

Caracterización del consumo final de energía en los

# **SECTORES AGROPECUARIO Y AGROINDUSTRIAL,**

identificando los principales usos, equipos o tecnologías y energéticos; como insumo para la formulación de las estrategias y medidas de **eficiencia energética.**

Contrato **CO1.PCCNTR.5274584**

## **Informe final**

Bogotá, 23 de enero de 2024



Unidad de Planeación  
Minero Energética



CORPOEMA



Bogotá, Colombia, Carrera 24 # 36-63 (+571) 477 5888  
[www.corpoema.net](http://www.corpoema.net)

## Contenido

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Lista de figuras                                                                     | 5  |
| Lista de tablas                                                                      | 7  |
| Resumen ejecutivo                                                                    | 10 |
| 1. Introducción                                                                      | 12 |
| 1.1. El sector agroindustrial y agropecuario colombiano                              | 12 |
| 1.2. Objetivos del trabajo                                                           | 15 |
| Objetivo general                                                                     | 15 |
| Objetivos específicos                                                                | 15 |
| 1.3. Productos esperados                                                             | 15 |
| 2. Metodología                                                                       | 16 |
| 2.1. Grupos homogéneos y su conformación                                             | 17 |
| 2.2. Herramientas de captura de información de campo                                 | 5  |
| 2.3. Planeación de trabajo de campo                                                  | 13 |
| 2.3.1. Reuniones con gremios e instituciones                                         | 15 |
| 2.4. Estimación del consumo energéticos                                              | 17 |
| 2.4.1. Estimación del consumo de energía eléctrica del sector agropecuario           | 17 |
| 2.4.2. Estimación del consumo de gasolina, gas natural y GLP del sector agropecuario | 18 |
| 2.5. Procesos y tecnologías de los sectores productivos                              | 19 |
| 2.6. Estimación de consolidados energéticos e indicadores                            | 20 |
| 3. Resultados y análisis                                                             | 23 |
| 3.1. Grupos homogéneos establecidos                                                  | 23 |



|         |                                                                              |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.    | Consolidado con gremios                                                      | 25 |
| 3.3.    | Visitas de campo y caso de estudio                                           | 27 |
| 3.3.1.  | Trabajo de campo y visitas realizadas                                        | 27 |
| 3.3.2.  | Encuestas: Caso de estudio                                                   | 31 |
| 3.4.    | Estimaciones de consumo energético a partir información secundaria           | 44 |
| 3.4.1.  | Distribución de la demanda de energía del sector agropecuario                | 44 |
| 3.5.    | Procesos y tecnologías del sector agroindustrial y pecuario a nivel nacional | 48 |
| 3.5.1.  | Abejas                                                                       | 49 |
| 3.5.2.  | Acuicultura                                                                  | 49 |
| 3.5.3.  | Aguacate                                                                     | 50 |
| 3.5.4.  | Algodón                                                                      | 51 |
| 3.5.5.  | Arroz mecanizado                                                             | 51 |
| 3.5.6.  | Aves de corral                                                               | 52 |
| 3.5.7.  | Cacao                                                                        | 52 |
| 3.5.8.  | Café                                                                         | 53 |
| 3.5.9.  | Caña de azúcar                                                               | 53 |
| 3.5.10. | Cerdos                                                                       | 54 |
| 3.5.11. | Cereales y granos                                                            | 54 |
| 3.5.12. | Corte de árboles                                                             | 56 |
| 3.5.13. | Cultivo de árboles                                                           | 57 |
| 3.5.14. | Cultivo de Flores                                                            | 58 |
| 3.5.15. | Hortalizas, raíces y tubérculos                                              | 58 |
| 3.5.16. | Fique                                                                        | 59 |
| 3.5.17. | Frutas con Mecanización                                                      | 59 |
| 3.5.18. | Frutas con poca Mecanización                                                 | 60 |
| 3.5.19. | Ganado                                                                       | 60 |
| 3.5.20. | Huevos                                                                       | 61 |
| 3.5.21. | Legumbres                                                                    | 62 |
| 3.5.22. | Palma de Aceite                                                              | 62 |
| 3.5.23. | Pesca                                                                        | 63 |
| 3.5.25. | Tabaco                                                                       | 64 |
| 3.5.26. | Viveros                                                                      | 65 |

|        |                                                                                                   |     |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.6.   | Consumos energéticos del sector agropecuario y agroindustrial                                     | 70  |
| 3.6.1. | Consumo de energía por tipo de energético                                                         | 70  |
| 3.6.2. | Consumo de energía por uso de la energía                                                          | 72  |
| 3.6.3. | Consumo de energía según el energético y el uso final de la energía                               | 73  |
| 3.6.4. | Consolidados de consumo de energía por piso térmico                                               | 74  |
| 3.6.5. | Consolidados de consumo de la energía por sector                                                  | 75  |
| 3.6.6. | Consolidados de consumo de la energía por sector y energético                                     | 78  |
| 3.6.7. | Consolidado de consumo de energía por procesos para cada sector productivo                        | 83  |
| 3.6.8. | Consolidados de consumo de energéticos por grupos homogéneos e indicadores                        | 87  |
| 3.7.   | Estrategias de eficiencia energética                                                              | 96  |
| 4.     | Conclusiones                                                                                      | 98  |
|        | ANEXOS                                                                                            | 101 |
| ■      | ANEXO A. Grupos homogéneos                                                                        | 101 |
| ■      | ANEXO B. Herramienta captura de información                                                       | 101 |
| ■      | ANEXO C. Información de Gremios y Asociaciones                                                    | 101 |
| ■      | ANEXO D. Procesos y Tecnologías                                                                   | 101 |
| ■      | ANEXO E. Consolidado de visitas de campo                                                          | 101 |
| ■      | ANEXO F. Cálculo de indicadores por grupo homogéneo                                               | 101 |
| ■      | ANEXO G. Consolidado de consumos energéticos por grupo homogéneo, proceso, uso final y energético | 101 |
| ■      | ANEXO H. Reportes de grupos homogéneos                                                            | 101 |
| 5.     | Bibliografía                                                                                      | 102 |



# Lista de figuras

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1 .</b> Ejemplos de procesos de producción agropecuario por grupo homogéneo                                           | 20 |
| <b>Figura 2.</b> Procesos productivos del sector agroindustrial agrícola                                                        | 1  |
| <b>Figura 3.</b> Procesos productivos del sector agroindustrial pecuario                                                        | 2  |
| <b>Figura 4.</b> Procesos productivos del sector agroindustrial de silvicultura y extracción de madera                          | 3  |
| <b>Figura 5.</b> Procesos productivos del sector agroindustrial de pesca y acuicultura                                          | 3  |
| <b>Figura 6.</b> Modulo Históricos de consumo de energéticos                                                                    | 10 |
| <b>Figura 7.</b> Vista herramienta aplicativo móvil.                                                                            | 11 |
| <b>Figura 8.</b> Esquema general del algoritmo de captura de información                                                        | 12 |
| <b>Figura 9.</b> Carta de presentación de la UPME y carta de invitación a las asociaciones                                      | 16 |
| <b>Figura 10.</b> Definición de la metodología de la estimación de indicadores                                                  | 21 |
| <b>Figura 11.</b> Distribución geográfica de las visitas realizadas según el grupo homogéneo                                    | 29 |
| <b>Figura 12.</b> Vista de apartado “Resumen” de la herramienta captura de información                                          | 33 |
| <b>Figura 13.</b> Portada Reporte                                                                                               | 34 |
| <b>Figura 14.</b> Sección 1 Reporte                                                                                             | 35 |
| <b>Figura 15.</b> Sección 2 Reporte.                                                                                            | 36 |
| <b>Figura 16.</b> Sección 3 Reporte                                                                                             | 37 |
| <b>Figura 17.</b> Sección 4 Reporte                                                                                             | 38 |
| <b>Figura 18.</b> Gráfica de histórico de consumo del reporte                                                                   | 38 |
| <b>Figura 19.</b> Gráfica de consumo anual vs producción anual                                                                  | 39 |
| <b>Figura 20.</b> Porcentajes de energía eléctrica por uso final y proceso                                                      | 40 |
| <b>Figura 21.</b> Consumo de energía eléctrica por proceso y equipo                                                             | 41 |
| <b>Figura 22.</b> Distribución porcentual y consumo de gasolina                                                                 | 41 |
| <b>Figura 23.</b> Indicadores energéticos por área productiva y por proceso productivo                                          | 42 |
| <b>Figura 24.</b> Número de visitas por grupo homogéneo y por tamaño                                                            | 43 |
| <b>Figura 25.</b> Distribución de la demanda de energía                                                                         | 45 |
| <b>Figura 26.</b> Consumo de gas natural en el sector agropecuario 2022 (TJ)                                                    | 47 |
| <b>Figura 27.</b> Consumo de GLP en el sector agropecuario 2019 (TJ)                                                            | 47 |
| <b>Figura 28.</b> Consumo de gasolina en el sector agropecuario 2022 (TJ)                                                       | 48 |
| <b>Figura 29.</b> Participación porcentual del consumo total de energía por energético                                          | 71 |
| <b>Figura 30.</b> Participación porcentual del consumo total de energía por uso final de la energía                             | 73 |
| <b>Figura 31.</b> Participación porcentual del consumo final de energía por uso final y energético                              | 74 |
| <b>Figura 32.</b> Participación porcentual del consumo de energía por piso térmico para el sector agroindustrial y agropecuario | 75 |
| <b>Figura 33.</b> Participación porcentual del consumo de energía según el sector productivo                                    | 77 |
| <b>Figura 34.</b> Consumo de energía por sector y energético                                                                    | 78 |
| <b>Figura 35.</b> Participación porcentual por energético para el sector agrícola                                               | 79 |



|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 36.</b> Participación porcentual por energético para el sector agrícola                                                 | 80 |
| <b>Figura 37.</b> Participación porcentual por energético para el sector pecuario.                                                | 81 |
| <b>Figura 38.</b> Participación porcentual por energético para el sector pecuario.                                                | 82 |
| <b>Figura 39.</b> Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector agrícola                               | 83 |
| <b>Figura 40.</b> Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector de pesca y acuicultura                 | 84 |
| <b>Figura 41.</b> Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector de silvicultura y extracción de madera | 86 |
| <b>Figura 42.</b> Participación porcentual del consumo de energía por grupo homogéneo                                             | 88 |
| <b>Figura 43.</b> Participación porcentual del tipo de energético por etapa del proceso del cultivo de arroz mecanizado           | 91 |
| <b>Figura 44.</b> Participación porcentual del consumo de energía en el cultivo de arroz mecanizado según el uso final            | 92 |
| <b>Figura 45.</b> Participación porcentual del tipo de energético por etapa del proceso del ganado                                | 93 |
| <b>Figura 46.</b> Participación porcentual del consumo de energía en el grupo homogéneo ganado según el uso final                 | 93 |
| <b>Figura 47.</b> Participación porcentual del tipo de energético por etapa del grupo homogéneo acuicultura                       | 95 |
| <b>Figura 48.</b> Participación porcentual del consumo de energía en el grupo homogéneo acuicultura según el uso final            | 95 |



# Lista de tablas

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Empleo en CPRD (Centros poblados y rural disperso) según actividad económica.                       | 13 |
| <b>Tabla 2.</b> Actividades económicas contempladas dentro de la caracterización del sector agroindustrial          | 18 |
| <b>Tabla 3.</b> Tamaño de UPA en la producción Agricultura                                                          | 4  |
| <b>Tabla 4.</b> Tamaño de UPA en la Ganadería                                                                       | 4  |
| <b>Tabla 5.</b> Tamaño de UPA en la producción acuícola                                                             | 5  |
| <b>Tabla 6.</b> Pisos térmicos                                                                                      | 5  |
| <b>Tabla 7.</b> Lista de preguntas de identificación en herramienta de captura                                      | 6  |
| <b>Tabla 8.</b> Lista de preguntas de inventario                                                                    | 8  |
| <b>Tabla 9.</b> Propuesta visitas técnicas por grupo homogéneo y por departamento                                   | 14 |
| <b>Tabla 10.</b> Fuentes de datos usadas para el desarrollo de las estimaciones de consumo energético               | 18 |
| <b>Tabla 11.</b> División de grupos homogéneos según cultivo y tipo de producción                                   | 22 |
| <b>Tabla 12.</b> Grupos homogéneos establecidos teniendo en cuenta diferentes criterios                             | 24 |
| <b>Tabla 13.</b> Resumen de organizaciones que participaron en la entrega de información relevante para el proyecto | 26 |
| <b>Tabla 14.</b> Número de visitas realizadas por grupo homogéneo                                                   | 28 |
| <b>Tabla 15.</b> Visitas de campo realizadas por departamento.                                                      | 30 |
| <b>Tabla 16.</b> Módulo 1 de la herramienta de captura, diligenciado a modo de ejemplo.                             | 31 |
| <b>Tabla 17.</b> Distribución de la demanda comercial de energía eléctrica del sector agropecuario en Colombia      | 46 |
| <b>Tabla 18.</b> Principales procesos involucrados en la producción de miel                                         | 49 |
| <b>Tabla 19.</b> Principales procesos y equipos utilizados en la acuicultura en Colombia                            | 49 |
| <b>Tabla 20.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de aguacate en Colombia                    | 50 |
| <b>Tabla 21.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de algodón en Colombia                     | 51 |
| <b>Tabla 22.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de arroz en Colombia                       | 51 |
| <b>Tabla 23.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el sector avícola en Colombia                         | 52 |
| <b>Tabla 24.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo del cacao en Colombia                      | 52 |
| <b>Tabla 25.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de café en Colombia                        | 53 |
| <b>Tabla 26.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de caña de Azúcar Colombia                 | 53 |
| <b>Tabla 27.</b> Principales procesos y equipos utilizados en el sector porcícola en Colombia                       | 54 |
| <b>Tabla 28.</b> Procesos utilizados en el cultivo de maíz                                                          | 54 |
| <b>Tabla 29.</b> Procesos utilizados en el cultivo de soya                                                          | 55 |
| <b>Tabla 30.</b> Procesos utilizados en el cultivo de sorgo                                                         | 55 |
| <b>Tabla 31.</b> Procesos utilizados en la corta de árboles                                                         | 56 |
| <b>Tabla 32.</b> Procesos utilizados en el cultivo de caucho                                                        | 57 |
| <b>Tabla 33.</b> Procesos utilizados en el cultivo de flores                                                        | 58 |



|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 34.</b> Procesos utilizados en el cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos                                               | 58 |
| <b>Tabla 35.</b> Procesos utilizados en el cultivo de fique                                                                         | 59 |
| <b>Tabla 36.</b> Procesos utilizados en el cultivo de frutas con mecanización                                                       | 59 |
| <b>Tabla 37.</b> Procesos utilizados en el cultivo de frutas con poca mecanización                                                  | 60 |
| <b>Tabla 38.</b> Procesos utilizados en el ganado                                                                                   | 60 |
| <b>Tabla 39.</b> Procesos utilizados en la producción de huevos                                                                     | 61 |
| <b>Tabla 40.</b> Procesos utilizados en el cultivo de legumbres                                                                     | 62 |
| <b>Tabla 41.</b> Procesos utilizados en el cultivo de palma de aceite                                                               | 62 |
| <b>Tabla 42.</b> Procesos utilizados en la pesca                                                                                    | 63 |
| <b>Tabla 43.</b> Procesos utilizados en el cultivo de plátano y banano                                                              | 63 |
| <b>Tabla 44.</b> Procesos utilizados en la producción de tabaco                                                                     | 64 |
| <b>Tabla 45.</b> Procesos utilizados en los viveros                                                                                 | 65 |
| <b>Tabla 46.</b> Usos finales de la energía por grupo homogéneo                                                                     | 66 |
| <b>Tabla 47.</b> Consumo de energía según el tipo de energético para el sector agropecuario y agroindustrial                        | 71 |
| <b>Tabla 48.</b> Consumo de energía según el tipo de energético para el sector agropecuario y agroindustrial                        | 72 |
| <b>Tabla 49.</b> Consumo de energía del sector agropecuario y agroindustrial según el energético y uso final de la energía          | 74 |
| <b>Tabla 50.</b> Consumos energéticos por piso térmico                                                                              | 75 |
| <b>Tabla 51.</b> Agrupación de grupos homogéneos por sector                                                                         | 76 |
| <b>Tabla 52.</b> Consumo de energía según el sector productivo                                                                      | 77 |
| <b>Tabla 53.</b> Consumo de energía por energético para el sector agrícola                                                          | 79 |
| <b>Tabla 54.</b> Consumo de energía por energético para el de pesca y acuícola                                                      | 80 |
| <b>Tabla 55.</b> Consumo de energía por energético para el sector pecuario                                                          | 81 |
| <b>Tabla 56.</b> Consumo de energía por energético para el sector de silvicultura y extracción de madera                            | 82 |
| <b>Tabla 57.</b> Consumo de energía para los procesos evaluados del sector agrícola                                                 | 83 |
| <b>Tabla 58.</b> Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de pesca y acuicultura                                   | 84 |
| <b>Tabla 59.</b> Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de pesca y acuicultura                                   | 85 |
| <b>Tabla 60.</b> Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de silvicultura y extracción de madera                   | 86 |
| <b>Tabla 61.</b> Consolidado de consumos energéticos por grupo homogéneo                                                            | 87 |
| <b>Tabla 62.</b> Indicadores energéticos del consumo de energía por área y producto para cada grupo homogéneo                       | 88 |
| <b>Tabla 63.</b> Consumo de energía por etapa en el proceso productivo del arroz mecanizado                                         | 91 |
| <b>Tabla 64.</b> Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo arroz mecanizado | 92 |
| <b>Tabla 65.</b> Consumo de energía por etapa en el proceso productivo del ganado                                                   | 92 |
| <b>Tabla 66.</b> Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo ganado           | 94 |



|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 67.</b> Consumo de energía por etapa en el proceso productivo de acuicultura                                          | 94 |
| <b>Tabla 68.</b> Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo acuicultura | 96 |



## Resumen ejecutivo

El sector agroindustrial en Colombia es uno de los pilares fundamentales de la economía del país, al experimentar un rápido desarrollo y transformación en las últimas décadas. El objetivo de este trabajo es comprender y determinar el consumo energético de los diferentes sectores y procesos productivos agrícolas, pecuarios y forestales, teniendo en cuenta los usos de la energía, tecnologías y equipos, pisos térmicos y procesos productivos, con el fin de mejorar la gestión de los recursos, la productividad y la competitividad de las empresas de este sector. Teniendo en cuenta los subsectores y la clasificación CIIU determinada por el DANE para los procesos productivos agropecuarios, forestales y piscícolas, se contemplaron las divisiones 01, 02 y 03 discriminados en cuatro dígitos. A partir de ellos, se conformaron grupos homogéneos para agrupar y clasificar los procesos productivos con características y comportamientos similares y así facilitar el análisis de la información. A través de revisión bibliográfica se realizó un análisis detallado de la información actualizada de literatura relacionada con los procesos productivos en el sector agroindustrial y agropecuario en Colombia, examinando el estado actual de las prácticas y tecnologías empleadas en diversas etapas de la producción primaria de los diferentes productos.

Por otro lado, se consultaron fuentes primarias por medio de 173 visitas a diferentes unidades productivas en todo el país, con el fin de identificar su forma de producción, equipos y tecnologías usados para de este modo poder cuantificar los consumos energéticos de cada uno de los sectores productivos. De forma complementaria, se utilizaron fuentes secundarias de información y se estimó el consumo de energía eléctrica y GLP en el sector agropecuario, gracias a las bases de datos de XM, DANE, entre otras, para la obtención de información de demanda comercial dado el interés de este estudio en conocer la totalidad de la demanda para el sector agropecuario incluyendo las pérdidas asociadas.

A partir de la información recolectada, se estimaron indicadores de consumo energético para cada grupo homogéneo teniendo en cuenta el área producida y la cantidad de producto obtenido, aquí se tuvo en cuenta número de cosechas por año, número de horas empleadas

para el desarrollo de una actividad, uso final de la energía, equipos y energéticos empleados en los procesos productivos y piso térmico en donde se desarrolla el cultivo. En la sección 3.6 se presentan los consolidados de consumos energéticos para el sector agropecuario y agroindustrial, discriminado por sectores productivos y grupos homogéneos, incluyendo indicadores energéticos y consumos totales. Para finalizar se propusieron algunas estrategias de eficiencia energética para los sectores evaluados teniendo en cuenta los hallazgos del estudio.

## **1. Introducción**

### **1.1. El sector agroindustrial y agropecuario colombiano**

El sector agroindustrial en Colombia es uno de los pilares fundamentales de la economía, al ser una fuerte fuente de empleo y el cual ha experimentado un rápido desarrollo y transformación en las últimas décadas. Este sector vital ha enfrentado una creciente presión para satisfacer la demanda de productos agrícolas y alimenticios, y a la vez se enfrenta a desafíos significativos en términos de sostenibilidad, eficiencia y calidad. En este contexto, entender cómo funciona cada proceso productivo agroindustrial se convierte en un componente esencial para comprender y mejorar la gestión de recursos, la productividad y la competitividad de las empresas en este sector dinámico y crítico.

La caracterización del consumo energético del sector agropecuario y agroindustrial permite obtener información con respecto a la estimación de los consumos de energía, los usos significativos de la energía en el sector, las tecnologías utilizadas, las prácticas en el uso de la energía, considerando los diferentes pisos térmicos de cada subsector y tamaño de productores. Los resultados de esta caracterización servirán de insumo para la formulación de estrategias y medidas de eficiencia energética en el marco del PAI PROURE 2022-2030.

El DANE (2012) define el sector agroindustrial como “el sistema integrado que parte desde la producción primaria agropecuaria, forestal, piscícola, y el beneficio o transformación, hasta la comercialización del producto, sin dejar de lado los aspectos de administración, mercadotecnia y financiamiento”. En otras palabras, la agroindustria incluye un conjunto de actividades económicas en las que se combinan los procesos productivos agropecuarios, entendidos como los procesos de producción de insumos para la industria de alimentos y manufactura, y los procesos productivos industriales, entendidos como los procesos de agregación de valor, transformación y comercialización de productos alimenticios y

materias primas semielaboradas destinadas al mercado (DANE, Cuenta satélite de la agroindustria (Aspectos conceptuales), 2012).

La situación actual en el sector agropecuario muestra un panorama alentador. Este sector no solo se destaca como la principal fuente de empleo en áreas rurales, sino que también ha experimentado un incremento en la productividad de los cultivos, tal como se reflejó en el primer semestre del 2023 presentando un incremento en el PIB del 3% respecto al mismo período del año 2022 (UPRA, 2023). En términos de política comercial, se observan tendencias positivas, impulsadas no solo por el aumento de los precios internacionales, sino también por el crecimiento en las exportaciones (DANE, 2022).

El sector agropecuario es el principal generador de empleos en las zonas rurales como se observa en la **Tabla 1**. Según el DANE, para el trimestre entre septiembre y noviembre 2023, la tasa de ocupación en Colombia fue del 58,2 % y para el año 2023 el sector agropecuario aportó con 3.2 millones de personas trabajando en el sector. Sin embargo, en este mismo trimestre, la tasa de informalidad en los centros poblados y rural disperso fue del 83,8% (DANE, Boletín Técnico- Ocupación informal. Trimestre móvil septiembre-noviembre 2023, 2024).

**Tabla 1.** Empleo en CPRD (Centros poblados y rural disperso) según actividad económica.  
Tomado de (Oter Cortés, Andrea, 2019)

| Sector o actividad económica                           | Participación del empleo en CPRD (%) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca     | 59,7                                 |
| Explotación de Minas y Canteras                        | 1,9                                  |
| Industria Manufacturera                                | 5,8                                  |
| Suministro de Electricidad Gas y Agua                  | 0,3                                  |
| Construcción                                           | 3,6                                  |
| Comercio, hoteles y restaurantes                       | 14,3                                 |
| Transporte, almacenamiento y comunicaciones            | 3,9                                  |
| Intermediación financiera                              | 0,2                                  |
| Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler | 1,7                                  |
| Servicios comunales, sociales y personales             | 8,4                                  |



A pesar de que el sector agropecuario y agroindustrial en Colombia tiene un gran potencial de crecimiento, presenta varios limitantes relacionados con la baja productividad laboral, la escasa inversión en bienes públicos, la poca financiación en ciencia y tecnología, los bajos rendimientos en algunos sectores productivos y la reducida escala de producción. Asimismo, existen problemáticas relacionadas con las restricciones en los accesos a créditos, deficiencias en el capital humano, inseguridad jurídica y precarias condiciones de inversión. Adicionalmente, se presentan debilidades en cuanto a los usos ineficientes e inapropiados del suelo, a la escasa adopción de buenas prácticas y la vulnerabilidad al cambio climático (SAC, 2020)

En relación con los insumos que se requieren para este sector, el sector agrícola requiere diferentes fuentes de energía para el desarrollo de cada una de sus actividades. El agua es principal recurso natural que consume la agricultura para sus procesos productivos. Según un estudio de la Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), este sector en Colombia demanda hasta el 50% del recurso hídrico sobre todo para sus labores de riego (Bancolombia, 2019)..

La producción agrícola en el país representa una demanda significativa de energía eléctrica, siendo uno de los insumos más necesarios. De acuerdo con investigaciones realizadas por el Banco Mundial, el sector agrícola a nivel mundial consume el 30% de la electricidad generada. A pesar de ello, en el caso del agro colombiano, esta demanda no supera el 4% del Sistema Interconectado Nacional. Esta proporción más baja se atribuye a la menor adopción de tecnología, maquinaria y equipos en comparación con otros países más industrializados, que hoy día emplean tecnologías más avanzadas en las labores agrícolas (Bancolombia, 2019).

En este sentido, es clave caracterizar energéticamente este sector, con el fin de generar una línea base que incluya sus usos finales de la energía, para evaluar las posibilidades de mejora y en este sentido, analizar en qué subsectores y en qué procesos sería posible implementar estrategias de eficiencia energética o/y sistemas de energía renovable que puedan fortalecer el sector agropecuario y agroindustrial.

## 1.2. Objetivos del trabajo

### Objetivo general

Caracterizar el consumo final de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, identificando los principales usos, equipos o tecnologías y energéticos; como insumo para la formulación de las estrategias y medidas de eficiencia energética.

### Objetivos específicos

- Elaborar el plan de trabajo, que incluya la metodología y el cronograma detallado.
- Estimar los consumos de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, desagregado por subsectores y pisos térmicos, usos, equipos o tecnología, energéticos y prácticas de operación. Lo anterior a partir de información primaria y secundaria.
- Elaborar la caracterización de los consumos finales de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, desagregado por subsectores y pisos térmicos, usos, equipos o tecnologías y energéticos.

## 1.3. Productos esperados

- **Producto 1:** Documento con que contenga el plan de trabajo, la metodología y el cronograma.
- **Producto 2:** Documento que contenga un avance de la estimación del consumo de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, desagregado por subsectores y pisos térmicos, usos, equipos o tecnología, energéticos y prácticas de operación. Lo anterior a partir de información primaria y secundaria.
- **Producto 3:** Documentos que contenga la caracterización de los consumos de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, desagregado por subsectores y pisos térmicos, usos, equipos o tecnología y energéticos.

## **2. Metodología**

Para el desarrollo del presente trabajo se tuvieron en cuenta seis etapas principales que permitieron determinar los consumos energéticos y estimar los indicadores respectivos para el sector agroindustrial y agropecuario.

La primera etapa consistió en conformar grupos homogéneos teniendo en cuenta como principal criterio la similitud de los procesos mecanizados entre diferentes cadenas productivas, dado que los procesos energéticos que se contemplan en el sector agroindustrial y pecuario no están agrupados en un solo sector, lo cual puede dificultar el análisis y la consolidación de los datos con otros marcos de información. Cabe resaltar que la caracterización del consumo final de energía se realizó para las divisiones CIIU 01, 02 y 03, discriminadas en 4 dígitos.

La segunda etapa se basó en el diseño de una herramienta en Excel por parte del equipo técnico de Corpoema, con el fin de recopilar la información de las actividades productivas en las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA), especialmente los datos sobre los consumos energéticos en cada UPA. Aquí, se desarrollaron las visitas de campo requeridas para la recopilación de la información relacionada.

La tercera etapa consistió en realizar reuniones con gremios, asociaciones, entidades del estado, relacionados con cada sector productivo, con el fin de explorar el estado actual de la información secundaria consolidada sobre los sectores productivos, adicionalmente se trabajó en conjunto con los agentes mencionados para coordinar las visitas de campo en diferentes lugares del país, teniendo en cuenta sitios estratégicos, de mayor producción, diferencias en técnicas de producción, etc.

La cuarta etapa consistió en actualizar la información existente sobre los consumos de energía en el país, caracterizar el consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario con el apoyo de bases de datos de relevancia, y calcular la demanda comercial total del

sector agropecuario, distribución porcentual y su desagregación a nivel de CIIU de 4 dígitos de acuerdo con el consumo de cada sector respectivamente.

La quinta etapa consistió en la revisión bibliográfica de los procesos y tecnologías utilizados en Colombia para cada uno de los grupos homogéneos seleccionados, identificar procesos mecanizados, actividades con consumos de energía significativos y tendencias en las técnicas de cultivo de los diferentes grupos teniendo en cuenta el tipo de producto obtenido, ubicación geográfica y tipo de productor, posteriormente se usó la información para comparar y validar lo encontrado en campo y proponer medidas de eficiencia energética.

En la sexta etapa se determinaron los indicadores de consumo energético para cada grupo homogéneo, teniendo en cuenta el área productiva, cantidad de producto final, tipo de energéticos utilizado y piso térmico. Estos indicadores se calcularon basados en la información recolectada en las visitas de campo, los consumos energéticos globales calculados para cada sector e información secundaria sobre área, producción y rendimientos para cada grupo homogéneo. Finalmente, se propusieron estrategias de eficiencia energética, basados en los resultados obtenidos.

A continuación, se describe la metodología utilizada en cada etapa para el desarrollo del trabajo.

### **2.1. Grupos homogéneos y su conformación**

Con base en la definición de Agroindustria del DANE (2012) y teniendo como referencia los subsectores y la clasificación CIIU determinada por el DANE (2020), los procesos productivos agropecuarios, forestales y piscícolas están contemplados en las divisiones 01, 02 y 03 de la sección A (Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca), y los procesos productivos industriales están incluidos en las divisiones 10 y 11 de la sección C (Industria manufacturera).

Esta división también es evidente en las metodologías y desagregaciones utilizadas en el marco del Balance Energético Colombiano (BECO) y en los reportes de emisiones GEI del IPCC. En el caso del BECO, dentro de la categoría de Consumo Energético Final existe la subcategoría Alimentos y tabaco (7.1.1.8) que integra los CIIU 10,11 y 12 y por otro lado

las subcategorías Agricultura y silvicultura (7.1.3.1) y Pesca (7.1.3.2) que agrupan los CIU 01,02 y 03, estas últimas sin información disponible actualmente. Asimismo, en los reportes del IPCC, los procesos industriales de manufactura de producción de alimentos y bebidas están contemplados en el sector 2, Procesos Industriales y uso de producto (IPPU por sus siglas en inglés), específicamente en la subcategoría 2H2 (Otros- Alimentos y bebidas). Por otro lado, los procesos productivos agropecuarios, están contemplados en el sector 3, Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo (AFOLU, por sus siglas en inglés).

De tal forma, se puede concluir que los procesos energéticos que se contemplan en el sector Agroindustrial no están agrupados en un solo sector en ninguna de las metodologías descritas anteriormente, lo cual puede dificultar el análisis y la consolidación de los datos con otros marcos de información.

Para el caso de la presente consultoría, de acuerdo con lo concertado con UPME, se realizó la caracterización del consumo final de energía de las divisiones CIU 01, 02 y 03, discriminadas en 4 dígitos **Tabla 2**. La caracterización energética de las divisiones 10 y 11, no se tuvo en cuenta ya que hace parte de la caracterización realizada del sector manufacturero y se puede encontrar en el BECO actual.

