	0,784907441
CARBONO x CULMO	-0,0335	0,0018	0,48241085	0,303141356	-0,073507962	-0,073562	0,763917478	0,032473693	-0,191141171	1	3,37244E-05
CARBONO x HA	0,1956	-0,0866	0,325720439	0,21084029	0,167362809	0,6570559	0,350335965	0,277952047	0,049386191	0,65624704	1
LUZ	-0,0259	0,05902	-0,016652699	0,105180537	-0,33527966	-0,201215	0,146791024	-0,168091176	0,188887556	0,09220051	-0,12740019

### ANEXO 2

#### MEDICIONES PROPIEDADES FÍSICAS: YARIMA GUADUA



Imagen 1. Medición de la Circunferencia del Tocón. Yarima Guadua

Fuente: Propia



Imagen 2. Medición de Diámetro Interno de la Basa. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 3. Culmo de 2 Años. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 4. Muestra de Probetas, Hojas y Ramas. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 5. Medición de la Longitud de Entrenudos. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 6. Medición de la Longitud de la Basa. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 7. Peso de Biomasa de Hojas y Ramas. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 8. Peso de Biomasa de la Basa. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



Imagen 9. Peso de Biomasa de la Ceba. Yarima Guadua  
Fuente: Propia



**ANEXO 3**

***MEDICIONES PROPIEDADES FÍSICAS: JARDÍN BOTÁNICO DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA***



Imagen 10. Culmo de 2 Años. Jardín Botánico, UTP.

Fuente: Propia



Imagen 11. Fisura en la Copa y Varillón. Jardín Botánico, UTP.

Fuente: Propia



Imagen 12. Muestras de Probetas. Jardín Botánico, UTP.  
Fuente: Propia



Imagen 13. Medición de Paredes de la Basa. Jardín Botánico, UTP.  
Fuente: Propia

