# Grupo Homogéneo: Cultivo de Arboles

Según la clasificación industrial internacional de las actividades económicas (CIIU), el cultivo de árboles con mecanización pertenece a la clasificación 0210 la cual corresponde a la Silvicultura y otras actividades forestales, la mecanización en esta categoría implica el uso de maquinaria agrícola para llevar a cabo diversas operaciones, como la preparación del suelo, la siembra y otras prácticas relacionadas con el cultivo de árboles. Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso productivo a evaluar tiene como producto final el número de árboles cultivados teniendo en cuenta procesos de preparación del terreno, mantenimiento, siembra, y transporte interno.

Según se detalla en la Tabla 1, los árboles forestales cultivados con mecanización en Colombia tienen la capacidad de desarrollarse en diversos pisos térmicos propios del territorio nacional. Especies como el pino y el eucalipto se adaptan bien a climas fríos y templados, con temperaturas entre los 12°C y 18°C, comunes en zonas andinas y de altiplano. El Teca y la Acacia Mangium prosperan en zonas cálidas, con temperaturas de 24°C a 30°C. Todas requieren de suelos profundos y buen drenaje. La mecanización permite realizar actividades como preparación del terreno, trazado, ahoyado, siembra, aplicación de insumos, podas de forma eficiente. Esta se adapta a las condiciones edafoclimáticas y topográficas propias de cada región forestal colombiana. Además, dentro del proceso de producción del cultivo de árboles con mecanización, se genera como principales residuos los restos de poda como ramas y hojas.

Tabla . Descripción del grupo CIIU

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Producto** | **Residuos** | **Piso térmico** | **Grupo homogéneo** |
| Madera sin procesar | Árboles | Restos de corte: Ramas, hojas, cortezas y otros remanentes de los arboles | Cálido/templado/frio | Cultivo de arboles |

Fuente: elaboración propia

# Generalidades del sector

Una vez establecido que el cultivo forestal mecanizado se clasifica bajo el código 0210 de la CIIU correspondiente a silvicultura y otras actividades forestales, se presentan a continuación algunas cifras clave sobre el sector en Colombia.

De acuerdo con los últimos datos del Ministerio de Agricultura para el 2020 y las estadísticas de Agronet. En marzo de 2023 el área total sembrada con cultivos forestales mecanizados en el país fue de 541.898 hectáreas, correspondientes en su totalidad a plantaciones forestales comerciales.