**Tabla 2.** Actividades económicas contempladas dentro de la caracterización del sector agroindustrial

| <b>CIU</b>         | <b>Descripción</b>                                                              |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>División 01</b> | <b>Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas</b>          |
| 0111               | Cultivo de cereales (excepto arroz), legumbres y semillas oleaginosas           |
| 0112               | Cultivo de arroz                                                                |
| 0113               | Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos                                      |
| 0114               | Cultivo de tabaco                                                               |
| 0115               | Cultivo de plantas textiles                                                     |
| 0119               | Otros cultivos transitorios n.c.p.                                              |
| 0121               | Cultivo de frutas tropicales y subtropicales                                    |
| 0122               | Cultivo de plátano y banano                                                     |
| 0123               | Cultivo de café                                                                 |
| 0124               | Cultivo de caña de azúcar                                                       |
| 0125               | Cultivo de flor de corte                                                        |
| 0126               | Cultivo de palma para aceite (palma africana) y otros frutos oleaginosos        |
| 0127               | Cultivo de plantas con las que se preparan bebidas                              |
| 0128               | Cultivo de especias y de plantas aromáticas y medicinales                       |
| 0129               | Otros cultivos permanentes n.c.p.                                               |
| 0130               | Propagación de plantas (actividades de los viveros, excepto viveros forestales) |
|                    |                                                                                 |



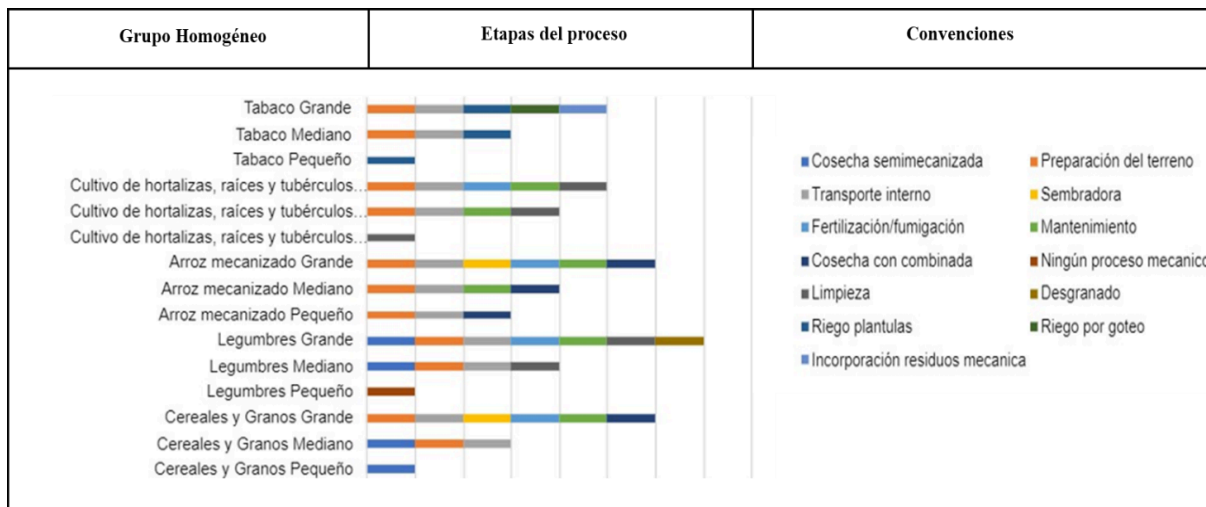
|                    |                                                                      |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 0141               | Cría de ganado bovino y bufalino                                     |
| 0142               | Cría de caballos y otros equinos                                     |
| 0143               | Cría de ovejas y cabras                                              |
| 0144               | Cría de ganado porcino                                               |
| 0145               | Cría de aves de corral                                               |
| 0149               | Cría de otros animales n.c.p.                                        |
| 0150               | Explotación mixta (agrícola y pecuaria)                              |
| 0161               | Actividades de apoyo a la agricultura                                |
| 0162               | Actividades de apoyo a la ganadería                                  |
| 0163               | Actividades posteriores a la cosecha                                 |
| 0164               | Tratamiento de semillas para propagación                             |
| 0170               | Caza ordinaria y mediante trampas y actividades de servicios conexas |
| <b>División 2</b>  | <b>Silvicultura y extracción de madera</b>                           |
| 0210               | Silvicultura y otras actividades forestales                          |
| 0220               | Extracción de madera                                                 |
| 0230               | Recolección de productos forestales diferentes a la madera           |
| 0240               | Servicios de apoyo a la silvicultura                                 |
| <b>División 03</b> | <b>Pesca y acuicultura</b>                                           |
| 0311               | Pesca marítima                                                       |
| 0312               | Pesca de agua dulce                                                  |
| 0321               | Acuicultura marítima                                                 |
| 0322               | Acuicultura de agua dulce                                            |

Los procesos productivos incluidos del sector agropecuario, forestal y piscícola **Tabla 2**, consumen energía en función de la actividad y tecnología implementada para la obtención de alimentos, forraje, fibra y otras materias primas que anteceden el proceso de transformación y agregación de valor. Con esto, se puede concluir que existen dos fuentes de energía que se utilizan en este tipo de procesos: la biológica (de origen animal o humano) y la industrial (electricidad, gasolina/diésel, gas natural, GLP; biomasa, carbón y leña). Los procesos que impliquen el uso exclusivo de energía biológica se van a designar de ahora en adelante como procesos manuales y los procesos que impliquen el uso de energía industrial se designaran como procesos mecanizados. Es decir, los procesos mecanizados utilizados en los sistemas productivos agropecuarios, forestales y piscícolas son procesos agroindustriales que implican un uso final de energía.

Existe un gran número de equipos y procesos mecanizados implementados en los procesos productivos agropecuarios, forestales y piscícolas, sin embargo, varios de estos procesos son iguales o similares, independientemente del producto final que se obtiene. De tal modo, con el fin de realizar una caracterización energética más eficiente y sistemática, se

conformaron grupos homogéneos para agrupar y clasificar los procesos productivos con características y comportamientos similares, consolidando conjuntos de procesos que presentan similitud en las actividades y procedimientos mecanizados relevantes para obtener un producto determinado.

Para la conformación de los grupos homogéneos se tuvo en cuenta diferentes criterios relacionados con los procesos que implican el uso de equipos y consumos energéticos para la obtención de un determinado producto final, el cual se considera como la materia prima de un próximo proceso de manufactura. Adicionalmente, se incluyeron los posibles subprocesos mecanizados que se pueden presentar para cada proceso, con el fin de clasificar y sistematizar la recopilación de información en campo. De este modo, el principal criterio para la conformación de grupos homogéneos es la similitud de los procesos mecanizados entre diferentes cadenas productivas (Ver **ANEXO A**). Es decir, más allá de definir un grado de mecanización o un porcentaje de mecanización, los grupos homogéneos se conformaron por una combinación específica de los procesos mecanizados considerados para cada sector como se observa en la **Figura 1**.



**Figura 1 .** Ejemplos de procesos de producción agropecuario por grupo homogéneo

En el documento **ANEXO A. Grupos Homogéneos**, se encuentran los procesos y productos definidos para cada grupo homogéneo.

La conformación de grupos homogéneos resulta indispensable para lograr la estandarización y optimización de los diversos procesos y en el análisis energético de cada

uno de los sectores y divisiones CIIU. Para la identificación de procesos agropecuarios y agroindustriales, se indagó en literatura científica de cada sector, revisando fuentes de información secundaria como textos académicos, boletines y reportes técnicos.

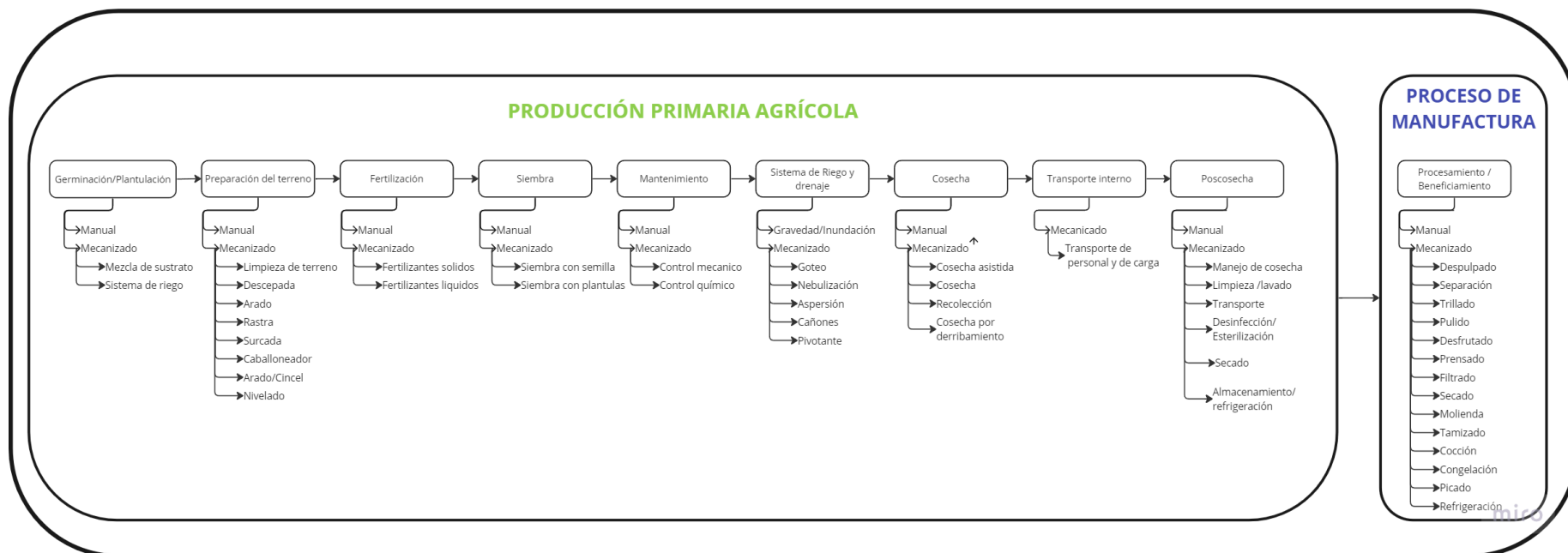
Los criterios contemplados para la selección de grupos homogéneos se dividieron en 4 secciones, teniendo en cuenta los diferentes sectores y cadenas productivas. En el caso del sector agrícola, otro criterio que se tuvo en cuenta es el tipo de cultivo, es decir, si se trata de un cultivo transitorio o un cultivo permanente, según la clasificación del DANE. Esto se hizo debido a que a pesar de que puedan existir similitudes en los procesos mecanizados entre dos cultivos de estos dos grupos, el consumo energético anual es diferente, debido a las diferentes temporalidades de estos dos tipos de cultivos.

En la **Figura 2** y **Figura 3** se presentan los criterios que se tienen en cuenta en el caso de los procesos productivos explícitamente agrícolas y pecuarios, (cultivos transitorios, cultivos permanentes y propagación de plantas), comenzando desde los procesos de germinación y plantación, hasta los diferentes procesos de postcosecha. Cabe resaltar que, en casos excepcionales como el café o la palma de aceite, se tuvieron en cuenta procesos adicionales como el despulpado del café, y la esterilización y prensado de fruto de palma para obtener aceite crudo de palma, ya que estos procesos se suelen realizar dentro de la misma UPA. Además, tanto el café seco como el aceite de palma crudo son considerados como materia prima para la industria manufacturera.

En el caso del sector de silvicultura y actividades forestales **Figura 4**, aunque los procesos son similares al proceso agrícola, la periodicidad de los cultivos y el tipo de equipos varía considerablemente.

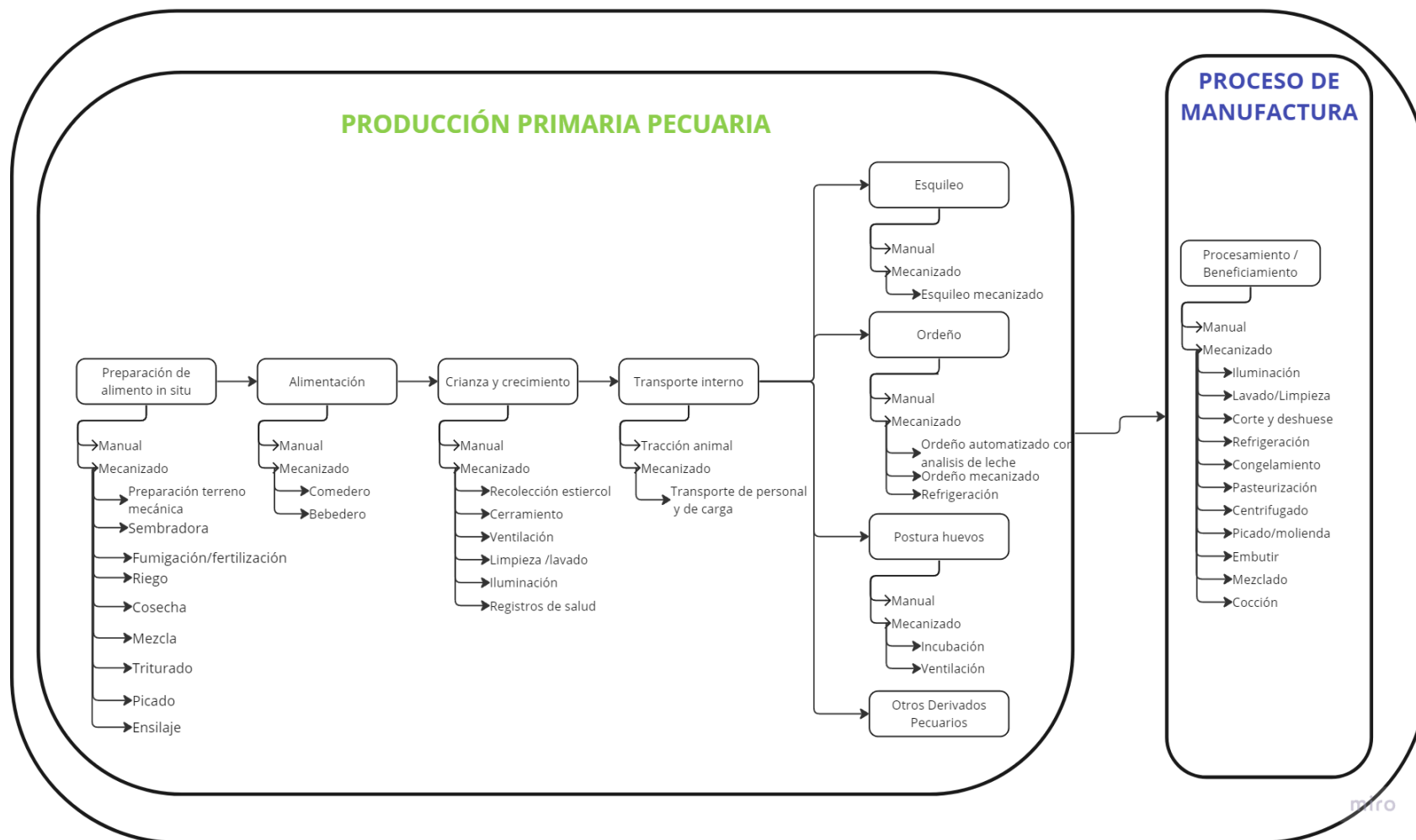
En el caso del sector pesquero **Figura 5**, se juntaron los sectores de pesca y acuicultura en una sola cadena productiva, sin embargo, se debe tener en cuenta el proceso de pesca marítima o de agua dulce, como lo considera el DANE, inicia en este caso con el proceso designado como pesca/cosecha. Asimismo, cabe aclarar que el producto final del proceso productivo primario es el pescado fresco, al cual se le han retirado las vísceras.

## AGROINDUSTRIA AGRÍCOLA



**Figura 2.** Procesos productivos del sector agroindustrial agrícola

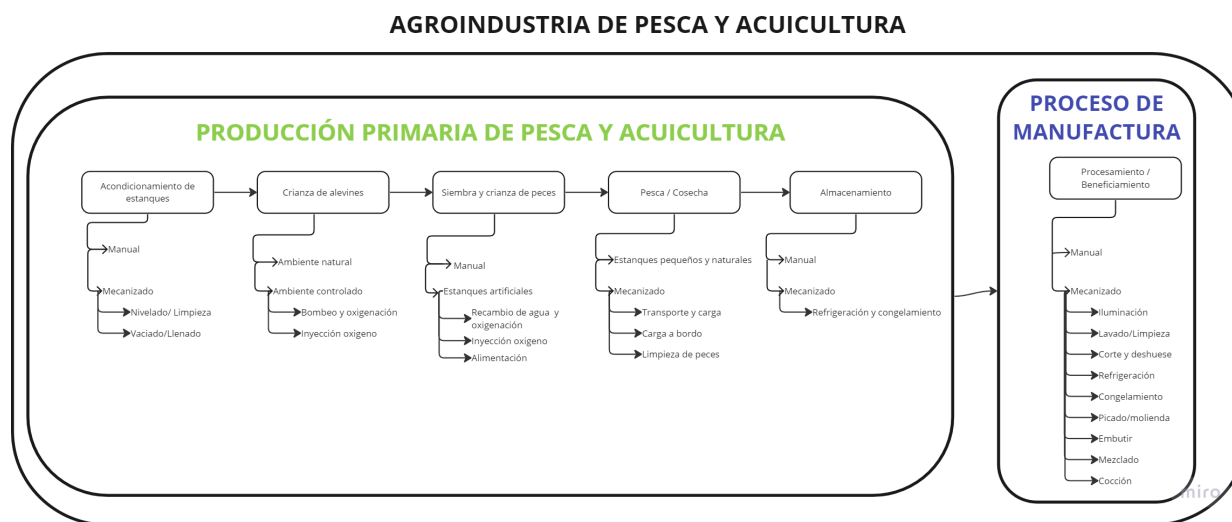
## AGROINDUSTRIA PECUARIA



**Figura 3.** Procesos productivos del sector agroindustrial pecuario



**Figura 4.** Procesos productivos del sector agroindustrial de silvicultura y extracción de madera



**Figura 5.** Procesos productivos del sector agroindustrial de pesca y acuicultura



Por otro lado, se utilizó el concepto de UPA con el fin de aprovechar y articular los indicadores e información disponible del DANE con la información de consumo energético de los diferentes subsectores del sector agropecuario y agroindustrial.

Según el DANE, la **Unidad de Producción Agrícola (UPA)** está definida como la unidad de producción agropecuaria, gerenciada por una sola persona natural o jurídica, en donde se producen bienes agrícolas, forestales, pecuarios y acuícolas (DANE, 2016). La UPA, es la unidad de censo y de análisis que utiliza el DANE para cuantificar la información relacionada con el sector agropecuario, forestal, acuícola, pesquero y sobre aspectos ambientales, así como sobre los productores agropecuarios.

Basados en la discriminación que utiliza el DANE por tamaño en hectáreas de la UPA por tipo de actividad agropecuaria, se van a considerar tres tipos de tamaño por cada grupo homogéneo, ya que la presencia de actividades y procesos productivos mecanizados en unidades productivas de tamaño pequeño, mediano y grande difiere considerablemente (FAO, 2015).

**Tabla 3.** Tamaño de UPA en la producción Agricultura

| Tamaño de UPA       | Pequeño        | Mediano         | Grande        |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------|
| Número de hectáreas | Menores a 5 Ha | Entre 5 y 20 Ha | Mayor a 20 Ha |

Para el caso de la ganadería se definió la tipología de tamaños, a partir del número de cabezas de animales incluidas en una UPA, basados en la información de los censos pecuarios nacionales que realiza el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) anualmente.

**Tabla 4.** Tamaño de UPA en la Ganadería

| Pecuario                                        | Indicador               | Pequeño | Mediano | Grande | Referencia                                                                                           |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------|---------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aves de corral (Pollos, gallinas, patos, pavos) | Producción pollo al día | <22     | <424    | >424   | Fenaviqún edición 389 - Octubre 31 de 2023 - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia |
| Ganado                                          | Número de cabezas       | <100    | <500    | >500   | ICA, 2023                                                                                            |

| Pecuario | Indicador                      | Pequeño | Mediano | Grande  | Referencia                                                                                            |
|----------|--------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cerdos   | Número de madres reproductoras | <10     | <100    | >100    | Revista Porkcolombia ED 266 digital (1).pdf                                                           |
| Huevos   | Producción de huevos día       | <750    | <14.566 | >14.566 | Fenaviquin edición 389 - Octubre 31 de 2023 - FENAVI - Federación Nacional de Avicultores de Colombia |

En el caso del subsector de la acuicultura, se considera el tamaño de la UPA de acuerdo con la producción anual según la resolución 1607 de 2019 de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

**Tabla 5.** Tamaño de UPA en la producción acuícola

| Tipo de acuicultor | Producción ton/año | Área (ha de espejo de agua) | Activos totales o Patrimonio (SMLMV) |
|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Pequeño acuicultor | Hasta 22           | Menos de 1,5                | Menos de 284                         |
| Mediano acuicultor | 22,1 hasta 240     | 1,51 hasta 15               | Inferiores o iguales a 5.000         |
| Gran acuicultor    | 240 en adelante    | 15,1 en adelante            | Superiores a 5.000                   |

**Fuente:** Resolución 1607 de 2019

Adicionalmente, para cada Grupo Homogéneo se asignaron categorías de pisos térmicos para cada caso, como se puede evidenciar en el **ANEXO A**.

**Tabla 6.** Pisos térmicos

| Piso térmico | Rango de altitud (msnm) |
|--------------|-------------------------|
| Cálido       | 0-1.000                 |
| Templado     | 1.000-2.000             |
| Frío         | 2.000-3.200             |
| Páramo       | 3.200                   |

**Fuente:** <https://colombiaverde.com.co/geografia/agricultura/pisos-termicos-colombianos-y-sus-cultivos/>

## 2.2. Herramientas de captura de información de campo

Para el desarrollo de la presente consultoría fue necesario utilizar datos de los diferentes procesos productivos, para esto se utilizó información primaria recolectada en campo e información secundaria tomada de diferentes bases de datos.

Para llevar a cabo un análisis exhaustivo del consumo de energéticos en las UPA's, el equipo técnico de Corpoema diseñó un formato de encuesta que tiene como propósito central la captura detallada de información relacionada con la actividad productiva de cada UPA (**ANEXO B. Herramienta de captura de información**).

En el primer módulo, denominado "Consolidado\_empresas", se recopilan datos generales esenciales para establecer el origen y contexto de la información obtenida durante la visita técnica. Este módulo abarca la fecha de ejecución de la visita técnica, así como los nombres y cargos de las personas que participaron y proporcionaron datos en representación de la UPA. Además, se registran especificaciones detalladas sobre la ubicación geográfica de la UPA, tales como razón social o nombre de la finca, departamento, municipio, vereda y coordenadas geográficas que definen su localización, incluida la altitud sobre el nivel del mar. Posteriormente, se detallan aspectos de contacto fundamentales para facilitar la comunicación con la UPA, como números de teléfono, correos electrónicos, nombre del contacto principal. Finalmente, se incluye una sección donde se indaga sobre la cantidad de trabajadores y sus respectivos horarios laborales, proporcionando una visión integral de la dinámica operativa de la UPA. Este enfoque estructurado nos permitió no sólo caracterizar el consumo energético, sino también comprender el contexto y las condiciones en las que se lleva a cabo la producción en cada UPA.

**Tabla 7.** Lista de preguntas de identificación en herramienta de captura

| <b>Módulo 1</b>    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| ID                 | Fecha de visita y asignación código   |
| Fecha visita       |                                       |
| Nombre encuestador |                                       |
| Nombre encuestado  | Información y clasificación de la UPA |
| Cargo              |                                       |



| Módulo 1                              |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| Razón social de la empresa            |                        |
| Área del predio [Ha]                  |                        |
| Área productiva [Ha]                  |                        |
| Grupo Homogéneo                       |                        |
| Actividad principal                   |                        |
| Indicador tamaño pecuario             |                        |
| Cantidad de indicador tamaño pecuario |                        |
| Producción                            |                        |
| Unidad Producción                     |                        |
| NIT                                   |                        |
| Teléfono                              |                        |
| Email                                 |                        |
| Dirección                             |                        |
| Municipio                             |                        |
| Departamento                          |                        |
| Piso Térmico                          |                        |
| Altitud [m.s.n.m]                     |                        |
| Vereda                                |                        |
| Coordenadas Latitud [°]               |                        |
| Coordenadas Longitud [°]              |                        |
| Cantidad de trabajadores permanentes  | Trabajadores y horario |
| Cantidad de trabajadores variables    |                        |
| Horas efectivas diurno                |                        |
| Horas efectivas nocturno              |                        |
| Lunes                                 |                        |
| Martes                                |                        |
| Miércoles                             |                        |
| Jueves                                |                        |
| Viernes                               |                        |
| Sábado                                |                        |
| Domingo                               |                        |
| Horas efectivas mes                   |                        |
| Horas efectivas año                   |                        |
| Días de vacaciones                    |                        |

Con base en la información recopilada, se asigna un código único a cada UPA. Este código se estructura de la siguiente manera:

ID = Grupo Homogéneo + Municipio + Razón social de la empresa + Tamaño

Para la definición del tamaño se tuvieron en cuenta las consideraciones de tamaños que se muestran en las **Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.**

El módulo 2 denominado “Consolidado inventario” permite caracterizar en detalle los flujos de entrada y salida que componen el proceso productivo agropecuario. Mediante el registro sistemático de información como capacidad de equipos, periodicidad y duración de actividades, se cuantifican los diferentes insumos energéticos requeridos en cada etapa, incluyendo combustibles fósiles, electricidad y otras fuentes.

A partir de estos datos, se parametrizan los consumos específicos por unidad de producto en cada operación unitaria. El análisis integral de los procesos posibilita identificar ineficiencias e implementar mejoras en maquinaria, logística y tecnologías limpias.

Adicionalmente, en este módulo se cuantifica la capacidad o rendimiento de producción y la generación de residuos aprovechables, con el fin de elaborar el balance general de entradas y salidas (energético/producción) que permita caracterizar el desempeño energético del sistema productivo.

A continuación, se presenta el módulo 2, en donde se consolida en forma de tabla los diferentes inputs o entradas que tiene el formato de captura de información, la tabla está organizada originalmente en formato horizontal, donde cada fila corresponde a una etapa del proceso y en ella se registran los equipos involucrados, su consumo energético y la producción asociada. Sin embargo, para facilitar la visualización de la secuencia en la adquisición de información, se presenta en forma vertical, ordenando las preguntas que se le hace a la UPA (ver **Tabla 8**).

**Tabla 8.** Lista de preguntas de inventario

| No. | Módulo 2                    | Origen                           |
|-----|-----------------------------|----------------------------------|
| 1   | Descripción                 | Información entregada por la UPA |
| 2   | Proceso                     |                                  |
| 3   | Subproceso                  |                                  |
| 4   | Mecanizado/Manual           |                                  |
| 5   | Área productiva del proceso |                                  |
| 6   | Unidad de Área del proceso  |                                  |
| 7   | Equipo                      |                                  |
| 8   | Referencia Equipo           |                                  |
| 9   | Cantidad                    |                                  |



| No. | Módulo 2                                           | Origen                                                 |
|-----|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 10  | Antigüedad [años]                                  |                                                        |
| 11  | Tiempo de operación equipo [h/día]                 |                                                        |
| 12  | Uso final de energía                               |                                                        |
| 13  | Energético                                         |                                                        |
| 14  | Potencia                                           |                                                        |
| 15  | Unidad de potencia                                 |                                                        |
| 16  | Potencia [kW]                                      | Para homogeneizar la capacidad del equipo              |
| 17  | Factor de uso [%]                                  | Se determina                                           |
| 18  | Consumo de energético por equipo/día               | Información entregada por la UPA                       |
| 19  | Unidad energético                                  |                                                        |
| 20  | Unidad a convertir                                 | Se determina para homogeneizar la capacidad del equipo |
| 21  | Equivalencia                                       |                                                        |
| 22  | Producto final                                     | Información entregada por la UPA                       |
| 23  | Producción diaria cantidad                         |                                                        |
| 24  | Unidad producto final diario                       |                                                        |
| 25  | Cada cuanto tiempo se realiza el proceso           |                                                        |
| 26  | Unidad de cada cuanto se realiza el proceso        | Se determina                                           |
| 27  | Cantidad de veces que se realiza el proceso al año |                                                        |
| 28  | Período del proceso [Tiempo]                       | Información entregada por la UPA                       |
| 29  | Unidad de período del proceso                      | Información entregada por la UPA                       |
| 30  | Período por proceso [días]                         | Se determina                                           |
| 31  | Tiempo total proceso [días/año]                    |                                                        |
| 32  | Consumo de energético por equipo/hora              |                                                        |
| 33  | Unidad consumo de energético por equipo/hora       |                                                        |
| 34  | Consumo de energético por hora (Fabricante)        | Se compara la información vs fabricante                |
| 35  | Comparación eficiencia energética                  |                                                        |
| 36  | Consumo energético total                           | Se determina                                           |
| 37  | Unidad consumo energético total                    |                                                        |
| 38  | Consumo energético por ciclo                       |                                                        |

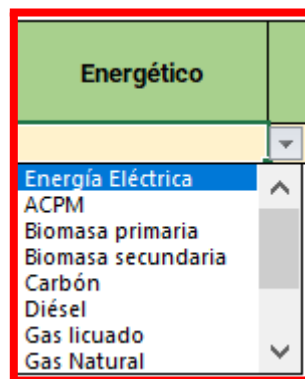
| No. | Módulo 2                                           | Origen                                 |
|-----|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 39  | Unidad consumo energético ciclo                    |                                        |
| 40  | Consumo energético anual                           |                                        |
| 41  | Unidad consumo energético anual                    |                                        |
| 42  | Producción por ciclo                               |                                        |
| 43  | Unidad producción ciclo                            |                                        |
| 44  | Producción anual                                   |                                        |
| 45  | Unidad producción anual                            |                                        |
| 46  | Grupo Homogéneo                                    |                                        |
| 47  | Sector                                             |                                        |
| 48  | Observación                                        | Información adicional sobre el proceso |
| 49  | Residuos 1                                         | Información entregada por la UPA       |
| 50  | Cantidad residuos 1                                |                                        |
| 51  | Unidad de residuos                                 |                                        |
| 52  | Residuos 2                                         |                                        |
| 53  | Cantidad residuos 2                                |                                        |
| 54  | Unidad de residuos 2                               |                                        |
| 55  | Productividad por proceso                          |                                        |
| 56  | Unidad productividad                               |                                        |
| 57  | Indicador por ciclo energético-producción          | Se determina                           |
| 58  | Unidades indicador por ciclo energético-producción |                                        |
| 59  | Indicador por ciclo energético - área              |                                        |
| 60  | Unidades indicador por ciclo energético - área     |                                        |
| 61  | Indicador anual energético-producción              |                                        |
| 62  | Unidades indicador anual energético-producción     |                                        |
| 63  | Indicador anual energético - área                  |                                        |
| 64  | Unidades indicador anual energético - área         |                                        |

En el tercer módulo, denominado "Consolidado\_energéticos", se procede a registrar de manera detallada los históricos de consumo de los energéticos empleados en la actividad productiva



de la UPA. Además, se solicitan los valores correspondientes a los pagos mensuales asociados a estos consumos que tengan disponibles.

| Módulo 3 |         |            |       |     |     |                             |                                 |                    |                                            |
|----------|---------|------------|-------|-----|-----|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|
| I<br>D   | No<br>. | Energético | Fecha | Año | Mes | Unidad<br>consumo<br>al mes | Consumo<br>energético<br>al mes | Valor<br>[COP/Und] | Costo<br>energético al<br>mes<br>[COP/mes] |
|          |         |            |       |     |     |                             |                                 |                    |                                            |



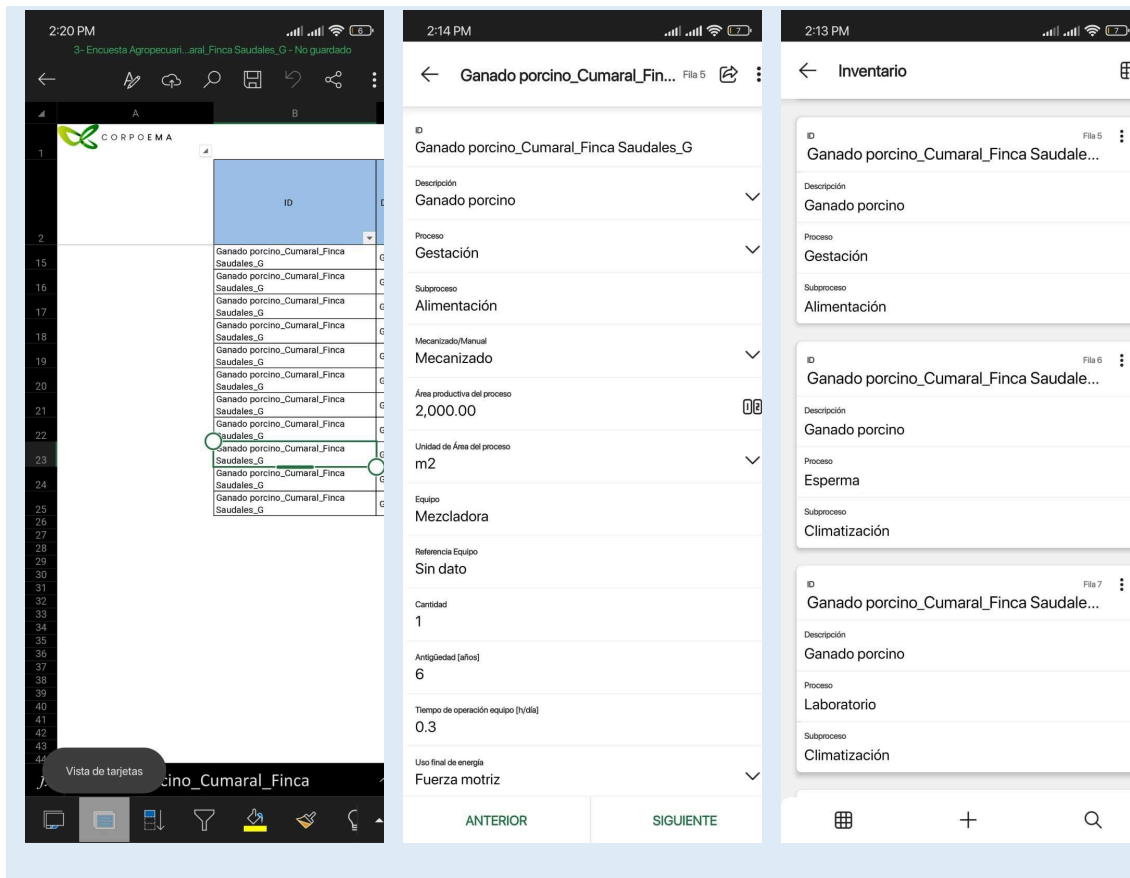
**Figura 6.** Modulo Históricos de consumo de energéticos

Para la implementación de la herramienta se utiliza la función de Vista de Tarjetas disponible en Excel para dispositivos móviles. Esta vista permite desplazarse de forma ágil entre las diferentes secciones de información correspondientes a cada módulo.

Cada módulo se presenta como una tarjeta independiente donde se capturan o consultan los datos asociados. El usuario puede deslizar el dedo sobre la pantalla para navegar

rápidamente entre módulos, visualizando en cada tarjeta el contenido del respectivo paso del proceso de caracterización.

