Diagnóstico de la infraestructura tecnológica y los sistemas de trazabilidad existentes en la cooperativa Manduvirá

Diagnóstico da infraestrutura tecnológica e dos sistemas de rastreabilidade existentes na cooperativa Manduvirá

Diagnosis of the technological infrastructure and existing traceability systems at the Manduvirá cooperative

Estela Mari Cabello Cardozo
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Asunción, Central, Paraguay
Victor Ramón Enciso
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Asunción, Central, Paraguay
Maria Gloria Cabrera R.
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Asunción, Central, Paraguay
Wilma Benítez Moran
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Asunción, Central, Paraguay
María Cristina Yegros
Universidad Nacional de Asunción-Facultad de Ciencias Agrarias, Asunción, Central, Paraguay

GT6. Cooperativismo, associativismo e demais ações coletivas no meio rural

Resumen:
La Cooperativa Manduvira se ha consolidado como un referente en la producción y comercialización de azúcar orgánico bajo un modelo de Comercio Justo. En un contexto global de creciente exigencia en trazabilidad, transparencia y tecnología, resulta fundamental diagnosticar su infraestructura tecnológica y los sistemas de trazabilidad existentes para evaluar su adecuación frente a los estándares internacionales. En ese contexto, este estudio tiene como objetivos identificar los componentes de la infraestructura tecnológica y su grado de modernización, analizar los sistemas de trazabilidad vigentes y su conformidad con normativas. Se aplicará un enfoque mixto que combina técnicas cualitativas y cuantitativas, considerando como principales variables la infraestructura tecnológica, los sistemas de trazabilidad y la capacitación tecnológica del personal. Los resultados se consolidarán en un diagnóstico integral de la cooperativa. La Cooperativa Manduvira debe fortalecer sus sistemas internos de registro, certificación y control documental para alinearse con los marcos regulatorios internacionales. El diagnóstico evidencia que, aunque la cooperativa posee un sistema de trazabilidad funcional y experiencia consolidada en sus procesos, este depende parcialmente de registros manuales, lo que limita la integración entre producción, control de calidad y gestión de ventas, y requiere actualización tecnológica. Asimismo, se identifican brechas en digitalización, capacitación en herramientas digitales y generación de evidencia de sostenibilidad, aspectos críticos para cumplir con los nuevos requerimientos internacionales. En síntesis, Manduvira cuenta con una base sólida de procesos y personal capacitado; sin embargo, es necesario avanzar hacia la digitalización integral, la modernización tecnológica y la mejora en la gestión de la información. Estas acciones garantizarán competitividad internacional, transparencia, eficiencia operativa y oportunidades de crecimiento sostenido en los mercados globales del azúcar orgánico.

Palavras-chave: Trazabilidad, Infraestructura tecnológica, Digitalización, Comercio Justo y Azúcar orgánico

Abstract: The Manduvira Cooperative has established itself as a benchmark in the production and commercialization of organic sugar under a Fair-Trade model. In a global context characterized by increasing demands for traceability, transparency, and technology, it is essential to assess its technological infrastructure and existing traceability systems in order to evaluate their alignment with international standards.

Within this framework, the objectives of this study are to identify the components of the technological infrastructure and their level of modernization, as well as to analyze current traceability systems and their compliance with regulations. A mixed-methods approach will be applied, combining qualitative and quantitative techniques, with the main variables being technological infrastructure, traceability systems, and staff technological training. The results will be consolidated into a comprehensive diagnostic of the cooperative.
The Manduvira Cooperative must strengthen its internal systems for record-keeping, certification, and document control to align with international regulatory frameworks. The diagnostic reveals that, although the cooperative has a functional traceability system and well-established experience in its processes, it still partially relies on manual records. This limits integration across production, quality control, and sales management, and indicates the need for technological upgrading. Additionally, gaps have been identified in digitalization, training in digital tools, and the generation of sustainability evidence—critical aspects for meeting new international requirements. In summary, Manduvira has a solid foundation of processes and skilled personnel; however, it is necessary to move toward comprehensive digitalization, technological modernization, and improved information management. These actions will ensure international competitiveness, transparency, operational efficiency, and opportunities for sustained growth in global organic sugar markets.
Keywords: Traceability, Technological infrastructure, Digitalization, Fair Trade, Organic sugar

1. Introducción

El Comercio Justo impone estándares rigurosos en cuanto a la trazabilidad y transparencia de los productos. La Cooperativa Manduvira, pese a su reconocimiento en la producción y comercialización de azúcar orgánico, enfrenta desafíos para adaptar su infraestructura tecnológica y sus sistemas de trazabilidad a los nuevos requisitos internacionales.

La trazabilidad es un aspecto clave en el Comercio Justo, ya que permite garantizar la transparencia en la producción y comercialización de productos agrícolas. Diversas cooperativas en América Latina han enfrentado desafíos en la implementación de sistemas de trazabilidad efectivos debido a limitaciones tecnológicas y de capacitación. Estudios previos han demostrado que la adopción de herramientas digitales y la capacitación del personal mejoran significativamente la eficiencia en la trazabilidad y el cumplimiento de normativas internacionales (FAO, 2021; Fairtrade International, 2020).

En este contexto, la Cooperativa Manduvira necesita evaluar su infraestructura tecnológica y los sistemas de trazabilidad para alinearse con las exigencias del Comercio Justo y fortalecer su competitividad en el mercado. La presente investigación busca proporcionar un diagnóstico preciso y recomendaciones concretas para modernizar sus procesos.

En la actualidad, se desconoce en qué medida la infraestructura tecnológica existente permite una gestión eficiente de la trazabilidad y si cumple con las normativas de Comercio Justo. Asimismo, no se ha evaluado el nivel de conocimiento y capacitación del personal en el uso de tecnologías de trazabilidad.

La competitividad de las cooperativas agroindustriales en mercados internacionales depende en gran medida de su capacidad para garantizar la trazabilidad de los productos y la

eficiencia de sus sistemas tecnológicos (Laudon & Laudon, 2020; Regattieri, Gamberi & Manzini, 2007). La trazabilidad del azúcar orgánico de caña requiere que las organizaciones cuenten con infraestructura tecnológica suficiente, sistemas digitales integrados y personal capacitado para asegurar la calidad, la seguridad y el cumplimiento normativo.

