# Grupo Homogéneo: Cultivo de caña de azúcar

El grupo homogéneo Cultivo de caña de azúcar engloba el CIUU 0124 y se desglosa en dos categorías conocidas como caña panelera y caña de azúcar (producción de azúcar y biocombustible), distinguiéndose por la metodología empleada en el uso final del jugo de caña. La caña de azúcar para hacer panela se suele plantar en pequeñas extensiones en zonas de montaña, y la caña de azúcar usada en los grandes ingenios azucareros, se siembra en zonas planas en grandes extensiones.

En este contexto, el proceso productivo que se va a evaluar tiene como producto final la caña de azúcar cortada, la cual es la materia prima que ingresa a los ingenios azucareros y trapiches para el proceso de beneficia miento que incluye procesos de molido, extracción, ebullición de jugo de caña.

Como se detalla en la Tabla 1, el cultivo de caña de azúcar se encuentra principalmente en el piso térmico cálido y templado y el principal residuo de la producción primaria son hojas y restos de cosecha.

**Tabla 1.** Descripción del grupo CIIU

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Producto** | **Residuos** | **Piso térmico** | **Grupo homogéneo** |
| Cultivo de caña de azúcar | Caña panelera | Hojas y restos de cosecha | Cálido/Templado | Caña de azúcar |
| Caña de azúcar (Ingenios) |

Fuente: elaboración propia

# Generalidades del sector

Basados en las estadísticas de AGRONET para el año 2022, se define la información sobre área sembrada, producción y rendimiento a nivel nacional. Como se ilustra en la Tabla 2, el área total sembrada de Caña de azúcar en Colombia asciende a 269.768 hectáreas. Adicionalmente a lo expuesto, el rendimiento global nacional promedio del cultivo de Caña de azúcar alcanza las 118,19

toneladas por hectárea.

