PROYECTO CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL NODO LÁCTEO DE LA ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR.

PLAN DE ACCIÓN

ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE

DIC 2025

REPORTE **2025**

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO: SBV–ES–CA–238–2025

"AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, ADMINISTRATIVOS Y FINANCIEROS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO DE CARACTERIZACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN EL NODO LÁCTEO DE LA ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR, ORIENTADO AL MEJORAMIENTO DE LA COMPETITIVIDAD, LA EFICIENCIAEN EL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA."

DICIEMBRE, 2025

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO

1. GLOSARIO 5

2. MARCO DEL PLAN DE ACCIÓN 7

2.1. Relación con el diagnóstico ambiental 7

2.2. Relación con la huella hídrica 7

3. HALLAZGOS DIAGNÓSTICOS 9

4. MEDIDAS AMBIENTALES PRIORIZADAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN 13

5. BUENAS PRÁCTICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS PRIORIZADAS 16

6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 18

7. ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL APROVECHAMIENTO DE SUEROS 21

7.1. Normativa 23

8. CONCLUSIONES 32

9. BIBLIOGRAFÍA 34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hallazgos diagnósticos estructurales e implicaciones para el Plan de Acción Ambiental ..10

Tabla 2. Matriz de medidas priorizadas del Plan de Acción Ambiental – INDUSTRIAS LÁCTEAS .14

Tabla 3. Lineamientos técnicos para la implementación y control del Plan de Acción Ambiental 16

Tabla 4. Normatividad colombiana sobre el lactosuero 23

Tabla 5. Alternativas de enfriamiento del suero 26

Tabla 6. Alternativa de aprovechamiento en producción de proteína 27

Tabla 7. Alternativa de aprovechamiento en la fertilización agrícola 28

Tabla 8. Alternativa de aprovechamiento alimentación animal 29

Tabla 9. Alternativa de aprovechamiento biogás 30

Tabla 10. Alternativa producción de gelatinas 31

INTRODUCCIÓN

El presente Plan de Acción Ambiental se formula en el marco del Convenio Interadministrativo SBV–ES–CA–238–2025, suscrito entre la Secretaría de Bienestar Verde de la Gobernación de Cundinamarca y la Corporación Ambiental Empresarial – CAEM, como parte de la Estrategia Departamental de Economía Circular, orientada al fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental y la competitividad del sector productivo del departamento.

Este instrumento técnico corresponde a la fase aplicada posterior al diagnóstico ambiental y a la caracterización de la huella hídrica desarrollados para la empresa ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE., y tiene como propósito traducir los hallazgos técnicos obtenidos en acciones concretas, priorizadas y viables, enfocadas en la mejora del desempeño ambiental de la planta procesadora, con énfasis en la gestión integral del recurso hídrico, la calidad de los vertimientos, la eficiencia energética y el aprovechamiento de subproductos bajo criterios de economía circular.

El Plan de Acción se construye a partir del análisis técnico de los procesos productivos, los patrones de consumo de agua y energía, la gestión actual de los vertimientos y los resultados del cálculo de huella hídrica, identificando brechas operativas y de gestión que inciden en la presión ejercida sobre el recurso hídrico y en el riesgo de incumplimiento normativo. En este contexto, el documento se orienta a fortalecer el control operativo, la trazabilidad de la información ambiental y la toma de decisiones basada en datos, como elementos fundamentales para la mejora continua del desempeño ambiental empresarial.

Las acciones propuestas se alinean con los principios de Producción Más Limpia, prevención de la contaminación y uso eficiente de los recursos, priorizando medidas de bajo y mediano costo con alto impacto ambiental, así como acciones estratégicas de mediano plazo sujetas a estudios de factibilidad técnica y financiera. Este enfoque permite que el Plan de Acción sea coherente con la realidad operativa de una MiPyme del sector lácteo, sin perder rigurosidad técnica ni alineación con los objetivos del proyecto.

Asimismo, el Plan de Acción se estructura en concordancia con el marco normativo ambiental vigente en Colombia, en particular con lo establecido en la Resolución 631 de 2015, que regula los parámetros y valores máximos permisibles para vertimientos líquidos, y con los lineamientos generales de gestión ambiental definidos en el Decreto 1076 de 2015, asegurando que las medidas

formuladas contribuyan al cumplimiento regulatorio y a la reducción de riesgos ambientales asociados a la operación.

En este sentido, el presente documento se concibe como una herramienta técnica de apoyo a la gestión empresarial, que articula diagnóstico, planificación y seguimiento, y que permite orientar la implementación progresiva de acciones ambientales con criterios de eficacia, viabilidad y sostenibilidad, contribuyendo al fortalecimiento del Nodo Lácteo dentro de la Estrategia Departamental de Economía Circular.

1. GLOSARIO

RECURSO HÍDRICO: se refiere a toda el agua disponible en la naturaleza para el uso humano, industrial, agrícola, entre otros. Esto incluye agua superficial (ríos, lagos, embalses) y agua subterránea (acuíferos). El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo, pero es limitado y debe ser gestionado de manera sostenible para evitar su agotamiento o contaminación.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: Conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos diseñados para eliminar o reducir los contaminantes de las aguas residuales antes de que se devuelvan al medio ambiente o se reutilicen. El tratamiento puede incluir etapas como la sedimentación, filtración, desinfección y la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos, con el fin de proteger la salud humana y el ecosistema acuático.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (P+L): Enfoque de prevención de la contaminación que se basa en la mejora continua de los procesos productivos, minimizando la generación de residuos y el uso de recursos, como el agua, energía y materias primas.

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN: Conjunto de prácticas, políticas y tecnologías orientadas a evitar la generación de contaminantes en las fases iniciales del proceso productivo, en lugar de tratar de eliminarlos posteriormente.

EFICIENCIA EN EL USO DE RECURSOS: Estrategia para reducir el consumo de materiales, agua, energía, y otros recursos en los procesos de producción, minimizando costos y el impacto ambiental.

AUDITORÍA AMBIENTAL: Evaluación detallada de las actividades y procesos de una empresa para identificar oportunidades de mejora en la reducción de residuos, emisiones y consumo de recursos.

TECNOLOGÍAS LIMPIAS: Herramientas y procesos innovadores que permiten una producción más sostenible, con menor impacto ambiental y mayor eficiencia en el uso de recursos.