En ese contexto, cabe mencionar que la falta de un diagnóstico claro sobre estos aspectos puede limitar la competitividad de la cooperativa en mercados internacionales y afectar su certificación de Comercio Justo. Por lo tanto, surge la necesidad de investigar y evaluar el estado actual de la infraestructura tecnológica y los sistemas de trazabilidad de la cooperativa, con el fin de formular estrategias de mejora que garanticen su cumplimiento con las exigencias futuras.

Siendo así, la investigación forma parte de los productos enmarcados en el Grupo de Investigación "Economía y Desarrollo", dentro del área de Desarrollo Rural y Economía Solidaria, con especialidad en Tecnologías aplicadas al desarrollo productivo y comercial en organizaciones de la economía social y solidaria. A través de este, se busca diagnosticar su infraestructura tecnológica, los sistemas de trazabilidad y las capacidades del personal en el uso de tecnologías, en el contexto de los requerimientos del Comercio Justo y el Comercio Internacional. Esta investigación contribuye al fortalecimiento de las capacidades productivas y comerciales de actores rurales organizados, promoviendo un desarrollo territorial inclusivo y sustentable mediante la incorporación de innovación tecnológica y el cumplimiento de estándares internacionales.

2. Revisión de Literatura

2.1 Cooperativa Manduvira

La Cooperativa Manduvira Ltda., con sede en el distrito de Arroyos y Esteros (Departamento Cordillera, Paraguay), fue fundada en 1975 como una cooperativa de ahorro y crédito compuesta por 39 socios, con el objetivo inicial de facilitar el acceso a financiamiento para pequeños productores y docentes de la zona. Con el tiempo se transformó en una cooperativa agroindustrial orientada a la producción de caña de azúcar; desde finales de los años 90 emprendió la producción bajo normas de agricultura orgánica y obtuvo en 1999 la certificación de Comercio Justo. A partir de 2005 empezó a exportar azúcar directamente — tras alquilar un ingenio — y en 2014 inauguró su propia planta de procesamiento, convirtiéndose en la primera fábrica de azúcar de caña orgánico de Paraguay de propiedad colectiva. Hoy, Manduvira agrupa a más de 1.700 socios, con miles de hectáreas de fincas certificadas, y exporta azúcar orgánica y productos derivados a decenas de países,

constituyéndose como un referente de producción sustentable, comercio justo y emprendimiento colectivo en el país.

La Cooperativa Manduvirá Ltda., ubicada en Arroyos y Esteros, Paraguay, se ha consolidado como un referente en la producción de azúcar de caña con enfoque sostenible y comercio justo. La cooperativa posee un total de 17 certificaciones que abarcan distintos ámbitos: Certificados Sociales, que garantizan el cumplimiento de estándares laborales y de responsabilidad social; Certificados de Producción, que certifican prácticas de agricultura orgánica y sostenible; y Certificados de Calidad, que aseguran que sus productos cumplen normas internacionales de inocuidad y calidad alimentaria. Gracias a estas certificaciones, Manduvirá puede exportar sus productos —principalmente azúcar orgánico, panela y melaza— a 25 países, fortaleciendo su posicionamiento en mercados internacionales y promoviendo modelos de producción agroindustrial responsable (Cooperativa Manduvirá, s.f.).

Las diversas certificaciones que respaldan su compromiso social, productivo y de calidad. Entre los certificados sociales, destacan los otorgados por *Fairtrade*, *Hand in Hand* (Organic Rapunzel Fairtrade), *Fair Trade USA*, *Small Producer Certified* y *SPP*. Respecto a los **certificados de producción*, la cooperativa posee *Bio Suisse Organic*, *IMOCERT*, la *Certificación Ecológica de la Unión Europea*, *JAS*, *Kosher*, *USDA Organic*, *FDA* y *Naturland*. Finalmente, las certificaciones de calidad están avaladas por *FDA* (Food Safety Modernization Act), *HACCP* y *FSSC 22000*, garantizando estándares internacionales en inocuidad y gestión de alimentos.

2.2 Trazabilidad en la Cadena de Producción de Alimentos

La trazabilidad se define como la capacidad de rastrear un producto a lo largo de todas las etapas de producción, transformación y distribución (FAO & OMS, 2020). Su objetivo principal es garantizar la seguridad alimentaria, calidad del producto y cumplimiento normativo, permitiendo identificar y corregir fallas en la cadena de suministro (ISO, 2018).

Entre los modelos de trazabilidad se destacan:

- "Un paso atrás, un paso adelante" (CE 178/2002), que permite rastrear cada lote hasta el proveedor anterior y el cliente inmediato.
- Trazabilidad integral, que incluye la información de producción agrícola, procesamiento industrial y logística de ventas, especialmente relevante para productos orgánicos (UE 2018/848; UE 2023/1115).

La trazabilidad en productos orgánicos es clave para garantizar que los productos cumplan con certificaciones orgánicas y estándares de comercio justo, aumentando la confiabilidad frente a consumidores e importadores (Parmenter, 2015).

Normativa Internacional de Trazabilidad y Producción Orgánica están respaldadas por los siguientes reglamentos:

- Reglamento (CE) 178/2002: Establece los principios generales de seguridad alimentaria y trazabilidad en la UE (Unión Europea, 2002).
- Reglamento (UE) 2018/848: Define requisitos de producción, certificación y etiquetado de productos orgánicos (Unión Europea, 2018).
- Reglamento (UE) 2023/1115 – EUDR: Exige productos libres de deforestación y permite la geolocalización de parcelas (Unión Europea, 2023).
- TRACES y e-COI digital: Sistema electrónico para certificar y monitorear envíos de productos orgánicos, asegurando trazabilidad y cumplimiento normativo (European Commission, 2021).