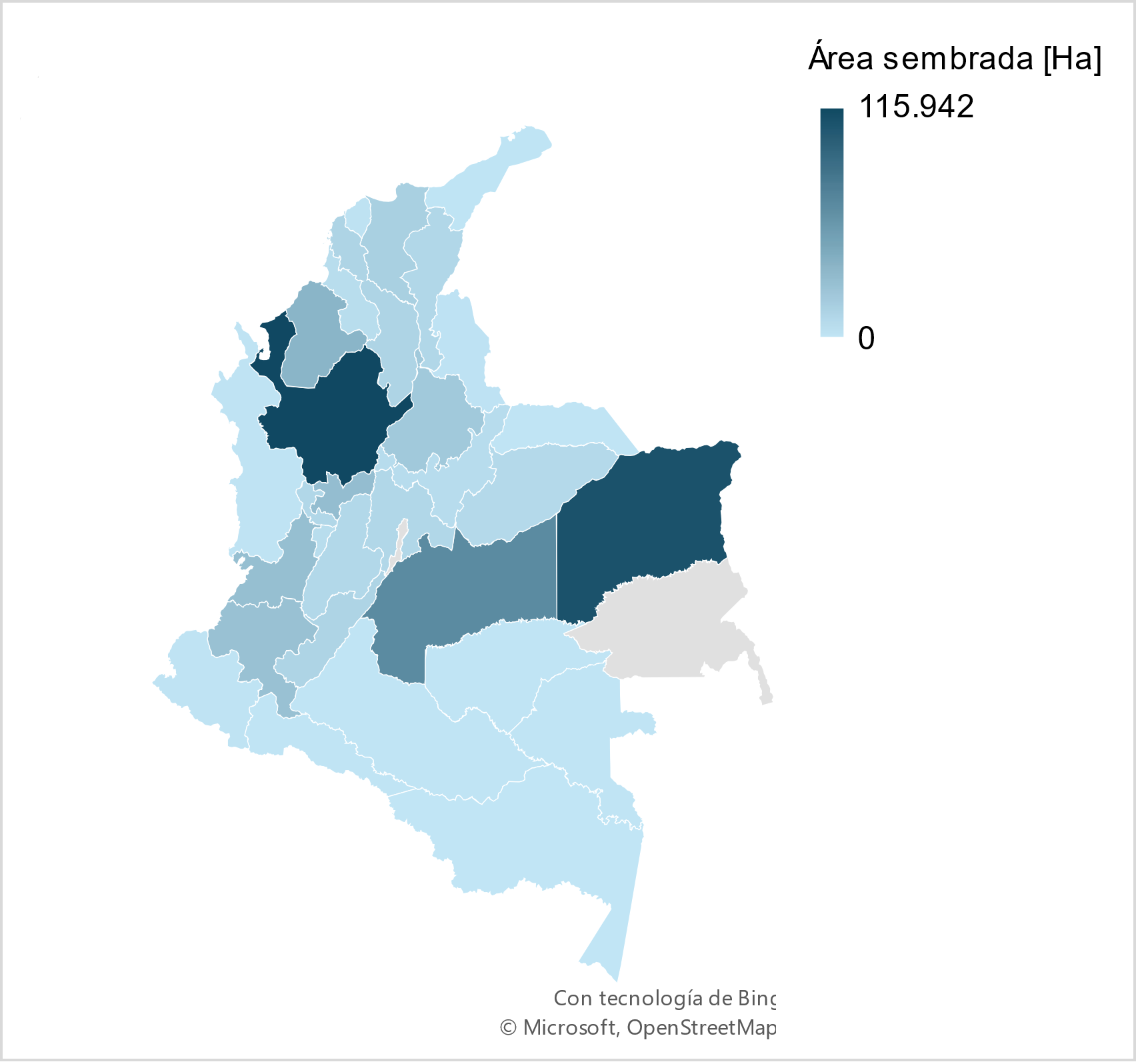
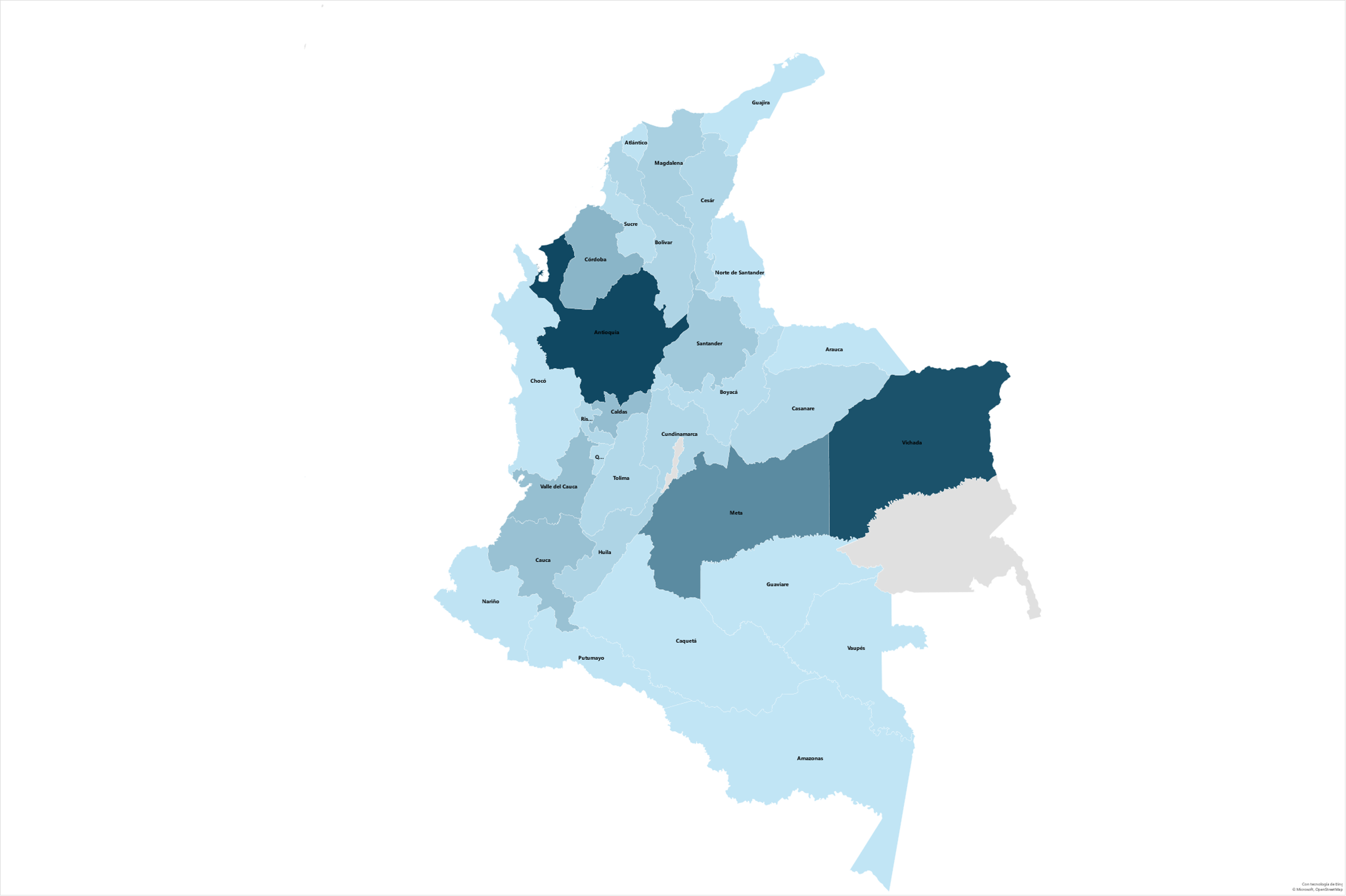
Tal y como se observa en la Tabla 2, Los principales departamentos por área cultivada son Antioquia con el 21,4% del total (116.246 hectáreas), Vichada con el 20% (108.380 hectáreas) y Meta con el 12,2% (66.111 hectáreas). Estas cifras dan cuenta de la importancia de la actividad forestal mecanizada en la economía agropecuaria nacional y su concentración en ciertas regiones con vocación para estos cultivos.