GESTIÓN DE RESIDUOS: Sistema para la minimización, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos generados durante los procesos productivos, con el objetivo de reducir su impacto ambiental.

VALORACIÓN DE RESIDUOS: Proceso de convertir los residuos en recursos útiles, ya sea mediante su reciclaje, reutilización o aprovechamiento para la generación de energía.

SOSTENIBILIDAD: Capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas, abarcando aspectos sociales, económicos y ambientales.

EFICIENCIA ENERGÉTICA: La eficiencia energética se refiere a la utilización óptima de la energía disponible para realizar una determinada tarea o proceso, minimizando el desperdicio de recursos. Se busca utilizar menos energía para obtener el mismo resultado, lo cual reduce los costos de operación y contribuye a la sostenibilidad al disminuir la demanda de fuentes de energía no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero.

ECONOMÍA CIRCULAR: Modelo económico que busca maximizar la reutilización de los recursos, reducir los residuos y evitar el uso excesivo de materias primas a través de procesos como el reciclaje, el rediseño y la reparación.

INDICADORES AMBIENTALES
Herramientas utilizadas para medir el impacto ambiental de las actividades productivas, como el consumo de agua, energía, emisiones de CO2, generación de residuos, entre otros.

2. MARCO DEL PLAN DE ACCIÓN

2.1. Relación con el diagnóstico ambiental

El presente Plan de Acción Ambiental se fundamenta directamente en los resultados del diagnóstico ambiental y productivo realizado a ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE., el cual permitió caracterizar de manera detallada los procesos operativos de la planta, los flujos de entrada y salida asociados al uso del recurso hídrico, el manejo de vertimientos, el consumo energético y la gestión de subproductos propios de la transformación láctea.

El diagnóstico evidenció brechas técnicas y de gestión relacionadas, principalmente, con la ausencia de medición sistemática por proceso, la limitada trazabilidad documental de variables ambientales críticas, y la dependencia de estimaciones globales para el control del consumo de agua y la generación de vertimientos. Estas condiciones restringen la capacidad de la organización para evaluar con precisión su desempeño ambiental, identificar desviaciones operativas y adoptar medidas preventivas oportunas.

En este contexto, el Plan de Acción no constituye un documento independiente ni paralelo al diagnóstico, sino su extensión operativa, en la medida en que transforma los hallazgos técnicos identificados en objetivos específicos y acciones concretas, orientadas a cerrar las brechas detectadas y fortalecer el control ambiental de la operación. La formulación de las acciones se realiza considerando la jerarquía de intervención ambiental, priorizando medidas de prevención en la fuente, control operativo y mejora continua, antes de alternativas correctivas de mayor complejidad tecnológica.

También, el diagnóstico permitió establecer la línea base sobre la cual se definen los indicadores de seguimiento del Plan de Acción, garantizando coherencia entre la situación actual de la empresa y las metas ambientales propuestas. De esta manera, el Plan de Acción se configura como un instrumento de planificación aplicado, que responde a condiciones reales de la planta y a su capacidad técnica y operativa, evitando la formulación de medidas genéricas o descontextualizadas.

2.2. Relación con la huella hídrica

El Plan de Acción Ambiental se articula de manera directa con los resultados del cálculo de la huella hídrica corporativa desarrollado para ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE., el cual permitió cuantificar la presión ejercida por la actividad productiva sobre el recurso hídrico y analizar la contribución relativa de los distintos componentes de la huella.

La evaluación de la huella hídrica evidenció que, si bien el consumo directo de agua constituye un componente relevante de la operación, la gestión de los vertimientos y la carga contaminante asociada representa un factor crítico para el desempeño ambiental de la empresa, particularmente en relación con la huella hídrica gris. Esta condición refuerza la necesidad de fortalecer los mecanismos de medición, seguimiento y control de los efluentes generados, así como de optimizar los procesos que inciden en la generación de cargas orgánicas y sólidos.

En respuesta a estos resultados, el Plan de Acción prioriza acciones orientadas a:

i. mejorar la trazabilidad del consumo de agua por proceso.
ii. reducir la incertidumbre asociada a estimaciones globales.
iii. fortalecer el seguimiento operativo de los vertimientos.
iv. disminuir el riesgo de incumplimiento frente a los parámetros establecidos en la normativa vigente.

Estas acciones buscan incidir de manera directa en los componentes de la huella hídrica identificados como críticos, permitiendo avanzar hacia un uso más eficiente del recurso y una gestión ambiental basada en información verificable y trazable. En particular, se orientan a reducir la incertidumbre asociada a estimaciones globales, fortalecer el seguimiento operativo de los vertimientos y disminuir el riesgo de incumplimiento frente a los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

La articulación entre la huella hídrica y el Plan de Acción se enmarca en el alcance del Convenio Interadministrativo, cuyo propósito no se limita al cumplimiento normativo, sino que promueve la mejora del desempeño ambiental y productivo de las empresas vinculadas al Nodo Lácteo, bajo los principios de la Estrategia Departamental de Economía Circular. En este sentido, las acciones formuladas incorporan un enfoque de optimización del desempeño hídrico y de valorización de subproductos propios del proceso lácteo, tales como el aprovechamiento del lactosuero y la reducción de pérdidas de materia prima, contribuyendo simultáneamente a la disminución de la carga contaminante del efluente y al fortalecimiento de la eficiencia productiva.

El Plan de Acción constituye un mecanismo para traducir los resultados de la huella hídrica en decisiones operativas y de gestión alineadas con el enfoque de economía circular, facilitando la incorporación progresiva de prácticas de prevención, aprovechamiento y mejora continua en la planificación interna de la organización, de conformidad con los lineamientos de gestión sostenible del agua promovidos a nivel nacional e internacional (Hoekstra, 2011).

3. HALLAZGOS DIAGNÓSTICOS

El análisis integrado del diagnóstico ambiental, los procesos productivos y los resultados de la huella hídrica de la ASOCIACIÓN PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE permitió identificar un conjunto de condiciones estructurales que determinan el desempeño ambiental actual. Se evidencia una operación con infraestructura básica y equipos de control de calidad subutilizados por falta de capacitación técnica , sumado a una gestión hídrica basada en estimaciones debido a la ausencia de medición directa en las áreas de proceso y vertimiento.