Esta interfaz dinámica y táctil facilita la recolección y el acceso a la información de cada etapa, estructurada en tarjetas independientes que mantienen un orden lógico secuencial según la metodología. Así se aprovechan las capacidades de movilidad y usabilidad de Excel para generar una experiencia ágil e intuitiva para el usuario.



**Figura 7.** Vista herramienta aplicativo móvil.

De esta manera, al final se obtiene una matriz integral que resume los consumos energéticos y producción en cada parte del proceso productivo, siguiendo la secuencia operativa. La tabla condensa los datos necesarios para elaborar el inventario completo y caracterizar el sistema productivo.



**Figura 8.** Esquema general del algoritmo de captura de información

Tras consolidar la información en la herramienta, se realiza un análisis preliminar en la sección de Resumen. En esta sección, el usuario puede explorar libremente los datos de producción y consumos energéticos recopilados, para obtener una visión integral del proceso productivo de la UPA.

El objetivo es facilitar la identificación de aspectos clave en el desempeño energético, previo a iniciar la elaboración del informe. Esto permite reconocer:

- Principales equipos y etapas de mayor consumo energético
- Fuentes o vectores energéticos de mayor relevancia
- Indicadores de consumo por área de cultivo y unidad de producto

La exploración en esta sección de Resumen contribuye a que el usuario contextualice la información y enfoque adecuadamente el análisis.

Con la información recopilada y una adecuada contextualización de la situación actual de la Unidad Productora Agropecuaria (UPA), se procede a la elaboración del reporte. Este documento consta de una hoja de presentación, donde se identifican los detalles del estudio. Este documento se explicará a profundidad en la sección 3.3.2 en donde se presenta un ejemplo de reporte. Una vez elaborado el reporte, se procede a enviarlo al contacto (E-mail o WhatsApp) de la persona encuestada.

## **2.3. Planeación de trabajo de campo**

Con el fin de estimar los consumos energéticos en cada uno de los grupos homogéneos, fue fundamental realizar visitas a campo, para identificar energéticos empleados en los diferentes procesos, discriminación de usos, porcentajes de uso, cantidades, procesos productivos, tecnologías, estado de obsolescencia, prácticas industriales y producción asociada.

Para definir los lugares y las regiones en donde se realizarían las visitas se efectuó una revisión bibliográfica con el fin de identificar las regiones más representativas para cada sector, en donde posiblemente se podrían realizar las visitas. Asimismo, en los casos en donde el mismo proceso se presenta en varios pisos térmicos, se incluyeron visitas representativas en departamentos presencia de este tipo de producción por piso térmico.

También se consideró el aspecto logístico con el fin de poder identificar departamentos en donde se pudieran encontrar diferentes tipos de tipos de producción, para de tal forma, hacer más eficiente el trabajo de campo. En este sentido, por ejemplo, no se incluyó el departamento de Nariño para realizar visitas, ya que los tipos de producción agrícola y pecuaria que se encuentran en ese departamento se pueden encontrar también en departamentos como Cundinamarca, Boyacá y Tolima, en donde existe un mejor acceso y enlaces de contactos para realizar visitas.

Por otro lado, para definir el número de visitas por sector, en primer lugar, se tuvo en cuenta las visitas a unidades productivas representativas de tamaño pequeño, mediano y grande para cada grupo homogéneo. Además, se dio prioridad a los sectores más importantes del sector agropecuario, como el arroz, la caña de azúcar, palma de aceite, maíz, soya y café. Adicionalmente, se tuvo en cuenta las diferentes variaciones en la producción de un mismo producto, lo cual puede tener implicaciones en cuanto al consumo energético. Por ejemplo, en el caso del arroz se tuvo en cuenta las visitas a producción de arroz con riego (Huila, Tolima) y producción de arroz seco (Casanare/ Meta). Igualmente, para los casos de la producción de ganado para carne y producción de ganado para leche y para la producción de caña de azúcar para azúcar (Valle del Cauca) y para panela (Cundinamarca).

Teniendo en cuenta estos criterios en **Tabla 9** se presentan el número de visitas por grupo homogéneo y por región, contemplando en total 153 de visitas para realizar en campo.

**Tabla 9.** Propuesta visitas técnicas por grupo homogéneo y por departamento

| <b>Departamento</b> | <b>Grupo Homogéneo</b>                        | <b>Tamaño</b>          | <b>Nº<br/>visitas</b> |
|---------------------|-----------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Antioquia           | Plátano y Banano                              | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Antioquia           | Cerdos                                        | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Bolívar             | Acuicultura<br>(Marina-camarón)               | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Bolívar             | Pesca (Marina)                                | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Bolívar             | Arroz mecanizado<br>(Riego)                   | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Boyacá              | Cereales y granos                             | Pequeño/mediano        | 3                     |
| Boyacá              | Cultivo de hortalizas,<br>raíces y tubérculos | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Caldas              | Café                                          | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Caldas              | Aguacate                                      | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Casanare            | Palma de aceite                               | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Casanare            | Ganado (carne)                                | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cauca               | Huevos                                        | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Córdoba             | Ganado (Carne y leche)                        | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Cultivo de flores                             | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Cultivo de hortalizas,<br>raíces y tubérculos | Pequeño/Mediano/Grande | 6                     |
| Cundinamarca        | Frutas poca<br>mecanización                   | Pequeño/Mediano        | 3                     |
| Cundinamarca        | Frutas con<br>mecanización                    | Pequeño/Mediano        | 3                     |
| Cundinamarca        | Caña de azúcar (Panela)                       | Pequeño                | 3                     |
| Cundinamarca        | Viveros                                       | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Ganado (Leche)                                | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Legumbres (frijol)                            | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Acuicultura (Dulce)                           | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Cundinamarca        | Abejas                                        | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Magdalena           | Pesca (Dulce)                                 | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Meta                | Cultivo de árboles<br>(Caucho, comerciales)   | Pequeño/mediano/grande | 6                     |
| Meta                | Corte de árboles                              | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Meta                | Plátano y Banano                              | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Meta                | Cereales y granos                             | Grande/mediano         | 3                     |
| Meta                | Arroz mecanizado<br>(Secano)                  | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Meta                | Palma de aceite                               | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Meta                | Cerdos                                        | Pequeño/mediano/grande | 3                     |
| Quindío             | Café                                          | Pequeño/mediano/grande | 3                     |



|                 |                                                 |                        |            |
|-----------------|-------------------------------------------------|------------------------|------------|
| Santander       | Tabaco                                          | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Santander       | Fique                                           | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Santander       | Cacao                                           | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Santander       | Huevos                                          | Mediano/Grande         | 3          |
| Santander       | Palma de aceite                                 | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Santander       | Aves de corral (Pollos, gallinas, patos, pavos) | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Sucre           | Arroz mecanizado (Riego)                        | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Arroz mecanizado                                | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Legumbres (frijol)                              | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Algodón                                         | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Aguacate                                        | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Huevos                                          | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Pesca (Dulce)                                   | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Tolima          | Acuicultura (Dulce)                             | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Valle del Cauca | Caña de azúcar                                  | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Valle del Cauca | Frutas poca mecanización                        | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| Valle del Cauca | Frutas con mecanización                         | Pequeño/mediano/grande | 3          |
| <b>TOTAL</b>    |                                                 |                        | <b>153</b> |

En el **ANEXO E. Consolidado de visitas de campo** se observa el detalle de la información recopilada en cada una de las visitas realizadas.

### **2.3.1. Reuniones con gremios e instituciones**

Con el fin de obtener información secundaria relacionada de los sectores productivos, consumos energéticos e información relevante para este estudio, se contactaron a diferentes gremios y entidades de los sectores agrícolas, pecuario, forestal y piscícola. Para ello, se enviaron correos a las diferentes entidades, solicitando reuniones para explicar el proyecto, gestionar información y solicitar apoyo en relación con la coordinación de las visitas técnicas por sectores.



## CARTA DE PRESENTACIÓN

Actualmente, la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME adelanta una consultoría (Contrato UPME CO1.PCCNTR.5274584) con el objeto de caracterizar el consumo final de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial, identificando los principales usos, equipos o tecnologías y energéticos.

La Corporación para la Energía y el Medio Ambiente – Corpoema, firma que desarrolla la consultoría, convocará a Gremios y Asociaciones de los sectores agropecuario y agroindustrial para llevar a cabo entrevistas que permitan profundizar en la información relacionada con los consumos energéticos y tecnologías utilizadas en los diferentes subsectores y procesos objeto de análisis. Igualmente, se realizará la identificación y el contacto con las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA) y empresas en distintas regiones del país para la realización de una visita técnica y/o aplicación de una encuesta, de acuerdo con la valoración del equipo técnico, cuyos análisis y resultados serán el insumo para la formulación de las estrategias y medidas de eficiencia energética.



Bogotá, 07 de septiembre de 2023

CEAA-EMA-001-2023

Doctor  
CARLOS ENRIQUE MAYORGA MORALES  
Gerente

FEDEPA  
Correo: [gerencia@fedepa.gov.co](mailto:gerencia@fedepa.gov.co)

**Asunto:** Invitación a participar en la caracterización energética de los sectores agropecuario y agroindustrial - solicitud de entrevista.

Respetado Doctor Mayorga, reciba un cordial saludo.

En el marco del proyecto "Caracterización del consumo final de energía en los sectores agropecuario y agroindustrial" el cual desarrolla la firma Corporación para la Energía y el Medio Ambiente – Corpoema para la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, de manera atenta establecemos contacto con usted y su equipo técnico para solicitar un espacio en su agenda con el fin de programar una reunión virtual (proponemos la semana del 11 al 15 de septiembre) cuyo propósito es presentarle el alcance del proyecto y realizar una entrevista que permita profundizar en la información relacionada con los consumos energéticos y tecnologías utilizadas en los procesos del subsector panelero en Colombia.

**Figura 9.** Carta de presentación de la UPME y carta de invitación a las asociaciones

En la sección 3.2 se presenta un resumen de los gremios y entidades con las cuales se tuvo contacto, especificando los resultados principales de cada una de las reuniones. Se debe tener en cuenta que, en muchos casos, la respuesta se demoró considerablemente y en otras ocasiones no se tuvo respuesta. En el **ANEXO C. Información de gremios y asociaciones** se presenta información detallada sobre esta gestión.



## **2.4. Estimación del consumo energético**

Teniendo en cuenta los principales energéticos utilizados en las actividades agrícolas y pecuarias en el país, se realizó la estimación de los consumos de energía eléctrica, gasolina, gas natural y gas licuado de petróleo (GLP) a partir de información secundaria. A continuación, se detalla la metodología utilizada para dichas estimaciones

### **2.4.1. Estimación del consumo de energía eléctrica del sector agropecuario**

Con el fin de caracterizar el consumo de energía eléctrica en el sector agropecuario, gracias a las funciones de XM, empresa especializada en la gestión de información del Mercado de Energía Mayorista (MEM), encargada de la operación del SIN Sistema Interconectado Nacional (SIN) y de las funciones del Centro Nacional de Despacho (CND), se logró obtener los datos asociados a la demanda comercial para los años 2021 y 2022 desagregado por clasificación CIIU (XM, Demanda comercial de energía eléctrica, 2022).

A partir del tratamiento de los datos, donde se concentra la obtención de información en la variable “demanda comercial” dado el interés de este estudio en conocer la totalidad de la demanda para el sector agropecuario incluyendo las pérdidas asociadas, suponiendo necesariamente que la intensidad energética en el consumo regulado y no regulado es igual, se realiza un cálculo que logra identificar la demanda comercial total del sector agropecuario, su distribución porcentual dentro del mismo, y también su desagregación a nivel de CIIU 4 dígitos de acuerdo al consumo de cada sector respectivamente.

Con base en la información proporcionada por la Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 (DANE, 2020), se estimó el consumo energético por tamaño; dicha información se unió con el consumo nacional de energía eléctrica por subsector (CIIU 4 dígitos), estimado a partir de la información de XM (2022).

Tanto las estimaciones de consumo energético realizadas en esta sección, como los datos recopilados en campo, se combinaron para obtener los indicadores de consumo específicos para cada grupo homogéneo como se verá en la sección 3.6.

#### **2.4.2. Estimación del consumo de gasolina, gas natural y GLP del sector agropecuario**

Pese a que el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) proporciona información del consumo de gas natural y GLP, el nivel de desagregación de esta información no permite adjudicar dichos consumos exclusivamente al sector agropecuario, por lo cual el consultor se remitió a la información proporcionada por DANE (2022), en específico, el cuadro de oferta-utilización, con el fin de determinar la utilización del sector agropecuario de gasolina y gas natural. Dado que la información de dicho cuadro estaba en miles de millones de pesos, con el fin de trasladar estos valores a unidades físicas, se utilizaron las tarifas de gas natural y el precio promedio de venta a nivel nacional.

Para el caso del GLP la información fue reportada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE) a través de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) del 2019, la cual permite conocer el valor pagado de GLP en cada UPA en la cual se conoce qué tipo de producción agropecuaria se realiza.

Teniendo en cuenta lo anterior, conociendo el valor cobrado para el año 2019 por kg de GLP para cada uno de los departamentos a través del SUI, se obtiene el valor en Kg consumidor de GLP para cada una de las UPA, logrando así obtener el consumo de GLP gracias a la correlación realizada entre CIU y UPA para la agricultura y actividades de servicios conexas junto con silvicultura y extracción de madera. El 99% del consumo de GLP se concentró en el subsector de agricultura y actividades de servicios conexas, mientras que el 1% fue en el subsector de silvicultura y extracción de madera.

A continuación, se detallan las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de las estimaciones de consumo energético.

**Tabla 10.** Fuentes de datos usadas para el desarrollo de las estimaciones de consumo energético

| <b>Fuente</b>                                                             | <b>Dato</b>                                                                                                        | <b>Uso</b>                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XM – Demanda Comercial (XM, Demanda comercial de energía eléctrica, 2022) | Demanda comercial de no regulados diferenciada por subsector (CIIU 4 dígitos)                                      | Estimación del consumo nacional de energía eléctrica del sector agropecuario por usuarios no regulados y regulados y CIIU a 4 dígitos.         |
| DANE – Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 (DANE, 2020)                   | Tamaño de la UPA por hectáreas, información segregada por tipo de cultivo, consumo de energía eléctrica semestral. | Estimación del consumo de energía eléctrica del sector agropecuario por subsector (CIIU 4 dígitos) y tamaño de la UPA.                         |
| DANE – Cuentas nacionales (DANE, 2022)                                    | PIB del sector agropecuario por subsector y cuadro de oferta y utilización (miles de millones de pesos)            | Estimación del consumo nacional de gasolina, gas natural y GLP del sector agropecuario y estimación de la intensidad energética por subsector. |
| AGRONET (2023)                                                            | Producción anual en toneladas por tipo de cultivo                                                                  | Estimación del consumo específico de energía eléctrica por subsector                                                                           |
| SUI (2022)                                                                | Tarifas promedio de gas natural y precios promedio de venta minorista de GLP                                       | Estimación del consumo nacional de gasolina, gas natural y GLP del sector agropecuario.                                                        |

Fuente: elaboración propia.

Para los energéticos de gasolina, GLP y gas natural, los datos obtenidos en esta sección sirvieron como guía y comparación para los recopilados en campo tal como se explica en la sección 3.6.

## **2.5. Procesos y tecnologías de los sectores productivos**

Por medio de una revisión bibliográfica, se realizó un análisis detallado de la información actualizada de literatura relacionada con los procesos productivos en el sector agroindustrial y agropecuario en Colombia, examinando el estado actual de las prácticas y tecnologías empleadas en diversas etapas de la cadena de valor, desde la producción primaria hasta la obtención primaria del producto.

Adicionalmente, se identificaron tendencias y prácticas innovadoras que han demostrado su eficacia en la optimización de procesos, así como las oportunidades para la implementación de enfoques sostenibles y amigables en la agroindustria. Es de subrayar la importancia de adoptar estrategias integradas y tecnologías avanzadas para mejorar la productividad y la rentabilidad, así como minimizar el impacto ambiental y promover un desarrollo responsable y sostenible en las comunidades rurales.

A partir de la información recopilada se identificó cuáles subprocesos podían tener consumos de energía de acuerdo a los equipos o utensilios usados, además se identificó cuantos ciclos se realizan por cultivo al año, número de horas empleadas para el desarrollo de una actividad, equipos estándar empleados en los procesos para cada parte de los procesos. Adicionalmente se clasificaron los energéticos utilizados en los procesos en cada sector por uso final de energía teniendo en cuenta los usos más relevantes. Para identificar los usos energéticos del sector agropecuario se tuvo en cuenta la información de literatura junto con la información recolectada en campo. En el **Anexo D. Procesos y tecnologías** se presenta información detallada de cada proceso.

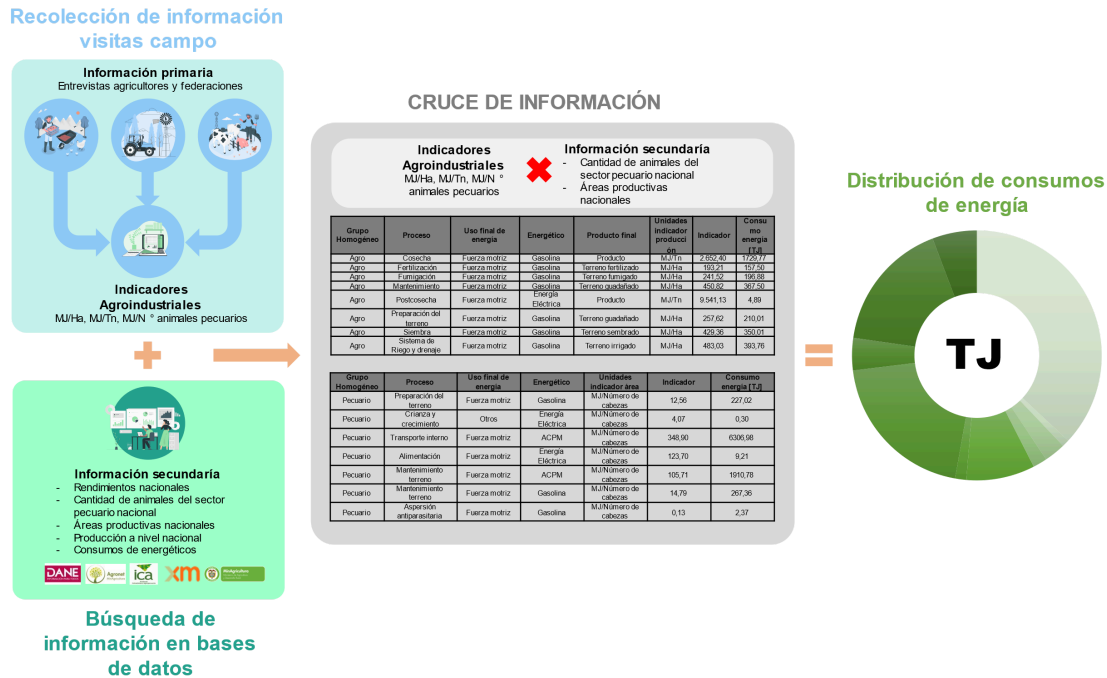
## **2.6. Estimación de consolidados energéticos e indicadores**

Con base en la información recopilada en campo, se calcularon los consolidados de consumos energéticos en Tera Joule por año (TJ/año) y los indicadores energéticos en unidades de Mega Joules (MJ) por proceso y por energético dependiendo del grupo homogéneo. Es decir, para un mismo proceso productivo en donde se haya identificado el

uso de diferentes energéticos, se generó un indicador específico para cada uno de ellos. Estos indicadores se establecieron dependiendo del sector y grupo homogéneo, siguiendo la siguiente lógica:

- Indicador energético con base al área productiva en hectáreas (MJ/Ha): Se utilizó para cultivos agrícolas y forestales, con el fin de determinar la intensidad energética por unidad de superficie.
- Indicador energético con base a la producción en toneladas (MJ/Tn): Aplicable a algunos productos de origen vegetal y animal lo que permitió establecer la energía consumida por tonelada de producto producida. En algunos casos este indicador se obtuvo a partir del promedio de los rendimientos productivos a nivel nacional, multiplicando la energía consumida por hectárea por el número de toneladas producidas por hectárea. Es importante tener en cuenta que, en los grupos homogéneos con más de un cultivo, como es el caso de los cereales, frutas u hortalizas, se obtuvo un indicador en MJ/Tn para cada cultivo ya que los rendimientos productivos pueden variar considerablemente.
- Indicador energético con base al número de animales (MJ/Cabeza): En el caso de la producción pecuaria, resulta más adecuado normalizar con respecto al número de cabezas por especie ya que la información de área productiva o producción en tonelada no está disponible a nivel nacional.

Estos indicadores energéticos específicos facilitan la caracterización de la demanda en las distintas actividades del sector agrícola, pecuarios, forestal y piscícola.



**Figura 10.** Definición de la metodología de la estimación de indicadores

Posteriormente, estos indicadores se cruzaron con información secundaria relacionada con los valores nacionales de años recientes relacionada con el número de hectáreas sembradas y cosechadas, número de cabezas, rendimientos productivos y producciones totales. Esta información se obtuvo de bases de datos oficiales como DANE, AGRONET, ICA y Ministerio de Agricultura para luego extrapolar los resultados a nivel nacional y estimar el consumo energético total del sector.

Para la estimación del consumo de energía eléctrica para cada grupo homogéneo se tomaron los valores discriminados por CIU obtenidos de XM como se explica en la sección 2.4.1. Para el caso del consumo de energía con los otros energéticos se hizo utilizando los indicadores de campo.

En los casos en donde el grupo homogéneo incluía diferentes sectores productivos, por ejemplo, ganado carne y ganado de leche, diferentes tipos de frutas, diferentes tipos de hortalizas, se trabajó con indicadores específicos para cada uno de los subsectores como

teniendo en cuenta las categorías de producción: cultivos, tipo de producción, siguiendo la división que se observa en la **Tabla 11**, para los siguientes grupos específicos:

**Tabla 11.** División de grupos homogéneos según cultivo y tipo de producción

| Grupo Homogéneo                            | Detalle             |
|--------------------------------------------|---------------------|
| Abejas                                     | Abejas              |
| Acuicultura                                | Cachama             |
|                                            | Camarón             |
|                                            | Otras especies      |
|                                            | Tilapia             |
|                                            | Trucha              |
| Aguacate                                   | Aguacate            |
| Algodón                                    | Algodón             |
| Arroz mecanizado                           | Arroz mecanizado    |
| Aves de corral                             | Aves de corral      |
| Cacao                                      | Cacao (familiar)    |
|                                            | Cacao (tecnificado) |
| Café                                       | Café                |
| Caña de azúcar                             | Caña de azúcar      |
| Cerdos                                     | Cerdos              |
| Cereales y granos                          | Maíz                |
|                                            | Soya                |
|                                            | Otros cereales      |
| Corte de árboles                           | Corte de árboles    |
| Cultivo de árboles                         | Cultivo de árboles  |
| Cultivo de flores                          | Cultivo de flores   |
| Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos | Cebollas            |
|                                            | Hortalizas          |
|                                            | Hortalizas de fruto |
|                                            | Raíces              |
|                                            | Tubérculos          |
| Fique                                      | Fique               |
| Frutas con mecanización                    | Fresa               |
|                                            | Papaya              |
|                                            | Pasifloras          |
|                                            | Piña                |
|                                            | Uchuva              |
| Frutas con poca mecanización               | Cítricos            |
|                                            | Mango               |
|                                            | Otras frutas        |
| Ganado                                     | Ganado              |
|                                            | Ganado (Leche)      |
| Huevos                                     | Huevos              |
| Legumbres                                  | Arveja              |



|                  |                 |
|------------------|-----------------|
|                  | Frijol          |
|                  | Guandul         |
|                  | Haba            |
|                  | Habichuela      |
| Palma de aceite  | Palma de aceite |
| Pesca            | Pesca           |
| Plátano y banano | Banano          |
|                  | Plátano         |
| Tabaco           | Tabaco          |
| Viveros          | Viveros         |

La extrapolación se realizó multiplicando cada uno de los indicadores por el valor apropiado para cada caso. Es decir, en los casos de tener un indicador de área (MJ/Ha), se multiplicó por el área de cultivo, en el caso de tener indicador de animales (MJ/cabeza) se multiplicó por el número de cabezas a nivel nacional. Luego, estos valores en MJ se sumaron y de esta forma se obtuvo el consolidado de consumo energético para cada sector.

En el **ANEXO F. Cálculo de indicadores por grupo homogéneo**, se incluyen las fuentes de información, los cálculos realizados para obtener los indicadores y consolidados de consumo de energía en grupo homogéneo. En el **ANEXO G. Consolidado de consumos energéticos por grupo homogéneo, proceso, uso final y energético** se presentan todos los resultados consolidados del trabajo. Adicionalmente, en el **ANEXO H. Reportes por grupos homogéneos** se encuentran los reportes generados para cada grupo homogéneo incluyendo consolidados, indicadores y principales características de los grupos homogéneos según las visitas.

### 3. Resultados y análisis

#### 3.1. Grupos homogéneos establecidos

Como se indicó en la sección 2.1, teniendo en cuenta los criterios de nivel de mecanización de los procesos y equipos utilizados para la obtención del producto final se establecieron 26 grupos homogéneos que se presentan en la **Tabla 12**. A partir de estos se realizó el análisis de consumos energéticos como se presenta en las siguientes secciones.



**Tabla 12.** Grupos homogéneos establecidos teniendo en cuenta diferentes criterios

| Nº | Grupo Homogéneo    | Cultivo                                                                                                                                                                                                       | Producto                                                               |
|----|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Abejas             | Apicultura                                                                                                                                                                                                    | Miel cruda y polen                                                     |
| 2  | Acuicultura        | Cría de peces, crustáceos y bivalvos en agua de mar, incluida la cría de peces ornamentales marinos. Cría de peces, crustáceos y bivalvos en agua dulce, incluida la cría de peces ornamentales de agua dulce | Pescado fresco                                                         |
| 3  | Aguacate           | Aguacate                                                                                                                                                                                                      | Aguacate seleccionado                                                  |
| 4  | Algodón            | Algodón                                                                                                                                                                                                       | Algodón crudo                                                          |
| 5  | Arroz mecanizado   | Arroz secano mecanizado, Arroz riego mecanizado                                                                                                                                                               | Arroz paddy verde                                                      |
| 6  | Aves de corral     | Pollos, gallinas, patos, pavos                                                                                                                                                                                | Gallina en pie, pato en pie, pavo en pie                               |
| 7  | Cacao              | Cacao                                                                                                                                                                                                         | Grano de cacao seco                                                    |
| 8  | Café               | Café                                                                                                                                                                                                          | Grano de café seco (Café verde)                                        |
| 9  | Caña de azúcar     | Caña panelera, caña de azúcar                                                                                                                                                                                 | Caña cortada y lista para proceso de transformación                    |
| 10 | Cerdos             | Ganado porcino                                                                                                                                                                                                | Cerdo en pie                                                           |
| 11 | Cereales y granos  | Trigo, cebada, sorgo, centeno, avena, quinua, maní, girasol, ajonjolí, maíz amarillo, maíz blanco, soya                                                                                                       | Grano con cascara y con impurezas de la cosecha, mazorca fresca, grano |
| 12 | Corte de árboles   | Extracción y transformación de madera en bruto, producción de troncos de madera para su utilización en bruto, producción de madera para industrias manufactureras que utilizan productos forestales           | Madera cortada                                                         |
| 13 | Cultivo de árboles | Caucho, explotación de madera en pie                                                                                                                                                                          | Caucho crudo, madera sin procesar                                      |
| 14 | Cultivo de flores  | Rosas, claveles, crisantemo, hortensia, alstroemeria, solidago, hortensia, girasol, ave del paraíso, limonium, ruscus                                                                                         | Flores cortadas y seleccionadas                                        |
| 15 | Fique              | Fique                                                                                                                                                                                                         | Fibra de fique                                                         |

|    |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                            |
|----|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 16 | Frutas poca mecanización        | Durazno, manzana, feijoa, ciruela, anón, guanábana, chirimoya, mamoncillo, tamarindo, frutos de palma, pera, tomate de árbol, marañón, mora, pitaya, mango, uva, arándano, limón, mandarina, naranja, guayaba, coco                                                                                                                | Fruto seleccionado y limpio                                |
| 17 | Frutas con mecanización         | Granadilla, curuba, maracuyá, gulupa, piña, fresa, papaya, uchuva                                                                                                                                                                                                                                                                  | Fruto seleccionado y limpio                                |
| 18 | Ganado                          | Ganado bovino, bufalino, cría de caballos, ovinocultura, caprinocultura                                                                                                                                                                                                                                                            | Ganado en pie, leche cruda, lana cruda                     |
| 19 | Hortalizas, raíces y tubérculos | Lechuga, espinaca, rúgula, acelga, espárrago, alcachofa, apio, repollo, coliflor, brócoli, berenjena, tomate, pimentón, pepino, zuquini, melón, sandía, cebolla bulbo, cebolla larga, ajo, puerro, remolacha, zanahoria, jengibre, papa, yuca, ñame, arracacha, perejil, cilantro, mostaza, aromáticas, especias, sábila, jengibre | Hortaliza fresca y limpia, tubérculo fresco y seleccionado |
| 20 | Huevos                          | Producción de huevo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Huevo para consumo                                         |
| 21 | Legumbres                       | Arveja, fríjol, habichuela, habas, fríjol blanco                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Grano, vaina fresca                                        |
| 22 | Palma de aceite                 | Palma de aceite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Fruto de palma                                             |
| 23 | Pesca                           | Pesca marítima comercial, pesca comercial en aguas interiores                                                                                                                                                                                                                                                                      | Pescado fresco                                             |
| 24 | Plátano y banano                | Banano, plátano                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Fruto seleccionado y limpio                                |
| 25 | Tabaco                          | Tabaco                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Hoja de tabaco seca                                        |
| 26 | Viveros                         | Ornamentales, agrícolas                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Plántulas y plantas en bolsa                               |

### 3.2. Consolidado con gremios

Con el fin de obtener información secundaria relacionada con las unidades productivas, usos y consumos energéticos de los diferentes sectores, se contactaron diferentes gremios y entidades del sector agropecuario. Asimismo, estas reuniones fueron fundamentales para establecer contactos con las unidades productivas y coordinar las visitas técnicas en campo.

Los gremios que participaron en las reuniones adelantadas para la contextualización del proyecto y atender la solicitud de información y apoyo para la coordinación de visitas técnicas se presentan en la **Tabla 13**.

**Tabla 13.** Resumen de organizaciones que participaron en la entrega de información relevante para el proyecto

| <b>Organización</b>                                                        | <b>Documentación enviada</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Federación Nacional de Productores de Panela<br><b>FEDEPANELA</b>          | Documentación compartida vía Google Drive por la Dirección Técnica.                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Asociación Colombiana de Porcicultores -<br><b>PORKCOLOMBIA</b>            | Documentación enviada por la Dirección Técnica vía correo electrónico                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Federación Nacional de Ganaderos - <b>FEDEGAN</b>                          | <a href="https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/caracterizacion-de-la-actividad-ganadera-a-partir-del-aprovechamiento-de-registros-administrativos">https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/caracterizacion-de-la-actividad-ganadera-a-partir-del-aprovechamiento-de-registros-administrativos</a> |
| Federación Colombiana de Acuicultores<br><b>FEDEACUA</b>                   | <a href="http://sepec.aunap.gov.co/">http://sepec.aunap.gov.co/</a><br>No se cuenta con información relacionada con consumo energéticos en el sector.                                                                                                                                                                                                         |
| Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite<br><b>FEDEPALMA</b> | Presentación de la presencia de Fedepalma en el subsector y descripción de los procesos agrícolas. Definición de las zonas para realizar visitas técnicas.                                                                                                                                                                                                    |
| <b>ASOCAÑA</b> – Sector Agroindustrial de la Caña                          | Remitió información al correo electrónico e información de agenda para visitas técnicas en el Valle del Cauca.                                                                                                                                                                                                                                                |
| Federación Nacional de Arroceros<br><b>FEDEARROZ</b>                       | Remitió información de agenda con asesora técnica para programación de visitas técnicas.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Federación Nacional de Avicultores de Colombia-<br><b>FENAVI</b>           | No se compartió información. Por temas de sanidad, no accedieron a coordinar visitas técnicas, se propone enviar herramienta para diligenciamiento individual.                                                                                                                                                                                                |
| Asociación de Bananeros de Colombia<br><b>AUGURA - CENIBANANO</b>          | Remitió información de contactos de coordinadores regionales para programación de visitas técnicas.                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                          |                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Federación Nacional de Cultivadores de Cereales<br><b>FENALCE</b>        | Remitió información de contactos de coordinadores regionales para programación de visitas técnicas.                                                                   |
| Asociación Hortifrutícola de Colombia <b>ASOHOFRUCOL</b>                 | Información de contactos para Coordinación de visitas técnicas.                                                                                                       |
| Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria<br><b>AGROSAVIA</b> | Cuentan con información relacionada con los costos de producción en algunos sectores agrícolas, en donde se especifica el tipo de tecnología y gastos en energéticos. |
| <b>FEDEMADERAS</b>                                                       | Cuentan con información del sector y empresas, así como coordinación de visitas.                                                                                      |

En el **ANEXO C. Información de Gremios y Asociaciones** se encuentra la información detallada de las actividades realizadas con los Gremios y Asociaciones, datos de contacto, asistentes a las reuniones, información solicitada e información entregada y lista de asociaciones que colaboraron con la programación de las visitas.

### **3.3. Visitas de campo y caso de estudio**

A continuación, se presenta la descripción de las visitas de campo realizadas en el marco de esta consultoría, así como un caso de estudio que permite ver el uso de la herramienta de captura de información con los agricultores.