2.2.1 Trazabilidad del azúcar de caña orgánico para exportación a la Unión Europea

La exportación de azúcar de caña orgánico hacia la Unión Europea requiere cumplir con un conjunto de normas que aseguran la trazabilidad, la certificación orgánica y el cumplimiento de requisitos de seguridad alimentaria y sostenibilidad ambiental.

Normativa principal aplicable y descripción de cada una:

i. Reglamento (CE) No. 178/2002

Establece la obligación de asegurar la trazabilidad de todos los alimentos en cada etapa de la cadena, bajo el principio de “un paso atrás y un paso adelante”. Esto implica que el productor y exportador de azúcar orgánico deben poder identificar al proveedor de caña de azúcar y al comprador inmediato, garantizando la transparencia.

> “Se debe poder rastrear y seguir un alimento, los piensos y sus ingredientes a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución” (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2002, art. 18)”.

- Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción y etiquetado de productos orgánicos. Es la normativa base para la agricultura orgánica en la UE. Para el azúcar de caña orgánico establece que:
    - Debe existir certificación orgánica válida emitida por un organismo reconocido.

- Cada lote exportado requiere un Certificado de Inspección (e-COI) en el sistema TRACES.
- La trazabilidad debe documentar insumos usados, prácticas agrícolas y procesamiento.

"Los productos orgánicos importados en la Unión deben ir acompañados de un certificado de inspección expedido por las autoridades competentes a través del sistema TRACES" (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018, art. 45)".

ii. Reglamento (UE) 2023/1115 sobre productos libres de deforestación (EUDR) Aunque el azúcar de caña no está explícitamente en la primera lista de commodities de alto riesgo, los importadores europeos tienden a exigir geolocalización de parcelas y pruebas de no deforestación para cumplir con criterios de sostenibilidad.

"Los operadores deben presentar información sobre la geolocalización de las parcelas de tierra donde se hayan producido las materias primas" (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2023, art. 9) ".

iii. Reglamento (UE) No. 1169/2011 sobre información alimentaria al consumidor. Obliga a etiquetar de forma clara el origen del azúcar, el carácter "orgánico" y el organismo certificador.

"La información alimentaria no inducirá a error al consumidor en cuanto a las características del alimento, en particular su naturaleza, identidad, propiedades, composición, cantidad, duración, país de origen o lugar de procedencia" (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2011, art. 7)".

Para la importación de productos orgánicos a la Unión Europea (UE), se necesita un Certificado de Inspección (COI) válido, que es un documento digital emitido en el sistema TRACES (un sistema de certificación electrónica de productos ecológicos importados de terceros países). Este e-COI garantiza la trazabilidad y la validez del estatus orgánico del producto, reemplazando los COI manuales en papel y permitiendo un despacho aduanero más rápido.

2.1.2 Proceso General para Exportar Productos Orgánicos a la UE

Para importar productos orgánicos a la Unión Europea (UE), es obligatorio contar con un Certificado de Inspección (COI) válido, el cual se emite digitalmente a través del sistema TRACES, que funciona como plataforma electrónica para la certificación de productos orgánicos provenientes de terceros países. Este e-COI asegura la trazabilidad del producto y

valida su condición orgánica, sustituyendo los certificados en papel y facilitando un despacho aduanero más eficiente (European Commission, 2021; Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018).

La certificación orgánica válida constituye la autorización oficial de que un producto cumple con las normas de producción ecológica de la UE, permitiendo su importación y comercialización dentro del territorio europeo. Esta certificación cubre todas las etapas del proceso, incluyendo producción, procesamiento, distribución y venta del producto (European Commission, 2021).

El e-COI digital en TRACES es un certificado electrónico que confirma la condición orgánica de un envío de productos orgánicos hacia la UE. TRACES es la plataforma de la Comisión Europea diseñada para gestionar estos certificados, garantizando la trazabilidad y reduciendo el riesgo de fraudes en las importaciones. El e-COI reemplaza el antiguo COI en papel y está disponible de inmediato para todos los actores involucrados en la cadena de suministro (European Commission, 2021).

El proceso general para exportar productos orgánicos a la UE incluye cuatro pasos principales:

i. Certificación orgánica: El producto debe ser certificado por un organismo de control autorizado en el país de origen, asegurando que cumpla con las normas europeas (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018).

ii. Registro en TRACES: El operador o importador debe ingresar la solicitud de e-COI en el sistema TRACES NT.

iii. Emisión del e-COI: El organismo de control del país exportador emite el certificado electrónico a través de TRACES.

iv. Validación en frontera: Al llegar a la UE, las autoridades competentes verifican el e-COI para permitir el despacho del envío como producto orgánico (European Commission, 2021).

2.2 . Infraestructura Tecnológica en la Agricultura y Agroindustria

La infraestructura tecnológica comprende el conjunto de equipos, sistemas, software y plataformas digitales que permiten registrar, procesar y analizar información en tiempo real para la gestión productiva y comercial (Marr, 2012).

Componentes clave:

- Hardware: computadoras, servidores, dispositivos móviles, sistemas de geolocalización.
- Software: ERP, sistemas de gestión de inventario, bases de datos y plataformas de trazabilidad (Odoo, SAP Business One, LJ System).

- Redes y conectividad: infraestructura para la transferencia de datos entre campo, planta y administración.

Una infraestructura tecnológica moderna permite integrar todos los registros de la cadena de suministro, facilitando el cumplimiento de normas internacionales, la generación de reportes automáticos y la auditoría digital (FAO & OMS, 2020; ISO, 2018).

2.3 Evaluación de Sistemas de Gestión y KPIs

Los indicadores clave de desempeño (KPIs) permiten medir la eficiencia, seguridad y cumplimiento de los procesos de trazabilidad (Parmenter, 2015; Marr, 2012). Ejemplos incluyen porcentaje de lotes trazables, tiempo de registro, integración de sistemas y cumplimiento de auditorías.

El uso de un semáforo de cumplimiento categoriza el desempeño en alto riesgo, cumplimiento parcial o adecuado, facilitando la toma de decisiones estratégicas por la gerencia (Parmenter, 2015; Marr, 2012).