Tabla . Datos nacionales de área de cultivo de árboles con mecanización

| **Departamento** | **Área sembrada [Ha]** | **%** |
| --- | --- | --- |
| Antioquia | 115.942 | 21,40% |
| Vichada | 108.254 | 19,98% |
| Meta | 66.186 | 12,21% |
| Córdoba | 35.434 | 6,54% |
| Caldas | 29.030 | 5,36% |
| Valle del Cauca | 27.617 | 5,10% |
| Cauca | 26.142 | 4,82% |
| Santander | 20.490 | 3,78% |
| Magdalena | 15.215 | 2,81% |
| Huila | 12.125 | 2,24% |
| Bolivar | 11.890 | 2,19% |
| Risaralda | 10.159 | 1,87% |
| Cundinamarca | 9.843 | 1,82% |
| Cesár | 10.226 | 1,89% |
| Tolima | 9.171 | 1,69% |
| Casanare | 8.296 | 1,53% |
| Boyacá | 6.073 | 1,12% |
| Quindío | 5.880 | 1,09% |
| Sucre | 5.782 | 1,07% |
| Atlántico | 1.872 | 0,35% |
| Norte de Santander | 1.493 | 0,28% |
| Nariño | 1.138 | 0,21% |
| Chocó | 1.126 | 0,21% |
| Guajira | 703 | 0,13% |
| Arauca | 605 | 0,11% |
| Caquetá | 611 | 0,11% |
| Guaviare | 397 | 0,07% |
| Putumayo | 193 | 0,04% |
| Guanía | 4 | 0,00% |
| Vaupés | 1 | 0,00% |
| Amazonas | 0 | 0,00% |
| **Total** | **541.899** | **100%** |

Fuente: 7 boletín estadístico forestal (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023)

Figura 1. Área de plantaciones comerciales forestales en Colombia



Área sembrada [Ha]

115.942

0

Fuente: Elaboración propia con datos del 7 boletín estadístico forestal (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023)