#### **3.3.1. Trabajo de campo y visitas realizadas**

El total de visitas realizadas fueron 173, de las cuales 57 se gestionaron por medio de gremios y asociaciones y 116 por contactos y gestiones propias. Las 173 visitas se realizaron en 19 departamentos del país.

En todas las visitas se aplicó el instrumento de recolección de información y se consolidaron datos respecto a:

- a. Identificación (Tamaño, ubicación, área productiva, área predio, Número trabajadores, contacto)
- b. Equipos utilizados en los diferentes procesos de producción primaria (Cantidad, tipo, referencia, potencia, antigüedad)
- c. Información de prácticas de operación (Horas/día, duración de los procesos, número de ciclos anuales)
- d. Consumo de combustibles y otros energéticos (Consumo por proceso, día, mes)
- e. Recorrido por las instalaciones, toma de fotografías de los cultivos, las tecnologías y equipo utilizados en los procesos.

El grupo técnico de Corpoema que realizó las visitas estuvo conformado por 7 personas ubicados en diferentes partes del país, permitiendo cubrir la mayor parte del territorio. En algunos casos se tuvo acompañamiento de una persona de los gremios, como ocurrió con Fedearroz, PorkColombia, Fedepalma y Fenalce.

Las visitas de campo iniciaron el 4 de octubre de 2023, siendo la primera visita realizada en el municipio de Vianí, en donde se visitó un cultivo de Café y un cultivo de Aguacate. El objetivo de esta visita fue probar la herramienta que se había desarrollado para la captura de la información y posteriormente hacer los ajustes necesarios para su óptimo funcionamiento. Una vez consolidada la herramienta, se iniciaron las visitas formalmente con diferentes grupos de campo para realizar los viajes a las diferentes regiones del país planteadas. A medida que se fueron coordinando las visitas con los gremios y con los contactos externos, se agendaron las visitas en las regiones. Generalmente, se realizaron las visitas en grupos de 2 personas, con el fin de corroborar los datos y tener mayor confiabilidad de estos.

Una vez coordinada la visita, el día y la hora, el grupo de encuestadores acudía al predio y/o empresa en donde generalmente, había una o dos personas que atendían su desarrollo. En promedio la duración de la visita fue de 45 minutos, no obstante, en casos de grandes empresas como la visita a Ingenios azucareros o grandes avícolas y porcícolas, la visita podía abarcar 3 o 4 horas.

En la **Tabla 14** se presentan la cantidad de visitas realizadas por cada grupo homogéneo.

**Tabla 14.** Número de visitas realizadas por grupo homogéneo

| Grupo Homogéneo                 | Visitas y reportes realizados |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Abejas                          | 2                             |
| Acuicultura                     | 6                             |
| Aguacate                        | 3                             |
| Algodón                         | 2                             |
| Arroz mecanizado                | 13                            |
| Aves de corral                  | 3                             |
| Cacao                           | 4                             |
| Café                            | 6                             |
| Caña de azúcar                  | 11                            |
| Cerdos                          | 6                             |
| Cereales y granos               | 11                            |
| Corte de árboles                | 11                            |
| Cultivo de árboles              | 9                             |
| Cultivo de flores               | 4                             |
| Fique                           | 4                             |
| Frutas poca mecanización        | 9                             |
| Frutas con mecanización         | 5                             |
| Ganado                          | 13                            |
| Hortalizas, raíces y tubérculos | 11                            |
| Huevos                          | 5                             |
| Legumbres                       | 5                             |
| Palma de aceite                 | 6                             |
| Pesca                           | 8                             |
| Plátano y banano                | 9                             |
| Tabaco                          | 3                             |
| Viveros                         | 4                             |
| <b>Total</b>                    | <b>173</b>                    |

En la **Figura 11** se presenta la distribución geográfica de todas las visitas realizadas según el grupo homogéneo.



**Figura 11.** Distribución geográfica de las visitas realizadas según el grupo homogéneo

En la **Tabla 15** se presenta la distribución de las visitas por departamento.

**Tabla 15.** Visitas de campo realizadas por departamento.

| Nº | Departamento | Nº de visitas realizadas |
|----|--------------|--------------------------|
| 1  | Antioquia    | 6                        |
| 2  | Atlántico    | 5                        |
| 3  | Boyacá       | 7                        |
| 4  | Caldas       | 11                       |
| 5  | Casanare     | 26                       |
| 6  | Cauca        | 5                        |
| 7  | Cesar        | 3                        |
| 8  | Chocó        | 3                        |
| 9  | Córdoba      | 6                        |
| 10 | Cundinamarca | 14                       |
| 11 | Guaviare     | 5                        |



|    |                 |            |
|----|-----------------|------------|
| 12 | Huila           | 14         |
| 13 | Magdalena       | 1          |
| 14 | Meta            | 19         |
| 15 | Quindío         | 6          |
| 16 | Risaralda       | 9          |
| 17 | Santander       | 9          |
| 18 | Tolima          | 9          |
| 19 | Valle del Cauca | 15         |
|    | <b>Total</b>    | <b>173</b> |

A continuación, se describen algunas consideraciones que se presentaron durante las visitas de campo:

- A pesar de que el objetivo de la consultoría y de la visita se presentaba previamente y se respondían todas las dudas al respecto, la mayoría de los agricultores y/o personas encargadas que recibieron la encuesta, comprendió el objetivo de la visita solo hasta que se estuvo en campo. Esto hizo que muchas personas no estuvieran preparadas para recibir la visita y que estuvieran precavidos de la presencia de los encuestadores.
- El tema energético en las zonas rurales es considerado controversial debido a las condiciones relacionadas con los costos, acceso, competencia y divulgación de la información. Por esa razón, a pesar de que en ningún momento las preguntas estuvieron enfocadas en este sentido, en muchos casos no fue posible realizar la visita técnica o/y no se pudo acceder a información crucial para la consultoría.
- Se presentaron limitaciones en información correspondientes al acceso a los históricos de consumo de energía eléctrica, ya que, en el caso de las empresas, esta factura suele llegar a un domicilio diferente o la oficina principal. Por otro lado, en algunos casos, aunque se contaba con los reportes, por cuestiones de seguridad, preferían no presentarla.
- El combustible (Diésel y/o gasolina) es uno de los energéticos más usados en las unidades productivas agrícolas y pecuarias, sin embargo, en general, las unidades productivas no llevan un registro del consumo de combustible por lo que en



algunas ocasiones se hicieron aproximaciones de estos consumos. Además, en muchos sectores productivos como el arroz, la caña de azúcar, algunos frutales, entre otros, se suelen tercerizar muchos de los procesos productivos que implican uso de maquinaria, de modo que, el dueño o encargado de la UPA no cuenta con la información relacionada con la operación y consumos de combustible asociados.

- Para muchas de las personas encuestadas fue de gran estímulo e interés el ejercicio de examinar y analizar los consumos energéticos que tenía dentro de su propia unidad productiva, puesto que a pesar de que es un factor clave para el sector agrícola y pecuario, son pocas las personas y empresas que llevan un registro preciso de sus consumos energéticos.

### 3.3.2. Encuestas: Caso de estudio

A continuación, se presenta la información recopilada para una visita de cerdos. En la **Tabla 16** se presentan los datos de identificación y ubicación de la Unidad Productiva Agropecuaria (UPA), así:

**Tabla 16.** Módulo 1 de la herramienta de captura, diligenciado a modo de ejemplo.

| <b>Módulo 1</b>                       |                                               |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>ID</b>                             | <b>Ganado porcino_Neira_Hacienda Alaska P</b> |
| Fecha visita                          | 2/11/2023                                     |
| Nombre encuestador                    | Andrés Morales                                |
| Nombre encuestado                     | Sergio Gutiérrez                              |
| Cargo                                 | Administrador                                 |
| Razón social de la empresa            | Hacienda Alaska                               |
| Área del predio [Ha]                  | 43                                            |
| Área productiva [Ha]                  | 0.3072                                        |
| Grupo Homogéneo                       | Cerdos                                        |
| Actividad principal                   | Ganado porcino                                |
| Indicador tamaño pecuario             | Número de madres reproductoras                |
| Cantidad de indicador tamaño pecuario | 150                                           |
| Producción                            | 90                                            |
| Unidad Producción                     | Cerdos/semana                                 |
| NIT                                   | Sin dato                                      |



|                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| Teléfono                             | 3122354948                   |
| Email                                | Sin dato                     |
| Dirección                            | Sin dato                     |
| Municipio                            | Neira                        |
| Departamento                         | Caldas                       |
| Piso Térmico                         | Templado                     |
| Altitud [m.s.n.m]                    | 1531                         |
| Vereda                               | Armenia                      |
| Coordenadas Latitud [°]              | 5.19209789                   |
| Coordenadas Longitud [°]             | -75.58991729                 |
| Cantidad de trabajadores permanentes | 9                            |
| Cantidad de trabajadores variables   | 12                           |
| Horas efectivas diurno               | 12                           |
| Horas efectivas nocturno             | 12                           |
| Lunes                                | Sí                           |
| Martes                               | Sí                           |
| Miércoles                            | Sí                           |
| Jueves                               | Sí                           |
| Viernes                              | Sí                           |
| Sábado                               | Sí                           |
| Domingo                              | Sí                           |
| Horas efectivas mes                  | 728                          |
| Horas efectivas año                  | 8.736                        |
| Días de vacaciones                   | 0                            |
| Tipos de producción                  | Producción primaria pecuaria |

En el Módulo 2 de inventario se registró la información correspondiente a los equipos y procesos productivos de la UPA, incluyendo los siguientes datos principales:

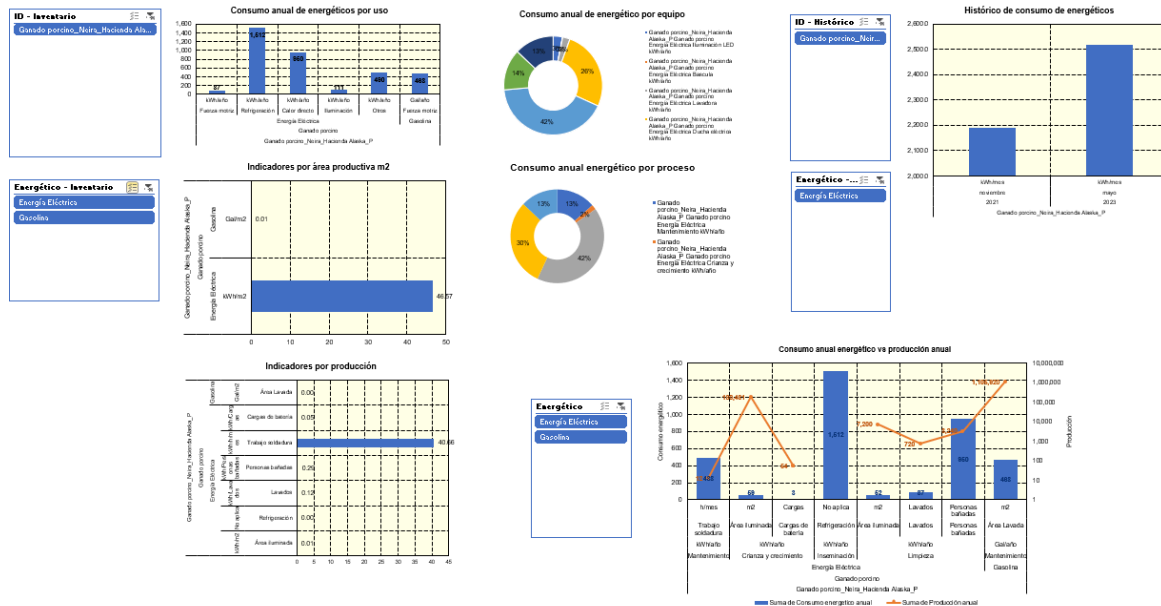
- Proceso/Actividad
- Descripción del equipo
- Capacidad o potencia nominal
- Cantidad de equipos
- Tiempo de uso (horas/día, días/semana, semanas/mes, meses/año)
- Consumo de combustible (galones/hora para motores)
- Consumo de energía (kWh para equipos eléctricos)
- Producción asociada (unidades producidas relacionadas con ese equipo)

El registro sistemático de estos parámetros permitió determinar los consumos energéticos totales y específicos (por unidad de producto) de cada equipo y proceso productivo. La consolidación integral de esta información posibilita elaborar el inventario completo de entradas y salidas, como base para identificar oportunidades de eficiencia energética en la UPA.

Además de los datos reportados por la UPA, se emplearon factores de conversión y homologación para uniformizar las unidades de consumo energético. Esto debido a que durante las visitas se recopilaron datos de volúmenes en diferentes presentaciones (botellas, tambores, etc). También se determinaron los tiempos de uso totales en cada ciclo productivo al año, para estimar así los consumos energéticos absolutos y la producción total anual. El procesamiento de esta información permitió calcular los indicadores de consumo por unidad de área productiva y por unidad de producto generado.

La homogenización de unidades y la cuantificación de consumos y producción totales fueron pasos necesarios para elaborar los indicadores que caracterizan integralmente el desempeño energético de la UPA en términos relativos. Esto facilitó la comparación entre distintas UPAs.

Tras consolidar la información en la herramienta, se realizó un análisis preliminar en la sección de Resumen.



**Figura 12.** Vista de apartado “Resumen” de la herramienta captura de información

Con la información recopilada y una adecuada contextualización de la situación actual de la Unidad Productora Agropecuaria (UPA), se procedió a la elaboración del reporte. Este documento consta de una hoja de presentación, donde se identifican los detalles del estudio. La justificación del mismo explica la razón de llevar a cabo el estudio y cómo los resultados contribuirán a establecer una línea base energética para los sectores agropecuario y agroindustrial.

Caracterización el consumo final de energía en el sector agropecuario, identificando los principales usos, equipos o tecnologías y energéticos; como insumo para la formulación de las estrategias y medidas de eficiencia energética



Bogotá D.C., 18 de noviembre de 2023

**Figura 13.** Portada Reporte

La importancia de esta línea base radica en su utilidad para la formulación de estrategias eficientes y medidas concretas relacionadas con la eficiencia energética, la gestión de la demanda y la diversificación de la matriz energética en estos sectores. Posteriormente, se abordó la descripción detallada de la UPA, incluyendo su ubicación, tamaño y actividad principal, respaldada por material fotográfico que enriquece la comprensión de su contexto.

#### JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como objetivo principal realizar una caracterización energética integral de los sectores agropecuario y agroindustrial en Colombia. Este análisis se llevará a cabo de manera sistemática, centrándose en los consumos finales de energía, y desglosando los usos específicos, equipos, tecnologías y fuentes energéticas empleadas en estos sectores.

La caracterización se llevará a cabo mediante la recolección y procesamiento de datos, que incluirá trabajo de campo y la consulta de fuentes tanto primarias como secundarias. El propósito es determinar los balances energéticos, las intensidades de uso de diversos tipos de energéticos y los niveles tecnológicos que prevalecen en estos sectores.

Los resultados obtenidos a través de este estudio permitirán establecer una línea base energética para los sectores agropecuario y agroindustrial, un elemento esencial para la formulación de estrategias óptimas y medidas concretas relacionadas con la eficiencia energética, la gestión de la demanda y la diversificación de la matriz energética en estos ámbitos.

#### Situación actual

La entidad se encuentra ubicada en el municipio de Neiva, Caldas a una altura de 1531 msnm; el predio cuenta con un total de 430000 m<sup>2</sup>, las cuales están dedicadas específicamente a la cría de ganado porcino.

Imágenes:



#### CONSUMOS DE ENERGÍA Y PRODUCCIÓN

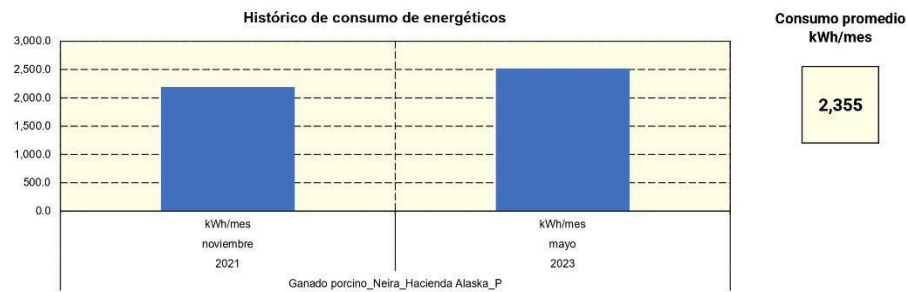
La finca porcícola Alaska consume energía eléctrica en procesos de crianza y filtro sanitario. Durante la visita se obtuvieron recibos de los meses de noviembre 2021 y mayo 2022, observándose un consumo similar en ambos periodos, lo cual se explica porque los procesos que demandan electricidad se mantienen constantes mes a mes.

Al no evidenciarse variaciones significativas entre la muestra de recibos, se establece un consumo eléctrico promedio mensual de 2335 kWh para la finca, a partir de estos dos datos.

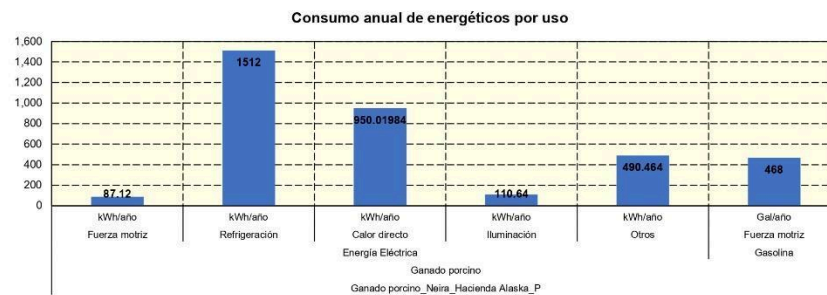
Este valor brinda una aproximación del uso de electricidad típico por mes, considerando que los procesos identificados como consumidores se ejecutan de forma rutinaria en los diferentes periodos del año analizados.

**Figura 14.** Sección 1 Reporte

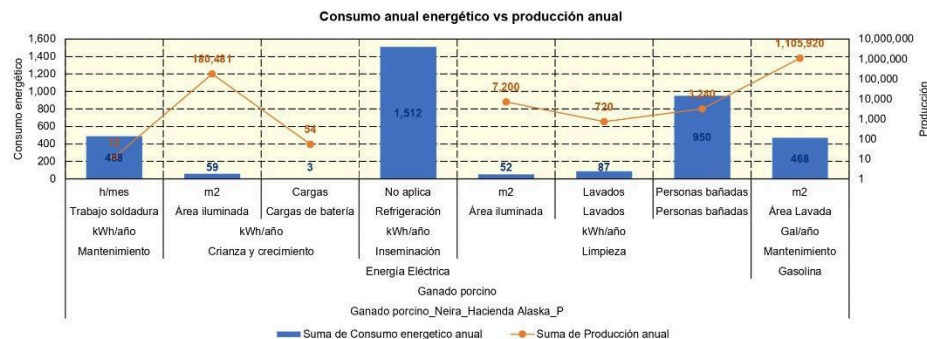
Posteriormente, se realizó un análisis de los consumos de energía y producción. En muchos casos, las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA) no mantienen un registro histórico de consumo de energía, ya que adquieren los recursos según las necesidades diarias o semanales. En consecuencia, se efectuó una aproximación de los consumos de energéticos anuales para proporcionar a la UPA una estimación general. Con la información recopilada de la UPA, se presenta un ejemplo práctico de cómo se puede establecer una relación entre el consumo de energéticos y los procesos productivos, teniendo en cuenta la producción asociada. Este ejercicio visual brinda una representación clara del panorama energético de la UPA.



La Unidad Productiva Agropecuaria (UPA) no contaba previamente con un histórico de los consumos de combustibles. Ante esto, se recopiló información sobre tiempos de uso, días de operación y periodicidad de las actividades en cada proceso productivo. Con estos datos se estimaron los consumos anuales de combustibles por actividad para la UPA.



Como se observa la UPA tiene como línea principal de producción de cerdos, con un rendimiento promedio de 90 cerdos por semana. Se recomienda llevar como variable de control del consumo energético un indicador de producción vs consumos de energéticos para contar con valores equivalentes, a manera de ejemplo la figura siguiente muestra este seguimiento a los indicadores.



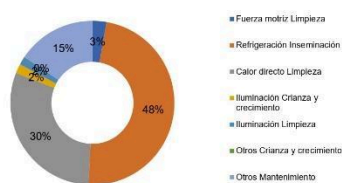
**Figura 15.** Sección 2 Reporte.

Para cada energético proporcionado por la UPA, se dedicó una sección específica en la cual se detallan los porcentajes de consumo de dicho recurso en los procesos y usos finales correspondientes. Además, se presenta un desglose detallado de los consumos anuales de este energético, mostrando con precisión cómo se distribuye en las distintas actividades y operaciones de la Unidad Productora Agropecuaria. Este enfoque permite una comprensión clara y específica de cómo se utiliza cada energético a lo largo de las diferentes fases y funciones de la UPA.

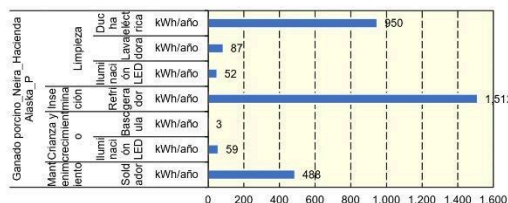
### Consumo de energía eléctrica

Durante la visita técnica se identificó que el 48% del consumo eléctrico en el proceso de crianza de cerdos de la entidad se destina a refrigeración, específicamente almacenamiento de semen para inseminación con un total aproximado de 1512 kWh/año. Le sigue en importancia el filtro sanitario que representa el 30% del consumo, debido al lavado de personal y ropa para evitar contaminación y afectar el desarrollo de los cerdos. El análisis por uso final evidenció que estos dos procesos concentran cerca del 80% de la demanda eléctrica, lo que permite enfocar las oportunidades de eficiencia energética en tecnologías y buenas prácticas relacionadas con refrigeración y protocolos de bioseguridad.

**Porcentaje de consumo anual de energía eléctrica por uso final y proceso**



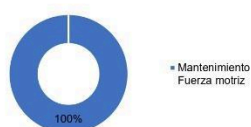
**Consumo anual de energía eléctrica por proceso, subproceso y equipo**



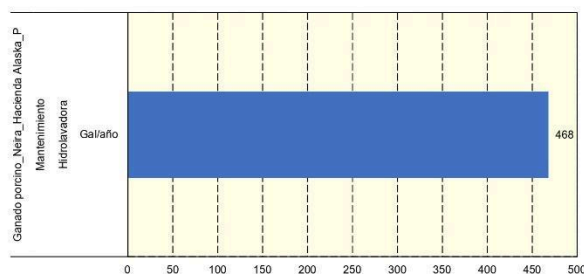
### Consumo de Gasolina

Durante la visita a la entidad se identificó que el 100% del consumo de gasolina se utiliza para fuerza motriz. El proceso de mayor demanda es el mantenimiento, particularmente en la actividad de lavado con hidrolavadora, que registra un consumo anual de 468 galones. Este análisis por uso final y proceso productivo específico permite enfocar las estrategias de eficiencia energética en esta actividad de lavado, por consiguiente, se pueden establecer indicadores de consumo de combustible por área o tiempo de lavado para monitorear y fijar metas de reducción, a su vez, capacitar al personal en prácticas de operación eficiente de la hidrolavadora.

**Porcentaje de consumo anual de gasolina por uso final y proceso**



**Consumo anual de gasolina por proceso, subproceso y equipo**



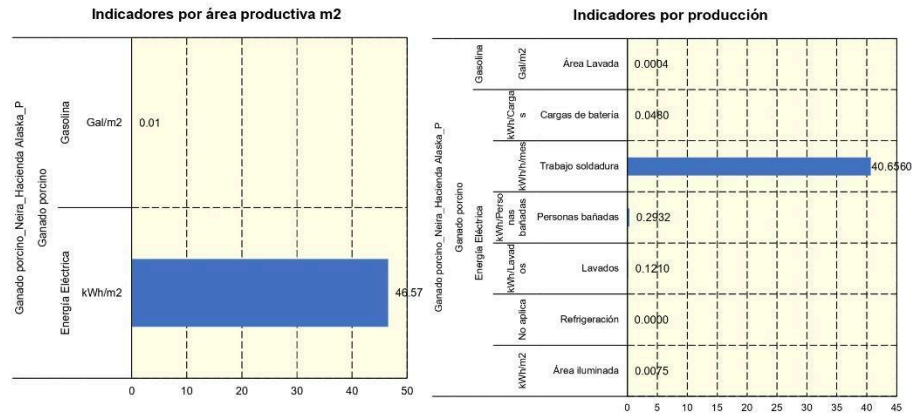
**Figura 16. Sección 3 Reporte**

Para finalizar el informe, se establecieron indicadores clave de demanda energética, considerando tanto el área productiva como la producción. Estos indicadores proporcionan una visión del panorama energético de la Unidad Productora Agropecuaria (UPA), permitiendo evaluar la eficiencia de sus procesos. Al mostrar cómo se distribuye la demanda energética en relación con la producción, se ofreció una perspectiva valiosa para identificar oportunidades de mejora y optimización en el uso de recursos energéticos. Este análisis aporta datos que pueden orientar estrategias futuras para incrementar la eficiencia y sostenibilidad energética de la UPA.



#### Indicadores por área productiva y producción

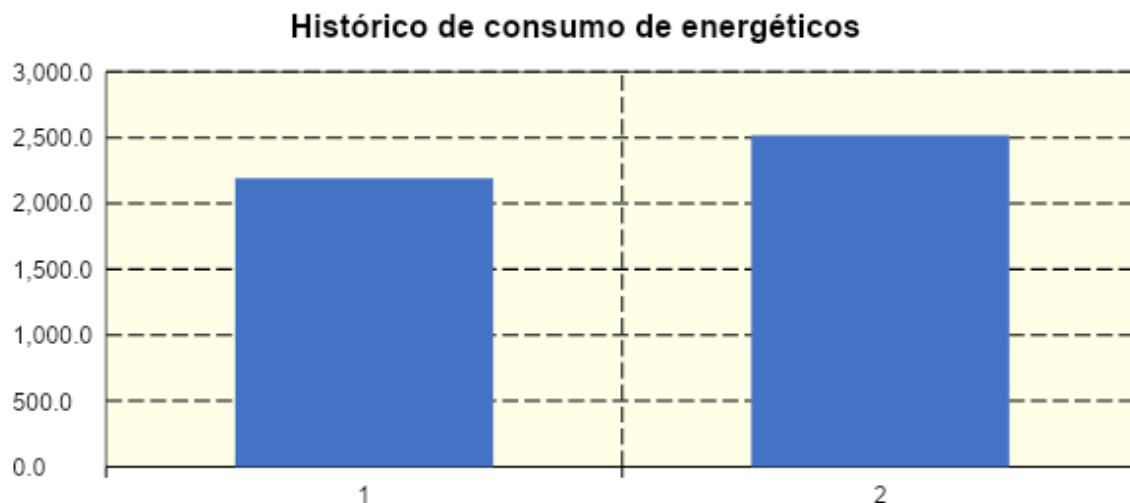
Los indicadores calculados reflejan oportunidades de mejora en el consumo eléctrico, con un valor de 46,57 kWh/m<sup>2</sup> en el área productiva. Actividades como el lavado de personal con ducha eléctrica y la refrigeración de semen con neveras representan usos a optimizar mediante cambio de tecnologías más eficientes. En contraste, el indicador de gasolina por unidad de área es bajo (0,01 gal/m<sup>2</sup>), denotando un consumo reducido en relación al tamaño de la granja. Respecto a los indicadores por unidad de producto, se destaca el alto consumo en soldadura debido al elevado requerimiento energético de este equipo que se usa de forma esporádica para reparaciones, con un promedio de 1 hora al mes. El análisis integral de indicadores focaliza las oportunidades en eficiencia eléctrica por cambio tecnológico y en soldadura mediante mejoras en la logística y frecuencia de mantenimiento.



**Figura 17.** Sección 4 Reporte

Para el caso de estudio mostrado se observan los siguientes resultados:

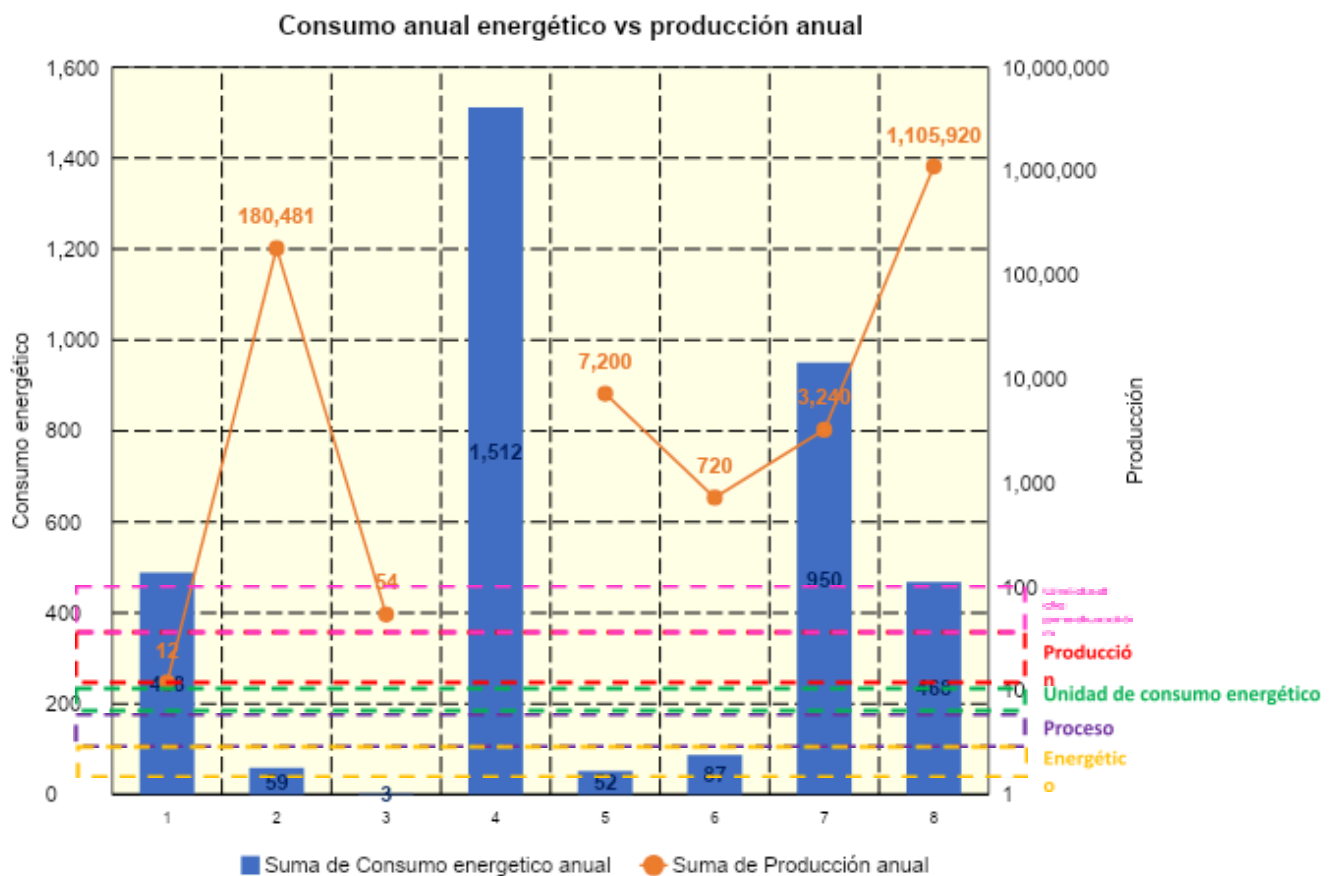
- La entidad se encuentra ubicada en el municipio de Neira, Caldas a una altura de 1.531 msnm, el predio cuenta con un total de 43 Ha, las cuales están dedicadas específicamente a la cría de ganado porcino.



**Figura 18.** Gráfica de histórico de consumo del reporte

La finca porcícola Alaska consume energía eléctrica en procesos de crianza y filtro sanitario. Durante la visita se obtuvieron recibos de los meses de noviembre 2021 y mayo 2023, observándose un consumo similar en ambos periodos, lo cual se explica porque los procesos que demandan electricidad se mantienen constantes mes a mes.

Al no evidenciarse variaciones significativas entre la muestra de recibos, se establece un consumo eléctrico promedio mensual de 2.355 kWh para la finca, a partir de estos dos datos. Este valor brinda una aproximación del uso de electricidad típico por mes, considerando que los procesos identificados como consumidores se ejecutan de forma rutinaria en los diferentes periodos del año analizados.



**Figura 19.** Gráfica de consumo anual vs producción anual

El análisis preliminar evidencia consumos de energía eléctrica y gasolina en los procesos productivos de la granja porcícola. Se identifica una mayor diversidad de usos de la electricidad. Los procesos de mayor relevancia en consumo eléctrico son: refrigeración,

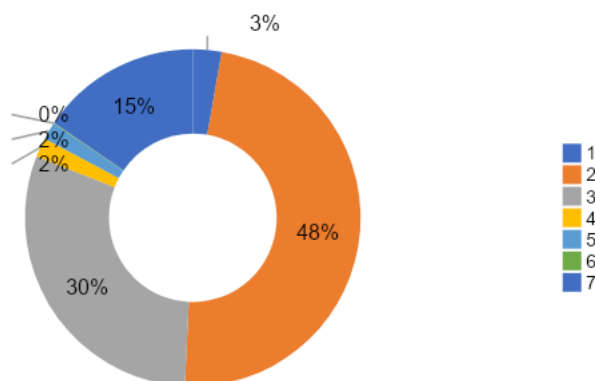
dada la operación continua de la nevera para conservar semen; mantenimiento, donde predomina el uso de un equipo de soldadura; y limpieza, en la que la ducha eléctrica del filtro sanitario representa un uso significativo.