En el caso de Buenas Prácticas y Casos de Aplicación, los estudios de trazabilidad en cooperativas agrícolas destacan la importancia de integrar infraestructura tecnológica, capacitación del personal y digitalización de registros (FAO & OMS, 2020). Implementaciones exitosas incluyen el uso de ERP integrados con sistemas de trazabilidad, geolocalización de parcelas y certificados digitales, lo que reduce errores y asegura cumplimiento de normas internacionales.

3. Metodologia

La presente investigación tuvo como objeto de estudio a la Cooperativa Manduvira Ltda., ubicada en el distrito de Arroyos y Esteros, perteneciente al Departamento de Cordillera. La sede administrativa de la cooperativa se encuentra en el centro de la ciudad de Arroyos y Esteros, mientras que su planta industrial está emplazada en la compañía Isla Guazú. El área de influencia de la cooperativa abarca no solo el distrito de Arroyos y Esteros, sino también las localidades vecinas de 25 de Diciembre, Juan de Mena, 1º de Marzo y Tobatí, consolidando su presencia y actividad en la región circundante.

Diseño de investigación

Se empleo un enfoque mixto, concurrente (cuantitativo y cualitativo) que permitió la triangulación de información: un diagnóstico técnico de la infraestructura y sistemas (evaluación objetiva) combinado con percepciones y capacidades del personal y socios (entrevistas, encuestas, observación).

Población y muestra: el objeto de estudio corresponde a la Cooperativa Manduvirá (instalaciones, sistemas informáticos y de trazabilidad, personal técnico y administrativo, y socios productores).

Para llevar a cabo el diagnóstico, se implementó un enfoque mixto que combine la recolección de datos cualitativos y cuantitativos a través de las siguientes técnicas: entrevistas semiestructuradas con directivos, personal técnico y productores; análisis documental de normativas de Comercio Justo y estándares de trazabilidad; revisión y evaluación de los sistemas de información y tecnologías utilizadas; encuestas al personal sobre competencias digitales y uso de herramientas tecnológicas y observación en campo del flujo de información y registros de trazabilidad.

Cuadro 3. Cuadro de variables según objetivos planteados

Objetivos Específicos	Variable	Indicador	Herramienta de Recolección	Instrumento
Identificar los componentes de la infraestructura tecnológica actual y su grado de modernización	Infraestructura tecnológica	Tipo y cantidad de equipos tecnológicos	Observación, revisión documental	Lista de chequeo, ficha técnica
Analizar los sistemas de trazabilidad vigentes, las capacidades del personal en el manejo de tecnologías de trazabilidad y su conformidad con normativas internacionales	Sistemas de trazabilidad	Cumplimiento de normativas	Análisis documental, entrevistas	Guía de entrevista, matriz de cumplimiento
	Capacitación y habilidades tecnológicas	Nivel de formación del personal	Encuestas, entrevistas	Cuestionario estructurado, guía de entrevista

Fuente: Elaboración propia

Variables de evaluación

Infraestructura tecnológica: hardware (servidores, PCs, dispositivos móviles), redes (conectividad, ancho de banda), software (ERP, bases de datos), seguridad, mantenimiento, respaldo y continuidad. Indicadores: antigüedad, disponibilidad, nivel de automatización, capacidad de integración.

Sistemas de trazabilidad: alcance (desde campo hasta producto final), tipos de identificación (lotes, códigos), registros y formatos, compatibilidad con estándares

internacionales, interoperabilidad, integridad de datos. Indicadores: cobertura de lotes, trazabilidad inversa/ directa, tiempos de registro.

Capacitación y habilidades tecnológicas: conocimientos del personal, frecuencia de formación, actitudes frente a tecnología, competencias en uso de sistemas. Indicadores: nivel de competencia (básico/intermedio/avanzado), horas de formación anuales, autoevaluación y evaluación práctica.

Para el presente estudio se empleó una metodología de relevamiento de información primaria mediante entrevistas a informantes clave, seleccionados en función de las responsabilidades que desempeñan en los distintos procesos de la cooperativa. Cada entrevista tuvo una duración promedio de 45 a 60 minutos, y se utilizaron guías de entrevista estructuradas y diferenciadas por área, diseñadas específicamente para capturar información relevante según la función de cada participante. Adicionalmente, las reuniones con las áreas operativas incluyeron la observación directa de los sistemas en uso, abarcando software, registros físicos y flujos de información. En el caso de los productores, las entrevistas incorporaron preguntas sobre prácticas cotidianas, utilización de tecnologías móviles y registros manuales, con el fin de comprender sus procedimientos y hábitos de trabajo.

Además, se ha procedido a realizar la agrupación de cada área entrevistada y el objetivo de su entrevista directamente bajo los tres objetivos específicos de tu investigación.

Cabe destacar que para el Análisis de Resultados de Infraestructura Tecnológica y Trazabilidad en la Cooperativa Manduvirá, se realizó una lista de chequeo que se estructuró en cinco categorías: hardware, redes y conectividad, software y sistemas, seguridad y respaldo, y capacitación y percepción del personal, evaluando cada ítem en una escala de 0 a 3 (0 – Nula: El componente no existe o no se utiliza, 1 – Baja: Existe, pero es obsoleto, insuficiente o ineficaz, 2 – Mediana: Existe y cumple parcialmente, con limitaciones y 3 – Alta: Existe, actualizado, suficiente y alineado con estándares). Luego la Interpretación del Índice de Modernización Tecnológica (IMT) se estableció según las siguientes puntuaciones: Alta modernización tecnológica 81–100 puntos: Infraestructura sólida y alineada con estándares internacionales. Moderada modernización 61–80 puntos: Buen nivel, con algunas brechas a cerrar en corto plazo. Modernización baja 41–60 puntos: Varias limitaciones que afectan la competitividad internacional. Obsolescencia tecnológica ≤ 40 puntos: Requiere intervención prioritaria y plan de actualización urgente.