Los hallazgos presentados a continuación constituyen la base para el Plan de Acción, priorizando la formalización de procesos, la validación del cumplimiento normativo (actualmente incierto por falta de monitoreos) y el fortalecimiento de las competencias técnicas del personal operativo.

Tabla 1. Hallazgos diagnósticos estructurales e implicaciones para el Plan de Acción Ambiental

Componente ambiental	*Hallazgo estructural identificado*	*Implicación técnica para la gestión*	*Riesgo ambiental / operativo asociado*	*Enfoque requerido en el Plan de Acción*
Gestión del recurso hídrico	Ausencia de micromedición y control por áreas: El consumo se basa en una única lectura general (acueducto veredal) y estimaciones teóricas, sin distinguir entre administración y producción.	Imposibilidad de calcular indicadores reales de eficiencia (litros agua/litro leche) o detectar fugas específicas en la red interna.	Incertidumbre en el desempeño hídrico y dificultad para validar el ahorro real obtenido tras implementar mejoras tecnológicas o BPO.	Implementar progresivamente medición sectorizada y registros diarios de consumo asociados a los días de producción.
Infraestructura de Vertimientos	Desconocimiento técnico del sistema de tratamiento: Existe incertidumbre sobre la ubicación exacta y estado del pozo séptico; se cuenta con trampa de grasas pero sin registros formales de mantenimiento.	El sistema opera "por inercia" sin garantía de que esté realizando una remoción efectiva de la carga orgánica antes de la infiltración o descarga.	Alto riesgo de contaminación del suelo o fuentes subterráneas y posible saturación del sistema no detectada a tiempo.	Localizar e inspeccionar la infraestructura existente (pozo) y estandarizar el mantenimiento preventivo de la trampa de grasas.
Calidad de Vertimientos (Cumplimiento)	Incertidumbre normativa por falta de caracterización: No existen análisis de laboratorio (DQO, SST, pH) que validen la calidad del efluente frente a la Resolución 0631 de 2015.	No es posible afirmar el cumplimiento normativo; los cálculos de huella gris son teóricos y podrían subestimar el impacto real.	Riesgo legal por incumplimiento de parámetros y sanciones por parte de la autoridad ambiental o el prestador del alcantarillado.	Ejecutar la caracterización de vertimientos prioritaria para establecer una línea base real y ajustar el sistema de tratamiento.
Competencia Técnica y BPM	Brecha en capacitación y subutilización tecnológica: La planta cuenta con equipos de laboratorio (incubadora, baño	La falta de estandarización técnica impide asegurar la inocuidad constante y optimizar el uso de recursos	Variabilidad en la calidad del producto y limpieza ineficiente que incrementa la carga	Capacitación urgente al personal en manejo de equipos, BPM y control de procesos para asegurar la consistencia operativa.

	termostatado) que el personal no sabe operar; no hay documentación de BPM.	(agua/energía) en procesos térmicos.	contaminante y el consumo de agua.	
Gestión Energética	Falta de inventario y control de eficiencia: No existe un registro formal de maquinaria y el consumo energético no se correlaciona con los volúmenes de producción.	Dificultad para identificar equipos obsoletos o ineficientes que elevan los costos operativos sin aportar valor al proceso.	Gastos operativos innecesarios y huella de carbono no gestionada asociada al consumo eléctrico y de GLP.	Levantar el inventario de equipos y establecer indicadores de consumo energético por unidad de producto procesado.
Economía Circular (Subproductos)	Aprovechamiento de lactosuero sin trazabilidad formal: El suero se vende para alimentación animal ($5.000/cantina), pero la gestión carece de soportes documentales robustos.	La valorización del residuo es una práctica comercial informal, no integrada como una estrategia de sostenibilidad auditada.	Pérdida de evidencia para certificar prácticas de economía circular y riesgo de mala disposición si falla el comprador actual.	Formalizar el proceso de venta/entrega del lactosuero con registros de trazabilidad para consolidarlo como estrategia de Economía Circular.

Fuente: CAEM,2025

Los hallazgos consolidan que las principales brechas ambientales de la ASOCIACIÓN SAN JORGE no son solo de infraestructura, sino de información y gestión técnica. Al no contar con caracterizaciones de vertimientos antes del proyecto, ubicación clara del sistema séptico ni manuales de BPM, la organización opera bajo un modelo empírico de alto riesgo.

El Plan de Acción Ambiental debe enfocarse, en una primera etapa, en "hacer visible" lo invisible: monitorear caudales, caracterizar el agua residual y capacitar al personal para usar la tecnología que ya poseen, pasando de una operación empírica a una gestión técnica controlada.

4. MEDIDAS AMBIENTALES PRIORIZADAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

El presente numeral consolida las medidas ambientales priorizadas para la implementación del Plan de Acción Ambiental de ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE., como resultado directo del análisis de los hallazgos diagnósticos estructurales y de la aplicación de los criterios de priorización establecidos.

Las medidas aquí definidas no corresponden a un listado genérico de buenas prácticas, sino a intervenciones técnicas seleccionadas estratégicamente, orientadas a cerrar brechas críticas de gestión, reducir la vulnerabilidad ambiental de la operación y fortalecer la capacidad de control y toma de decisiones de la empresa. En este sentido, el énfasis del Plan se sitúa en acciones habilitantes en medición, trazabilidad y control operativo como condición previa para la optimización de procesos y la implementación progresiva de mejoras de mayor complejidad técnica.

La priorización de las medidas considera la relación directa entre impacto ambiental, riesgo normativo y viabilidad operativa, garantizando que las acciones propuestas sean ejecutables, verificables y sostenibles en el tiempo, en coherencia con la realidad productiva de una MiPyme del sector lácteo y con los objetivos del proyecto. Además, se diferencian horizontes de implementación que permiten estructurar una ruta progresiva de mejora, evitando concentrar esfuerzos en medidas de alto costo o complejidad que no cuenten previamente con una base sólida de gestión ambiental.

Las medidas priorizadas se presentan a continuación mediante una matriz operativa, que constituye el instrumento central para la implementación, seguimiento y evaluación del Plan de Acción Ambiental.