**Tabla 2.**  Datos nacionales de la siembra de Caña de azúcar

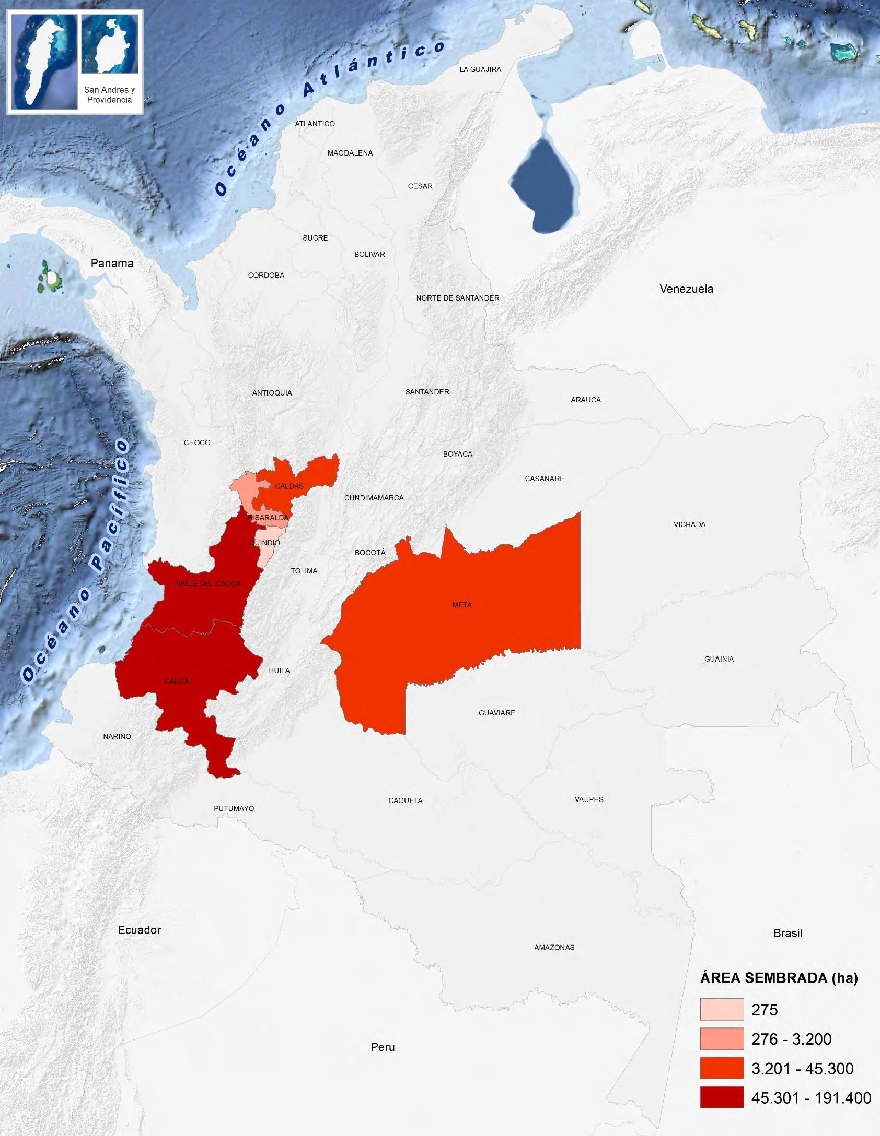
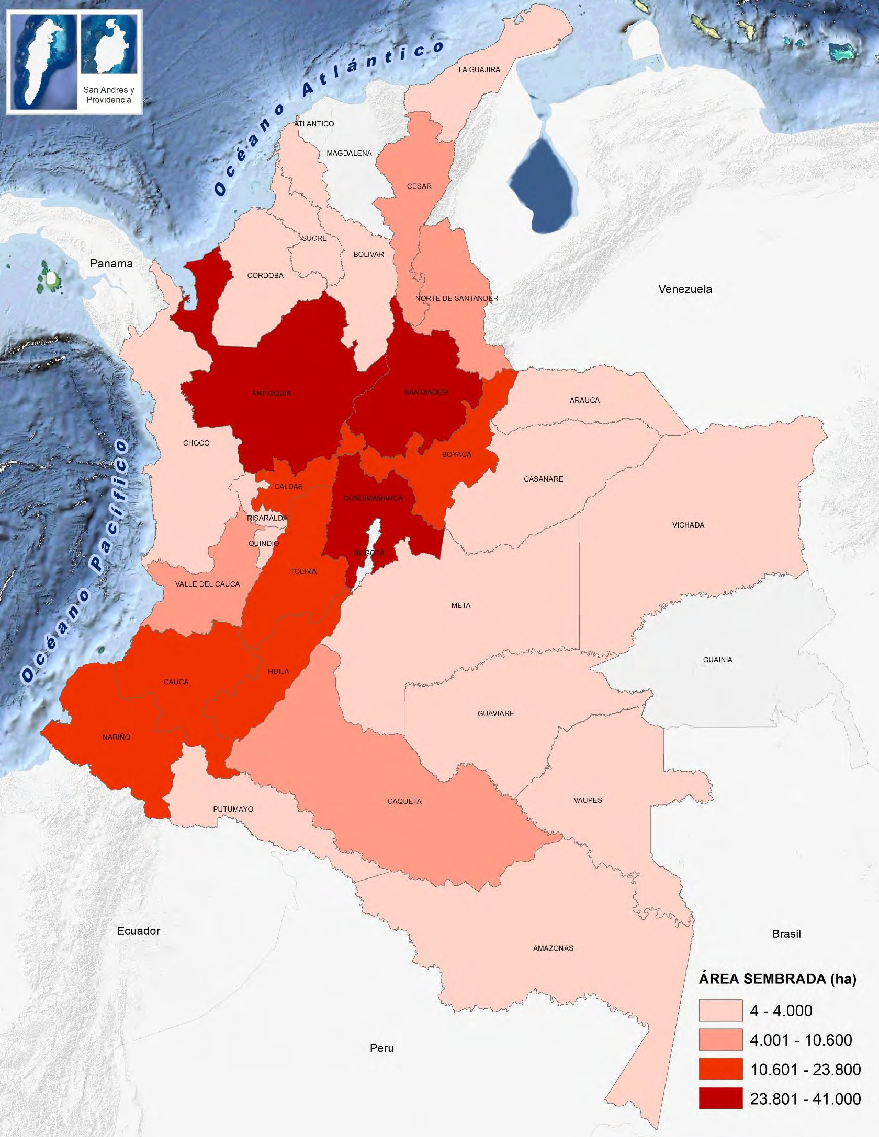
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cultivo** | **Área sembrada (Ha)** | **Rendimiento (Ton/Ha)** |
| Caña de azúcar | 269,768 | 118,19 |