Luego, para la presentación de los resultados del diagnóstico de trazabilidad y gestión tecnológica en la Cooperativa Manduvirá, se utilizó la metodología de semáforo, basada en una

escala de puntuación que permite visualizar de manera inmediata el nivel de cumplimiento de cada área evaluada. Cada ítem fue calificado en una escala de 0 a 3 puntos, donde 0 representa "nula" o ausencia de cumplimiento, y 3 corresponde a "alta" o cumplimiento óptimo.

La sumatoria de los puntajes por sección determinó el color del semáforo: rojo (0–3 puntos) indica riesgo alto o no cumplimiento, amarillo (4–6 puntos) refleja cumplimiento parcial o necesidad de mejoras, y verde (7–9 puntos) señala buen cumplimiento y adecuación al estándar requerido (Parmenter, 2015; Marr, 2012).

Esta metodología se fundamenta en la literatura de gestión de calidad, auditorías de procesos y evaluación de desempeño, así como en normativas de trazabilidad alimentaria. Entre las referencias más relevantes se encuentran las normas ISO 22000 que recomiendan evaluar procesos críticos mediante indicadores de desempeño y criterios de cumplimiento (ISO, 2018), y las directrices del Codex Alimentarius sobre trazabilidad de alimentos (FAO & OMS, 2020). Además, los reglamentos de la Unión Europea sobre producción orgánica y trazabilidad (UE 2018/848, CE 178/2002, UE 2023/1115) sirven como referencia para definir criterios de cumplimiento normativo (Unión Europea, 2002; 2018; 2023).

4. Resultados

Los resultados obtenidos permitieron elaborar un diagnóstico integral del estado actual de la Cooperativa Manduvira. En primer lugar, se evaluó el grado de modernización de la infraestructura, identificando áreas con equipamiento actualizado y otras que requieren mejoras para optimizar la eficiencia operativa y la productividad. En segundo lugar, se analizaron los sistemas de trazabilidad vigentes y las capacidades del personal en el manejo de tecnologías asociadas, evidenciando que, si bien el personal cuenta con competencias básicas adecuadas, existen oportunidades significativas de capacitación para garantizar el cumplimiento pleno de las normativas internacionales aplicables. Finalmente, a partir de estos hallazgos, se formularon recomendaciones estratégicas orientadas a mejorar la infraestructura y los sistemas de trazabilidad, con el objetivo de fortalecer la competitividad, asegurar la calidad de los procesos y garantizar la conformidad con los estándares internacionales de seguridad y gestión alimentaria.

4.1 Diagnóstico detallado del estado actual de la infraestructura y grado de modernización de la Cooperativa Manduvira

Los resultados obtenidos reflejan un nivel moderado de modernización tecnológica en la Cooperativa Manduvirá, con un puntaje total de 64 puntos en la evaluación de distintos

componentes tecnológicos, moderada modernización del Índice de Modernización Tecnológica (IMT), lo que indica un buen nivel general, aunque con algunas brechas que deben abordarse en el corto plazo.

En relaciona al Hardware, se observa que la disponibilidad de equipos (PC, laptops y servidores) se considera mediana, cumpliendo parcialmente las necesidades del personal. Sin embargo, la antigüedad de los equipos es un punto crítico, dado que muchos superan los cinco años, presentando obsolescencia y limitando la capacidad de procesamiento y almacenamiento. La cobertura del hardware para todo el personal es parcialmente satisfactoria. Esto indica la necesidad de renovar equipos estratégicos y ampliar el acceso a dispositivos para garantizar la eficiencia operativa.

Luego, cuando se analiza la la situación de las redes y conectividad, la cooperativa cuenta con acceso a Internet, pero la velocidad y estabilidad de la red presentan limitaciones. La cobertura de la red interna (WiFi/LAN) es parcial, lo que puede afectar la continuidad de los procesos y la integración de sistemas. Se requiere mejorar la infraestructura de red y garantizar conexiones confiables, especialmente para soportar sistemas de trazabilidad y ERP, ya que no se dispone de conexión a internet en las fincas de los productores.

Por otro lado, en cuanto a los Software y Sistemas, se observa que existe un sistema ERP (LJ SYSTEM) y un sistema de trazabilidad en uso, pero ambos presentan limitaciones y requieren ajustes para cumplir plenamente con las necesidades operativas. La actualización de software y licencias se realiza de manera regular y legal, y la usabilidad de los sistemas es media, cumpliendo parcialmente con los requerimientos de producción y control de información.

Luego, cuando se analiza la Seguridad y Respaldo, se observa que las medidas de seguridad, como antivirus, firewall, políticas de acceso y respaldo de información, están implementadas y son funcionales. Sin embargo, el plan de recuperación ante desastres y continuidad está en desarrollo, evidenciando una oportunidad para fortalecer la resiliencia tecnológica frente a eventualidades.

Seguidamente, al observar la Capacitación y Percepción del Personal se resalta que el nivel de capacitación tecnológica y competencia en el uso de sistemas es medio.

Finalmente, la Cooperativa Manduvirá presenta una infraestructura tecnológica con buen nivel de modernización, especialmente en seguridad y respaldo de información, y en actualización de software y licencias. Sin embargo, existen brechas en hardware, conectividad, integración de sistemas y capacitación del personal, que deben ser abordadas para alcanzar un

nivel óptimo de operación tecnológica y garantizar la adecuada trazabilidad del azúcar orgánico en el marco de los requerimientos del comercio internacional.

Además, la percepción sobre la modernización tecnológica es medianamente actualizada, y la apertura al cambio e innovación tecnológica se considera moderada. Esto sugiere que, además de mejorar la infraestructura, es necesario invertir en capacitación continua para que el personal pueda aprovechar plenamente las herramientas tecnológicas disponibles.