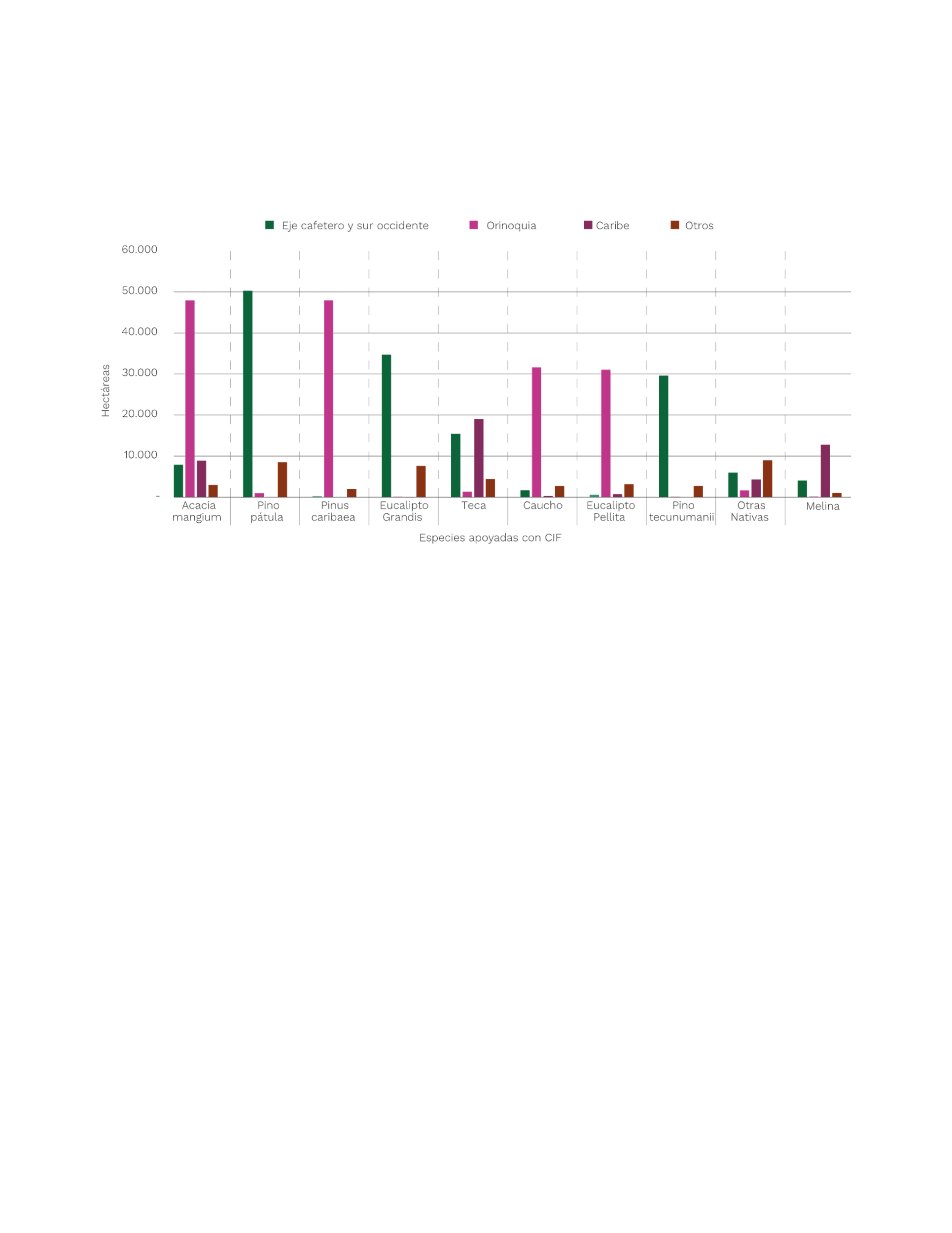
Las especies con mayor superficie cultivada son la Acacia Mangium con 67.000 hectáreas y el pino Patula con 59.000 hectáreas. En cuanto a las clases de edad, las plantaciones entre 6 a 10 años representan el 30% del total del área con 162.569 hectáreas y las de 2 a 5 años, con 62.000 hectáreas alcanzando el 11% del total.