Estos tres procesos concentran la mayor demanda eléctrica según los equipos involucrados -nevera, soldadora y ducha- los cuales se emplean de forma rutinaria e intensiva en la operación de la granja. En cuanto a la gasolina, se determina que el 100% se destina a fuerza motriz, principalmente en el proceso de lavado con la hidrolavadora. El reconocimiento de estos aspectos clave permitirá enfocar el análisis en las áreas de mayor potencial de eficiencia energética.

Adicionalmente, se observan los datos de producción asociada a cada proceso (línea naranja). Se identifica que la mayor producción corresponde a la actividad de lavado de las instalaciones de alojamiento de los cerdos. Esto se debe a la rutina intensiva de limpieza para mantener condiciones óptimas para su desarrollo. Asimismo, se destaca la refrigeración pese a no tener una producción cuantificable estándar, dado que es un proceso de soporte fundamental para conservar el semen y permitir la inseminación y reproducción.

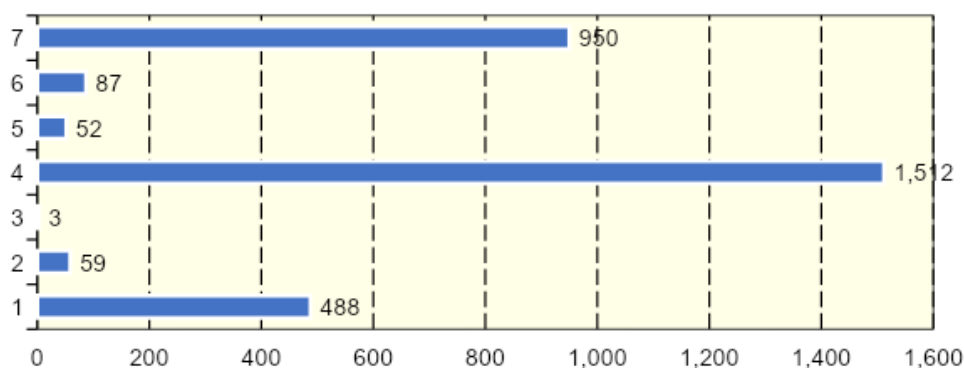
El reconocimiento de los procesos de mayor producción e impacto en el desempeño de la granja complementa el análisis de los consumos energéticos, proporcionando una visión integral para identificar eficientemente los puntos críticos a optimizar desde ambas perspectivas.

### Porcentaje de consumo anual de energía eléctrica por uso final y proceso



**Figura 20.** Porcentajes de energía eléctrica por uso final y proceso

### Consumo anual de energía eléctrica por proceso, subproceso y equipo



**Figura 21.** Consumo de energía eléctrica por proceso y equipo

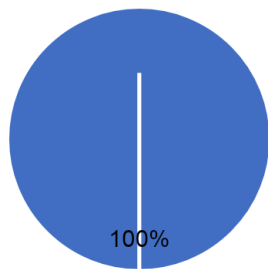
Durante la visita técnica se identificó que el 48% del consumo eléctrico en el proceso de crianza de cerdos de la entidad se destina a refrigeración, específicamente almacenamiento de semen para inseminación con un total aproximado de 1.512 kWh/año.

Le sigue en importancia el filtro sanitario que representa el 30% del consumo, debido al lavado de personal y ropa para evitar contaminación y afectar el desarrollo de los cerdos.

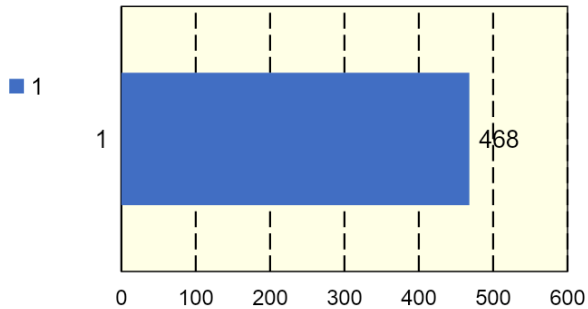
El análisis por uso final evidenció que estos dos procesos concentran cerca del 80% de la demanda eléctrica, lo que permite enfocar las oportunidades de eficiencia energética en

tecnologías y buenas prácticas relacionadas con refrigeración y protocolos de bioseguridad.

**Porcentaje de consumo anual de gasolina por uso final y proceso**



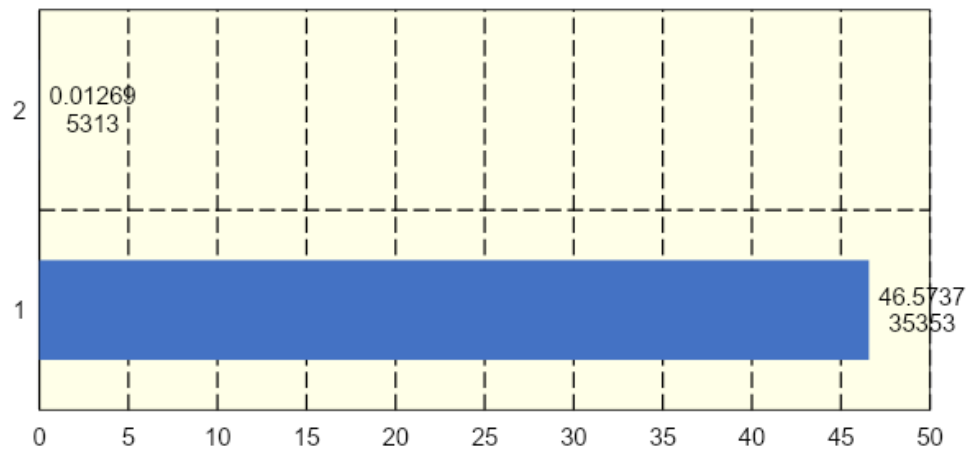
**Consumo anual de gasolina por proceso, subproceso y equipo**



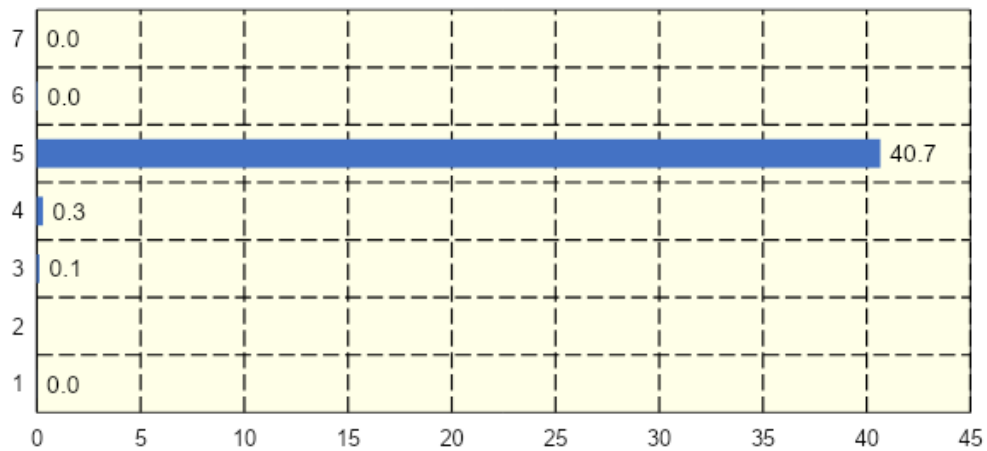
**Figura 22.** Distribución porcentual y consumo de gasolina

Para el consumo de gasolina se identificó que el 100% que es utilizado para el proceso productivo del ganado porcino se utiliza para fuerza motriz. El proceso de mayor demanda es el mantenimiento, particularmente en la actividad de lavado con hidrolavadora, que registra un consumo anual de 468 galones. Este análisis por uso final y proceso productivo específico permite enfocar las estrategias de eficiencia energética en esta actividad de lavado, por consiguiente, se pueden establecer indicadores de consumo de combustible por área o tiempo de lavado para monitorear y fijar metas de reducción, a su vez, capacitar al personal en prácticas de operación eficiente de la hidrolavadora.

### Indicadores por área productiva m2



### Indicadores por producción

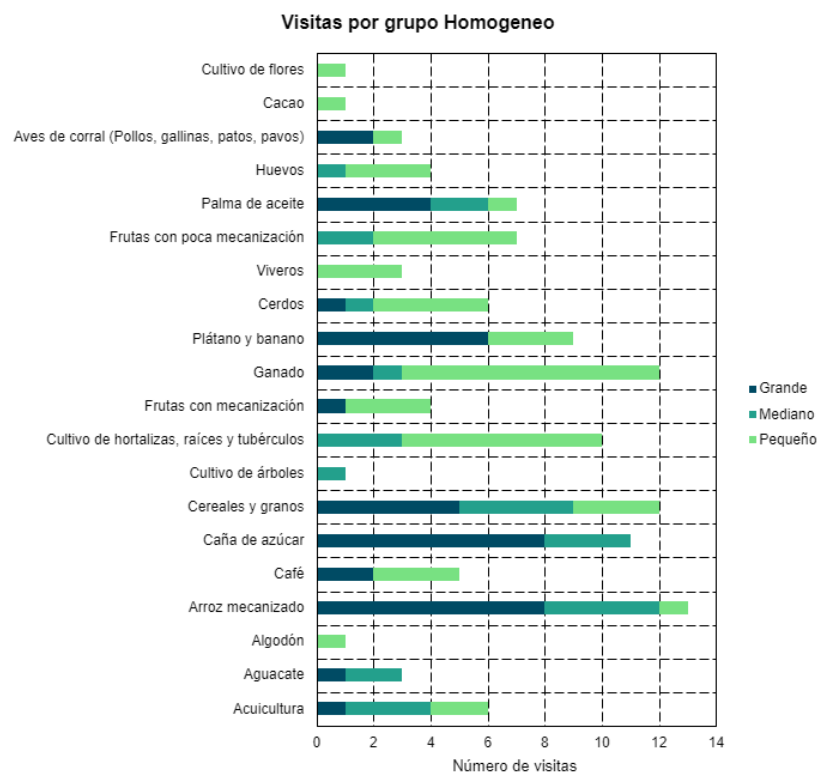


**Figura 23.** Indicadores energéticos por área productiva y por proceso productivo

Los indicadores calculados reflejan oportunidades de mejora en el consumo eléctrico, con un valor de 46,57 kWh/m<sup>2</sup> en el área productiva. Las actividades como el lavado de personal con ducha eléctrica y la refrigeración de semen con neveras representan usos a optimizar mediante cambio de tecnologías más eficientes. En contraste, el indicador de gasolina por unidad de área es bajo (0,01 gal/m<sup>2</sup>), denotando un consumo reducido con relación al tamaño de la granja. Respecto a los indicadores por unidad de producto, se destaca el alto consumo en soldadura debido al elevado requerimiento energético de este

equipo que se usa de forma esporádica para reparaciones, con un promedio de 1 hora al mes.

El análisis integral de indicadores focaliza las oportunidades en eficiencia eléctrica por cambio tecnológico y en soldadura mediante mejoras en la logística y frecuencia de mantenimiento. En la **Figura 24** se observa el número de visitas realizadas por grupo homogéneo, discriminando las visitas por tamaño de la UPA. Se puede observar que las visitas en unidades productivas de tamaño pequeño por el momento son más que las visitas en unidades medianas y grandes. Esto se explica ya que el acceso a fincas de tamaño pequeño es mucho más fácil que a unidades de tamaño grande. Además, las visitas en unidades pequeñas, en donde en general no cuentan con un consumo importante de energía, son más rápidas de hacer.



**Figura 24.** Número de visitas por grupo homogéneo y por tamaño

Por otra parte, al comparar las visitas propuestas con las realizadas se encuentran diferencias. Esto se dio ya que a partir de las recomendaciones de los gremios y de los contactos que iban surgiendo en los diferentes sectores productivos, las localidades fueron

variando, pero siempre teniendo presente el número de visitas requerido por sector. Adicionalmente, se observan departamentos en donde solo se visitó un tipo específico de producción, como es el caso del Tolima con arroz o el Cesar con Palma de aceite; y otros departamentos donde se logró encontrar diversidad de producción como el Valle del Cauca, Meta y Huila.

### **3.4. Estimaciones de consumo energético a partir información secundaria**

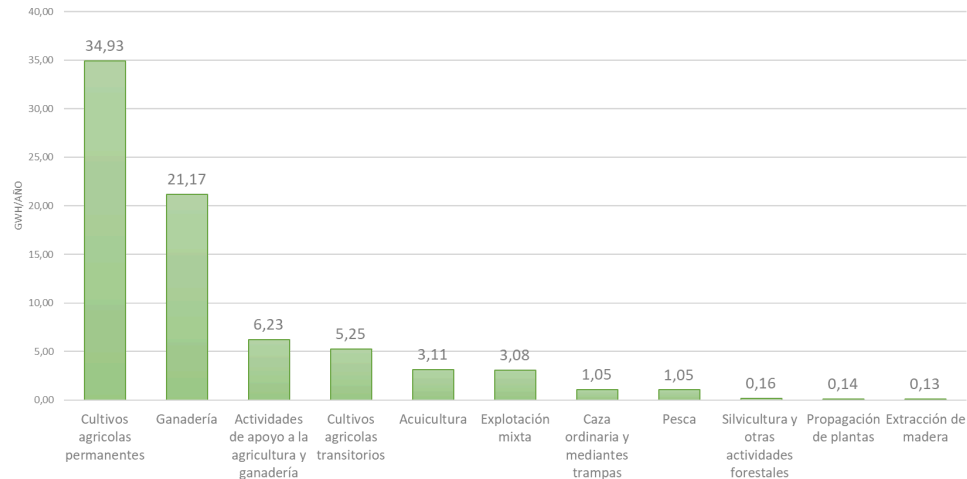
A continuación, se presentan las estimaciones de consumos energéticos obtenidos a partir de información secundaria. En el caso de la estimación de energía eléctrica se consiguió utilizar los valores discriminados por CIUU como se explicó en la sección 2.6. Los valores calculados para Gas Natural, GLP y Gasolina se tomaron como referencia, ya que son aproximaciones generales de los consumos nacionales.

#### **3.4.1. Distribución de la demanda de energía del sector agropecuario**

- **Energía eléctrica**

Dentro de la demanda total de energía eléctrica del sector agropecuario, la mayor cantidad del consumo de energía se concentra en los cultivos agrícolas permanentes con 34,93 GWh/año representando el 46% de la demanda total como se muestra en la **Figura 25**. Esto principalmente a los cultivos con procesos mecanizados que poseen un mayor consumo energético como; los sistemas de riego, la germinación y plantulación, el transporte interno, la iluminación especial y la postcosecha.





**Figura 25.** Distribución de la demanda de energía

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de XM 2022

Por otro lado, el sector ganadero consume un total de 21,17GWh/año representando una demanda de energía total del 28% sobre el total del sector agropecuario, que principalmente se debe a la concentración de los animales en una sola zona, que ocasiona un gasto constante de energía principalmente dirigido a la iluminación especial, la alimentación, la crianza y crecimiento, y el transporte interno.

El sector agropecuario, cuenta con usuarios regulados y no regulados<sup>1</sup> que componen el consumo total de la demanda de energía. Se evidencia un mayor protagonismo en los usuarios regulados, con una demanda comercial de 52,47 GWh/año que representan un 68,79% del consumo total del sector agropecuario, demostrando que la mayoría de consumo de energía se encuentra en usuarios que tienen una demanda de energía menor a 2MW por instalación, de manera que se concluye que la mayoría de los usuarios del sector agropecuario se pueden considerar bajos consumidores de energía dado los tipos de proceso al que se enfrentan que no poseen transformación de la materia prima en donde se encuentra un gran gasto energético. Por otro lado, los usuarios no regulados, que son los usuarios que tienen una demanda mayor a 2MW por instalación, representan un 31,21% del

<sup>1</sup> El artículo 11 de la Ley 143 de 1994, en el cual se definen los usuarios no regulados como “la persona natural o jurídica con una demanda máxima superior a 2 MW por instalación legalizada, facultando a la Comisión para revisar ese nivel mediante resolución motivada”.

consumo total del sector agropecuario con una demanda comercial de 23,81 GWh/año como se muestra en la **Tabla 17** (XM, 2022).

**Tabla 17.** Distribución de la demanda comercial de energía eléctrica del sector agropecuario en Colombia

| <b>Tipo de usuario</b> | <b>Demanda Comercial (GWh/año)</b> | <b>Porcentaje del consumo total</b> |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Regulado               | 52,47                              | 68,79%                              |
| No regulado            | 23,81                              | 31,21%                              |

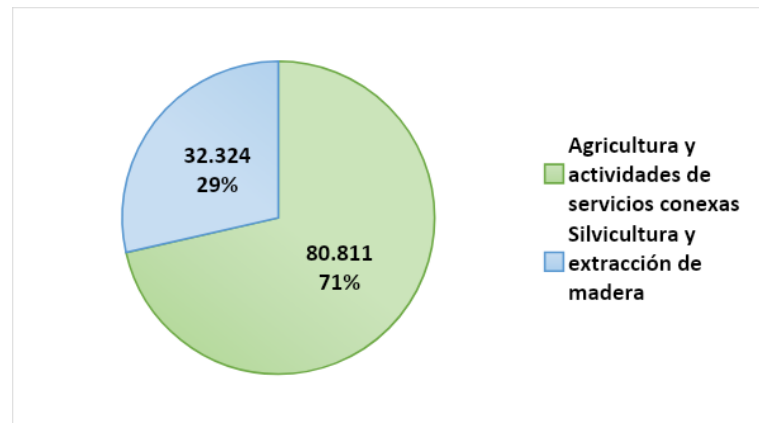
Fuente: elaboración propia a partir de los datos de XM 2022

En adición, se evidencia la importancia del consumo de energía eléctrica de las actividades de apoyo a la agricultura y ganadería con una demanda de 6,23 GWh/año representado un 8% dentro del total de la demanda del sector agropecuario, principalmente ocasionado por el suministro, mantenimiento y alquiler de equipos para actividades agrícolas.

Finalmente, se tendrá en cuenta el sector de cultivos agrícolas transitorios con una demanda de 5,25 GWh/año que representa el 7% de la demanda total de energía eléctrica del sector agropecuario, que debe su demanda principalmente a los procesos mecanizados de los cultivos como lo son; la preparación del terreno, los sistemas de riego y drenaje, la siembra, la postcosecha, el transporte interno y la fertilización.

- **Gas Natural**

En relación el consumo de gas natural, la información de consumo fue reportada por Bolsa Mercantil a través de las matrices de oferta y utilización a precios corrientes del Departamento Nacional de Estadística (DANE) en miles de millones de pesos colombianos, por lo que a través del valor facturado promedio por unidad de consumo se estimó la demanda de gas natural en el sector agropecuario en TJ. El consumo de gas natural en el 2022 ascendió a 113,13 TJ, correspondiendo al 0,05% del total consumo de gas natural en el país. El 71% de dicho consumo se concentró en el subsector de agricultura y actividades de servicios conexas, mientras que el 29% fue en el subsector de silvicultura y extracción de madera.

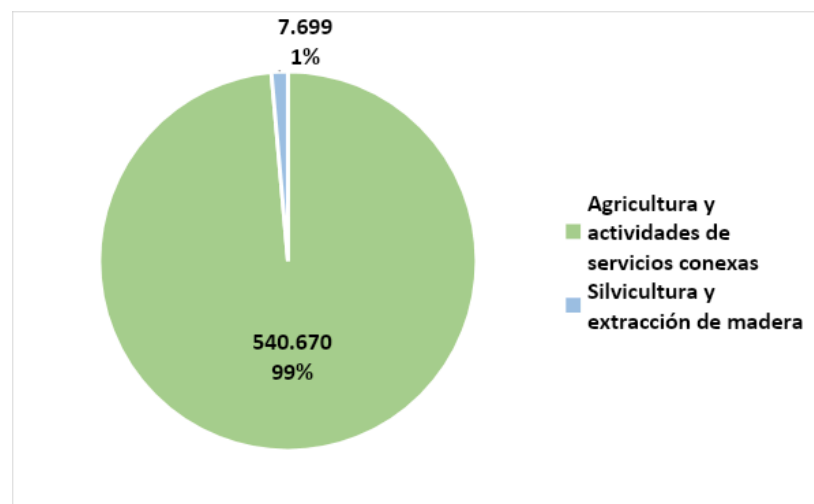


**Figura 26.** Consumo de gas natural en el sector agropecuario 2022 (TJ)

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de DANE 2022 y SUI (2022)

- **Gas Licuado de Petróleo - GLP**

Se estima un consumo de 548.369 TJ de GLP en el sector agropecuario, concentrados en casi su totalidad en la agricultura y actividades de servicios conexas.



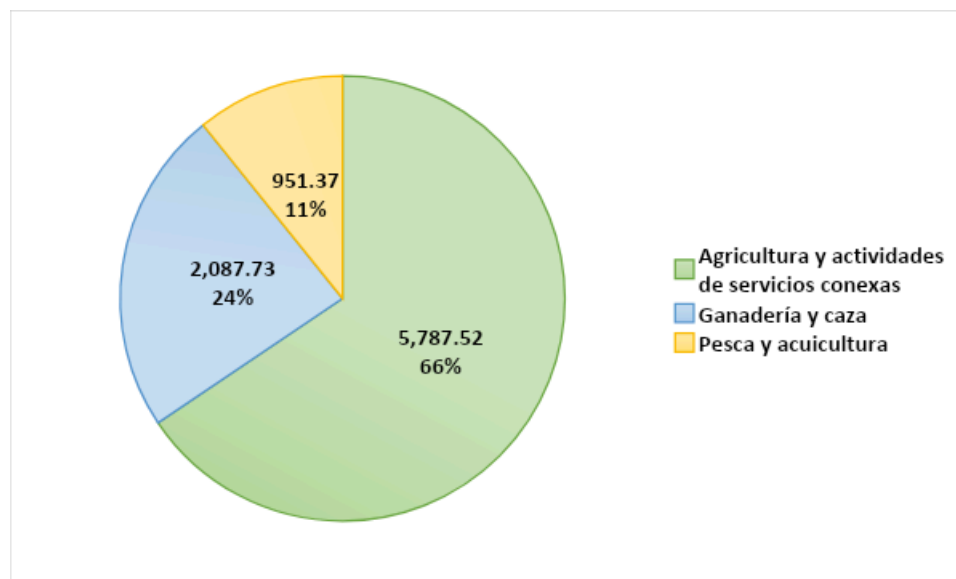
**Figura 27.** Consumo de GLP en el sector agropecuario 2019 (TJ)

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la ENA del DANE 2019 y SUI 2019

- **Gasolina**

Similar al caso del gas natural, la información del consumo sectorial de gasolina fue reportada en las matrices de oferta y utilización a precios corrientes del Departamento

Nacional de Estadística (DANE). El consumo de gasolina en el 2022 fue de 8.826,63 TJ, correspondiente al 2,84% del consumo total de gasolina para el transporte terrestre. El 65% del consumo de este energético se concentró en el subsector de agricultura y actividades de servicios conexos, seguido del 24% el cual fue consumido en el subsector de ganadería y caza, y finalmente el 11% consumido en el subsector de pesca y acuicultura como se observa en la **Figura 28**. Vale la pena resaltar que la gasolina no es usada exclusivamente para el transporte terrestre, sino también para el funcionamiento de maquinaria y equipo necesaria para el cultivo, cosecha y producción de productos agropecuarios.



**Figura 28.** Consumo de gasolina en el sector agropecuario 2022 (TJ)

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de DANE 2022

### 3.5. Procesos y tecnologías del sector agroindustrial y pecuario a nivel nacional

Para el análisis de tecnología se tuvieron en cuenta 26 grupos homogéneos definidos previamente por el equipo consultor y la UPME. En el **ANEXO D. Procesos y Tecnologías** se presenta la información detallada por cada grupo homogéneo evaluado. A continuación

se presenta la síntesis de los procesos involucrados en cada grupo homogéneo y cuáles de ellos involucran algún consumo energético, así como el tipo de equipo utilizado. Esta información fue importante para complementar la información de campo recolectada.

### 3.5.1. Abejas

**Tabla 18.** Principales procesos involucrados en la producción de miel

| Proceso                                          | Requiere energía | Tecnología y/o equipo |
|--------------------------------------------------|------------------|-----------------------|
| Selección de zona y adecuación de apiario        | --               | --                    |
| Preparación, selección e instalación de colmenas | --               | --                    |
| Preparación del equipo de manejo apiario         | --               | --                    |
| Alimentación                                     | --               | --                    |
| Mantenimiento de la colmena; flameo              | X                | Flameador             |
| Extracción de la miel                            | X                | Cuchillos eléctricos  |
|                                                  |                  | Centrífuga            |
|                                                  |                  | Calentamiento Miel    |

### 3.5.2. Acuicultura

**Tabla 19.** Principales procesos y equipos utilizados en la acuicultura en Colombia

| Proceso y/o Actividad                 | Subproceso                                  | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                                                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación de los estanques          | Construcción y limpieza del estanque        | X                | Guadañas                                                                                                    |
| Siembra del cultivo                   | Siembra                                     | --               | Manual                                                                                                      |
|                                       | Aclimatación                                | X                | Camarón: aireadores                                                                                         |
| Cría de alevinos/<br>Levante de peces | Manejo de agua                              | X                | Motobombas                                                                                                  |
|                                       | Transferencias                              | X                | Motobombas                                                                                                  |
|                                       | Aireación mecánica (aireación, circulación) | X                | Aireadores tipo sopladores, agitadores de paletas, aireadores verticales, inyector de turbina, circuladores |
|                                       | Oxigenación                                 | X                | Concentradores de oxígeno                                                                                   |

|                           |                                                |    |                                                         |
|---------------------------|------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------|
| Seguimiento del cultivo   | Medición calidad de aguas                      | -- | Kits análisis de aguas                                  |
|                           | Control de maleza, enfermedades                | X  | Guadañas                                                |
| Alimentación              | Producción de alimento vivo                    | X  | Aireadores, microscopios, estereoscopios                |
|                           | Preparación alimentos concentrados artesanales | X  | Balanzas, molinos                                       |
|                           | Alimentación                                   | X  | Manual, dosificadores de alimento automáticos, balanzas |
| Cosecha                   | Recolección de pescado y camarón               | X  | Manual; Grúas para cosecha                              |
| Procesamiento             | Peso de peces                                  | X  | Balanzas                                                |
|                           | Extracción de la piel                          | X  | Despieladoras                                           |
|                           | Empaque                                        | X  | Máquinas de vacío                                       |
| Preparación nuevo proceso | Secar estanque                                 | X  | Luz directa del sol, motobombas                         |

### 3.5.3. Aguacate

**Tabla 20.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de aguacate en Colombia

| Proceso y/o Actividad      | Subproceso                       | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                                        |
|----------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Identificación del terreno | Estudio del suelo                | --               | Estudios de factibilidad                                                     |
| Siembra                    | Selección del material vegetal   | --               | Compra directa                                                               |
|                            | Preparación del terreno          | X                | Tractores, niveladoras, rastra y rastrillo de nivel, transporte interno      |
|                            | Siembra                          | --               | Procesos manuales                                                            |
|                            | Fertilización del terreno        | X                | Bombas de espalda o estacionarias                                            |
| Crecimiento de los árboles | Riego                            | X                | Bombas de espalda o estacionarias                                            |
|                            | Monitoreo                        | --               | Procesos manuales                                                            |
|                            | Aplicaciones foliares y edáficas | X                | Baldes, palas de mano, envases de plástico, báscula, grameras, fumigadora de |

|                  |                      |    |                                                                    |
|------------------|----------------------|----|--------------------------------------------------------------------|
|                  |                      |    | espalda o bomba estacionaria.                                      |
|                  | Podas                | -- | Tijeras para podar, tijeras de altura                              |
| Mantenimiento    | Limpieza del terreno | X  | Guadañas, tractores                                                |
| Procesamiento    | Cosecha              | -- | Tijeras podadoras, tijeras, vara cosechadora, canastillas, báscula |
|                  | Postcosecha          | -- | Tanques de inmersión                                               |
| Comercialización | Venta del producto   | -- | Destino final                                                      |

#### 3.5.4. Algodón

**Tabla 21.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de algodón en Colombia

| Proceso y/o Actividad | Subproceso                                 | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                  |
|-----------------------|--------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
| Preparación del suelo | Labranza del suelo                         | X                | Subsolador                                             |
|                       | Análisis de suelos                         | --               | Análisis de laboratorio                                |
| Abonamiento           | Fertilización del suelo                    | X                | Manual, tractores                                      |
| Siembra               | Siembra de semillas                        | X                | Sembradoras de chorillo                                |
| Aclareo y despunte    | Eliminación de plantas, despunte de planta | --               | Manual                                                 |
| Riego y drenaje       | Riego del cultivo                          | X                | Riego por goteo, riego por aspersión                   |
| Cuidado del cultivo   | Control de enfermedades, plagas, malezas   | X                | Manual, Guadaña                                        |
| Recolección           | Recolección del algodón                    | X                | Manual, cosechadoras de cápsula, cosechadoras de fibra |
| Desmote               | Desmote del algodón                        | X                | Básculas, máquinas desmotadoras                        |

#### 3.5.5. Arroz mecanizado

**Tabla 22.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de arroz en Colombia

| Proceso | Subproceso | Requiere energía | Tecnología y/o equipo |
|---------|------------|------------------|-----------------------|
|---------|------------|------------------|-----------------------|

|                                    |                         |    |                                                                       |
|------------------------------------|-------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------|
| Preparación y adecuación del suelo | Arado                   | X  | Arado de cincel vibratorio                                            |
|                                    | Rastrillado             | X  | Rastrillo excéntrico, rastrillo pulidor                               |
|                                    | Nivelación              | X  | Micro niveladora, taipa                                               |
|                                    | Marcaciones             | X  | Sistemas GPS con RTK                                                  |
| Riego y drenaje                    | Sistema MIRI            | -- | Riego convencional, bajo presión, sin bombeo                          |
|                                    | Distritos de riego      | X  | Sistemas de bombeo                                                    |
| Siembra y trasplante               | Semilleros              | X  | Establecimiento de semillas en bandejas, sembradoras                  |
|                                    | Trasplante              | X  | Manual, trasplantadora                                                |
| Abonamiento                        | Etapas de fertilización | X  | Tractor, bombas de espalda                                            |
| Fumigación                         | Control de enfermedades | X  | Visual, Trampas de luz, Bomba de espalda, dron, avioneta ultraliviana |
| Cosecha                            | Recolección del arroz   | X  | Cosechadoras, tractor                                                 |

### 3.5.6. Aves de corral

**Tabla 23.** Principales procesos y equipos utilizados en el sector avícola en Colombia

| Proceso y/o Actividad | Subproceso                      | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                       |
|-----------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------|
| Incubación            | Calentamiento de huevos         | X                | Incubadoras caseras o industriales, sistemas de ventilación |
| Monitoreo huevo       | Análisis de fertilidad de huevo | X                | Ovoscopio                                                   |
| Nacimiento            | Pesaje y vacunación             | X                | Grameras, balanzas, equipos automáticos de vacunación       |
| Adecuación corrales   | Fumigación galpones             | X                | Bombas móviles                                              |
| Engorde               | Pre-adaptación                  | X                | Lámparas, bebederos, comederos                              |
|                       | Engorde                         | X                | Bebederos, comederos automáticos                            |

### 3.5.7. Cacao



**Tabla 24.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo del cacao en Colombia

| Proceso y/o Actividad       | Subproceso                               | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                    |
|-----------------------------|------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
| Preparación del suelo       | Limpieza del terreno                     | X                | Guadañas                                 |
|                             | Trazado del cultivo                      | --               | Varas o nylon                            |
| Siembra                     | Injertación de semilla                   | --               | Manual                                   |
|                             | Perforación de huecos                    | --               | Pala, pica                               |
| Riego y drenaje             | Riego del cultivo                        | --               | Precipitación                            |
| Podas                       | Poda de formación y mantenimiento        | --               | Tijeras, motosierras                     |
| Abonamiento y mantenimiento | Fertilización                            | X                | Bombas de espalda, bomba estacionaria    |
|                             | Control de enfermedades, plagas, malezas | X                | Manual, bombas de espalda                |
| Cosecha                     | Recolección de mazorcas                  | --               | Manual, tijeras, medialunas y horquillas |
|                             | Partición y desgrane                     | --               | Mazo de madera, machete, manual          |
| Fermentación                | Fermentación del grano                   | --               | Cajas de madera                          |
| Secado                      | Secado del grano                         | X                | Camas de madera, luz directa del sol     |

### 3.5.8. Café

**Tabla 25.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de café en Colombia

| Proceso y/o Actividad       | Subproceso                       | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                 |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Preparación de los cultivos | Limpieza de cultivo              | X                | Machetes, sierras de cadena, guadañas |
|                             | Conservación de suelos           | X                | Palas, retroexcavadoras               |
| Siembra del cultivo         | Semilleros                       | --               | Filtración con arnero                 |
|                             | Trasplante                       | --               | Manual                                |
| Riego                       | Riego de cafetales               | X                | Riego por goteo, aspersión o rodado   |
| Podas                       | Eliminación de ramas no deseadas | --               | Tijeras, sierras                      |
| Control del cultivo         | Control de malezas               | X                | Bombas de espalda                     |

|                  |                      |    |                                                            |
|------------------|----------------------|----|------------------------------------------------------------|
| Cosecha del café | Cosechado            | -- | Manual                                                     |
| Fermentación     | Procesamiento húmedo | X  | Demucilador mecánico, tolva, tanque sifón                  |
| Bombeo           | Lavado               | X  | Motobombas, bombas                                         |
| Despulpado       | Retiro de la cáscara | X  | Manual, despulpadora, lavador                              |
| Secado           | Secado del grano     | X  | Luz directa del sol, secadora de mallas, secado centrífuga |

### 3.5.9. Caña de azúcar

**Tabla 26.** Principales procesos y equipos utilizados en el cultivo de caña de Azúcar Colombia

| Proceso y/o Actividad    | Subproceso              | Requiere energía | Tecnología y/o equipo     |
|--------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|
| Preparación del terreno  | Arado                   | X                | Manual, Tractor           |
|                          | Fertilización           | X                | Manual, Bombas de espalda |
| Siembra                  | Plantación de cañizales | X                | Sembradoras               |
| Riego                    | Riego de los cañizales  | X                | Riego por goteo           |
| Cosecha                  | Recolección de la caña  | X                | Cosechadoras              |
| Preparación y extracción | Triturado               | X                | Trituradora de caña       |

### 3.5.10. Cerdos

**Tabla 27.** Principales procesos y equipos utilizados en el sector porcícola en Colombia

| Proceso y/o Actividad | Subproceso                            | Requiere energía | Tecnología y/o equipo  |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|
| Inseminación          | Conservación del semen                | X                | Neveras                |
| Mantenimiento         | Limpieza de corral, limpieza personal | X                | Hidrolavadoras, duchas |

|                              |         |   |                                                                                                               |
|------------------------------|---------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Crecimiento y ceba del cerdo | Levante | X | Maquinaria para suministro de alimentos para cerdos (bombas, silos, equipos integrados a red eléctrica, etc.) |
|                              | Ceba    | X | Maquinaria para suministro de alimentos para cerdos (bombas, silos, equipos integrados a red eléctrica, etc.) |

### 3.5.11. Cereales y granos

A continuación, se presentan los principales procesos involucrados en el cultivo del maíz, soya y sorgo.