4.2 Sistemas de trazabilidad vigentes de la Cooperativa Manduvira, las capacidades del personal en el manejo de tecnologías de trazabilidad y su conformidad con normativas internacionales

4.2.1 Sistema de Trazabilidad vigentes de la Cooperativa Manduvira

Las respuestas obtenidas evidencian que la Cooperativa Manduvirá cuenta con una estructura sólida de protocolos y registros vinculados a la trazabilidad del azúcar orgánico, gestionados desde el área de Gerencia de Calidad, cuya responsable posee amplia experiencia en el cargo (desde 2013). En la dimensión de protocolos de trabajo, se confirma la existencia de procedimientos formalmente documentados para todas las etapas del proceso —desde la recepción de materia prima hasta el despacho final—, los cuales se aplican tanto de manera manual como mediante un sistema digital. Además, estos protocolos se actualizan periódicamente conforme a normativas internacionales, lo que indica un esfuerzo institucional por sostener la conformidad regulatoria y la mejora continua.

En cuanto a los registros de producción y trazabilidad, el cuestionario muestra un sistema robusto que documenta de forma consistente todos los lotes, incluyendo información detallada de productores, parcelas, fechas de recepción, procesamiento y control de calidad. Estos registros combinan métodos manuales y digitales, lo que garantiza redundancia, pero también evidencia una transición incompleta hacia la digitalización plena. Asimismo, la cooperativa mantiene actualizados los certificados orgánicos y e-COI, además de los documentos de transporte y despacho, lo que refuerza la integridad del sistema de trazabilidad y la preparación para auditorías.

Respecto al sistema de trazabilidad, se confirma la existencia de una plataforma digital basada en ERP, capaz de rastrear los lotes desde la finca de origen hasta el cliente final. El sistema integra certificados e-COI y plataformas internacionales como TRACES, y facilita tanto auditorías internas como externas. Sin embargo, la capacitación del personal se reporta

como “parcial”, lo que constituye una brecha crítica, dado que la eficacia de cualquier sistema digital depende directamente del manejo adecuado por parte de los usuarios.

Por otro lado, cuando analizamos los procesos digitales y trazabilidad comercial se observa que la Cooperativa Manduvirá posee un sistema mixto (manual + digital) para la gestión de trazabilidad y ventas. Si bien existe un nivel importante de información registrada y una larga experiencia del personal a cargo (más de 20 años), la infraestructura tecnológica aún no está plenamente integrada ni automatizada. Los procesos manuales en específico comprenden los formularios básicos obligatorios a ser completados por los productores tales como el formulario de inspección interna de finca orgánica, la Carta de compromiso de la norma de responsabilidad social de NATURLAND, la carta de Compromiso para Producir según Norma Orgánica: UE834/2007, 889/2008 y 2018/848, NOP USDA, Bio Suisse, NATURLAND, JAS. Reglamento (UE) 2018/848, luego estas informaciones recabadas de manera manual y en planillas impresas son registradas en una Planilla Excel denominada LPA SIC, la cual es utilizada como base para alimentar el sistema LJ SYTEM. El sistema interno está operativo de forma parcial y requiere ajustes para funcionar al 100%.

Luego, el análisis del sistema de trazabilidad en la planta industrial de la Cooperativa Manduvirá evidencia que, si bien existen procedimientos documentados para la recepción, molienda y procesamiento de la caña de azúcar, el sistema aún depende principalmente de registros manuales y físicos. En la recepción de materia prima, cada lote se registra con información de productor y parcela, asignándose un código único a cada entrega; sin embargo, la verificación de la certificación orgánica se realiza antes de la llegada a planta y no durante la recepción, y las inspecciones de calidad son aleatorias y documentadas físicamente. Durante la molienda y procesamiento, se registra cada etapa y se asegura la segregación de lotes orgánicos y convencionales, así como el control de insumos, aunque no se dispone de software o planillas para registrar datos en tiempo real. En el control de calidad, los resultados de laboratorio se documentan, pero no se vinculan digitalmente con el lote original ni se cuenta con un sistema integral que centralice esta información. Respecto a sistemas y tecnología, la planta no dispone de software ERP ni sistemas digitales integrados con certificados e-COI o TRACES, y el personal no está capacitado en trazabilidad digital, aunque no se identifican limitaciones críticas en la operación actual. En conjunto, estas respuestas reflejan un sistema funcional pero manual, con necesidad de modernización tecnológica para cumplir con estándares internacionales de trazabilidad y mejorar la eficiencia y confiabilidad de la información.

En ese contexto, con la entrevista realizada a los productores se resaltan los siguientes hallazgos:

- La mayoría de los productores cuentan con más de 10 años de antigüedad en la cooperativa, con una finca de aproximadamente 5 hectáreas, de las cuales 4,5 están destinadas a caña de azúcar. Esta información indica que los socios cuentan con experiencia y un nivel de dedicación significativo a la producción de azúcar orgánico, lo que sugiere que sus prácticas y percepciones pueden reflejar la realidad de la producción familiar en la región.
- El productor cuenta con acceso a electricidad y una señal de Internet muy limitada a través del celular. No utiliza dispositivos electrónicos para registrar información, sino que mantiene registros manuales en una libreta, donde anota rendimiento, insumos y fechas de siembra y cosecha. No ha recibido capacitación en herramientas digitales en los últimos tres años y se percibe con un bajo dominio tecnológico. Esto evidencia que la finca funciona con métodos tradicionales, lo que limita la adopción de sistemas de trazabilidad digital y la integración de información para cumplir requisitos internacionales.
- Aunque el productor lleva registros básicos de los lotes de producción, desconoce el concepto de trazabilidad y no está familiarizado con sistemas como TRACES o certificados digitales e-COI. La cooperativa gestiona la geolocalización y los datos de la finca durante sus visitas técnicas, por lo que el productor no participa activamente en estos procesos. Aun así, reconoce que sus registros ayudan a mejorar la calidad y la comercialización del producto, lo que indica una percepción positiva sobre el valor de la documentación, aunque limitada por la falta de herramientas digitales.
- El productor considera que la trazabilidad es muy importante para el comercio internacional, pero enfrenta dificultades principalmente por la falta de capacitación. Manifiesta necesidad de apoyo en equipamiento tecnológico y expresa disposición para incorporar herramientas digitales en la gestión de su finca. Esto revela una apertura al cambio, aunque condicionada a recibir apoyo y formación.
- El productor sugiere la adquisición de maquinaria para cosecha de caña de azúcar, ya que los cortadores y peladores actuales son antiguos y hay escasez de mano de obra. Esta propuesta refleja la necesidad de modernización tecnológica no solo en los registros y trazabilidad, sino también en la producción física, lo que podría

impactar indirectamente en la eficiencia y en la calidad del azúcar orgánico producido.