Fuente: elaboración propia

En el mapa siguiente, se observan con detalle los principales departamentos con mayor área sembrada de caña de azúcar de la tabla anterior, destacando entre ellos Valle del cauca, Risaralda, Caldas y Quindío como los departamentos de mayor producción.

**Figura 1.** Área de Caña de azúcar cosechada por departamento

1. Caña panelera B. Caña de azúcar para ingenios



Fuente: elaborado con datos de Agronet

* 1. **Descripción del proceso productivo**

A través de la información secundaria recolectada, se ha identificado la aplicación de cinco procesos principales en el ciclo productivo de la caña de azúcar. El primero de ellos es la preparación y adecuación del terreno, que inicia con la descepada del terreno (destrucción de cepas), micro nivelación, subsolada, rastrillada, surcada y finalmente la siembra.

Algunos de estos procesos implican dos pases sobre el mismo terreno y dependiendo del subproceso se pueden utilizar tractores con potencias desde 330 HP hasta 100 HP. Estos tractores utilizan diversos implementos que facilitan la transición entre subprocesos. Debido a la magnitud de los tractores utilizados, uno de los consumos energéticos más significativo se registra en esta etapa de preparación del terreno. Se debe tener en cuenta que estos procesos conocidos en el sector como APS, se suelen realizar en un área de producción cada 6 o 7 años. En general, las áreas de cultivo de grandes extensiones tienen un 25% anual de su área en donde se realiza este proceso

Seguido a este proceso continúa el proceso de levante de la caña, el cual incluye los subprocesos de encalle (Remover biomasa), control de malezas, fertilización, cultivo (aporque) y mantenimiento de desagües. Estos procesos implican el uso de tractores con diferentes complementos. El único proceso que implica el uso de un equipo deferente en esta etapa es el mantenimiento de desagües para el cual se utilizan retroexcavadoras de diferentes tamaños.

Un proceso importante en este cultivo es el riego y el drenaje. Dependiendo de la zona, los sistemas de bombeo se pueden usar para bombear o para drenar el agua. El proceso final, antes de la cosecha, se conoce como la maduración, en donde a través de algún equipo como pivotes, drones o ultralivianos se aplica un químico que frena el proceso de crecimiento de la caña y permite el engrosamiento y el aumento del almacenamiento de azucares en la planta.

**Tabla 3.**  Descripción de procesos productivos

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Proceso** | **Subproceso** | **Tecnología y/o equipo** |
| Preparación y adecuación del suelo (APS) | Descepada Mecánica (LC) | Tractor con Rastro arado |
| Micronivelación | Tractor/Bulldozer |
| Subsolada-Cincelada | Tractor con subsolador de tres a cinco vástagos |
| Rastrillada | Tractor con Rastro arado |
| Surcada | Tractor con surcador |
| Siembra mecánica | Tractor con sembradora/Volqueta |
| Levante | Encalle mecanizado | Tractor con encalladora Lelly |
| Control de malezas químico | Tractor / Fumigadora de espalda |
| Fertilización | Tractor |
| Cultivo | Tractor con aporcador |
| Mantenimiento desagües | Retroexcavadoras |
| Riego/Fumigación | | Electrobombas, pozos profundos, pivotes, motobombas, canales, drenajes |
| Maduración |  | Ultraliviano, dron, fumigadora de espalda |
| Cosecha | Recolección caña de azúcar | Cosechadoras combinadas, alzadoras |
| Gondoleo/cadeneo | Tractor |
| Transporte interno | Tracto mulas |

Fuente: elaboración propia

# Resultados de campo

A través de las visitas de campo realizadas se identificaron los procesos recolectados a través de información secundaria y se conoció a mayor detalle el funcionamiento de cada uno de los equipos empleados.