Tabla . Datos nacionales de área de cultivo de árboles por especie

| **Especie** | **Hectáreas** | **%** |
| --- | --- | --- |
| Acacia mangium | 67.581 | 12,47% |
| Pino pátula | 59.336 | 10,95% |
| Pinus caribaea | 51.174 | 9,44% |
| Eucalipto grandis | 42.378 | 7,82% |
| Teca | 40.295 | 7,44% |
| Eucalipto Pellita | 37.168 | 6,86% |
| Caucho | 36.732 | 6,78% |
| Pino tecunumanii | 32.622 | 6,02% |
| Otras Nativas | 20.924 | 3,86% |
| Melina | 17.866 | 3,30% |
| Eucalipto urophylla | 17.639 | 3,26% |
| Pino maximinoi | 17.168 | 3,17% |
| Pino oocarpa | 16.344 | 3,02% |
| Nogal | 16.290 | 3,01% |
| Eucalipto tereticornis | 10.581 | 1,95% |
| Roble | 10.395 | 1,92% |
| Ceiba | 10.027 | 1,85% |
| Cipres | 9.729 | 1,80% |
| Eucalipto globulus | 8.641 | 1,59% |
| Cedro | 6.452 | 1,19% |
| Otros Pinos | 3.394 | 0,63% |
| Otros Eucaliptos | 2.849 | 0,53% |
| Eucalipto camaldulensis | 2.734 | 0,50% |
| n.d. | 2.118 | 0,39% |
| Balso | 1.260 | 0,23% |
| Otras Introducidas | 203 | 0,04% |
| **Total general** | **541.899** | **100,00%** |

Fuente: 7 boletín estadístico forestal (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023)

Figura 2. Top 10 Especies de plantaciones forestales comerciales con mayor área plantada por Núcleos Productivos



Fuente: 7 boletín estadístico forestal (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023)

* 1. Descripción del proceso productivo

A través de la información secundaria recolectada, se identificó el proceso de cultivo de árboles para aprovechamiento forestal comercial, la cual abarca varias etapas desde la preparación del terreno hasta antes de la cosecha final.

La primera fase corresponde a la preparación del terreno, la cual implica la limpieza del lote con remoción de la vegetación existente, malezas y residuos mediante el uso de maquinaria como tractores equipados con implementos específicos como rastrillos y cinceles o motosierras, esta área generalmente no corresponde a la totalidad del área a que se va a sembrar. Adicionalmente, de acuerdo a los requerimientos topográficos particulares, puede complementarse esta labor con actividades más profundas de subsolado, necesarias para fracturar capas endurecidas y permitir una adecuada penetración radicular[[1]](#footnote-2).

Una vez acondicionado el terreno, se procede con la siembra o plantación de los árboles, preferiblemente al inicio del periodo de lluvias. Ésta puede realizarse de forma manual depositando las plántulas o material vegetativo en los sitios establecidos o, de manera mecanizada mediante el uso de plantadoras forestales especiales que incrementan notablemente el rendimiento de esta operación siempre y cuando el terreno lo permita. De forma complementaria, durante la siembra también se realiza la fertilización de arranque con el fin de proveer los nutrientes iniciales requeridos por cada especie forestal de acuerdo al resultado de los análisis de suelos.

Durante la fase de crecimiento y desarrollo de los árboles, se ejecutan diversas labores culturales. Estas incluyen podas, raleos selectivos y estrategias para controlar las malezas, que varían desde métodos manuales como machete y motosierra hasta la aplicación de herbicidas. Además, se realiza la fertilización de mantenimiento y, en ciertos casos, se aplican riegos durante las temporadas secas, aunque esta práctica tiende a omitirse en plantaciones de gran extensión ya que no es viable un riego mecanizado.

Sumado a lo anterior, el proceso de cultivo de árboles involucra una serie de labores silvícolas que se programan de acuerdo a los periodos o turnos de corta establecidos para cada plantación.

Usualmente, los periodos de aprovechamiento o corta para especies de rápido crecimiento como eucalipto, pino y acacia, oscilan entre 8 y 12 años. En el caso de especies de mediano crecimiento pueden extenderse hasta 20 años.