Tabla 2. Matriz de medidas priorizadas del Plan de Acción Ambiental – INDUSTRIAS LÁCTEAS

COMPONENTE AMBIENTAL	*HALLAZGO ESTRUCTURAL ASOCIADO*	*OBJETIVO DE LA MEDIDA*	*MEDIDA AMBIENTAL PRIORIZADA*	*INDICADOR DE SEGUIMIENTO*	*RESPONSABLE*	*HORIZONTE DE IMPLEMENTACIÓN*	*EVIDENCIA VERIFICABLE*
GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	Medición global de acueducto sin detallar consumo por lote de producción.	Conocer la eficiencia real del uso del agua por litro de leche procesada.	Registro de lectura del macromedidor al inicio y final de cada jornada de producción (dado el esquema operativo intermitente de 1-2 días/semana).	m^3 de agua consumida / litros de leche procesada.	Operación	Corto plazo	Formato de control de lectura de medidor por lote.
INFRAESTRUCTURA DE VERTIMIENTOS	Incertidumbre sobre la ubicación y estado real del pozo séptico (cubierto por maleza).	Habilitar la inspección y mantenimiento del sistema de tratamiento existente.	Localización, adecuación del acceso e inspección física del pozo séptico y caja de inspección para determinar necesidad de purga de lodos.	N/A (Acción de ejecución única).	Mantenimiento / Dirección	Inmediato / Corto plazo	Registro fotográfico del sistema descubierto e informe de estado.
CALIDAD DE VERTIMIENTOS	Sistema de tratamiento operando "por inercia" sin validación de eficiencia.	Ajustar la operación del tratamiento para cumplir la Res. 0631/2015.	Ajuste del protocolo de limpieza de trampas de grasa y purga de lodos basado en los resultados de carga contaminante obtenidos en la caracterización del proyecto.	Frecuencia de limpieza ajustada vs. cumplimiento normativo.	Operación	Corto plazo	Nuevo cronograma de mantenimiento de PTAR/Trampa.
BUENAS PRÁCTICAS (BPM)	Desconexión entre equipos de laboratorio disponibles y capacitación del personal.	Garantizar la calidad del producto y reducir pérdidas por fallas de proceso.	Capacitación técnica práctica al personal en el uso de la incubadora, termo-balanza y pruebas de acidez para estandarizar la producción.	Número de operarios capacitados y usando los equipos.	Dirección / Calidad	Mediano plazo	Registros de capacitación y planillas de control de calidad.

GESTIÓN ENERGÉTICA	Falta de inventario y mantenimiento formal de equipos térmicos y eléctricos.	Optimizar el consumo energético y alargar la vida útil de la maquinaria.	Implementación de hojas de vida de equipos (marmita, neveras) y cronograma de mantenimiento preventivo (revisión de empaques, quemadores).	% de cumplimiento del cronograma de mantenimiento.	Mantenimiento	Mediano plazo	Hojas de vida creadas y bitácora de mantenimiento.
ECONOMÍA CIRCULAR (LACTOSUERO)	Venta de lactosuero informal sin soportes documentales de trazabilidad.	Formalizar la gestión del subproducto y evidenciar la economía circular.	Implementación de formato de entrega/venta de lactosuero que registre: fecha, volumen (L), tercero receptor y uso declarado.	Litros de suero valorizados / Litros de suero generados.	Operación	Corto plazo	Formatos de entrega firmados por el receptor.

Fuente: CAEM,2025

Las medidas ambientales priorizadas establecen una ruta clara y progresiva de implementación del Plan de Acción Ambiental, orientada a fortalecer primero la capacidad de control y gestión de la empresa, y posteriormente a optimizar su desempeño ambiental y productivo. Esta estructura permite realizar un seguimiento efectivo de los avances, facilita la toma de decisiones basada en evidencia y asegura la coherencia del Plan con los objetivos del proyecto y con la realidad operativa de ASOCIACIÓN PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE.

5. BUENAS PRÁCTICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LAS MEDIDAS PRIORIZADAS

El presente numeral establece los lineamientos técnicos transversales que orientan la implementación y el seguimiento de las medidas ambientales priorizadas definidas en el Plan de Acción Ambiental de ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE. Estos lineamientos no constituyen nuevas acciones ni amplían el alcance del Plan, sino que operacionalizan su ejecución, asegurando coherencia entre los hallazgos estructurales identificados (falta de registros, subutilización de equipos, operación intermitente), los criterios de priorización aplicados y los indicadores de seguimiento definidos.

Desde una perspectiva de planeación ambiental, la efectividad del Plan no depende únicamente de la formulación de medidas, sino de la capacidad de la organización para integrar dichas medidas a la lógica operativa diaria que actualmente ocurre 1 o 2 veces por semana, generar información ambiental confiable donde hoy no existe, y utilizarla como soporte para la toma de decisiones. En este sentido, los lineamientos que se presentan a continuación cumplen una función habilitante, al fortalecer las condiciones técnicas necesarias para que las medidas priorizadas produzcan resultados verificables y sostenibles en el tiempo.

Tabla 3. Lineamientos técnicos para la implementación y control del Plan de Acción Ambiental

DIMENSIÓN CRÍTICA DE GESTIÓN	*LINEAMIENTO TÉCNICO*	*ARTICULACIÓN CON LAS MEDIDAS*	*INDICADOR DE SEGUIMIENTO CONSOLIDADO*
CONTROL DEL RECURSO HÍDRICO (INTERMITENTE)	Asociar la medición del agua al lote de producción: Dado que la planta no opera todos los días, el control no debe ser mensual global, sino por jornada de proceso para obtener un indicador real de eficiencia.	Medida de registro de lectura de macromedidor al inicio y fin de jornada.	Litros de agua consumidos / Litros de leche procesados (Indicador de eficiencia por lote).
GESTIÓN PREVENTIVA DE VERTIMIENTOS	Vincular calidad de producto con calidad de vertimiento: Utilizar los equipos de laboratorio existentes (incubadora, balanza) para estandarizar el proceso, reducir pérdidas de materia prima y disminuir la carga orgánica en el efluente.	Medida de capacitación en equipos y ajuste de limpieza según caracterización.	Número de lotes rechazados o reprocesados (Disminución de mermas).