**Figura 2.** Registro fotográfico de las visitas realizadas al cultivo de Caña de azúcar

 Un conjunto de árboles

Descripción generada automáticamente con confianza media

Fuente: recolectadas en campo

Además de algunas variaciones en el uso de equipos manuales y mecánicos, a continuación se presentan los equipos con sus correspondientes descripciones.

**Tabla 4.** Equipos empleados en el proceso productivo del Caña de azúcar

| **Equipo** | **Descripción** |
| --- | --- |
| 1. Tractor | La mayoría de los procesos productivos de la caña implica el uso de un tractor. Los tractores que se suelen usar tienen motores desde 330 HP hasta 100 HP. Por esa razón tiene un consumo elevado de combustible, desde 9 a 3 Galones de ACPM por hora trabajada. |
| 1. Rastro arado | El rastro arado se utiliza para los procesos de descepada y rastrillada del terreno, puede usarse con tractores de potencia alta y media. |
| 1. Bulldozer oruga | El Bulldozer se suele utilizar para los procesos de nivelación del terreno. Este equipo puede demorar hasta 8 horas en realizar la realizar la nivelación de una hectárea. Sin embargo, la mayoría de las veces solo se utiliza en alguna zona específica del terreno. Según previo análisis topográfico |
| 1. Cosechadora de caña | Este es un equipo especializado para cortar caña de forma mecánica. Este equipo tiene un alto consumo de combustible ya que cuenta con potencias cercanas a los 300 HP. Es un equipo que se utiliza a lo largo del todo el año y según los ingenieros de campo de los ingenios, este equipo es operativo durante 5 años. |

Fuente: elaboración propia

* 1. **Energéticos empleados**

En relación a los energéticos utilizados, como se detalla en la siguiente tabla se identificaron el uso de gasolina, ACPM y energía eléctrica. el energético más demandado es el ACPM, principalmente debido al empleo de tractores, bulldozer y cosechadora. La gasolina se destina a la fumigación mediante motores de espalda, mientras que la energía eléctrica se utiliza como fuente de bombeo en los sistemas de riego.

**Tabla 5.** Energéticos empleados por proceso

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grupo Homogéneo** | **Proceso** | **Equipo** | **Uso final de energía** | **Energético** |
| Caña de azúcar | Cosecha | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Cosecha | Cosechadora mecánica | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Cosecha | Alzadora | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Fertilización | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Fumigación | Bomba | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Fumigación | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Fumigación | Aguilón | Fuerza motriz | Gasolina |
| Caña de azúcar | Fumigación | Avioneta | Fuerza motriz | Gasolina |
| Caña de azúcar | Fumigación | Buseta | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Mantenimiento | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Preparación del terreno | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Preparación del terreno | Bulldozer | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Preparación del terreno | Oruga | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Preparación del terreno | Bulldozer | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Preparación del terreno | Retroexcavadoras | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Siembra | Volqueta | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Electrobomba | Fuerza motriz | Energía Eléctrica |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Pozos de riego | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Pozos de riego | Fuerza motriz | Energía Eléctrica |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Bulldozer | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Motobombas | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Sistema de Riego y drenaje | Excavadoras | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Transporte interno | Tracto mula | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Cultivo | Tractor | Fuerza motriz | ACPM |
| Caña de azúcar | Cultivo | Camión | Fuerza motriz | ACPM |

Fuente: elaboración propia

* 1. **Biomasa residual y potencial de aprovechamiento energético**

La gestión de residuos en el cultivo de caña de azúcar incluye principalmente los restos de hojas y tallos que quedan en el campo después de la cosecha. Anteriormente se solía realizar la cosecha a través de la quema previa del cultivo, esto permitía eliminar los residuos de biomasa y hacer que la cosecha fuera mucho más eficiente, pero con fuertes impactos ambientales.