Dentro de los últimos 2 o 3 años antes de la cosecha, se incrementan las actividades de manejo con el fin de acondicionar la plantación y maximizar la producción. Entre estas labores se tiene:

* Podas: Eliminación de ramas para obtener madera libre de nudos.
* Raleos: corte de árboles sobrantes para reducir la competencia.
* Control de malezas: Con herbicidas o mecánico para evitar crecimiento de otras plantas.
* Prevención de incendios: Mediante brechas cortafuegos alrededor de la plantación.
* Fertilización: Aplicación de nutrimentos para mejorar crecimiento.
* Sanidad forestal: Monitoreo y control preventivo de plagas y enfermedades.

Tabla . Descripción de procesos productivos

| **Proceso y/o Actividad** | **Subproceso** | **Tecnología y/o equipo** |
| --- | --- | --- |
| Evaluación del sitio y planificación | Evaluación del terreno | Herramientas de medición, GPS, tecnología de mapeo |
| Planificación de la silvicultura | Software de planificación, equipos de diseño forestal |
| Preparación del sitio | Despeje y limpieza del terreno | Maquinaria de despeje, tractores, equipos de preparación del suelo |
| Preparación del suelo | Equipos de labranza, arados, implementos de preparación del suelo |
| Plantación o regeneración | Plantación de árboles | Plantadoras mecánicas, sistemas de alineación |
| Regeneración natural o asistida | Prácticas de regeneración natural, técnicas de manejo |
| Cuidado de la plantación | Riego | Sistemas de riego, equipos de riego |
| Control de malezas | Equipos de control de malezas, herbicidas |
| Protección de árboles jóvenes | Dispositivos de protección, cercas de protección |
| Monitoreo y manejo de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas | Equipos de monitoreo, trampas, sistemas de alerta temprana |
| Manejo integrado de plagas | Insecticidas, control biológico, prácticas de manejo integrado |

Fuente: elaboración propia

# Resultados de campo

Las visitas de campo se llevaron a cabo con el objetivo de realizar una caracterización energética completa de las plantaciones forestales visitadas, enfocándose en los consumos finales de energía y desglosando los usos específicos, equipos, tecnologías y fuentes empleadas en el sector. A su vez, se validaron los procesos identificados previamente a través de información secundaria, así como conocer con mayor nivel de detalle el funcionamiento y particularidades de cada una de las maquinarias y equipos utilizados en las diferentes etapas del cultivo de los árboles.

De esta manera, el trabajo de campo permitió complementar y precisar la información bibliográfica recopilada sobre los procesos productivos y los aspectos energéticos asociados.

Imagen 3. Visitas de cultivo árboles con mecanización

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  | |

Fuente: recolectadas en campo

| **Equipo** | **Descripción** |
| --- | --- |
| Motosierra  MOTOSIERRA STIHL MS650 36", 6.4 HP, 84.9cc | casapanchojardines | La motosierra se utiliza cuando se requiere un control de maleza de un área muy pequeña, durante la visita en FEDEMADERA se identificó la referencia STIHL 382 3/8" R, la cual tiene una potencia de 5,3 HP y una cilindrada de 72,2 cm3. |
| Subsolador  Resultado de imagen de subsolador para tractor | El subsolador es un implemento del tractor de 95 HP – 130 HP la cual se usa para mover la tierra, permitiendo fracturar capas endurecidas del suelo, de esta manera permitir una adecuada penetración radicular de las raíces de los árboles. |
| Tractor | El tractor de 95 HP - 130 HP se utiliza para fumigar. Para ello, se ancla al tractor un equipo de fumigación que consta de un tanque, una bomba y un sistema de aspersión.  Además, el tractor se utiliza para mitigar el riesgo de propagación de incendios forestales. Para ello, se utiliza para realizar cortafuegos. |

Fuente: elaboración propia

* 1. Energéticos empleados

En cuanto a los energéticos empleados, según se especifica en la tabla siguiente, se reconocen el uso de ACPM, gasolina y energía eléctrica. El consumo más significativo se vincula a la preparación del terreno, fumigación y mantenimiento del cultivo forestal, siendo el tractor el equipo principal en la realización de estas actividades. A continuación, en orden de consumo, se encuentra la gasolina, la cual se destina a guadañas y motosierras, empleadas en los procesos de mantenimiento y preparación del terreno, respectivamente.