DIMENSIÓN CRÍTICA DE GESTIÓN	*LINEAMIENTO TÉCNICO*	*ARTICULACIÓN CON LAS MEDIDAS*	*INDICADOR DE SEGUIMIENTO CONSOLIDADO*
TRAZABILIDAD DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL	Generación de evidencia "desde cero": Pasar de la operación empírica a la documentada. Crear formatos físicos simples para registrar mantenimientos, limpiezas y ventas, supliendo la falta de históricos.	Medida de implementación de archivo único y hojas de vida de equipos.	% de formatos implementados y diligenciados correctamente en el mes.
MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA	Protección del sistema de tratamiento: Asegurar la limpieza rigurosa de las trampas de grasa para proteger la funcionalidad del pozo séptico, cuya ubicación y estado eran inciertos antes del proyecto.	Medidas de localización, inspección y mantenimiento de PTAR.	Frecuencia de limpieza de trampa de grasas ejecutada vs. programada.
ECONOMÍA CIRCULAR APLICADA (LACTOSUERO)	Formalización de la cadena de valor: Transformar la venta informal de suero en una gestión documentada que certifique que el subproducto no está siendo vertido al alcantarillado ni al suelo.	Medidas de registro de entrega/venta de lactosuero a terceros.	Volumen de lactosuero con soporte de entrega / Volumen total generado.
SEGUIMIENTO ORIENTADO A DESEMPEÑO	Verificación de cumplimiento normativo: Utilizar los resultados de la caracterización realizada por el proyecto como línea base para ajustar las operaciones hasta garantizar el cumplimiento de la Res. 0631/2015.	Indicadores de cumplimiento de parámetros (DBO, DQO, SST) en vertimientos.	Cumplimiento de Límites Máximos Permisibles (Res. 0631/2015).

Fuente: CAEM,2025

Los lineamientos establecidos permiten que el Plan de Acción Ambiental evolucione de un instrumento de cumplimiento a un sistema de gestión ambiental aplicado, en el cual la medición, el control y la evaluación del desempeño constituyen el eje central de la mejora continua. De esta manera, el seguimiento del Plan se orienta a la reducción efectiva de la incertidumbre técnica, al fortalecimiento de la trazabilidad de la información ambiental y a la consolidación de capacidades internas para la gestión anticipativa de los impactos ambientales.

Este enfoque asegura que las medidas priorizadas no se implementen de forma aislada, sino como parte de una estrategia coherente de fortalecimiento progresivo de la gestión ambiental de la empresa, alineada con los objetivos del proyecto y con la realidad operativa de ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE.

6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las actividades de producción, manipulación de leche y lavado sanitario en ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE. generan corrientes de aguas residuales con presencia de materia orgánica soluble y particulada, grasas y aceites, sólidos suspendidos y agentes de limpieza. De acuerdo con el diagnóstico ambiental, la empresa no cuenta con un sistema estructurado de tratamiento de efluentes y únicamente dispone de una trampa de grasas, tras la cual la descarga se dirige al alcantarillado municipal. En este contexto, las recomendaciones se enfocan en el control operacional en la fuente, la reducción de la carga contaminante vertida y la progresión hacia el cumplimiento regulatorio descrito en la normativa ambiental nacional.

6.1. Control operativo en el punto de generación

- Establecer segregación de corrientes líquidas mediante procedimientos diferenciados para: i) lavado de equipos en contacto con lactosuero, ii) lavado de superficies y pisos, y iii) sanitización final.
- Implementar limpieza seca previa a cualquier lavado para disminuir el lavado de compuestos orgánicos (retirar residuos con espátulas, paños o escurrido mecánico).
- Prohibir la disposición de lactosuero en drenajes internos debido al alto aporte de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y carga orgánica soluble. El lactosuero debe ser manejado exclusivamente dentro de estrategias de economía circular o disposición externa autorizada.

6.2. Mejora del único sistema existente (trampa de grasas)

- Ajustar el dimensionamiento operativo de la trampa a los caudales reales identificados, garantizando un tiempo de retención mínimo recomendado de 30 a 60 minutos para favorecer la separación por flotación.
- Establecer rutinas de retiro de grasas mínimo tres veces por semana, con registros del volumen estimado retirado y destino autorizado del residuo.
- Realizar mantenimiento correctivo trimestral (limpieza profunda, verificación de conexión hermética, revisión de niveles de corrosión y sellamiento de tapas).
- Implementar inspecciones internas con frecuencia semanal mediante listas de verificación que incluyan olores, acumulación extrema, retención hidráulica y estado de rejillas de entrada.

6.3. Prácticas operativas para reducción de carga contaminante

- Estandarizar procedimientos de limpieza CIP manuales con: prelavado de bajo volumen, lavado con detergente dosificado y enjuague final, maximizando la remoción química en lugar del enjuague prolongado.
- Sustituir jabones y detergentes con formulaciones biodegradables certificadas, en línea con los principios de Producción Más Limpia (Minambiente, 2018).
- Instalar tamices y mallas de retención fina (≤3 mm) en conexiones a drenaje, con retirada manual diaria de sólidos.

6.4. Cumplimiento normativo y seguimiento de descargas

El manejo de aguas residuales industriales en ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE. se enmarca en el régimen de vertimientos establecido en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015) y la Resolución 631 de 2015, que fija parámetros y valores máximos permisibles para descargas puntuales al alcantarillado público. Aunque la empresa no cuenta actualmente con un permiso formal de vertimientos, la descarga al sistema de alcantarillado municipal implica la obligación de verificar periódicamente las condiciones del efluente y demostrar que los parámetros asociados a la producción láctea se encuentran dentro de los límites regulatorios. En ese sentido, el seguimiento técnico y la consolidación documental son esenciales para garantizar trazabilidad, evidenciar cumplimiento y soportar eventuales trámites ante la autoridad ambiental. A continuación, se sintetizan los requerimientos clave aplicables a la operación de la empresa.