**Tabla 28.** Procesos utilizados en el cultivo de maíz

| Proceso                      | Pequeño                                             | Mediano                                                    | Grande                                             |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Preparación del suelo</b> | 1 arada, 1-2 cruzadas, surcado con bueyes           | 1 arada, 2 pases de rastra con tractor, surcado con bueyes | 1 arada, 2 pases de rastra, siembra con maquinaria |
| Requiere energía             | --                                                  | X                                                          | X                                                  |
| <b>Siembra</b>               | Directa; sembradora manual                          | Sembradoras Abonadora rotativa                             | Sembradoras Abonadora rotativa                     |
| Requiere energía             | --                                                  | X                                                          | X                                                  |
| <b>Trasplante</b>            | Manual                                              | Trasplantadoras                                            | Trasplantadoras                                    |
| Requiere energía             | --                                                  | X                                                          | X                                                  |
| <b>Riego</b>                 | Precipitación                                       | Riego por goteo                                            | Riego por goteo                                    |
| Requiere energía             | --                                                  | X                                                          | X                                                  |
| <b>Fertilización</b>         | Máquinas con motor                                  | Sistemas de riego                                          | Sistemas de riego                                  |
| Requiere energía             | X                                                   | X                                                          | X                                                  |
| <b>Cosecha del grano</b>     | Cosechadoras de arrastre.                           | Cosechadoras autopropulsadas                               | Cosechadoras autopropulsadas                       |
| Requiere energía             | --                                                  | X                                                          | X                                                  |
| <b>Secado del grano</b>      | Secadoras solares; secado al sol; secado de casetas | Secador portátil                                           | Secador portátil                                   |
| Requiere energía             | X                                                   | X                                                          | X                                                  |

**Tabla 29.** Procesos utilizados en el cultivo de soya

| Proceso                 | Subproceso                      | Requiere Energía | Equipo/Tecnología                                        |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Preparación del suelo   | Labranza                        | X                | Tractor, cincel rígido, rastrillo, Retroexcavadora       |
| Tratamiento de semillas | Protección de semillas          | --               | --                                                       |
| Siembra                 | Siembra de semillas             | X                | Sembradoras, tractor                                     |
| Riego                   | Sistema de riego                | X                | Precipitaciones, riego por gravedad, riego por aspersión |
| Fertilización           | Fertilización fraccionada       | X                | Tractor, bombas estacionarias                            |
| Fumigación              | Control de plagas, enfermedades | X                | Bombas de espalda, bomba estacionaria                    |
| Cosecha                 | Recolección del grano           | X                | Tractor, cosechadora                                     |
| Postcosecha             | Secado                          | X                | Secado al aire libre, secadores móviles                  |

**Tabla 30.** Procesos utilizados en el cultivo de sorgo

| Proceso               | Subproceso                      | Requiere Energía | Equipo/Tecnología                                        |
|-----------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Preparación del suelo | Labranza                        | X                | Tractor, arador, rastra, cincel, pulidora y niveladora   |
| Siembra               | Siembra de semillas             | X                | Sembradoras, tractor                                     |
| Riego                 | Sistema de riego                | X                | Precipitaciones, riego por gravedad, riego por aspersión |
| Fertilización         | Fertilización fraccionada       | X                | Tractor, bombas estacionarias                            |
| Fumigación            | Control de plagas, enfermedades | X                | Bombas de espalda, bomba estacionaria                    |
| Cosecha               | Recolección del grano           | X                | Tractor, cosechadora                                     |

En el caso del ajonjolí, maní, cebada, girasol, quinua, trigo, avena y centeno no se estudiaron a detalle los cultivos dada la baja producción que se presentan en ellos. Sin

embargo, los procesos involucrados en cada uno de estos cultivos se asemejan al del maíz, soya y sorgo, de acuerdo con las especificidades propias del suelo y las semillas utilizadas.

### 3.5.12. Corte de árboles

**Tabla 31.** Procesos utilizados en la corta de árboles

| Proceso y/o Actividad           | Subproceso                          | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Determinación del uso del suelo | Identificación del uso              | --               | Estudios                                                                              |
| Selección de especies           | Seleccionar especie de siembra      | --               | Estudios                                                                              |
| Construcción de viveros         | Crecimiento preliminar de plántulas | --               | Manual                                                                                |
| Preparación del terreno         | Limpieza del terreno                | X                | Machetes, piochas, picos, palas, motosierras, barrenos, motoguadañas, tracción animal |
|                                 | Arado y nivelación suelo            | X                | Tractores y orugas, arado, gradas, subsoladores, ramplonas, chapodadoras              |
|                                 | Construcción de canales y desagüe   | X                | Retroexcavadoras, pacas                                                               |
|                                 | Marcación del terreno               | X                | Manual, subsolador, arados, instrumento A                                             |
| Hoyado y fertilización          | Hoyado en el suelo                  | --               | Pala, pica                                                                            |
|                                 | Fertilización                       | X                | Bombas de espalda                                                                     |
| Siembra                         | Plantación árboles                  | --               | Manual                                                                                |
| Riego                           | Precipitación                       | --               | Gravedad                                                                              |
|                                 | Mecánico                            | X                | Goteo, aspersión, cisternas                                                           |
| Mantenimiento                   | Raleo                               | X                | Machete, motosierras pequeñas, hachas                                                 |
|                                 | Poda                                | X                | Serruchos, sierras, machetes                                                          |
|                                 | Control de malezas                  | X                | Azadón, chapodadoras, tractor                                                         |
|                                 | Control de plagas y enfermedades    | X                | Bombas, tijeras                                                                       |
| Corte de árboles                | Extracción de madera                | X                | Sierra circula, pulidora, poleas                                                      |

### 3.5.13. Cultivo de árboles

**Tabla 32.** Procesos utilizados en el cultivo de caucho

| Proceso y/o Actividad      | Subproceso                          | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                                                 |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Construcción de semilleros | Crecimiento preliminar de plántulas | --               | Manual                                                                                |
| Preparación del terreno    | Limpieza del terreno                | X                | Machetes, piochas, picos, palas, motosierras, barrenos, motoguadañas, tracción animal |
|                            | Rastra, encalamiento, cincel        | X                | Tractor, arado, zanjadores                                                            |
|                            | Construcción de canales y desagüe   | X                | Retroexcavadoras                                                                      |
|                            | Riego                               | X                | Aspersores                                                                            |
| Hoyado y fertilización     | Hoyado en el suelo                  | --               | Pala, pica                                                                            |
|                            | Fertilización                       | X                | Bombas de espalda                                                                     |
| Siembra                    | Plantación árboles                  | --               | Manual                                                                                |
| Riego                      | Precipitación                       | --               | Gravedad                                                                              |
| Mantenimiento              | Raleo                               | X                | Machete, motosierras pequeñas, hachas                                                 |
|                            | Poda                                | X                | Serruchos, sierras, machetes                                                          |
|                            | Control de malezas                  | X                | Azadón, bombas de espalda                                                             |
|                            | Control de plagas y enfermedades    | X                | Bombas, tijeras                                                                       |
| Extracción del látex       | Sangría del látex                   | --               | Cuchillo especial (gubia)                                                             |

### 3.5.14. Cultivo de Flores

**Tabla 33.** Procesos utilizados en el cultivo de flores

| Proceso y/o Actividad   | Subproceso                          | Requiere energía | Tecnología y/o equipo           |
|-------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Bancos de enraizamiento | Preparación del suelo               | X                | Tractor, pala,                  |
|                         | Siembra                             | --               | Manual                          |
| Preparación del suelo   | Descompactar, homogeneizar, nivelar | X                | Tractor, niveladora, rastrillos |
| Siembra                 | Siembra                             | --               | Manual                          |

|               |                       |   |                     |
|---------------|-----------------------|---|---------------------|
| Fertilización | Abonado               | X | Manual              |
| Riego         | Riego de plantas      | X | Riego por aspersión |
| Cosecha       | Recolección de flores | X | Manual, cortadora   |

### 3.5.15. Hortalizas, raíces y tubérculos

**Tabla 34.** Procesos utilizados en el cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                 |
|----------------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Limpiar terreno           |                  | Herramientas manuales                 |
|                                  | Arar y nivelar            | X                | Tractor, arado                        |
| Siembra                          | Siembra de semillas       |                  | Sembradora                            |
| Cuidado de cultivos              | Riego                     | X                | Sistema de riego                      |
|                                  | Fertilización             |                  | Fertilizantes, esparcidores           |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas       |                  | Equipos de monitoreo                  |
|                                  | Aplicación de pesticidas  | X                | Pulverizadores, equipos de protección |
| Cosecha                          | Recolección de hortalizas |                  | Cosechadoras manuales                 |
|                                  | Clasificación y embalaje  |                  | Equipos de clasificación              |

### 3.5.16. Fique

**Tabla 35.** Procesos utilizados en el cultivo de fique

| Proceso y/o Actividad   | Subproceso           | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                      |
|-------------------------|----------------------|------------------|--------------------------------------------|
| Preparación del terreno | Limpiar terreno      |                  | Herramientas manuales, machetes            |
|                         | Arar y nivelar       | X                | Arados, herramientas de nivelación         |
| Siembra                 | Siembra de plantones |                  | Plantadora de fique, herramientas manuales |
| Cuidado de cultivos     | Riego                | X                | Sistema de riego                           |
|                         | Fertilización        |                  | Fertilizantes orgánicos, esparcidores      |

|                                  |                                |  |                                 |
|----------------------------------|--------------------------------|--|---------------------------------|
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas            |  | Equipos de monitoreo            |
|                                  | Manejo integrado de plagas     |  | Insecticidas naturales, trampas |
| Cosecha                          | Corte y recolección de hojas   |  | Machetes, tijeras de podar      |
|                                  | Agrupamiento y atado de fibras |  | Cuerdas, herramientas de atado  |
| Procesamiento de fibras          | Separación y raspado de fibras |  | Raspadoras manuales             |
|                                  | Limpieza de fibras             |  | Raspadoras manuales             |

### 3.5.17. Frutas con Mecanización

**Tabla 36.** Procesos utilizados en el cultivo de frutas con mecanización

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                     | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Despeje de terreno             | X                | Maquinaria de despeje, tractores                     |
|                                  | Nivelación del terreno         | X                | Niveladoras, tractores                               |
| Siembra o plantación             | Plantación de árboles/frutales | X                | Plantadoras mecánicas, sistemas de alineación        |
| Cuidado de cultivos              | Riego                          | X                | Sistemas de riego automatizado, aspersores           |
|                                  | Fertilización                  | X                | Equipos de fertilización, sistemas automatizados     |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas            |                  | Equipos de monitoreo, sistemas de detección temprana |
|                                  | Aplicación de pesticidas       | X                | Pulverizadores automáticos, drones                   |
| Cosecha                          | Cosecha de frutas              | X                | Equipos de cosecha mecánica, plataformas elevadoras  |
|                                  | Clasificación y empaque        |                  | Máquinas clasificadoras, empacadoras automáticas     |
| Procesamiento postcosecha        | Lavado y selección             | X                | Equipos de lavado automático, sistemas de selección  |
|                                  | Envasado                       |                  | Máquinas envasadoras, sistemas de empaque automático |

### 3.5.18. Frutas con poca Mecanización



**Tabla 37.** Procesos utilizados en el cultivo de frutas con poca mecanización

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                     | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                          |
|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Despeje de terreno             |                  | Herramientas manuales, machetes                |
|                                  | Nivelación del terreno         |                  | Instrumentos de nivelación, trabajo manual     |
| Siembra o plantación             | Plantación de árboles/frutales |                  | Herramientas manuales, pala, azadón            |
| Cuidado de cultivos              | Riego                          | X                | Sistemas de riego por gravedad, mangueras      |
|                                  | Fertilización                  | X                | Fertilizantes orgánicos, aplicadores manuales  |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas            |                  | Inspección manual, trampas                     |
|                                  | Aplicación de pesticidas       | X                | Pulverizadores manuales, equipos de protección |
| Cosecha                          | Cosecha de frutas              |                  | Tijeras de podar, cestas de recolección        |
|                                  | Clasificación y empaque        |                  | Mesas de clasificación, envases manuales       |
| Procesamiento postcosecha        | Lavado y selección             |                  | Cubos, cepillos, selección manual              |
|                                  | Envasado                       |                  | Envases manuales, etiquetado manual            |

### 3.5.19. Ganado

**Tabla 38.** Procesos utilizados en el ganado

| Proceso y/o Actividad             | Subproceso              | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                              |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------------------------------------|
| Manejo y alimentación del ganado  | Alimentación del ganado | X                | Mezcladores de alimentos, sistemas de distribución |
|                                   | Manejo del ganado       | X                | Corrales, sistemas de manejo                       |
| Cuidado de la salud del ganado    | Vacunación              | X                | Jeringas automáticas, sistemas de vacunación       |
|                                   | Desparasitación         |                  | Equipos de desparasitación                         |
| Reproducción y gestión de la cría | Inseminación artificial | X                | Equipos de inseminación artificial                 |

|                                     |                                       |   |                                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------------------|
|                                     | Cuidado de crías y terneros           |   | Corrales para crías, sistemas de seguimiento    |
| Producción de leche (si aplica)     | Ordeño                                | X | Equipos de ordeño automático o manual           |
|                                     | Procesamiento de la leche (si aplica) | X | Equipos de pasteurización, enfriadores de leche |
| Engorde y preparación para la venta | Alimentación para engorde             | X | Sistemas de alimentación automatizados          |
|                                     | Manejo para engorde                   |   | Corrales de engorde, sistemas de pesaje         |
| Venta y distribución                | Transporte para venta                 | X | Camiones de transporte, sistemas de carga       |
|                                     | Comercialización                      |   | Instalaciones para venta, sistemas de mercadeo  |

### 3.5.20. Huevos

**Tabla 39.** Procesos utilizados en la producción de huevos

| Proceso y/o Actividad           | Subproceso                        | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|
| Manejo y alimentación de aves   | Alimentación de aves              | X                | Sistemas de alimentación automática, comederos          |
|                                 | Manejo y revisión de aves         |                  | Corrales, sistemas de manejo de aves                    |
| Cuidado de la salud de las aves | Vacunación                        | X                | Jeringas automáticas, sistemas de vacunación            |
|                                 | Control de parásitos              | X                | Sistemas de desparasitación, productos antiparasitarios |
| Producción de huevos            | Colecta de huevos                 |                  | Nidos, cintas transportadoras de huevos                 |
|                                 | Clasificación y empaque de huevos |                  | Clasificadoras y empacadoras automáticas, envases       |
|                                 | Almacenamiento de huevos          | X                | Cámaras de almacenamiento, sistemas de refrigeración    |
| Venta y distribución            | Transporte para venta             | X                | Camiones de transporte, sistemas de carga               |
|                                 | Comercialización                  |                  | Instalaciones para venta, sistemas de mercadeo          |

### 3.5.21. Legumbres

**Tabla 40.** Procesos utilizados en el cultivo de legumbres

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                |
|----------------------------------|---------------------------|------------------|------------------------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Labranza y arado          | X                | Tractores, arados, equipos de labranza               |
|                                  | Siembra                   |                  | Sembradoras manuales o mecánicas                     |
| Cuidado de cultivos              | Riego                     | X                | Sistemas de riego por goteo, aspersión, o gravedad   |
|                                  | Fertilización             | X                | Fertilizantes, esparcidores, sistemas de aplicación  |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas       |                  | Equipos de monitoreo, inspección manual              |
|                                  | Aplicación de pesticidas  | X                | Pulverizadores manuales o montados en tractor        |
| Cosecha                          | Cosecha manual o mecánica |                  | Equipos de cosecha manuales o máquinas cosechadoras  |
|                                  | Clasificación y empaque   |                  | Equipos de clasificación, empaquetadoras automáticas |
| Procesamiento postcosecha        | Limpieza y selección      |                  | Equipos de limpieza y selección                      |
|                                  | Envasado                  |                  | Máquinas envasadoras, sistemas de empaque            |

### 3.5.22. Palma de Aceite

**Tabla 41.** Procesos utilizados en el cultivo de palma de aceite

| Proceso y/o Actividad   | Subproceso                        | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                    |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Preparación del terreno | Despeje y preparación del terreno | X                | Maquinaria de despeje, tractores, equipos de preparación |
|                         | Plantación                        |                  | Maquinaria de despeje, tractores, equipos de preparación |
| Cuidado de cultivos     | Riego                             | X                | Sistemas de riego, tuberías de riego                     |
|                         | Fertilización                     | X                | Fertilizantes, equipos de aplicación de fertilizantes    |

|                                  |                                     |   |                                                               |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------|
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas                 |   | Equipos de monitoreo, inspección manual                       |
|                                  | Manejo integrado de plagas          |   | Insecticidas, trampas, control biológico                      |
| Cosecha                          | Corte y recolección de racimos      |   | Machetes, tijeras de podar, cestas                            |
|                                  | Transporte de racimos               |   | Carros de transporte, tractores                               |
| Procesamiento postcosecha        | Extracción de frutos y manipulación | X | Equipos de extracción, transportadores, mesas de manipulación |
|                                  | Separación de aceite y fibras       | X | Prensas, centrífugas, equipos de separación                   |

### 3.5.23. Pesca

**Tabla 42.** Procesos utilizados en la pesca

| Proceso y/o Actividad                        | Subproceso                               | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                         |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|
| Preparación y mantenimiento de embarcaciones | Mantenimiento de embarcaciones           | X                | Herramientas manuales, equipos de reparación de embarcaciones |
|                                              | Abastecimiento de combustible            | X                | Combustibles, sistemas de almacenamiento de combustible       |
| Pesca                                        | Navegación y búsqueda de bancos de pesca | X                | GPS, sónar, sistemas de navegación                            |
|                                              | Captura de peces                         |                  | Redes de pesca, anzuelos, trampas, equipos de arrastre        |
| Procesamiento en el barco                    | Clasificación y almacenamiento           |                  | Mesas de clasificación, sistemas de enfriamiento              |
|                                              | Limpieza y evisceración                  |                  | Mesas de procesamiento, cuchillos, equipos de limpieza        |
| Descarga en tierra y procesamiento           | Transporte y descarga de la pesca        | X                | Equipos de manipulación de carga, camiones, grúas             |
|                                              | Procesamiento en la planta               | X                | Equipos de procesamiento, sistemas de empaque                 |
| Almacenamiento y distribución                | Almacenamiento y refrigeración           | X                | Almacenes refrigerados, sistemas de refrigeración             |
|                                              | Distribución y venta                     |                  | Redes de distribución, instalaciones de venta                 |

### 3.5.24. Plátano y banano

**Tabla 43.** Procesos utilizados en el cultivo de plátano y banano

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                        | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Despeje y preparación del terreno | X                | Maquinaria de despeje, tractores, equipos de preparación |
|                                  | Plantación                        |                  | Plantadoras mecánicas, sistemas de alineación            |
| Cuidado de cultivos              | Riego                             | X                | Sistemas de riego, tuberías de riego                     |
|                                  | Fertilización                     | X                | Fertilizantes, equipos de aplicación de fertilizantes    |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas               |                  | Equipos de monitoreo, inspección manual                  |
|                                  | Manejo integrado de plagas        |                  | Insecticidas, trampas, control biológico                 |
| Cosecha                          | Corte y recolección de racimos    |                  | Machetes, tijeras de podar, cestas                       |
|                                  | Transporte de racimos             |                  | Carros de transporte, tractores                          |
| Procesamiento postcosecha        | Clasificación y empaque           |                  | Equipos de clasificación, empaquetadoras automáticas     |
|                                  | Limpieza y selección              |                  | Equipos de limpieza y selección                          |

### 3.5.25. Tabaco

**Tabla 44.** Procesos utilizados en la producción de tabaco

| Proceso y/o Actividad            | Subproceso                        | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                    |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| Preparación del terreno          | Despeje y preparación del terreno | X                | Maquinaria de despeje, tractores, equipos de preparación |
|                                  | Plantación                        |                  | Sembradoras mecánicas, sistemas de siembra               |
| Cuidado de cultivos              | Riego                             | X                | Sistemas de riego, tuberías de riego                     |
|                                  | Fertilización                     | X                | Fertilizantes, equipos de aplicación de fertilizantes    |
| Control de plagas y enfermedades | Monitoreo de plagas               |                  | Equipos de monitoreo, inspección manual                  |

|                           |                                |   |                                                                |
|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------------------------------------------------|
|                           | Manejo integrado de plagas     |   | Insecticidas, trampas, control biológico                       |
| Cosecha                   | Cosecha y recolección de hojas |   | Equipos de cosecha, cuchillos, sistemas de recolección         |
|                           | Secado de hojas                | X | Instalaciones de secado, sistemas de calefacción y ventilación |
| Procesamiento postcosecha | Curado de hojas                | X | Cámaras de curado, sistemas de curado y fermentación           |
|                           | Clasificación y empaque        |   | Equipos de clasificación, empaquetadoras automáticas           |

### 3.5.26. Viveros

**Tabla 45.** Procesos utilizados en los viveros

| Proceso y/o Actividad             | Subproceso                         | Requiere energía | Tecnología y/o equipo                                            |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------|
| Preparación del sitio             | Nivelación del terreno             |                  | Equipos de nivelación, herramientas manuales                     |
|                                   | Desinfección del suelo             |                  | Equipos de desinfección, materiales desinfectantes               |
| Preparación del sustrato          | Mezcla de sustrato                 |                  | Mezcladoras de sustrato, herramientas manuales                   |
| Siembra o propagación             | Siembra de semillas o propagación  |                  | Sembradoras manuales, bandejas de propagación, sistemas de riego |
| Cuidado de plántulas              | Riego                              | X                | Sistemas de riego, aspersores, sistemas de goteo                 |
|                                   | Fertilización                      | X                | Fertilizantes, sistemas de aplicación de fertilizantes           |
| Control de plagas y enfermedades  | Monitoreo de plagas y enfermedades |                  | Equipos de monitoreo, prácticas de manejo integrado              |
|                                   | Tratamientos fitosanitarios        | X                | Pesticidas, fungicidas, equipos de aplicación                    |
| Transplante y manejo de plántulas | Transplante de plántulas           |                  | Herramientas de trasplante, mesas de trabajo                     |
|                                   | Poda y formación de plántulas      |                  | Tijeras de podar, herramientas de formación                      |
| Almacenamiento y distribución     | Almacenamiento de plántulas        |                  | Viveros cubiertos, sistemas de almacenamiento                    |
|                                   | Distribución de plántulas          |                  | Bandejas de transporte, vehículos de distribución                |

Teniendo en cuenta los equipos involucrados en los procesos productivos de los grupos homogéneos, se realizó una clasificación de los usos finales de energía de cada subproceso como se ve en la **Tabla 46**, esto con el fin de identificar el destino final de acuerdo con la información recopilada.

**Tabla 46.** Usos finales de la energía por grupo homogéneo

| Proceso Productivo | Uso final de la energía |                                     |                                                                                                             |             |               |                    |                    |
|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|--------------------|--------------------|
|                    | Climatización           | Equipos ofimáticos                  | Fuerza motriz                                                                                               | Iluminación | Refrigeración | Calor directo      | Calor Indirecto    |
| Abejas             |                         |                                     | Mantenimiento colmena (flameador), Centrifugado                                                             |             |               |                    | Calentamiento miel |
| Acuicultura        |                         | Seguimiento del cultivo             | Preparación de estanques; Cría de alevinos/Levante de peces; monitoreo; alimentación; cosecha               |             |               | Secado de estanque |                    |
| Aguacate           |                         |                                     | Preparación del terreno, fertilización del terreno, riego, podas, limpiezas del terreno                     |             |               |                    |                    |
| Algodón            |                         | Seguimiento del cultivo             | Preparación del suelo, fertilización, siembra de semillas, riego, cuidado cultivo, cosecha                  |             |               |                    |                    |
| Arroz              |                         | Marcaciones, seguimiento a cultivos | Preparación y adecuación del suelo, riego y drenaje, siembra y trasplante, abonamiento, fumigación, cosecha |             |               |                    |                    |





|                    |                                     |                                         |                                                                                            |                    |                       |                  |                  |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| Aves               | Incubación, pre-adaptación          | Registro de nacimientos                 | Adecuación de corrales, levante y engorde                                                  | Monitoreo de huevo |                       |                  |                  |
| Cacao              |                                     |                                         | Preparación del suelo, abonamiento y mantenimiento                                         |                    |                       |                  | Secado del grano |
| Café               |                                     | Seguimiento de calidad, control de agua | Preparación del suelo, siembra, mantenimiento, riego, cosecha                              |                    |                       |                  | Secado del grano |
| Caña de azúcar     |                                     | Seguimiento de proceso                  | Adecuación, preparación suelo, riego, fumigación, cosecha, transporte interno              |                    |                       |                  |                  |
| Cerdos             | Aislamiento de granjas, Calefacción | Control consumo agua                    | Lavado, ventilación, dosificación alimento                                                 | Levante, engorde   | Conservación de semen |                  |                  |
| Cereales           |                                     | Seguimiento del cultivo                 | Preparación del suelo, siembra, trasplante, riego, fertilización, cuidado cultivo, cosecha |                    |                       | Secado del grano |                  |
| Corte de árboles   |                                     |                                         | Preparación del terreno, fertilización, riego, mantenimiento, extracción de madera         |                    |                       |                  |                  |
| Cultivo de árboles |                                     |                                         | Preparación del terreno, fertilización, riego, mantenimiento                               |                    |                       |                  |                  |



|                                           |                               |                                              |                                                                                         |                        |                |  |  |
|-------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|--|--|
| Cultivo de flores                         | Climatización de invernaderos | Control de temperatura, control consumo agua | Preparación del terreno, fertilización, riego, mantenimiento                            | Control Ambiental      |                |  |  |
| Cultivo de hortalizas, raíces, tubérculos | Control Ambiental             |                                              | Preparación del terreno, fertilización del terreno, riego, podas, limpiezas del terreno | Control Ambiental      |                |  |  |
| Fique                                     |                               |                                              | Preparación del terreno, fertilización del terreno, riego, podas, limpiezas del terreno | Procesamiento          |                |  |  |
| Frutas con mecanización                   | Procesamiento                 |                                              | Preparación del terreno, fertilización del terreno, riego, podas, limpiezas del terreno | Procesamiento          | Almacenamiento |  |  |
| Frutas con poca mecanización              | Cosecha Manual                |                                              | Preparación del terreno, fertilización del terreno, riego, podas, limpiezas del terreno | Procesamiento          | Almacenamiento |  |  |
| Ganado                                    |                               |                                              | Maquinaria agrícola                                                                     |                        |                |  |  |
| Huevos                                    |                               | Granjas                                      |                                                                                         | Iluminación en granjas |                |  |  |



|                     |               |  |                                                                                                  |                           |                |                    |  |
|---------------------|---------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------|--|
| Legumbres           | Procesamiento |  | Preparación del terreno,<br>fertilización del terreno,<br>riego, podas, limpiezas<br>del terreno | Procesamiento             |                |                    |  |
| Palma de aceite     |               |  | Preparación del terreno,<br>fertilización del terreno,<br>riego, podas, limpiezas<br>del terreno |                           |                |                    |  |
| Pesca               |               |  | Embarcaciones                                                                                    |                           | Almacenamiento |                    |  |
| Plátano y<br>banano | Procesamiento |  | Preparación del terreno,<br>fertilización del terreno,<br>riego, podas, limpiezas<br>del terreno |                           |                |                    |  |
| Tabaco              | Procesamiento |  | Preparación del terreno,<br>fertilización del terreno,<br>riego, podas, limpiezas<br>del terreno | Iluminación en<br>secado  |                | Secado de<br>hojas |  |
| Viveros             | Viveros       |  | Preparación del terreno,<br>fertilización del terreno,<br>riego, podas, limpiezas<br>del terreno | Iluminación en<br>viveros |                |                    |  |

### **3.6. Consumos energéticos del sector agropecuario y agroindustrial**

Teniendo en cuenta los procesos identificados en la revisión bibliográfica y en las visitas de campo, así como los consumos energéticos de energía eléctrica para cada grupo homogéneo se realizó la estimación de indicadores. Así mismo, por medio de los datos del Balance Energético Colombiano (BECO) para 2022, se realizó la comparación de los datos obtenidos. En el **ANEXO F. Cálculo de indicadores por grupo homogéneo**, se detalla el cálculo realizado para obtener estos indicadores de todos los grupos homogéneos.

En este sentido, fue posible estimar los consolidados de los consumos energéticos, así como los indicadores de consumo energético teniendo en cuenta el área productiva, la cantidad de producto producido, el uso final de la energía y el piso térmico en donde se encuentran los cultivos. Se generó un reporte resumen de cada grupo homogéneo, el cual contiene la información consolidada de todas las visitas realizadas para los grupos y describe de manera puntual las características, indicadores y realidades de cada sector. En el **ANEXO H. Reportes de grupos homogéneos** se presenta esta información detallada.

A continuación, se presenta el resumen de los principales indicadores obtenidos en este trabajo.

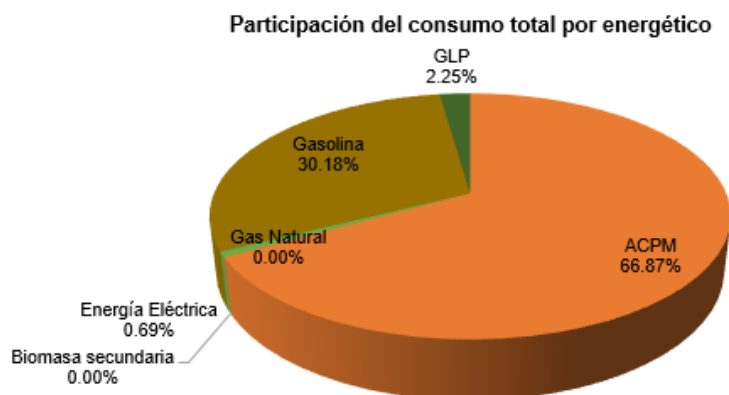
#### **3.6.1. Consumo de energía por tipo de energético**

Durante el desarrollo de la consultoría se identificaron seis energéticos comunes en los cultivos y actividades pecuarias del país, los cuales son: ACPM, gasolina, GLP, energía eléctrica, biomasa secundaria y gas natural. El uso de cada energético dependía del tipo de tecnología al cual el agricultor tuviera acceso según sus medios económicos, el precio de los combustibles, la posición geográfica de los cultivos influyendo en la ventaja de estar o no conectados a la red eléctrica nacional. En la **Tabla 47** se observa el consumo total de cada energético, identificando que el ACPM y la gasolina con los principales combustibles utilizados.

**Tabla 47.** Consumo de energía según el tipo de energético para el sector agropecuario y agroindustrial

| Energético           | Consumo energía [TJ/año] |
|----------------------|--------------------------|
| ACPM                 | 270125,98                |
| Biomasa secundaria   | 0,46                     |
| Energía Eléctrica    | 281,66                   |
| Gas Natural          | $3,22 \times 10^{-4}$    |
| Gasolina             | 12.243,09                |
| GLP                  | 912,32                   |
| <b>Total general</b> | <b>40.563,52</b>         |

En la **Figura 29** se observa la participación porcentual de estos energéticos en la matriz de energéticos del sector agroindustrial, en donde el ACPM y la Gasolina tienen una representación del 97,11%.



**Figura 29.** Participación porcentual del consumo total de energía por energético

Esta participación significativa del ACPM y la gasolina se puede explicar teniendo en cuenta las características de los procesos productivos y tecnologías que se utilizan en el país, en donde la mayor parte de los equipos funcionan con motores con uso de combustibles líquidos como la gasolina y el ACPM. Sin embargo, se encontró que el constante incremento del precio de los combustibles y la imposición de impuestos a su uso ha generado preocupación en los productores, presentándose una oportunidad importante para buscar otras alternativas que les permita acceder a combustibles más económicos y

con menor impacto ambiental, como es el caso de la energía eléctrica, gas natural y combustibles obtenidos a partir de biomasa.