Esta práctica cada vez es menos usada y está destinada a desaparecer, por este motivo actualmente los residuos de caña permanecen en el campo y son utilizados como capa protectora del suelo y abono orgánico para las plantas.

Teóricamente estos residuos tienen potencial de ser aprovechados como energético para procesos de calor en la industria azucarera, sin embargo, los costos y el gasto energético que esto implica, hace poco viable esta solución.

* 1. **Indicadores**

En la fase inicial del cálculo de indicadores, se procedió a segmentar el consumo de energéticos en siete (7) grupos de uso final. En este contexto, los resultados revelan que el 100%, corresponde al uso final de fuerza motriz.

**Tabla 6.** Energéticos empleados por uso final

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Grupo Homogéneo** | **Calor directo** | **Climatización** | **Fuerza motriz** | **Iluminación** | **Otros** | **Refrigeración** | **Calor indirecto** | **Total** |
| Frutas con poca mecanización | 0,00% | 0,00% | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 100,00% |

Fuente: elaboración propia

A partir de lo mencionado anteriormente, se procede a desglosar la participación por tipo de energético en el uso final de fuerza motriz, de lo cual se destaca que en fuerza motriz el 98,15 % corresponde a ACPM, el 1,28% a energía eléctrica y el 0,57% a gasolina.

**Tabla 7.** Porcentajes de energéticos por uso final de energía

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Uso final de energía** | **ACPM** | **Energía eléctrica** | **Gasolina** |
| Fuerza motriz | 98,15% | 1,28% | 0,57% |

Fuente: elaboración propia

Ahora bien, con respecto a los indicadores por energéticos, estos se extrapolaron utilizando el total de área cosechada de Caña de azúcar a nivel nacional, de esta manera, se obtiene el resultado que indica que el 98,15% del consumo de energéticos corresponde a ACPM, seguido por un 0,57% proveniente de la gasolina y 1,28% de energía eléctrica.

**Tabla 8.** Porcentaje de participación por energético

|  |  |
| --- | --- |
| **Energético** | **Participación** |
| Energía Eléctrica | 1,28% |
| ACPM | 98,15% |
| Gasolina | 0,57% |
| GLP | 0.00% |
| Gas Natural | 0.00% |
| **Total** | **100%** |

Fuente: elaboración propia

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

**Tabla 9.** Indicadores por proceso y área productiva

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Proceso** | **Energético** | **Producto** | **Unidades indicador** | **Indicador** |
| Cosecha | ACPM | Caña de azúcar | MJ/Ton | 52.33 |
| Fertilización | ACPM | Terreno fertilizado | MJ/Ha | 359.01 |
| Fumigación | ACPM | Terreno fumigado | MJ/Ha | 182.33 |
| Fumigación | Gasolina | Terreno fumigado | MJ/Ha | 58.99 |
| Mantenimiento | ACPM | Terreno en mantenimiento | MJ/Ha | 115.78 |
| Mantenimiento | ACPM | Terreno subsolado | MJ/Ha | 1,458.71 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno nivelado | MJ/Ha | 727.14 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno rastrillado | MJ/Ha | 555.20 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno descepado | MJ/Ha | 926.12 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno surcado | MJ/Ha | 281.89 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno encallado | MJ/Ha | 159.09 |
| Preparación del terreno | ACPM | Terreno subsolado | MJ/Ha | 831.23 |
| Siembra | ACPM | Terreno sembrado | MJ/Ha | 722.73 |
| Sistema de Riego y drenaje | ACPM | Terreno irrigado | MJ/Ha | 3,340.39 |
| Sistema de Riego y drenaje | ACPM | Terreno Drenado | MJ/Ha | 292.77 |
| Sistema de Riego y drenaje | Energía Eléctrica | Terreno irrigado | MJ/Ha | 605.51 |
| Transporte interno | ACPM | Caña de azúcar | MJ/Ton | 6.67 |
| Cultivo | ACPM | Terreno con cultivo | MJ/Ha | 225.68 |

Fuente: elaboración propia

A partir de los indicadores por proceso, se calculó el indicador total por producto, en el sector del cultivo de Caña de azúcar, el indicador representa el consumo energético por tonelada de Caña de azúcar producido, así como el consumo de energía por hectárea producida.