En Síntesis, el cuestionario aplicado a los socios productores revela que, si bien los productores llevan registros manuales básicos, existe un bajo nivel de digitalización y comprensión de la trazabilidad internacional. La cooperativa asume gran parte de la gestión digital y geográfica de los lotes, mientras que los productores dependen de métodos tradicionales. Existe una percepción positiva sobre la importancia de la trazabilidad, apertura a la incorporación de tecnologías y una clara necesidad de capacitación y equipamiento. La modernización de la infraestructura tecnológica en finca es esencial para mejorar la calidad, eficiencia y cumplimiento de normativas internacionales.

Finalmente, las oportunidades de mejora identificadas incluyen la actualización de protocolos de recepción y almacenamiento, la digitalización completa de los registros de procesamiento y control de calidad, una mayor integración con certificaciones digitales, y un fortalecimiento de la capacitación técnica del personal, especialmente en el área de calidad. La mención explícita a la necesidad de incorporar nuevos métodos y mejorar el sistema informático revela que la cooperativa reconoce la importancia estratégica de una trazabilidad completamente digitalizada para enfrentar exigencias regulatorias crecientes y mantener su competitividad. En síntesis, el sistema actual es funcional y cumple con estándares básicos, pero requiere modernización y fortalecimiento de capacidades humanas para alcanzar un nivel óptimo de desempeño.

El diagnóstico general del sistema de trazabilidad vigente en la Cooperativa Manduvira (Cuadro 1) revela un nivel de desarrollo intermedio, con avances importantes, pero aún con brechas que requieren atención estratégica. La trazabilidad postproducción presenta un nivel medio, dado que los procesos están implementados, pero no se encuentran totalmente automatizados ni digitalizados, lo que limita la eficiencia y la precisión en el seguimiento de los lotes. La integración entre el sistema de producción y el área de ventas también se sitúa en un nivel medio, debido a la existencia de conexiones parciales que aún no logran una interoperabilidad plena entre plataformas. En materia de seguridad informática, el nivel se ubica entre medio y alto, con medidas básicas implementadas, aunque todavía insuficientes para garantizar una protección tecnológica robusta frente a amenazas crecientes. Finalmente, la preparación frente a las normativas de la Unión Europea presenta un nivel medio, dado que, si bien se cumplen los requisitos esenciales, aún es necesaria una transformación digital completa

del sistema para asegurar el cumplimiento pleno de regulaciones como el EUDR y otros estándares internacionales.

Cuadro 1. Diagnóstico global del Sistema de Trazabilidad vigentes de la Cooperativa Manduvira

Dimensión evaluada	Nivel estimado	Fundamentación
Trazabilidad Post Producción	**Media**	Existe trazabilidad, pero no automatizada ni totalmente digital.
Integración Sistema–Ventas	**Media**	Existen vínculos, pero no integración total entre plataformas.
Seguridad Informática	**Media–Alta**	Hay medidas básicas, pero falta robustez tecnológica.
Capacitación y Gestión del Talento	**Alta**	Personal experimentado y capacitado.
Preparación para normativas UE	**Media**	Cumplen requisitos esenciales, pero requieren digitalización completa.

4.2.2 Capacidad del personal en el manejo de tecnologías de trazabilidad de la Cooperativa Manduvira

Con relación a la capacidad del personal en el manejo de tecnologías de trazabilidad de la cooperativa Manduvira, se ha observado que la dimensión de capacitación y gestión del talento se destaca con un nivel alto, reflejando la presencia de personal experimentado y competente en las funciones asignadas, Sin embargo, existen brechas en capacitación del personal, que deben ser abordadas para alcanzar un nivel óptimo de operación tecnológica y garantizar la adecuada trazabilidad del azúcar orgánico en el marco de los requerimientos del comercio internacional.

Cuadro 7. Capacidad de manejo de tecnologías de Trazabilidad vigentes de la Cooperativa Manduvira

Dimensión evaluada	Nivel estimado	Fundamentación
Capacitación y Gestión del Talento	**Alta**	Personal experimentado y capacitado.

4.2.3 Diagnóstico de Trazabilidad y Cumplimiento Normativo (UE) de la Cooperativa Manduvira

El diagnóstico realizado evidencia que la Cooperativa Manduvira presenta un alto cumplimiento en los aspectos básicos de trazabilidad y cumplimiento normativo relacionados con la seguridad alimentaria y la producción orgánica. Según el Reglamento (CE) 178/2002, todos los ítems evaluados —registro de productores y parcelas, identificación de lotes,

documentación de molienda, producción y empaque, y rastreo hasta el comprador— fueron valorados como alta, lo que se refleja en un semáforo verde, indicando cumplimiento adecuado y bajo riesgo en esta dimensión.

En relación con la producción y etiquetado orgánico (Reglamento UE 2018/848), la cooperativa también cumple en la mayoría de los ítems: certificación orgánica vigente, registro de insumos y auditorías internas, y segregación física entre productos orgánicos y convencionales son altos, mientras que la gestión digital de los certificados e-COI se valoró como media, lo que refleja una oportunidad de mejora en la digitalización de certificados por lote. El semáforo se mantiene verde, evidenciando un cumplimiento mayoritario.

Respecto a la información alimentaria al consumidor (Reglamento UE 1169/2011), todos los ítems fueron calificados como alta, incluyendo etiquetado claro, mención del país de origen, código de certificador y veracidad de la información, lo que también se traduce en un semáforo verde, indicando que la cooperativa garantiza transparencia y cumplimiento en la comunicación al consumidor.