Componente de cumplimiento	*Obligación / Acción requerida*	*Normativa de referencia*	*Evidencia esperada en planta*
Caracterización del vertimiento	Realizar análisis de agua residual descargada al alcantarillado, mínimo una vez al año, sobre parámetros representativos del sector lácteo (DBO5, DQO, SST, grasas y aceites, pH).	Resolución 631 de 2015 – Límites máximos permisibles sector lácteo.	Informes de laboratorio acreditado, cadena de custodia y consolidado de resultados.
Comparación con límites permisibles	Verificar cumplimiento de los valores establecidos para descargas al alcantarillado en la Resolución 631 de 2015.	Resolución 631 de 2015, Anexo 1, Tabla de parámetros.	Matriz comparativa resultados vs límites y registro histórico de tendencia.

Componente de cumplimiento	*Obligación / Acción requerida*	*Normativa de referencia*	*Evidencia esperada en planta*
Permiso de vertimientos	Gestionar ante la autoridad ambiental cuando: i) se superen los límites de la 631, ii) la autoridad lo requiera, o iii) se modifique la actividad, caudal o carga del vertimiento.	Decreto 1076 de 2015, Parte 2, Libro 2, Título 3, Cap. 2 (Ordenamiento del Recurso Hídrico).	Radicación de trámite, resolución de autorización o requerimientos en curso.
Control del sistema de manejo existente	Mantener operativa la trampa de grasas e implementar registros de limpieza, retiro de residuos y mantenimiento preventivo.	Principios de Producción Más Limpia y gestión preventiva (MinAmbiente, 2018).	Bitácora de mantenimiento con fecha, responsable, volumen retirado y disposición.
Registro de operación del vertimiento	Implementar una bitácora que incluya consumo de agua, momentos pico de lavado, volumen estimado de efluente y observaciones operativas.	Decreto 1076 de 2015 (seguimiento y control del uso del recurso hídrico).	Planilla digital o física con controles semanales.
Análisis de tendencia y mejora	Evaluar resultados semestrales para determinar evolución de carga contaminante y priorizar acciones correctivas.	Producción Más Limpia – MinAmbiente 2018; Resolución 631 de 2015.	Informe anual de comportamiento del vertimiento con interpretación técnica.
Soporte documental y trazabilidad	Organizar en archivo físico o digital toda la evidencia asociada al vertimiento: muestreos, informes, contratos, gestiones, comunicaciones con autoridad.	Decreto 1076 de 2015 (procedimientos administrativos).	Carpeta o repositorio con acceso controlado y actualización anual.

Fuente: CAEM,2025

6.5. Proyección de mejora progresiva

En un escenario de fortalecimiento productivo, ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE. deberá avanzar hacia la adopción gradual de soluciones tecnológicas que complementen el control en la fuente y el manejo preventivo del efluente. Experiencias nacionales y literatura técnica coinciden en que los sistemas modulares y escalables de pretratamiento permiten transiciones progresivas en la gestión de aguas residuales industriales, particularmente en empresas pequeñas y medianas del sector lácteo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). La secuencia

sedimentación–ecualización–aireación–desinfección ha demostrado ser efectiva para optimizar la remoción primaria de materia orgánica y sólidos suspendidos, y constituye una base adaptable para futuras etapas de tratamiento avanzado (Metcalf & Eddy, 2014).

La incorporación de tanques de ecualización como primera fase estructural representa una buena práctica ampliamente documentada en procesos que experimentan variabilidad operativa diaria o descargas por lotes, como ocurre en la industria láctea. La ecualización homogeniza la carga contaminante, amortigua los picos de descarga y mejora la biodegradabilidad del efluente en etapas posteriores, incluso cuando no existe un sistema biológico formal (Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D., 2013). Además, su implementación no demanda inversiones elevadas y puede articularse en fases de expansión del sistema conforme aumenten los volúmenes de producción y los requerimientos de cumplimiento.

Simultáneamente, es prioritario fortalecer los mecanismos orientados a evitar la descarga de lactosuero al alcantarillado municipal debido a su elevado aporte de Demanda Bioquímica de Oxígeno. La literatura coincidió en que el lactosuero puede ser valorizado como insumo con potencial económico, técnico y ambiental mediante rutas como alimentación animal, separación de proteínas o cofermentación para generación de biogás (Chatzipaschali, A., & Stamatis, A., 2012). Estas alternativas están alineadas con los principios de economía circular impulsados por el Ministerio de Ambiente en sus lineamientos sectoriales y con tendencias internacionales de aprovechamiento de residuos agroindustriales ((FAO), 2020). Además de disminuir la carga contaminante del vertimiento, la valorización del lactosuero contribuye a mejorar los indicadores de desempeño ambiental y la resiliencia financiera de empresas agroalimentarias.

En conjunto, estas iniciativas ofrecen una ruta de avance técnicamente sustentada y económicamente viable para que ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE. transite desde el cumplimiento mínimo basado en control operativo hacia un escenario de mayor integración tecnológica, donde el tratamiento del efluente y la valorización del lactosuero se articulan como componentes estructurales de una operación ambientalmente responsable y alineada con las metas de sostenibilidad y regulación nacional.

7. ECONOMÍA CIRCULAR PARA EL APROVECHAMIENTO DE SUEROS

La economía circular constituye uno de los pilares estructurales del presente Plan de Acción Ambiental, en la medida en que permite abordar de manera integrada los retos asociados al uso eficiente de los recursos, la reducción de cargas contaminantes y el fortalecimiento de la competitividad del sector lácteo. En este marco, el aprovechamiento del lactosuero adquiere un papel estratégico, al tratarse de un subproducto con alto potencial de valorización y, simultáneamente, con un elevado riesgo ambiental cuando no es gestionado adecuadamente.

En el contexto de las plantas de procesamiento de derivados lácteos, la generación de lactosuero se encuentra directamente asociada a la producción de quesos (Campesino y Cuajada, en el caso de San Jorge), que a nivel global representa aproximadamente el 40 % de la leche procesada. Las proyecciones internacionales indican un crecimiento sostenido de la producción láctea y, por ende, de la generación de lactosuero, lo que refuerza la necesidad de transitar desde esquemas de manejo lineales hacia enfoques circulares que prioricen su aprovechamiento productivo.

Desde el punto de vista ambiental, el lactosuero representa un flujo crítico debido a su elevada carga orgánica, con valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) del orden de 35.000 a 45.000 mg/L y demanda química de oxígeno (DQO) entre 60.000 y 80.000 mg/L. Para una empresa como la ASOCIACIÓN PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE, que descarga sus vertimientos a un sistema séptico ubicado en zona rural, la disposición inadecuada de este suero implicaría una saturación inmediata del sistema de tratamiento y un incumplimiento grave de la normativa de vertimientos (Resolución 0631 de 2015).