Tabla 4. Energéticos empleados

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grupo Homogéneo** | **Proceso** | **Equipo** | **Uso final de energía** | **Energético** |
| Cultivo de árboles | Fumigación | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Cultivo de árboles | Mantenimiento | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Cultivo de árboles | Preparación del terreno | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Cultivo de árboles | Siembra | Sembradora | Fuerza motriz | ACPM |
| Cultivo de árboles | Riego | Bombas | Fuerza motriz | Energía Eléctrica |
| Cultivo de árboles | Mantenimiento | Guadaña | Fuerza motriz | Gasolina |
| Cultivo de árboles | Preparación del terreno | Motosierra | Fuerza motriz | Gasolina |

Fuente: elaboración propia

* 1. Biomasa residual y potencial de aprovechamiento energético

Considerando los principales residuos generados en el cultivo de árboles, tales como ramas, hojas, cortezas y otros restos, se estima que su poder calorífico puede alcanzar hasta 15 MJ/kg en base seca. No obstante, uno de los desafíos más significativos que enfrentan estos residuos agrícolas se relaciona con los costos asociados a su producción, recolección y transporte. A pesar de ello, en Colombia, existen algunos proyectos y potenciales que buscan aprovechar la biomasa forestal para la generación de energía en el ámbito del cultivo de árboles.

Un ejemplo de esta iniciativa se encuentra detallado en un artículo que aborda la generación de energía a partir de biomasa residual y cultivos energéticos forestales en la región del Amazonas. En dicho análisis, se examina el potencial de aprovechamiento energético, concluyendo que el área forestal en Colombia abarca 492.457 km2, con una cantidad real de biomasa estimada en 213.238,41 m3. Aunque gran parte de esta área está sujeta a normativas de protección ambiental, el potencial teórico para la generación de energía eléctrica asciende a 81,39 MW/año, siendo los departamentos de Caquetá y Putumayo los que presentan mayores contribuciones.

Otro ejemplo son los proyectos de mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), dichas iniciativas de mitigación se derivan del protocolo Kioto, en Colombia se han registrado proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio para venta de bonos de carbono utilizando biomasa para energía.

Finalmente, cabe mencionar el potencial energético que posee la combustión de madera y la leña, y se le conoce como Dendroenergía, pero su competitividad como biomasa dependerá de que tanto llegue a cumplir con los objetivos contenido en las políticas energéticas, los costos y beneficios sociales.

* 1. Indicadores

En la fase inicial del cálculo de indicadores, se procedió a segmentar el consumo de energéticos en siete (7) grupos de uso final. En este contexto, los resultados revelan que la totalidad del consumo de energéticos, alcanzando el 100%, corresponde al uso final de fuerza motriz, siendo impulsado principalmente por la utilización de tractores, motobombas, guadañas y motosierras.

Tabla . Energéticos empleados por uso final

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grupo Homogéneo** | **Calor directo** | **Climatización** | **Fuerza motriz** | **Iluminación** | **Otros** | **Refrigeración** | **Calor indirecto** | **Total** |
| Cultivo de árboles | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 0% | 0.% | 100% |

Fuente: elaboración propia

A partir de lo mencionado anteriormente, se procede a desglosar la participación por energético, de lo cual se destaca que en fuerza motriz el 0,14% corresponde a energía eléctrica, el 80,78% a ACPM y el 18,98% a gasolina. Cabe recalcar que para extrapolar los datos recolectados en campo se utilizo el dato base del DANE que indica el consumo anula del sector de cultivo de árboles.

Tabla . Porcentajes de participación por energético

|  |  |
| --- | --- |
| **Energético** | **Participación** |
| Energía Eléctrica | 0,14% |
| ACPM | 80,78% |
| Gasolina | 18,98% |
| Total | 100% |

Fuente: elaboración propia

Finalmente, los indicadores recopilados en el campo, que facilitaron la extrapolación de la información, se presentan a continuación en unidades de megajulios por hectárea (MJ/ha) y/o por tonelada. En este análisis, destaca la notable demanda de ACPM en la mayoría de los procesos, mientras que se observa una baja demanda en los procesos que involucran energía eléctrica. Es importante señalar que el dato de consumo nacional de gasolina se extrapoló usando de referencia el dato de energía eléctrica de la base de datos estadísticos del DANE del grupo homogéneo en estudio.