Comparando los valores encontrados con las estimaciones realizadas previamente por el consultor, encontramos que los valores estimados para gasolina y GLP son menores en una proporción del 30% y un 40% respectivamente. Esto puede deberse a que estos energéticos en muchos casos son comercializados por diferentes empresas que no utilizan ningún registro relacionado con su uso o propósito final. Por otro lado, el valor estimado de Gas Natural es mayor al calculado en base a las visitas de campo. Este resultado se debe a los procesos que utilizan este energético son mínimos y durante las visitas de campo no fue posible identificarlos.

Por otro lado, comparando los consolidados por energético con los consolidados del BECO (2022) encontramos que el consumo de ACPM representa un 10,9%, la gasolina un 4% y el GLP un 4% y la energía eléctrica un 0,1% respecto a los agregados totales de cada energético a nivel nacional.

### 3.6.2. Consumo de energía por uso de la energía

Siguiendo la clasificación de los tipos de uso de la energía del Balance Útil de Energía en Colombia de la UPME, se clasificó para cada uno de los grupos homogéneos aquellos usos predominantes en sus ciclos productivos, encontrando que la mayor parte de ellos consume la energía para actividades relacionadas con fuerza motriz, seguido de climatización y calor directo. En la **Tabla 48** se presenta el consolidado para cada todo el sector agroindustrial y agropecuario.

**Tabla 48.** Consumo de energía según el tipo de energético para el sector agropecuario y agroindustrial

| Uso final     | Suma de Consumo energía [TJ/año] |
|---------------|----------------------------------|
| Calor directo | 219,78                           |
| Climatización | 714,94                           |
| Fuerza motriz | 39.564,09                        |
| Iluminación   | 56,35                            |
| Otros         | 1,49                             |
| Refrigeración | 6,86                             |

|               |           |
|---------------|-----------|
| Total general | 40.563,52 |
|---------------|-----------|

En la **Figura 30** se observa la participación porcentual de los usos de energía en el sector agroindustrial y agropecuario, en donde la fuerza motriz representa un 97,54% convirtiéndose en el principal uso energético.



**Figura 30.** Participación porcentual del consumo total de energía por uso final de la energía

En este caso el uso de la fuerza motriz se ve representado por el uso de guadañas, tractores, cosechadoras, bombas, entre otros, en donde los energéticos descritos anteriormente, se requieren para alimentar un dispositivo o sistema mecánico y así generar movimiento y realizar un trabajo. Por su parte, la climatización es comúnmente empleada en los grupos de cría de animales como las aves de corral para el crecimiento de pollos y levante de cerdos. Así mismo, el uso de equipos de refrigeración es importante para el sector pecuario especialmente, en los procesos de refrigeración de leche y en el sector de flores.

### 3.6.3. Consumo de energía según el energético y el uso final de la energía

Con el fin de relacionar cuanto fue el consumo de energía destinado a cada uso final, se elaboró la **Tabla 49**. Como se identifica allí, para el uso de la fuerza motriz se utilizan tres energéticos principalmente: ACPM, energía eléctrica y gasolina. Por otra parte, respecto a los energéticos empleados, la energía eléctrica se utiliza en todos los usos finales como

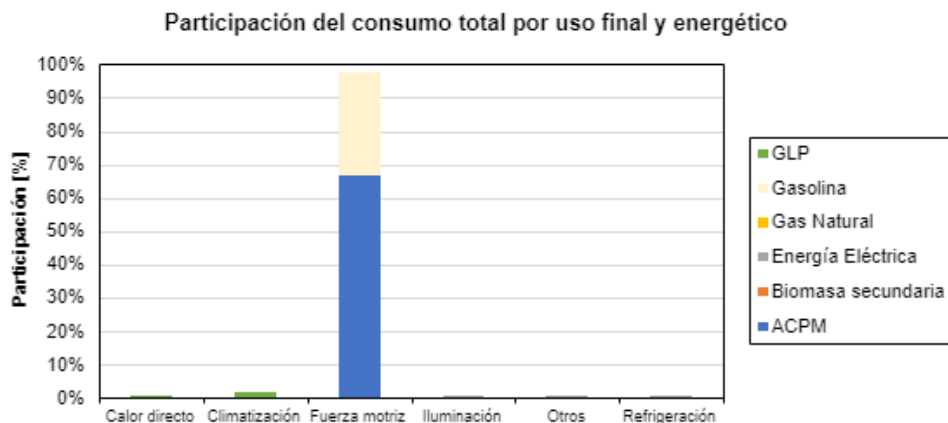
calor directo, climatización, fuerza motriz, iluminación, refrigeración y otros (equipos ofimáticos), mientras que el ACPM es usado para fuerza motriz y refrigeración, la gasolina para fuerza motriz, el GLP para calor directo y climatización y la biomasa secundaria para calor directo (caso específico para el cultivo de café en donde se utilizan residuos de café). En el caso del gas natural su contribución es la más pequeña respecto a los otros energéticos y se destina para calor directo.

**Tabla 49.** Consumo de energía del sector agropecuario y agroindustrial según el energético y uso final de la energía

| Uso final             | Energético (TJ/año) |                    |                   |                                         |                  |               | Total [TJ/año]   |
|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------------------|------------------|---------------|------------------|
|                       | ACPM                | Biomasa secundaria | Energía Eléctrica | Gas Natural                             | Gasolina         | GLP           |                  |
| Calor directo         | 0                   | 0,46               | 9,18              | $3,22 \times 10^{-4}$                   | 0                | 210,14        | 219,78           |
| Climatización         | 0                   | 0                  | 12,76             | 0                                       | 0                | 702,18        | 714,94           |
| Fuerza motriz         | 27.122,74           | 0                  | 198,26            | 0                                       | 12.243,09        | 0             | 39.564,09        |
| Iluminación           | 0                   | 0                  | 56,35             | 0                                       | 0                | 0             | 56,35            |
| Otros                 | 0                   | 0                  | 1,49              | 0                                       | 0                | 0             | 1,49             |
| Refrigeración         | 3,24                | 0                  | 3,62              | 0                                       | 0                | 0             | 6,86             |
| <b>Total [TJ/año]</b> | <b>27.125,98</b>    | <b>0.46</b>        | <b>281,66</b>     | <b><math>3,22 \times 10^{-4}</math></b> | <b>12.243,09</b> | <b>912,32</b> | <b>40.563,52</b> |

En la **Figura 31** se representa la participación porcentual de los energéticos según el uso, como se ve allí, el uso final fuerza motriz es el que mayor representación tiene respecto a los demás usos, allí el 66% se atribuye a ACPM, el 31% a gasolina y el 0,5% a energía eléctrica.





**Figura 31.** Participación porcentual del consumo final de energía por uso final y energético

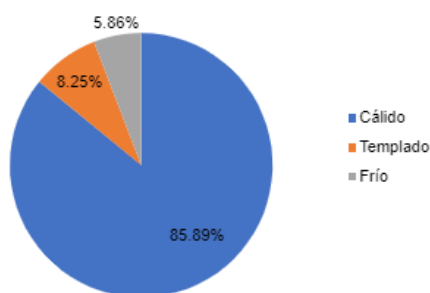
#### 3.6.4. Consolidados de consumo de energía por piso térmico

En la **Tabla 51** se presenta en consolidado del consumo energético del sector agroindustrial y agropecuario por piso térmico.

**Tabla 50.** Consumos energéticos por piso térmico

| Piso Térmico | Consumo [TJ/año] |
|--------------|------------------|
| Cálido       | 34.847,10        |
| Templado     | 3.339,34         |
| Frío         | 2.377,07         |
| <b>Total</b> | <b>40.563,52</b> |

Participación del consumo de energía por piso térmico



**Figura 32.** Participación porcentual del consumo de energía por piso térmico para el sector agroindustrial y agropecuario

En la **Figura 32** se relaciona la participación porcentual del consumo de energía en el sector agroindustrial y agropecuario teniendo en cuenta el por piso térmico: cálido, templado y frío. De aquí se puede evidenciar que cerca del 86% del consumo energético se presenta los pisos cálidos, teniendo en cuenta que este piso de encuentran ubicados la mayor parte de los principales sectores productivos del país como es el caso del arroz, caña de azúcar, palma de aceite y la mayor parte del ganado. Con lo anterior, se podría decir que las diferencias de consumos energéticos por piso térmico no están relacionadas con diferentes tecnologías o eficiencias de los procesos productivos, sino más bien con la presencia o ausencia de unidades productivas en cada una de las regiones y climas.

### 3.6.5. Consolidados de consumo de la energía por sector

Una vez definidos los consumos totales de energía se analizó cómo se distribuyen estos respecto al sector productivo. Con el fin de realizar un análisis global de los datos se realizó una agrupación de los grupos homogéneos de acuerdo con sus características. En la **Tabla 51** se presenta dicha agrupación.

**Tabla 51.** Agrupación de grupos homogéneos por sector

| Grupo Homogéneo  | Sector productivo            |
|------------------|------------------------------|
| Aguacate         | Producción primaria agrícola |
| Algodón          |                              |
| Arroz mecanizado |                              |

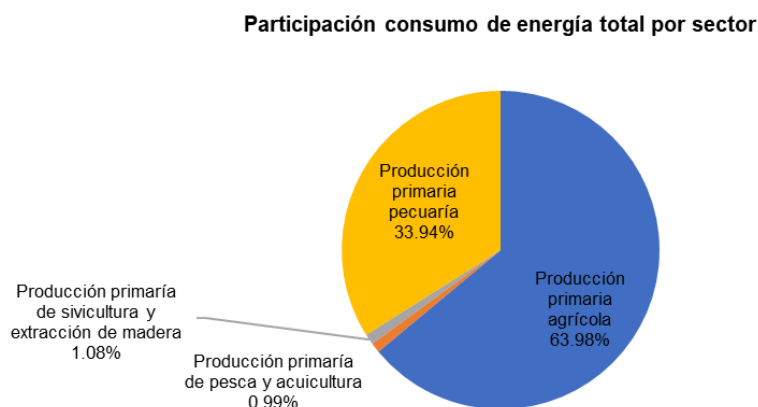
|                                            |                                                            |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Aves de corral                             |                                                            |
| Cacao                                      |                                                            |
| Café                                       |                                                            |
| Caña de azúcar                             |                                                            |
| Cereales y granos                          |                                                            |
| Cultivo de flores                          |                                                            |
| Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos |                                                            |
| Fique                                      |                                                            |
| Frutas con mecanización                    |                                                            |
| Frutas con poca mecanización               |                                                            |
| Legumbres                                  |                                                            |
| Palma de aceite                            |                                                            |
| Plátano y banano                           |                                                            |
| Tabaco                                     |                                                            |
| Viveros                                    |                                                            |
| Abejas                                     | Producción primaria pecuaria                               |
| Ganado                                     |                                                            |
| Huevos                                     |                                                            |
| Cerdos                                     |                                                            |
| Corte de árboles                           | Producción primaria de silvicultura y extracción de madera |
| Cultivo de árboles                         |                                                            |
| Acuicultura                                | Producción primaria de pesca y acuicultura                 |
| Pesca                                      |                                                            |

En la **Tabla 52** se presentan los consumos de energía por sector productivo. Aquí se observa que el sector de producción primaria agrícola integrado por cultivos como arroz mecanizado, caña de azúcar, cacao, café, aguacate, algodón, fique, frutas, legumbres, hortalizas, cereales y granos, tabaco, palma de aceite plátano y banano representa el consumo más alto con un total de 25.952 TJ/año ya que allí se incluyen procesos de preparación de suelos, riego, fertilización, mantenimiento y cosecha. Así mismo, el sector pecuario integrado por ganado, aves de corral, huevos, cerdos y abejas tiene un consumo energético de 13.769 TJ/año. Por su parte, el sector de pesca y acuicultura y silvicultura y extracción de madera (integrado por cultivo de árboles y corte de árboles) tienen un consumo más bajo respecto al agrícola y pecuario.

**Tabla 52.** Consumo de energía según el sector productivo

| Sector                                                     | Consumo energía [TJ/año] |
|------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Producción primaria agrícola                               | 25.952,06                |
| Producción primaria de pesca y acuicultura                 | 403,18                   |
| Producción primaria de silvicultura y extracción de madera | 439,29                   |
| Producción primaria pecuaria                               | 13.768,99                |
| <b>TOTAL</b>                                               | <b>40.563,52</b>         |

En la **Figura 33** se presenta la contribución porcentual del consumo de energía según el sector productivo.

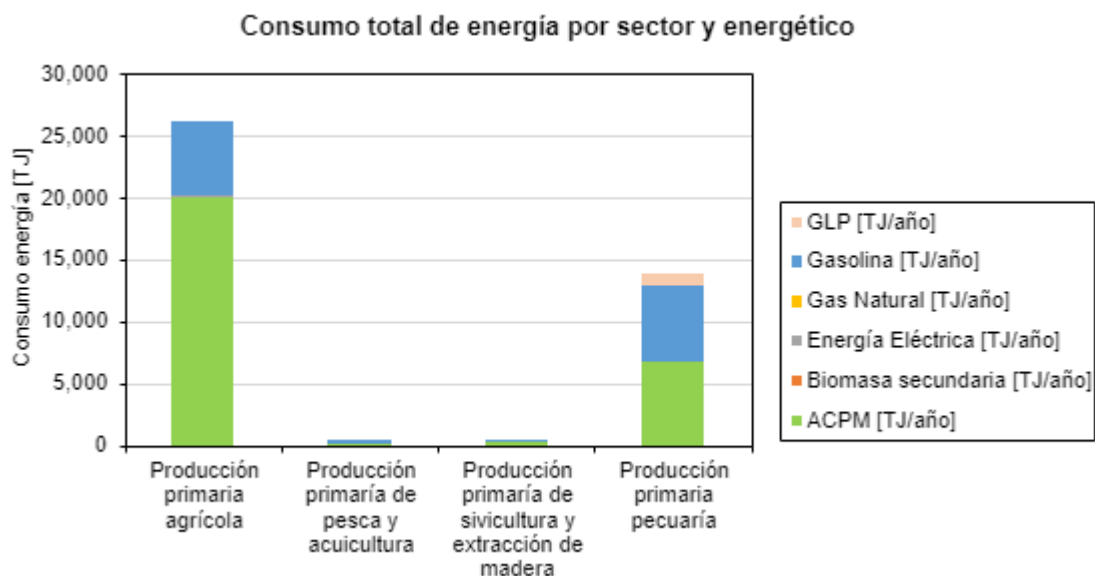


**Figura 33.** Participación porcentual del consumo de energía según el sector productivo

De aquí se puede evidenciar que la producción primaria agrícola representa el 64% del consumo energético, seguido del sector pecuario con el 34%, silvicultura y extracción de madera representa un 1,08% y el sector de pesca y acuicultura el 0,99%. Una de las principales razones por la cual el sector agrícola tiene el mayor consumo respecto a los otros sectores es la suma de la extensión de los cultivos a nivel nacional en donde se realizan actividades con consumo energéticos tales como la preparación del suelo y riego que es más intensivo en este sector por la cantidad de área sembrada y la diversidad de cultivos

### 3.6.6. Consolidados de consumo de la energía por sector y energético

En la **Figura 34** se presenta el consumo de energía por sector productivo y tipo de energético consumido.



**Figura 34.** Consumo de energía por sector y energético

A partir de la **Figura 34** se presentan los datos desglosados para cada uno de los sectores productivos con el fin de ver la distribución porcentual y consumos energéticos por cada tipo de energético.

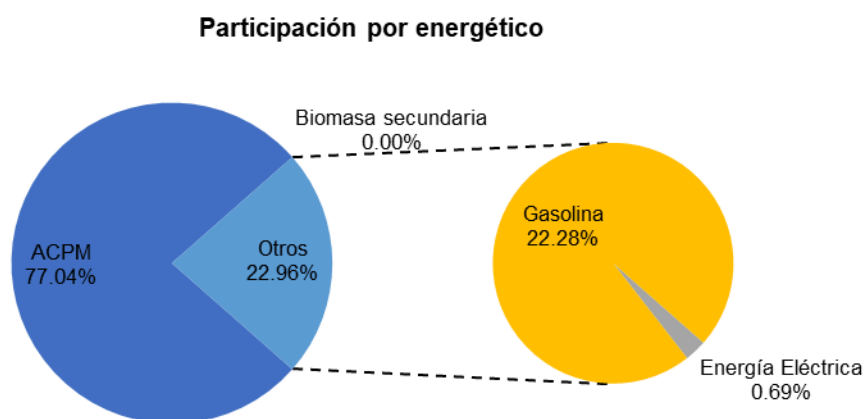
- **Sector agrícola**

En la **Tabla 53** se evidencia que el consumo de energía a través del ACPM es de 19.992 TJ/año y 5.780 TJ/año para la gasolina, esto se soporta bajo el amplio uso de tractores, cosechadoras y máquinas especializadas que utilizan motores que funcionan con estos combustibles.

**Tabla 53.** Consumo de energía por energético para el sector agrícola

| Energético         | Consumo energía [TJ/año] |
|--------------------|--------------------------|
| ACPM               | 19.992,78                |
| Gasolina           | 5.780,82                 |
| Biomasa secundaria | 0,46                     |
| Energía Eléctrica  | 177,99                   |
| <b>Total</b>       | <b>25.933,61</b>         |

En la **Figura 35** se presenta la participación porcentual del tipo de energético usado en el sector productivo agrícola.



**Figura 35.** Participación porcentual por energético para el sector agrícola

Como se puede ver en el caso del sector productivo agrícola cerca del 77 % del consumo es a través de ACPM, 22% a partir de gasolina y 0,7 % de energía eléctrica.

- **Sector de pesca y acuicultura**

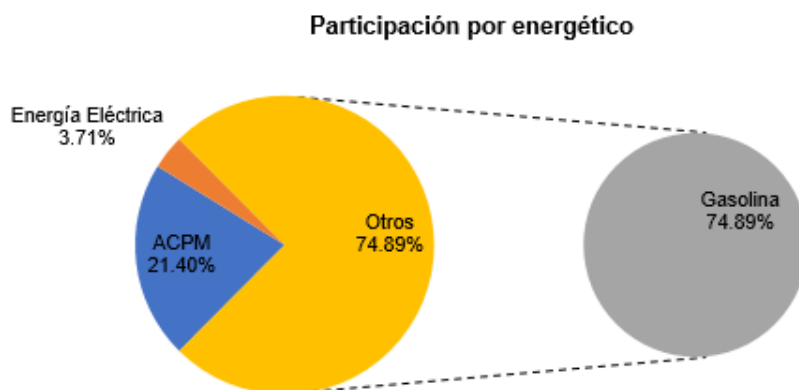
En la **Tabla 54** se evidencia que el consumo de energía a través de la gasolina es de 302 TJ/año y 86 TJ/año para el ACPM. Estos energéticos son utilizados principalmente en las etapas de recirculación del agua, acondicionamiento de los estanques y cosecha del pescado, en donde los equipos utilizados requieren estos dos energéticos principalmente. Es

importante resaltar que el consumo energético de este sector es el más bajo respecto a los demás sectores evaluados.

**Tabla 54.** Consumo de energía por energético para el de pesca y acuícola

| Energético        | Consumo energía [TJ/año] |
|-------------------|--------------------------|
| ACPM              | 86,27                    |
| Energía Eléctrica | 14,97                    |
| Gasolina          | 301,94                   |
| <b>Total</b>      | <b>403,18</b>            |

En la **Figura 36** se presenta la participación porcentual del tipo de energético usado en el sector de pesca y acuicultura.



**Figura 36.** Participación porcentual por energético para el sector agrícola

Como se puede observar en el sector de pesca y acuicultura, el uso de gasolina representa cerca del 75% de participación por energético, el ACPM el 21% y la energía eléctrica el 4%.

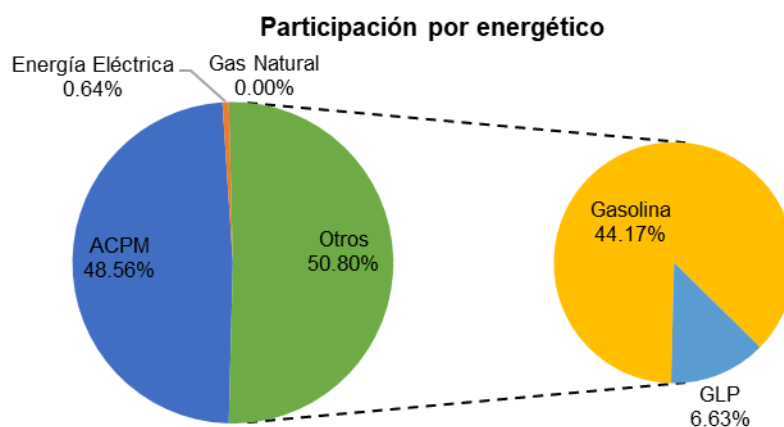
- **Sector pecuario**

En la **Tabla 55** se evidencia que el consumo de energía a través del ACPM es de 6.687 TJ/año y 6.127 TJ/año para la gasolina, adicionalmente se utilizan energéticos como gas natural, GLP y energía eléctrica en algunas etapas del proceso.

**Tabla 55.** Consumo de energía por energético para el sector pecuario

| Energético        | Consumo energía [TJ/año] |
|-------------------|--------------------------|
| ACPM              | 6.686,64                 |
| Energía Eléctrica | 87,66                    |
| Gas Natural       | 3,0E-04                  |
| Gasolina          | 6.082,37                 |
| GLP               | 912,32                   |
| <b>Total</b>      | <b>13.768,99</b>         |

En la **Figura 37** se presenta la participación porcentual del tipo de energético usado en el sector productivo pecuario.



**Figura 37.** Participación porcentual por energético para el sector pecuario.

En el caso de la producción pecuaria, el 48.5% del consumo se atribuye al ACPM, 44% al uso de gasolina, representando una participación similar entre estos energéticos, adicionalmente se utilizan otros energéticos como el GLP con un 7%, 1% de energía



eléctrica y porcentaje mínimo de gas natural, cabe resaltar que en este sector las principales actividades están centradas en la alimentación de los animales, transporte interno y mantenimiento lo cual se representa en el uso de combustibles líquidos principalmente.

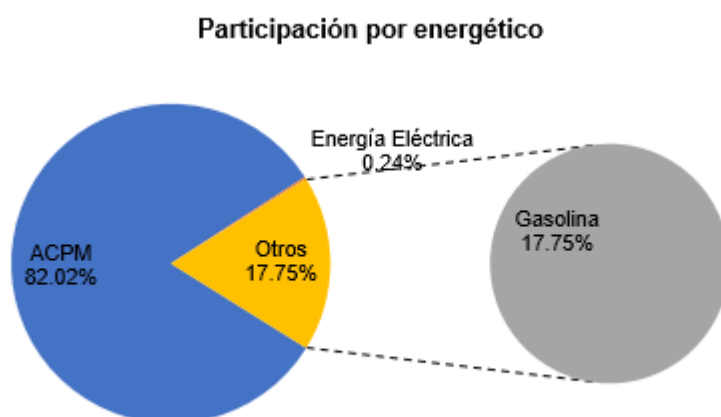
- **Sector de silvicultura y extracción de madera**

En la **Tabla 56** se evidencia que el consumo de energía a través del ACPM es de 360 TJ/año y 78 TJ/año para la gasolina, siendo bajo respecto a los demás sectores.

**Tabla 56.** Consumo de energía por energético para el sector de silvicultura y extracción de madera

| Energético        | Consumo energía [TJ/año] |
|-------------------|--------------------------|
| ACPM              | 360,29                   |
| Energía Eléctrica | 1,04                     |
| Gasolina          | 77,96                    |
| <b>Total</b>      | <b>439,29</b>            |

En la **Figura 38** se presenta la participación porcentual del tipo de energético usado en el sector de silvicultura y extracción de madera.



**Figura 38.** Participación porcentual por energético para el sector pecuario.

En el sector de silvicultura y extracción de madera el 82% del consumo de energía se da a través del ACPM, el 17,7 % a través de gasolina y el 0,3% a través de energía eléctrica. Esto se debe principalmente al uso de fuerza motriz presente en estas actividades las cuales requieren uso de ACPM y gasolina principalmente.

### 3.6.7. Consolidado de consumo de energía por procesos para cada sector productivo

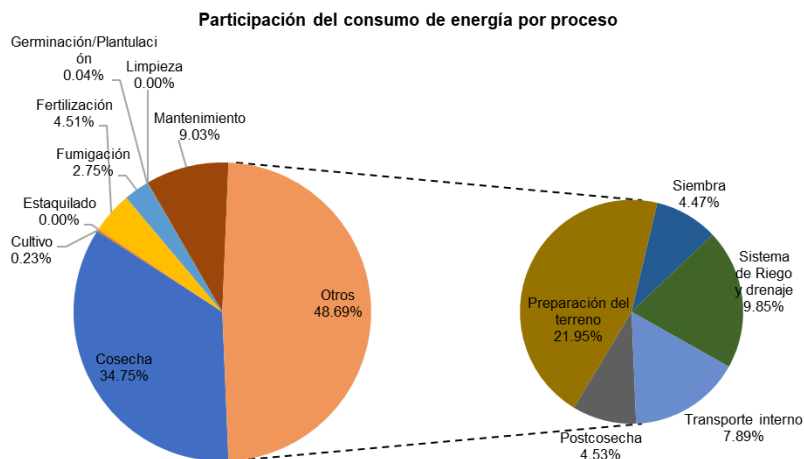
A continuación, se presenta el análisis de consumo de energéticos por procesos para cada uno de los sectores evaluados.

- **Sector agrícola**

Como se observa en la **Tabla 57** los procesos de cosecha, preparación del suelo y sistema de riego y drenaje son aquellos que mayor consumo energético para el sector agrícola.

**Tabla 57.** Consumo de energía para los procesos evaluados del sector agrícola

| Proceso                    | Consumo energía<br>[TJ/año] |
|----------------------------|-----------------------------|
| Cosecha                    | 9.018,15                    |
| Cultivo                    | 60,88                       |
| Estaquilado                | 0,03                        |
| Fertilización              | 1.171,14                    |
| Fumigación                 | 712,56                      |
| Germinación/Plantulación   | 10,28                       |
| Limpieza                   | 0,11                        |
| Mantenimiento              | 2.343,59                    |
| Postcosecha                | 1.175,31                    |
| Preparación del terreno    | 5.696,81                    |
| Siembra                    | 1.160,85                    |
| Sistema de Riego y drenaje | 2.555,62                    |
| Transporte interno         | 2.046,71                    |
| <b>Total general</b>       | <b>25.952,06</b>            |



**Figura 39.** Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector agrícola

Como se evidencia en la **Figura 39** cerca del 67% del consumo de energía para el sector agrícola se encuentra entre los procesos de cosecha, preparación del suelo y sistema de riego y drenaje, esto se debe a que son etapas altamente mecanizadas que requieren diferentes equipos y tecnologías para mejorar garantizar la eficiencia del proceso.

- **Sector de pesca y acuicultura**

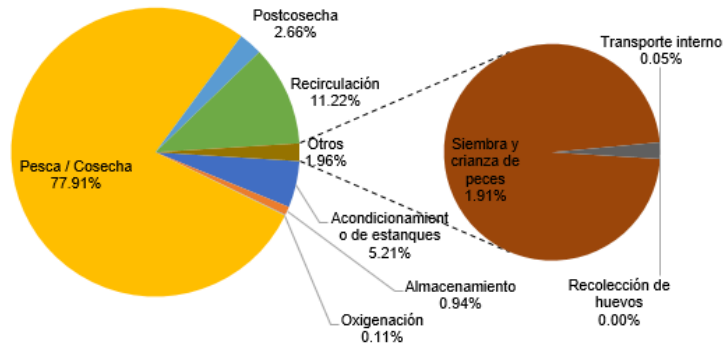
Como se observa en la **Tabla 58** los procesos de cosecha, pesca y cosecha, recirculación del agua y acondicionamiento de estanques son aquellos que mayor consumo energético para el sector de pesca y acuicultura.

**Tabla 58.** Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de pesca y acuicultura

| Proceso                        | Consumo energía [TJ/año] |
|--------------------------------|--------------------------|
| Acondicionamiento de estanques | 21                       |
| Almacenamiento                 | 3,77                     |
| Oxigenación                    | 0,45                     |
| Pesca / Cosecha                | 314,1                    |
| Postcosecha                    | 10,73                    |
| Recirculación                  | 45,23                    |
| Recolección de huevos          | 0                        |
| Siembra y crianza de peces     | 7,71                     |

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| Transporte interno | 0,19          |
| <b>Total</b>       | <b>403,18</b> |

Participación del consumo de energía por proceso



**Figura 40.** Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector de pesca y acuicultura

Como se evidencia en la **Figura 40** cerca del 94% del consumo de energía para el sector de pesca y acuicultura se encuentra entre los procesos de cosecha, recirculación y acondicionamiento de estanques, etapas altamente mecanizadas que involucran el uso de equipos especializados.

- **Sector pecuario**

Como se observa en la **Tabla 59** los procesos de alimentación, transporte interno y mantenimiento son aquellos que mayor consumo energético para el sector pecuario, representando cerca del 90% del consumo de energía.

**Tabla 59.** Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de pesca y acuicultura

| Proceso                 | Consumo energía [TJ/año] |
|-------------------------|--------------------------|
| Alimentación            | 5.462,23                 |
| Alistamiento del galpón | 1,86                     |

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Aspersión antiparasitaria       | 17,89            |
| Ceba                            | 0,07             |
| Crianza y crecimiento           | 959,54           |
| Enfriamiento leche              | 3,29             |
| Esperma                         | 0,33             |
| Fumigación                      | 62,69            |
| Gestación                       | 1,89             |
| Inseminación                    | 0,12             |
| Laboratorio                     | 0,09             |
| Levante                         | 0,01             |
| Levante y ceba                  | 0,48             |
| Limpieza                        | 0,08             |
| Limpieza Frascos                | 0                |
| Limpieza polen                  | 0                |
| Mantenimiento                   | 39,95            |
| Mantenimiento                   | 1.484,51         |
| Maternidad                      | 0,29             |
| Oficina Maternidad              | 0,10             |
| Ordeño                          | 91,9             |
| Parideras                       | 1,34             |
| Postura huevos                  | 0                |
| Pre cebo                        | 0,25             |
| Preparación de alimento in situ | 2,99             |
| Preparación del terreno         | 137,12           |
| Sistema de ferti-riego          | 0,17             |
| Transporte interno              | 5.498,64         |
| Tratamiento del agua            | 0,89             |
| <b>Total</b>                    | <b>13.768,99</b> |

Debido a la diversidad de las actividades son utilizados en este sector diferentes energéticos como se vio en la **Tabla 55**.

- **Sector de silvicultura y extracción de madera**

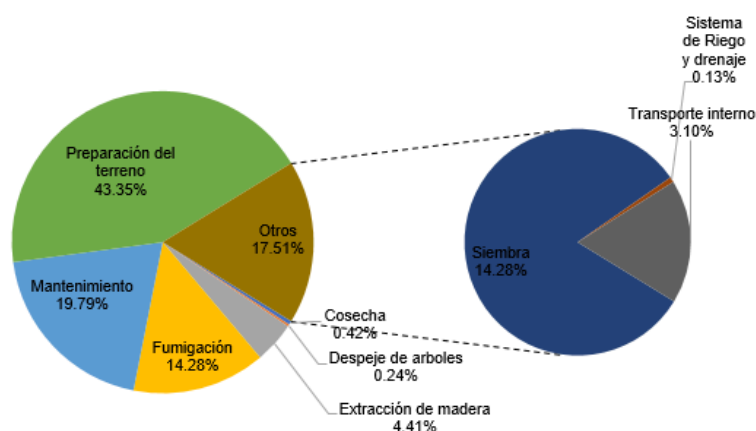
Como se observa en la **Tabla 60** los procesos de preparación del terreno, mantenimiento, siembra y fumigación son aquellos que mayor consumo energético para el sector.

**Tabla 60.** Consumo de energía para los procesos evaluados del sector de silvicultura y extracción de madera

| Proceso | Consumo energía [TJ/año] |
|---------|--------------------------|
| Cosecha | 1,82                     |

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Despeje de arboles         | 1,04          |
| Extracción de madera       | 19,39         |
| Fumigación                 | 62,74         |
| Mantenimiento              | 86,92         |
| Preparación del terreno    | 190,44        |
| Siembra                    | 62,74         |
| Sistema de Riego y drenaje | 0,58          |
| Transporte interno         | 13,6          |
| <b>Total</b>               | <b>439,29</b> |

Participación del consumo de energía por proceso



**Figura 41.** Participación porcentual del consumo de energía por proceso en el sector de silvicultura y extracción de madera

Como se evidencia en la **Figura 41** cerca del 92% del consumo de energía para el sector de silvicultura y extracción de madera se encuentra entre los procesos de preparación del terreno, mantenimiento, siembra y fumigación, etapas altamente mecanizadas que involucran el uso de equipos especializados.