En ese sentido, se requiere 10.414 MJ de energía por cada hectárea de área productiva, y 88,11 MJ de energía por cada tonelada de Caña de azúcar producido.

**Tabla 10.** Consolidados energéticos en MJ para el Cultivo de Caña de azúcar a nivel nacional

| **Grupo Homogéneo** | **Indicador Área (MJ/Ha)** | **Indicador Producto (MJ/ton)** |
| --- | --- | --- |
| Caña de azúcar | 10.414,03 | 88,11 |

Fuente: elaboración propia

Finalmente, a partir del indicador de gasolina, calculamos el consumo anual de ACPM, energía eléctrica y gasolina. En ese sentido, se requieren 15,91 TJ de gasolina anual, 2.741,45 TJ de ACPM y 35,67 TJ de energía eléctrica anual para el cultivo de Caña de azúcar a nivel nacional.

**Tabla 11**. Consolidados energéticos en TJ para el Cultivo de Caña de azúcar a nivel nacional

|  |  |
| --- | --- |
| **Energético** | **TJ/año** |
| Energía Eléctrica | 35,67 |
| ACPM | 2.741,45 |
| Gasolina | 15,91 |
| GLP | 0.00 |
| Gas Natural | 0.00 |

Fuente: elaboración propia

# Recomendaciones

Durante las visitas y reuniones con los Ingenios, Cenicaña y Asocaña, se identificaron iniciativas importantes relacionadas con la gestión eficiente de la energía. En primer lugar, la mayoría de los ingenios cuenta con información relacionada con los consumos de energía y eléctrica y combustibles destinadas para los procesos de producción primaria. Esto es un gran diferencial respecto a los otros sectores que no cuentan con un registro centralizado de la información energética y por ende es más difícil implementar medidas de eficiencia energética.

Por otro lado, algunos ingenios cuentan con sistemas de cogeneración de energía y producción de biogás a partir del bagazo de caña que sobra del proceso de beneficiamiento. En algunos casos, como el del ingenio Mayaguez, cuentan con camionetas eléctricas para transporte de personal y una flota de 9 tractomulas eléctricas.

En la Tabla 12 se presentan recomendaciones para mejorar la eficiencia energética del proceso productivo del Caña de azúcar basados en la información primaria y secundaria recolectada.

**Tabla 12.** Tecnologías limpias y buenas prácticas

| **Tecnología** | **Descripción** | **Beneficios** |
| --- | --- | --- |
| Cambio de tecnología | Cambio de motores de ACPM y gasolina a motores de energía eléctrica | Reducción del uso de combustible fósil y emisiones de CO2 |
| Bombeo Solar | Implementación de la energía solar en el bombeo para el proceso del riego | Reducción del uso de energía eléctrica, emisiones de CO2 e integración de energías renovables no convencionales |
| Renovación de equipos | Cambio de equipos con antigüedades superiores a los 8 años | Mayor producción y menor consumo |
| Labranza de conservación | Minimiza la alteración del suelo, manteniendo rastrojos y materia orgánica | Ayuda a retener nutrientes y humedad en el suelo |
| Nivelación láser de tierras | Nivela la superficie del campo para uniformizar la distribución de agua | Aumenta la eficiencia en el uso de agua y recursos (fertilizantes); ahorra combustible al eliminar canales y bordes |
| Sistemas de riego (Pivote, automatizados) | Equipos que alcanzan a abarcar hasta 800 Ha, de cobertura de riego, haciendo el proceso mucho más eficiente. | Optimiza la aplicación de fertilizantes, pesticidas, etc. solo donde se necesiten |

Fuente: elaboración propia

# Referencias

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

Informe anual de sostenibilidad (2022-2023). Cenicaña (2023