Tabla . Indicadores por proceso y área productiva

| **Proceso** | **Subproceso** | **Energético** | **Unidades indicador** | **Indicador** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Fumigación | Fumigación con tractor | ACPM | MJ/Ha | 115,78 |
| Mantenimiento | Control de maleza con tractor | ACPM | MJ/Ha | 132,33 |
| Mantenimiento | Corta fuegos con tractor | ACPM | MJ/Ha | 6,61 |
| Mantenimiento | Guadañado | Gasolina | MJ/Ha | 21,47 |
| Preparación del terreno | Subsolado | ACPM | MJ/Ha | 231,57 |
| Preparación del terreno | Control de maleza con motosierra | Gasolina | MJ/Ha | 119,87 |
| Siembra | Siembra | ACPM | MJ/Ha | 115,78 |

Fuente: elaboración propia

A partir de los indicadores por proceso, se calculó el indicador total por producto, en el sector del cultivo de árboles, el indicador representa el consumo energético por árbol sembrado, así como el consumo de energía por hectárea producida.

En ese sentido, se requiere 744,49 MJ de energía por cada hectárea sembrada, y 0,57 MJ por cada árbol sembrado.

Tabla . Indicadores en MJ/Ha y MJ/árbol para el Cultivo de árboles a nivel nacional

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Grupo Homogéneo** | **Indicador [MJ/Ha]** | **Indicador [MJ/Árbol]** |
| Cultivo de árboles | 744,49 | 0,57 |

Fuente: elaboración propia

Finalmente, a partir de los indicadores para energía eléctrica, ACPM y gasolina, calculamos el consumo anual para cada uno de dichos energéticos. En ese sentido, se requieren 0,58 TJ de energía eléctrica anual, 326,26 TJ de ACPM anual y 76,59 TJ de gasolina anual para el cultivo de árboles.

Tabla . Consolidados energéticos en TJ para el Cultivo de árboles a nivel nacional

| **Energético** | **TJ/año** |
| --- | --- |
| Energía Eléctrica | 0,58 |
| ACPM | 326,26 |
| Gasolina | 76,59 |
| **Total** | **403,44** |

Fuente: elaboración propia

# Recomendaciones

Una vez analizados los consumos de energía, así como los energéticos empleados en el proceso de cultivo de árboles, se plantean las siguientes recomendaciones en términos de implementación de tecnologías limpias y buenas prácticas.

Tabla . Tecnologías limpias y buenas prácticas

| **Tecnología** | **Descripción** | **Beneficios** |
| --- | --- | --- |
| Cambio de tecnología | Cambio de motores de ACPM y gasolina a motores de energía eléctrica | Reducción del uso de combustible fósil y emisiones de CO2 |
| Bombeo Solar | Implementación de la energía solar en el bombeo para el proceso del riego | Reducción del uso de energía eléctrica, emisiones de CO2 e integración de energías renovables no convencionales |
| Renovación de equipos | Cambio de equipos con antigüedades superiores a los 8 años | Mayor producción y menor consumo |
| Uso eficiente del agua | Optimizar el uso del agua de acuerdo a las condiciones del medio | Reducir las pérdidas de agua, y minimizar el impacto en los recursos hídricos locales. |
| Buenas prácticas de cosecha, empaque y transporte | Disponer de una planificación de cosechas, teniendo en cuenta los requerimientos del mercado | Evitar el uso de contaminantes y combustibles fósiles, y reducción de las emisiones de CO2. |
| Uso de la biomasa como potencial energético. | Reutilizar los productores orgánicos liberados del cultivo de árboles. | Reducción del uso de combustible fósil y emisiones de CO2 |

Fuente: elaboración propia

# Referencias

Agronet. (2022 ). Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo.

Contreras, C., Sebastián, J., Borda, G., & Alexander, J. (s. f.). *Energía a partir de biomasa residual y cultivos energéticos forestales para el Amazonas*.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *7° Boletin forestal*. https://fedemaderas.org.co/boletin-forestal-2023/

Vasquez Victoria, A. (s. f.). *SILVICULTURA DE PLANTACIONES FORESTALES EN COLOMBIA*.

1. La adecuada penetración radicular se refiere a la capacidad de las raíces de una planta para extenderse y crecer de manera efectiva en el suelo.(Vasquez Victoria, s. f.) [↑](#footnote-ref-2)