### 3.6.8. Consolidados de consumo de energéticos por grupos homogéneos e indicadores

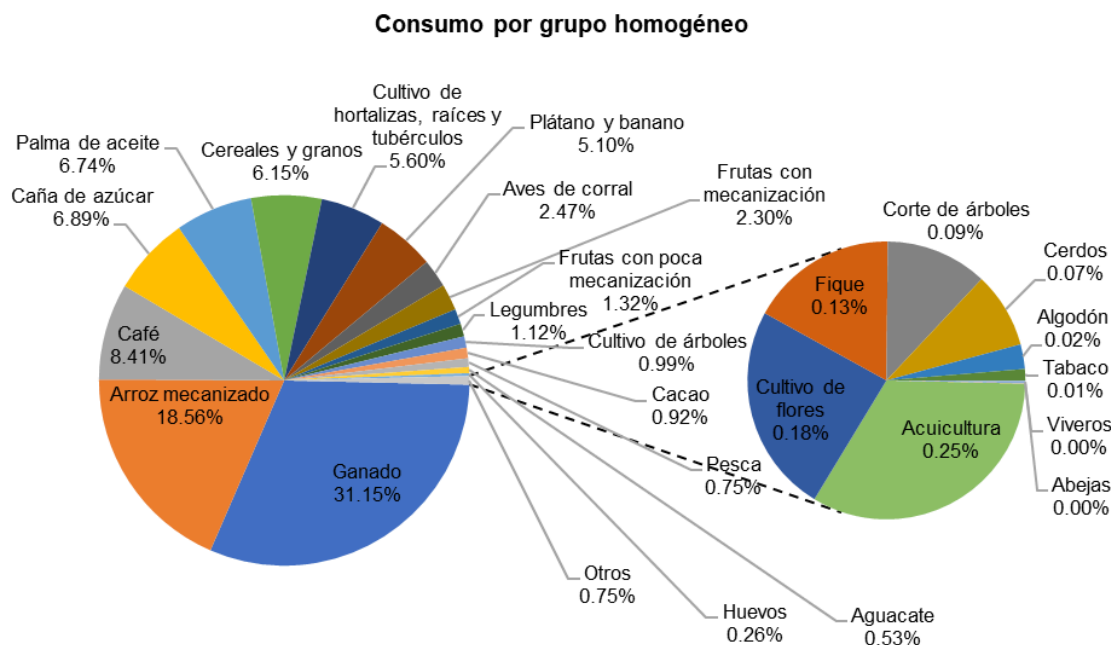
En la **Tabla 61** se presentan los consumos de energía para cada grupo homogéneo según la información de campo recolectada. De allí se destaca que el grupo homogéneo que más



consumo energético tiene es el de ganado con un consumo total de 12.629 TJ/año y el de menos consumo es el de abejas con 0,12 TJ/año.

**Tabla 61.** Consolidado de consumos energéticos por grupo homogéneo

| <b>Grupo Homogéneo</b>                     | <b>Consumo energía<br/>[TJ/año]</b> |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| Ganado                                     | 12.634,94                           |
| Arroz mecanizado                           | 7.530,42                            |
| Café                                       | 3.410,79                            |
| Caña de azúcar                             | 2.793,04                            |
| Palma de aceite                            | 2.732,90                            |
| Cereales y granos                          | 2.493,37                            |
| Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos | 2.270,44                            |
| Plátano y banano                           | 2.067,11                            |
| Aves de corral                             | 1002,71                             |
| Frutas con mecanización                    | 933,90                              |
| Frutas con poca mecanización               | 535,83                              |
| Legumbres                                  | 455,38                              |
| Cultivo de árboles                         | 403,44                              |
| Cacao                                      | 373,68                              |
| Pesca                                      | 302,44                              |
| Aguacate                                   | 216,10                              |
| Huevos                                     | 104,56                              |
| Acuicultura                                | 100,74                              |
| Cultivo de flores                          | 73,66                               |
| Fique                                      | 51,75                               |
| Corte de árboles                           | 35,85                               |
| Cerdos                                     | 26,66                               |
| Algodón                                    | 8,68                                |
| Tabaco                                     | 4,12                                |
| Viveros                                    | 0,86                                |
| Abejas                                     | 0,12                                |
| <b>Total</b>                               | <b>40.563,52</b>                    |



**Figura 42.** Participación porcentual del consumo de energía por grupo homogéneo

Así mismo, en la **Figura 42** se presenta la participación porcentual del consumo de energía por los 26 grupos homogéneos evaluados. Se resalta que los grupos homogéneos de ganado, arroz mecanizado y café cubren cerca del 58% de la participación total.

- **Indicador de consumo energético por grupo homogéneo**

En la **Tabla 62** se presenta los indicadores de consumo energético calculados para cada grupo homogéneo teniendo en cuenta el área y la cantidad de producto.

**Tabla 62.** Indicadores energéticos del consumo de energía por área y producto para cada grupo homogéneo

| Grupo Homogéneo | Detalle | Unidades indicador | Indicador  |
|-----------------|---------|--------------------|------------|
| Abejas          | Abejas  | MJ/Colmena         | 24,75      |
|                 |         | MJ/kg Miel         | 0,85       |
| Acuicultura     | Cachama | MJ/Ha              | 118.286,10 |
|                 |         | MJ/Tn              | 11.828,61  |





|                                            |                     |                                   |            |
|--------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------|
|                                            | Camarón             | MJ/Ha                             | 118.286,10 |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 43.809,67  |
|                                            | Otras especies      | MJ/Ha                             | 118.286,10 |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 2.365,72   |
|                                            | Tilapia             | MJ/Ha                             | 118.286,10 |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 2.365,72   |
|                                            | Trucha              | MJ/Ha                             | 118.286,10 |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 591,43     |
| Aguacate                                   | Aguacate            | MJ/Ha                             | 4.266,98   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 483,78     |
| Algodón                                    | Algodón             | MJ/Ha                             | 930,53     |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 537,88     |
| Arroz mecanizado                           | Arroz mecanizado    | MJ/Ha                             | 14.077,80  |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 2.427,21   |
| Aves de corral                             | Aves de corral      | MJ/aves                           | 6,66       |
| Cacao                                      | Cacao (familiar)    | MJ/Ha                             | 1.897,42   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 4.124,83   |
|                                            | Cacao (tecnificado) | MJ/Ha                             | 2.060,86   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 4.480,12   |
| Café                                       | Café                | MJ/Ha                             | 4.184,03   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 5.230,04   |
| Caña de azúcar                             | Caña de azúcar      | MJ/Ha                             | 10.414,03  |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 88,11      |
| Cerdos                                     | Cerdos              | MJ/Número de madres reproductoras | 368,81     |
| Cereales y granos                          | Maíz                | MJ/Ha                             | 4.086,27   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 1.399,41   |
|                                            | Otros cereales      | MJ/Ha                             | 3.283,37   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 2.091,32   |
|                                            | Soya                | MJ/Ha                             | 3.812,16   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 1.549,66   |
| Corte de árboles                           | Corte de árboles    | MJ/Tn                             | 18,48      |
| Cultivo de árboles                         | Cultivo de árboles  | MJ/Árbol                          | 0,57       |
|                                            |                     | MJ/Ha                             | 744,49     |
| Cultivo de flores                          | Cultivo de flores   | MJ/Ha                             | 7.609,00   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 297,23     |
| Cultivo de hortalizas, raíces y tubérculos | Cebollas            | MJ/Ha                             | 5.560,67   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 222,45     |
|                                            | Hortalizas          | MJ/Ha                             | 7.270,38   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 518,61     |
|                                            | Hortalizas de fruto | MJ/Ha                             | 7.121,38   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 170,83     |
|                                            | Raíces              | MJ/Ha                             | 5.465,00   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 196,93     |
|                                            | Tubérculos          | MJ/Ha                             | 5.527,67   |
|                                            |                     | MJ/Tn                             | 401,97     |



|                              |                 |                   |            |
|------------------------------|-----------------|-------------------|------------|
| Fique                        | Fique           | MJ/Ha             | 3.607,39   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 3.057,11   |
| Frutas con mecanización      | Fresa           | MJ/Ha             | 11.836,93  |
|                              |                 | MJ/Tn             | 473,48     |
|                              | Papaya          | MJ/Ha             | 11.836,93  |
|                              |                 | MJ/Tn             | 375,42     |
|                              | Pasifloras      | MJ/Ha             | 11.836,93  |
|                              |                 | MJ/Tn             | 889,99     |
|                              | Piña            | MJ/Ha             | 11.836,93  |
|                              |                 | MJ/Tn             | 254,56     |
|                              | Uchuva          | MJ/Ha             | 11.836,93  |
|                              |                 | MJ/Tn             | 954,59     |
| Frutas con poca mecanización | Cítricos        | MJ/Ha             | 2.637,96   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 173,55     |
|                              | Consolidado     | MJ/Ha             | 2.637,96   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 279,74     |
|                              | Mango           | MJ/Ha             | 2.637,96   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 282,44     |
| Ganado                       | Ganado          | MJ/Cabeza         | 674,48     |
|                              | Ganado (Leche)  |                   | 35,69      |
| Huevos                       | Huevos          | J/huevo           | 6,43       |
|                              |                 | MJ/huevo          | 0,01       |
| Legumbres                    | Arveja          | MJ/Ha             | 3.427,58   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 1.936,49   |
|                              | Frijol          | MJ/Ha             | 3.427,58   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 2.183,17   |
|                              | Guandul         | MJ/Ha             | 3.427,58   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 1.371,03   |
|                              | Haba            | MJ/Ha             | 3.427,58   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 2.169,35   |
|                              | Habichuela      | MJ/Ha             | 3.427,58   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 477,38     |
| Palma de aceite              | Palma de aceite | MJ/Ha             | 4.587,55   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 303,81     |
| Pesca                        | Pesca           |                   | 185.404,01 |
| Plátano y banano             | Banano          | MJ/Ha             | 5.924,94   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 246,36     |
|                              | Plátano         | MJ/Ha             | 3.217,77   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 284,76     |
| Tabaco                       | Tabaco          | MJ/Ha             | 1.784,09   |
|                              |                 | MJ/Tn             | 974,91     |
| Viveros                      | Viveros         | MJ/10.000 plantas | 8,05       |
|                              |                 | MJ/Ha             | 402,65     |

Se destaca que los grupos homogéneos que presentan el mayor indicador de consumo de energía por área es acuicultura, pesca, arroz mecanizado y frutas con mecanización, mientras que por producto se destaca acuicultura y cacao.

A continuación, se presentan los principales consolidados de energía e indicadores estimados para tres grupos homogéneos como muestra de los procesos involucrados en cada uno respecto a sus consumos energéticos.

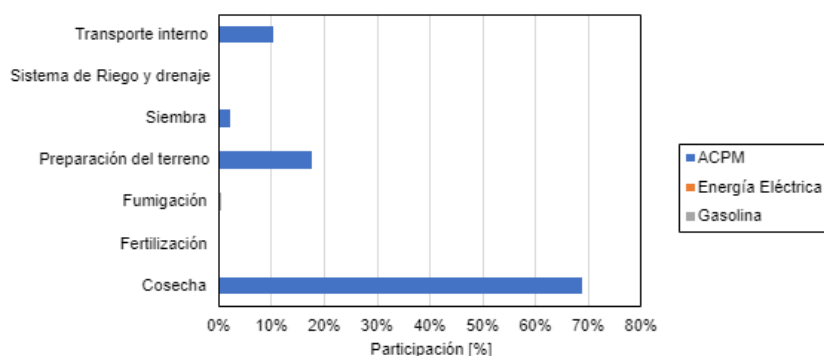
- **Arroz mecanizado**

En la **Tabla 63** se presenta el consumo de energía y la participación porcentual para el grupo homogéneo arroz mecanizado. Se destaca que las etapas de preparación del terreno, transporte interno y cosecha tienen el mayor consumo de energía con una participación del 97,13%.

**Tabla 63.** Consumo de energía por etapa en el proceso productivo del arroz mecanizado

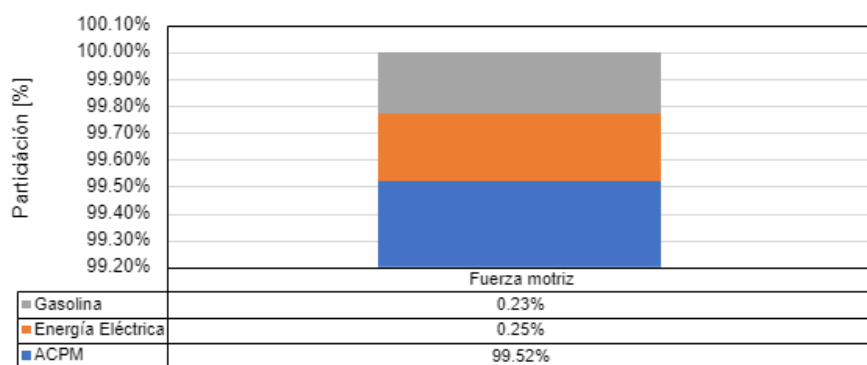
| Proceso                    | Consumo energía [TJ/año] | Participación porcentual (%) |
|----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Cosecha                    | 5.199,63                 | 69,05                        |
| Fertilización              | 4,31                     | 0,06                         |
| Fumigación                 | 31,82                    | 0,42                         |
| Preparación del terreno    | 1.337,47                 | 17,76                        |
| Siembra                    | 161,21                   | 2,14                         |
| Sistema de Riego y drenaje | 19,17                    | 0,25                         |
| Transporte interno         | 776,82                   | 10,32                        |
| <b>Total</b>               | <b>7.530,42</b>          | <b>100,00</b>                |

En la **Figura 43** se presenta la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo arroz mecanizado. Se observa que las etapas del proceso utilizan ACPM principalmente.



**Figura 43.** Participación porcentual del tipo de energético por etapa del proceso del cultivo de arroz mecanizado

En la **Figura 44** se presenta la participación porcentual del consumo de energía del grupo homogéneo arroz mecanizado según el uso final. Se destaca que la fuerza motriz es el principal uso y que el energético más utilizado en este uso es el ACPM.



**Figura 44.** Participación porcentual del consumo de energía en el cultivo de arroz mecanizado según el uso final

En la **Tabla 64** se muestra el consumo energético y la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo arroz mecanizado. Como se observa el principal energético utilizado es el ACPM con una participación del 99,50%.

**Tabla 64.** Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo arroz mecanizado

| Energético | Consumo energía [TJ/año] | Participación consumo energía [%] |
|------------|--------------------------|-----------------------------------|
| ACPM       | 7.494,08                 | 99,52                             |

|                   |                 |            |
|-------------------|-----------------|------------|
| Energía Eléctrica | 19,17           | 0,25       |
| Gasolina          | 17,18           | 0,23       |
| <b>Total</b>      | <b>7.530,42</b> | <b>100</b> |

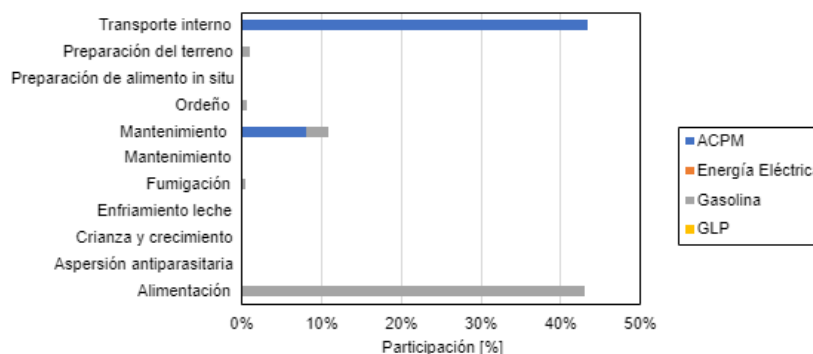
- **Ganado**

En la **Tabla 65** se presenta el consumo de energía y la participación porcentual para el grupo homogéneo ganado. Es de resaltar que las etapas de alimentación, transporte interno y mantenimiento tienen el mayor consumo de energía con una participación del 97,44%.

**Tabla 65.** Consumo de energía por etapa en el proceso productivo del ganado

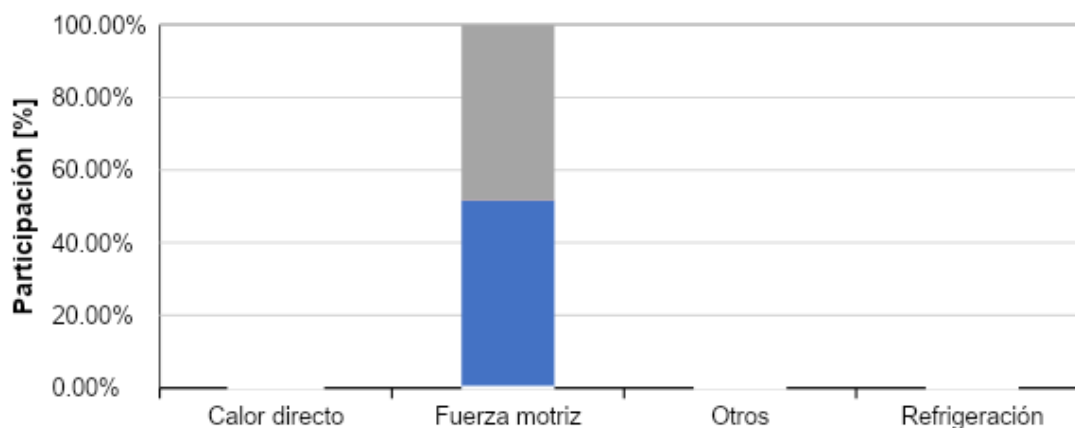
| Proceso                         | Consumo energía [TJ/año] | Participación porcentual (%) |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Alimentación                    | 5,448.60                 | 43,12                        |
| Aspersión antiparasitaria       | 17.89                    | 0,14                         |
| Crianza y crecimiento           | 0.63                     | 4.99 E <sup>-03</sup>        |
| Enfriamiento leche              | 3.29                     | 0,03                         |
| Fumigación                      | 62.69                    | 0,50                         |
| Mantenimiento                   | 6.80                     | 0,05                         |
| Mantenimiento                   | 1,368.95                 | 10,83                        |
| Ordeño                          | 91.90                    | 0,73                         |
| Preparación de alimento in situ | 2.99                     | 0,02                         |
| Preparación del terreno         | 137.12                   | 1,09                         |
| Transporte interno              | 5,494.08                 | 43,48                        |
| <b>Total</b>                    | <b>12,634.94</b>         | <b>100</b>                   |

En la **Figura 45** se presenta la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo ganado. Se observa que en las etapas del proceso se utiliza ACPM y gasolina para el desarrollo de las actividades.



**Figura 45.** Participación porcentual del tipo de energético por etapa del proceso del ganado

En la **Figura 46** se presenta la participación porcentual del consumo de energía del grupo homogéneo ganado según el uso final. Se destaca que la fuerza motriz es el principal uso y los energéticos más utilizados son ACPM y gasolina para este uso.



**Figura 46.** Participación porcentual del consumo de energía en el grupo homogéneo ganado según el uso final

En la **Tabla 66** se observa el consumo energético y la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo ganado. Como se observa los energéticos más utilizados son el ACPM y la gasolina con una participación del 99,88%.

**Tabla 66.** Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo ganado

| Energético           | Consumo energía [TJ/año] | Participación consumo energía [%] |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| ACPM                 | 6.551                    | 51,85                             |
| Energía Eléctrica    | 13,64                    | 0,11                              |
| Gasolina             | 6.064                    | 47,99                             |
| GLP                  | 6,79                     | 0,05                              |
| <b>Total general</b> | <b>12.629</b>            | <b>100</b>                        |

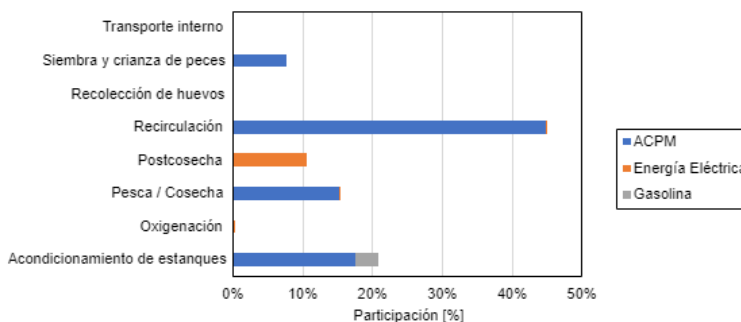
- **Acuicultura**

En la **Tabla 67** se presenta el consumo de energía y la participación porcentual para el grupo homogéneo acuicultura. Para este grupo homogéneo se tiene que las etapas de recirculación de agua, acondicionamiento de tanques y cosecha del pescado tienen el mayor consumo de energía con una participación del 81,07%.

**Tabla 67.** Consumo de energía por etapa en el proceso productivo de acuicultura

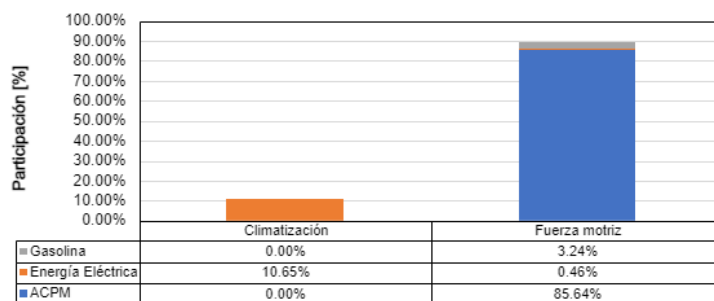
| Proceso                        | Consumo energía [TJ/año] | Participación porcentual (%) |
|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Acondicionamiento de estanques | 21                       | 20,85                        |
| Oxigenación                    | 0,45                     | 0,45                         |
| Pesca / Cosecha                | 15,43                    | 15,32                        |
| Postcosecha                    | 10,73                    | 10,65                        |
| Recirculación                  | 45,23                    | 44,90                        |
| Recolección de huevos          | 0                        | 0,00                         |
| Siembra y crianza de peces     | 7,71                     | 7,65                         |
| Transporte interno             | 0,19                     | 0,19                         |
| <b>Total</b>                   | <b>100,74</b>            | <b>100</b>                   |

En la **Figura 47** se presenta la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo acuicultura. Se destaca que en la mayor parte del proceso se utiliza ACPM como energético y solo en postcosecha se utiliza energía eléctrica principalmente.



**Figura 47.** Participación porcentual del tipo de energético por etapa del grupo homogéneo acuicultura

En la **Figura 48** se presenta la participación porcentual del consumo de energía del grupo homogéneo acuicultura según el uso final. Se destaca que la fuerza motriz es el principal uso final de energía utilizando ACPM como principal energético, adicionalmente se cuentan con el uso de climatización que utiliza principalmente energía eléctrica como energético.



**Figura 48.** Participación porcentual del consumo de energía en el grupo homogéneo acuicultura según el uso final

Finalmente, en la **Tabla 68** se ve el consumo energético y la participación porcentual de los energéticos utilizados en el grupo homogéneo acuicultura. Se resalta que el principal energético utilizado es el ACPM con una participación del 85,64%.



**Tabla 68.** Consumo energético y participación porcentual según el tipo de energético para el grupo homogéneo acuicultura

| <b>Energético</b> | <b>Consumo energía [TJ/año]</b> | <b>Participación consumo energía [%]</b> |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| ACPM              | 86,27                           | 85,64                                    |
| Energía Eléctrica | 11,2                            | 11,12                                    |
| Gasolina          | 3,27                            | 3,24                                     |
| <b>Total</b>      | <b>100,74</b>                   | <b>100</b>                               |

### 3.7. Estrategias de eficiencia energética

Colombia enfrenta el desafío de transformar su sector agrícola y pecuario hacia prácticas más sostenibles desde el punto de vista energético y ambiental. Para abordar este desafío de manera integral, es crucial adoptar estrategias que involucren eficiencia energética, aprovechamiento de biomasas, uso racional y consciente del agua y la integración de fuentes renovables para la generación de electricidad y calor en el uso de sus procesos.

La implementación de tecnologías limpias y sostenibles permitiría no solo mejorar la gestión del uso de la energía, sino que puede contribuir de forma positiva a la disminución de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por el desarrollo de estas actividades e impactar de forma positiva la economía del agricultor en la reducción de costos en sus procesos. Un ejemplo de ello es la adopción de sistemas de riego eficientes, maquinaria agrícola moderna, implementar ampliamente el uso de las energías renovables en los procesos para promover la disminución del uso de recursos fósiles. Además, la inversión en sistemas de iluminación eficientes y equipos de refrigeración puede contribuir a un uso más inteligente de la energía en instalaciones pecuarias.

El aprovechamiento de las biomasas residuales de los cultivos para la producción de biogás, como biomasas lignocelulósicas, estiércol de los animales o aguas de cultivo, son importantes en esta realidad. En el caso del biogás, existen sectores como el porcícola, el sector de la palma de aceite y el sector de la caña de azúcar que ya cuentan con biodigestores capaces de generar biogás que es utilizado para su aprovechamiento eléctrico y térmico, además se han desarrollados otros productos como el biofertilizante que son ricos en nutrientes y pueden funcionar como un fertilizante orgánico, ofreciendo otra

alternativa para el uso de fertilizantes de menor costo y más asequible para el agricultor. Esto no solo reduce la necesidad de fertilizantes químicos, sino que también mejora la eficiencia en el uso de nutrientes.

La integración de fuentes renovables, como la energía solar y la generación de electricidad a partir de biomasa, es esencial para reducir las emisiones y aumentar la autonomía energética. La instalación de paneles solares en infraestructuras agrícolas y pecuarias, junto con la generación de electricidad a partir de biomasa, ofrece una fuente limpia y sostenible de electricidad. La combinación de sistemas híbridos y tecnologías de almacenamiento puede garantizar un suministro constante y estable.

La adopción de estas estrategias no solo tiene beneficios ambientales significativos al reducir las emisiones y la dependencia de recursos no renovables, sino que también puede generar beneficios económicos. La generación de electricidad a partir de fuentes renovables puede reducir los costos operativos y generar ingresos a través de la venta de excedentes de electricidad. La fertilización sostenible puede disminuir los costos asociados con la compra de fertilizantes químicos y mejorar la salud a largo plazo del suelo.

El uso adecuado de la fertilización en los cultivos puede optimizar las actividades agrícolas del cultivo, especialmente en la etapa de preparación del suelo y riego de los cultivos, de acuerdo con el tiempo de los ciclos, técnicas precisas de dosificación y labranza del suelo, tipo de tecnología utilizadas en el riego se podrían lograr ahorros de energía de hasta un 45% en el uso de la energía en comparación con las técnicas tradicionales de producción.

Teniendo en cuenta la alta dependencia del uso de combustibles fósiles, se abre la discusión al uso de combustibles sintéticos que sean más amigables con el medio ambiente y de la misma forma que cuenten con garantías de disponibilidad y precios competitivos lo cual aportaría al agricultor a disminuir los costos en su producción y ser ambientalmente más sostenibles.

La transición exitosa hacia prácticas más sostenibles requiere políticas de apoyo claras y concisas, incentivos fiscales, subsidios y programas de financiamiento que pueden facilitar la inversión inicial en tecnologías sostenibles. Además, programas de educación y

capacitación para los agricultores y así incentivar la conciencia y comprensión necesarias para la adopción generalizada de estas estrategias.

La colaboración entre el gobierno, el sector privado y los agricultores es esencial para garantizar el éxito de estas prácticas y promover un futuro agrícola y pecuario más sostenible en Colombia.

## 4. Conclusiones

- Se evidenció falta de centralización y unificación de información energética en el sector agropecuario. Se identificó que el sector de caña de azúcar fue el único sector con información energética centralizada.
- Solo se identificaron cuatro sectores con integración de energías renovables: Flores, sector avícola, acuicultura, sector porcícola.
- Los sectores analizados en el presente estudio son muy heterogéneos, cuentan con alta diversidad en los procesos productivos de los diferentes sectores a nivel nacional, relacionado también con el tamaño de los productores.
- Al comparar el consolidado total (40.563 TJ) con el consumo de energía total en Colombia (BECO, 2022) tenemos que el sector agrícola, pecuario, forestal y piscícola representa un 2,37% del total.
- Por otro lado, comparando los consolidados por energético con los consolidados del BECO (2022) encontramos que el consumo de ACPM representa un 10,9%, la gasolina un 4% y el GLP un 4% y la energía eléctrica un 0,1% respecto a los agregados totales de cada energético a nivel nacional.
- Se pudo evidenciar que cerca del 86% del consumo energético se presenta los pisos cálidos, teniendo en cuenta que este piso de encuentran ubicados la mayor parte de

los principales sectores productivos del país como es el caso del arroz, caña de azúcar, palma de aceite y la mayor parte del ganado. Es decir, se podría decir que las diferencias de consumos energéticos por piso térmico no están relacionadas con diferentes tecnologías o eficiencias de los procesos productivos, sino más bien con la presencia o ausencia de unidades productivas en cada una de las regiones y climas.

- Se identificó que el principal uso de la energía en los procesos mecanizados de los sectores evaluados corresponde al uso de fuerza motriz (97,54%).
- Se evidencia un alto consumo de combustibles fósiles (97%) del total de consumo del sector agropecuario y agroindustrial. Este factor está relacionado con el uso de equipos como tractores, motobombas, guadañas y carros de carga y también con las limitaciones existentes para conectarse a la red eléctrica nacional o su disponibilidad constante en los lugares de producción.
- Se encontró que la producción primaria agrícola representa el consumo más alto con un total de 25.952 TJ/año. Seguido a este, el sector pecuario integrado por ganado, aves de corral, huevos, cerdos y abejas tiene un consumo energético de 13.769 TJ/año. Por su parte, el sector de pesca y acuicultura y silvicultura y extracción de madera (integrado por cultivo de árboles y corte de árboles) tienen un consumo más bajo respecto al agrícola y pecuario. Este resultado se da principalmente por las grandes extensiones de los diferentes cultivos a nivel nacional y por procesos intensivos en energía como la preparación de suelos, riego, fertilización, mantenimiento y cosecha
- El sector productivo con mayor consumo de energía es el Ganado, este resultado puede explicarse de la siguiente forma: Aunque los indicadores energéticos por cabeza son pequeños (cerca de 1,5 Gal de diésel y 1,5 Gal de gasolina al año por cabeza), en Colombia existen cerca de 30 millones de cabezas de ganado, los cuales abarcan cerca de 30 millones de hectáreas. Esto hace que sea uno de los sectores

con mayor consumo, pues se deriva de procesos que tienden a hacerse diariamente, contrario a lo que sucede en otros sectores productivos.

- Se identificaron los procesos productivos que representan un mayor consumo para los diferentes sectores productivos. En el caso del sector agrícola se identificó que son los procesos de cosecha, preparación del terreno, riego y transporte interno los que tienen un mayor consumo energético. Esto se debe a que en estos procesos se utilizan máquinas de alto cilindraje y/o motores con uso periódico. En el caso del sector pecuario son los procesos de transporte y alimentación, ya que son procesos que se hacen en muchos casos diariamente y, por ende, aunque pueden ser consumos energéticos pequeños, al totalizar tienen un peso importante. Para el caso del sector de pesca y acuicultura el proceso de pesca es el que representa mayor consumo energético. Este resultado permite tener un indicio de los procesos y equipos que tienen potencial de acción para implementar medidas de eficiencia energética en cada uno de los sectores productivos.

## **ANEXOS**

- **ANEXO A. Grupos homogéneos**
- **ANEXO B. Herramienta captura de información**
- **ANEXO C. Información de Gremios y Asociaciones**
- **ANEXO D. Procesos y Tecnologías**
- **ANEXO E. Consolidado de visitas de campo**
- **ANEXO F. Cálculo de indicadores por grupo homogéneo**
- **ANEXO G. Consolidado de consumos energéticos por grupo homogéneo, proceso, uso final y energético**
- **ANEXO H. Reportes de grupos homogéneos**

## 5. Bibliografía

- Agronet. (2023). Agronet. MinAgricultura. Estadísticas. Fonte: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- AUNAP, A. N. (2022). Acuicultura en Colombia. Dirección Técnica de Administración de Fomento.
- Bancolombia. (09 de Mayo de 2019). Negocios Bancolombia. Fonte: Eficiencia energética en el sector agro: <https://www.bancolombia.com/negocios/actualizate/sostenibilidad/eficiencia-energetica-agro>
- DANE. (2012). Cuenta satélite de la agroindustria (Aspectos conceptuales). Bogotá.
- DANE. (2020). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. Revisión 4 Adaptada para Colombia CIIU Rev. 4 A.C. Bogotá.
- DANE. (2022). Boletín Estadístico Sector Agropecuario . Bogotá.
- DANE. (2022). Perspectivas del sector Agropecuario en Colombia. Bogotá.
- DANE. (2024). Boletín Técnico- Ocupación informal. Trimestre móvil septiembre-noviembre 2023.
- Diazgranados, F. (2022). Entrevista a Fabio Diazgranados Presidente de Fedebajas.
- Finagro, U. d.-U. (2018). Ficha de inteligencia- Aguacate.
- Hernández González, M. A., & Hernández Pinto, J. P. (2014). Diseño de un sistema de producción apícola, como estrategia de protección y conservación de bosques nativos en el área de influencia del Consejo Comunitario Afrodescendiente El Kicharo del Corregimiento La India - Municipio de Landázuri. Bucaramanga.
- Iragorri Valencia, A. (2015). Organización de Cadena Productiva del Aguacate. MinAgricultura.
- MinAgricultura. (2018). Cadena de algodón, textil, confecciones. Indicadores e Instrumentos.
- Oter Cortés, Andrea. (2019). El mercado laboral rural en Colombia, 2010-2019. Banco de la República.
- SAC. (2020). El Agro y la Agroindustria en Colombia. Bogotá.
- UPRA. (Mayo de 2023). El sector agropecuario empieza a repuntar con una variación en el PIB de 0,3 % durante el primer trimestre del 2023. Fonte: <https://upra.gov.co/es-co/saladeprensa/Paginas/El-sector-agropecuario-empieza-a-repuntar-con-una-variacion-en-el-PIB-de-0,3--durante-el-primer-trimestre-del-2023.aspx#:~:t>



ext=16%2F05%2F2023-,El%20sector%20agropecuario%20empieza%20a%20repuntar%20con%2

XM. (2022). Demanda comercial de energía eléctrica. Fonte: XM.

XM. (09 de 11 de 2023). XM. Fonte: XM:  
<https://www.xm.com.co/nuestra-empresa/nosotros/quienes-somos>