Para la dimensión de productos libres de deforestación (Reglamento UE 2023/1115), se observa que la geolocalización de parcelas, políticas de sostenibilidad y reportes ambientales se gestionan adecuadamente (alta), mientras que la evidencia de no deforestación recibió una valoración baja, mostrando un área crítica que requiere fortalecimiento. Sin embargo, el semáforo general de esta sección sigue siendo verde, dado que la mayoría de los elementos esenciales se cumplen.

Finalmente, en cuanto a la digitalización y registros electrónicos (Reglamento UE 2021), se identifican brechas importantes: el uso de plataformas digitales para la gestión de trazabilidad es bajo, mientras que la seguridad y confiabilidad de los registros y la disponibilidad de información para auditorías electrónicas son medias. Esto genera un semáforo amarillo, evidenciando que, si bien existen registros y procedimientos, la digitalización es insuficiente y se requiere inversión en sistemas tecnológicos y capacitación para garantizar trazabilidad electrónica confiable y auditables.

5. Consideraciones finales

La investigación sobre la infraestructura tecnológica y los sistemas de trazabilidad de la Cooperativa Manduvira permitió identificar tanto fortalezas como áreas de mejora a lo largo de toda la cadena de valor del azúcar orgánico. La cooperativa cuenta con una base sólida en trazabilidad y gestión, sustentada en la experiencia del personal y en la implementación de

sistemas mínimos operativos, lo que garantiza buenas prácticas y cumplimiento general en sus procesos. En términos de cumplimiento normativo, la cooperativa satisface de manera adecuada los requerimientos de trazabilidad física, etiquetado y sostenibilidad de la normativa europea, mostrando un alto nivel de madurez en la gestión de procesos y documentación manual.

No obstante, los resultados evidencian que el sistema de trazabilidad vigente, si bien funcional, se encuentra parcialmente digitalizado y depende significativamente de registros manuales, lo que limita la integración completa entre producción, control de calidad y gestión de ventas. La infraestructura tecnológica actual presenta equipos parcialmente actualizados, conectividad limitada y software que requiere modernización, afectando la eficiencia operativa y la capacidad de cumplimiento frente a los nuevos requisitos internacionales, en particular los Reglamentos UE 2018/848, e-COI y EUDR 2023/1115.

Se identifican brechas importantes en la digitalización de registros, integración de plataformas y generación de evidencia de sostenibilidad, como la no deforestación de parcelas. Asimismo, aunque el personal de planta, gerencia y productores demuestra experiencia y compromiso, se evidencian limitaciones en capacitación tecnológica, uso de herramientas digitales y conocimiento de plataformas como TRACES y e-COI. En cuanto a digitalización y registros electrónicos (Reglamento UE 2021), el uso de plataformas digitales para la gestión de trazabilidad es bajo, mientras que la seguridad y confiabilidad de los registros y la disponibilidad de información para auditorías electrónicas son medias, generando un semáforo amarillo que evidencia la necesidad de mejoras.

Desde una perspectiva estratégica, la gerencia reconoce la importancia de modernizar la infraestructura tecnológica y fortalecer los sistemas de trazabilidad, priorizando la integración digital, la capacitación del personal y el apoyo institucional externo. Se concluye que, para garantizar competitividad internacional, transparencia operativa y eficiencia en toda la cadena de valor, es indispensable avanzar hacia un sistema de trazabilidad completamente digitalizado, seguro e integrado, acompañado de inversiones en software actualizado, automatización de alertas y reportes, reducción de registros manuales y actualización de protocolos.

En síntesis, la Cooperativa Manduvira posee una base sólida en términos de procesos y experiencia del personal, pero requiere esfuerzos estratégicos en digitalización integral, modernización tecnológica y mejora de la gestión de la información para cumplir plenamente con los estándares internacionales y aprovechar oportunidades de crecimiento en mercados globales.

Referencias

COOPERATIVA MANDUVIRÁ LTDA. Certificaciones y exportaciones. Disponible en: https://www.manduvira.com/index.php/es/. Acceso en: 30 nov. 2025.

EMBRAPA. Brasil tendrá el primer azúcar mascabo rastreado con tecnología blockchain. 2023. Disponible en: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71508414/brasil-tera-o-primeiro-acucar-mascavo-rastreado-com-tecnologia-blockchain. Acceso en: 31 mar. 2026.

COMISIÓN EUROPEA. Sistemas de trazabilidad digital y certificación para productos orgánicos. Bruselas: EU Publications, 2021.

FAO; OMS. Directrices para la trazabilidad de alimentos. Roma: Codex Alimentarius, 2020.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Blockchain para cadenas de suministro de alimentos sostenibles y transparentes. Roma: FAO, 2022. Disponible en: https://www.fao.org/3/cb8916en/cb8916en.pdf. Acceso en: 31 mar. 2026.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN. ISO 22000:2018 – Sistemas de gestión de la inocuidad alimentaria – Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. Ginebra: ISO, 2018.

MARR, B. Indicadores clave de desempeño (KPI): Las 75 medidas que todo gerente necesita conocer. Harlow: Pearson Education, 2012.

OBSERVATORIO BLOCKCHAIN. Trazabilidad mediante blockchain en la exportación de café. 2023. Disponible en: https://observatorioblockchain.org.br/rastreabilidade-via-blockchain-na-exportacao-de-cafe. Acceso en: 31 mar. 2026.

PARLAMENTO EUROPEO; CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. Reglamento (CE) n.º 178/2002, de 28 de enero de 2002. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 31, p. 1–24, 2002.

PARLAMENTO EUROPEO; CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. Reglamento (UE) n.º 1169/2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor. Diario Oficial de la Unión Europea, L 304, p. 18–63, 2011.

PARLAMENTO EUROPEO; CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción y etiquetado de productos ecológicos. Diario Oficial de la Unión Europea, L 150, p. 1–92, 2018.

PARLAMENTO EUROPEO; CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. Reglamento (UE) 2023/1115 relativo a la comercialización y exportación de productos asociados a la deforestación. Diario Oficial de la Unión Europea, L 150, p. 206–247, 2023.

PARMENTER, D. Indicadores clave de desempeño: Desarrollo, implementación y uso de KPI exitosos. Hoboken: Wiley, 2015.