Actualmente, la Asociación San Jorge implementa una práctica de economía circular básica, consistente en la venta del lactosuero generado a terceros para la alimentación animal, con un valor de mercado aproximado de $5.000 pesos por cantina. Sin embargo, el diagnóstico evidenció que esta gestión carece de formalización técnica y documental; no existen registros de entrega, contratos de suministro ni trazabilidad de los volúmenes gestionados. Esta informalidad representa una vulnerabilidad operativa, ya que la ausencia de soportes impide certificar la gestión ambiental ante la autoridad y deja a la empresa expuesta en caso de que el comprador actual suspenda la recolección.

En consecuencia, el enfoque de economía circular para San Jorge no se orienta hacia la adquisición de tecnologías complejas de transformación industrial (como pulverización o aislamiento proteico), que resultarían inviables dada la intermitencia de la operación (1-2 días por semana), sino hacia la formalización y aseguramiento del canal de valorización actual.

El Plan de Acción Ambiental prioriza la implementación de herramientas de registro y control que permitan documentar el 100% del suero generado y entregado, transformando una práctica comercial informal en una estrategia de sostenibilidad verificable. De esta manera, la economía circular se integra de forma coherente con los objetivos del proyecto “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la implementación de un proyecto de caracterización de la huella hídrica en el Nodo Lácteo...”, garantizando que el aprovechamiento del recurso hídrico y la gestión de subproductos

contribuyan efectivamente a la competitividad y sostenibilidad de la Asociación en el departamento de Cundinamarca.

7.1. Normativa

En Colombia, la gestión y el aprovechamiento del lactosuero no cuentan con una regulación específica y exclusiva para este subproducto; sin embargo, su manejo se encuentra regulado de manera indirecta pero obligatoria a través del marco normativo ambiental, sanitario y de calidad e inocuidad alimentaria aplicable a la industria láctea. En este contexto, el lactosuero puede ser considerado tanto un subproducto susceptible de valorización como un efluente líquido de alta carga orgánica, dependiendo de su destino final, lo que determina las obligaciones normativas asociadas a su manejo.

Desde el punto de vista ambiental, el lactosuero se encuentra sujeto a la normativa sobre vertimientos líquidos y gestión de residuos industriales, en la medida en que su disposición inadecuada puede generar impactos significativos sobre los cuerpos de agua receptores, debido a su elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y carga orgánica. En este sentido, las procesadoras lácteas deben asegurar que cualquier descarga asociada al manejo del lactosuero cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente y cuente con los sistemas de tratamiento adecuados.

En el ámbito sanitario y de inocuidad alimentaria, cuando el lactosuero es destinado al aprovechamiento para consumo humano o como insumo en la elaboración de otros productos alimentarios, debe cumplir con los requisitos técnicos, sanitarios y de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) establecidos para los productos de origen animal y sus derivados. Esto implica el control de condiciones de producción, almacenamiento, transporte y transformación, garantizando la calidad e inocuidad del subproducto.

El marco normativo colombiano promueve el aprovechamiento de subproductos industriales bajo enfoques de Producción Más Limpia y Economía Circular, incentivando la valorización del lactosuero mediante alternativas como su transformación en productos alimentarios, su uso como insumo agroindustrial o su aprovechamiento energético, siempre que se garantice el cumplimiento de los requisitos ambientales y sanitarios aplicables.

A continuación, se presenta la normativa colombiana más relevante aplicable a la gestión y uso del lactosuero en el sector lácteo:

Tabla 4. Normatividad colombiana sobre el lactosuero

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
DECRETO 1594 DE 1984: REGULACIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS	El Decreto 1594 de 1984 establece las normas para el control de la contaminación por vertimientos líquidos. Este decreto establece los límites permisibles de contaminantes en las aguas que reciben los efluentes de las industrias, incluidas las procesadoras lácteas.
	Las procesadoras lácteas que generen lactosuero deben asegurarse de que los vertimientos de este subproducto no contaminen cuerpos de agua.
	El lactosuero debe ser tratado adecuadamente antes de ser vertido en sistemas de alcantarillado o cuerpos de agua, para cumplir con los límites establecidos de carga orgánica.
LEY 17 DE 1981: PROTECCIÓN Y CONTROL SANITARIO DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL	Aunque esta ley se enfoca en la regulación sanitaria de los productos de origen animal, como la leche y sus derivados, tiene implicaciones indirectas sobre el lactosuero, especialmente si se pretende utilizar en la elaboración de productos alimentarios, como la proteína de suero.
	Establece los estándares sanitarios para el uso de productos derivados de la leche, por lo que cualquier aplicación del lactosuero en alimentos o bebidas debe cumplir con los requisitos de calidad y seguridad alimentaria.
LEY 99 DE 1993: MARCO GENERAL DE PROTECCIÓN AMBIENTAL	La Ley 99 de 1993 establece el marco institucional para la gestión ambiental en Colombia y crea el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Esta ley establece los principios para el manejo de residuos industriales, como el lactosuero, promoviendo su tratamiento adecuado y minimizando el impacto ambiental de su disposición.
	Establece las normas y procedimientos para la gestión de residuos industriales y subproductos generados por las industrias, incluidas las lácteas.
	Se enfoca en la preservación de los recursos naturales y el control de la contaminación
NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC) 4201 DE 2007: PRODUCTOS LÁCTEOS	La NTC 4201 regula los productos lácteos en Colombia, estableciendo los requisitos técnicos de calidad para la leche y sus derivados. Aunque no regula específicamente el lactosuero, sí establece los estándares para los productos lácteos que podrían derivarse de este subproducto, como los concentrados de proteína de suero.
RESOLUCIÓN 0631 DE 2015: NORMAS DE CALIDAD PARA EL AGUA	La Resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece los parámetros de calidad del agua para diferentes tipos de vertimientos, incluidos los provenientes de la industria láctea. Esta resolución está relacionada con el manejo del lactosuero y otros efluentes líquidos de la industria.
	Establece los límites máximos permisibles para parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales, que deben ser considerados al tratar el lactosuero.
	Exige que las procesadoras lácteas implementen sistemas de tratamiento de aguas residuales para evitar la contaminación de cuerpos hídricos.

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
DECRETO 1076 DE 2015: DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE	Este decreto reglamenta varios aspectos de la política ambiental en Colombia y contiene disposiciones sobre la gestión de residuos y efluentes industriales. Abarca la regulación sobre los impactos ambientales de los productos de la industria láctea, como el lactosuero, y la forma en que deben manejarse para cumplir con las normativas vigentes.
	Exige a las empresas la presentación de planes de manejo de residuos industriales, que incluyan el tratamiento adecuado de subproductos como el lactosuero.
	Las empresas deben adoptar tecnologías limpias o sistemas que reduzcan la generación de residuos y mejoren el uso de recursos.
NORMA TECNICA COLOMBIANA(NTC) 5024 DEL 2014	Establece lineamientos específicos y actualizados para la implementación de las BPM, detallando requisitos técnicos que incluyen el control de infraestructura, procesos de limpieza y desinfección, manejo de residuos y capacitación del personal, garantizando así la inocuidad de los alimentos y la calidad en los procesos productivos
Ley 1715 de 2014	El lactosuero también puede ser aprovechado para la generación de biogás, lo que está regulado bajo las normativas de energías renovables y biocombustibles. En este sentido, el lactosuero puede ser utilizado como materia prima para la producción de biogás mediante digestión anaeróbica, contribuyendo a la sostenibilidad de las procesadoras lácteas.

Fuente: Elaborado a partir de información pública, 2025

7.2. Descripción de la medida

A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se identificaron áreas de mejora en las que se podría optar por implementar prácticas de producción más limpia que tendrán un impacto no solo en el proceso productivo sino también en los costos operativos. La selección de una medida adecuada es crucial para garantizar no solo la viabilidad económica de la empresa, sino también su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

A continuación, se presentan la(s) medida(s) recomendada(s) en torno al aprovechamiento de sueros, la(s) cual(es) se fundamenta en el diagnóstico realizado y en las mejores prácticas de la industria.

El enfriamiento del suero es fundamental realizarlo en la industria láctea antes de darle manejo adecuado y búsqueda de alternativas, debido a varias razones como, la seguridad, la eficiencia operativa, cumplimiento normativo y el aprovechamiento de este subproducto.

a. En primera medida, al ser un subproducto de la producción de lácteos, tiene una alta carga orgánica y si no se enfría adecuadamente puede convertirse en un medio propicio para el crecimiento de bacterias, hongos y otros microorganismos patógenos. El enfriamiento ayuda a reducir la temperatura a niveles que inhiben la proliferación de estos microorganismos y asegurando que no represente un riesgo para la salud.

b. En segunda medida, a temperaturas elevadas puede afectar la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales o reutilización del suero en otros procesos como la alimentación animal.

c. Las alternativas de enfriamiento eficientes pueden reducir el riesgo de que el suero se vierta a cuerpos de agua a temperaturas peligrosas, lo que podría alterar el ecosistema acuático.

d. Existen diversas tecnologías de enfriamiento, desde métodos pasivos hasta sistemas activos, que pueden ser costosos dependiendo de la escala de la operación y los recursos disponibles. Los sistemas de enfriamiento por intercambio de calor o enfriamiento por evaporación pueden ser opciones más sostenibles y económicas, entre otros.

- **Medida 1. Alternativas de manejo de suero**

Tabla 5. Alternativas de enfriamiento del suero

ALTERNATIVA DE MANEJO	ENFRIAMIENTO POR INTERCAMBIO DE CALOR (SISTEMAS DE TUBOS O SERPENTINA)
Descripción	Consiste en utilizar un sistema de tubos o serpentinas sumergidos en agua fría para transferir el calor del lactosuero al agua, reduciendo su temperatura antes de su disposición o reutilización.
Medidas de almacenamiento	El lactosuero debe almacenarse en tanques o recipientes de acero inoxidable o plástico grado alimenticio, asegurándose de que estén limpios y protegidos contra contaminantes mientras se enfría.
Beneficios	Reducción eficiente de la temperatura con bajo consumo energético, mantenimiento de la calidad del lactosuero y menor impacto ambiental en aplicaciones posteriores como fertilización o ingreso a sistemas de tratamiento.
Indicadores	Temperatura del lactosuero al inicio y al final del proceso
	Tiempo de enfriamiento

ALTERNATIVA DE MANEJO	ENFRIAMIENTO POR INTERCAMBIO DE CALOR (SISTEMAS DE TUBOS O SERPENTINA)
Consideraciones para la implementación:	Requiere acceso a una fuente de agua fría, diseño adecuado del sistema de intercambio de calor para maximizar la transferencia térmica, y un mantenimiento periódico para prevenir incrustaciones o bloqueos en los tubos.
ALTERNATIVA DE MANEJO	**ENFRIAMIENTO CON VENTILACIÓN FORZADA**
Descripción	Este método utiliza ventiladores o bombas de aire para reducir la temperatura del lactosuero, promoviendo la transferencia de calor al aire mediante una ventilación constante sobre recipientes expuestos.
Medidas de almacenamiento	El lactosuero debe colocarse en recipientes abiertos o semiabiertos de materiales no reactivos (acero inoxidable o plástico grado alimenticio) en áreas bien ventiladas y protegidas de contaminantes externos.
Beneficios	El lactosuero debe colocarse en recipientes abiertos o semiabiertos de materiales no reactivos (acero inoxidable o plástico grado alimenticio) en áreas bien ventiladas y protegidas de contaminantes externos.
Indicadores	Reducción de temperatura por hora
	tiempo total de enfriamiento
	consumo energético de los ventiladores
Consideraciones para la implementación:	Requiere espacio ventilado, control periódico de la temperatura, y asegurarse de que el aire utilizado esté libre de partículas o contaminantes que puedan comprometer la calidad del lactosuero.

Fuente: CAEM,2025

El aprovechamiento del suero en la producción de proteína es una práctica de gran importancia para la industria alimentaria, la salud y el ambiente, ya que no solo proporciona una fuente rica de proteína, sino que también, permite aprovecharlo contribuyendo a la sostenibilidad de las operaciones industriales, la diversificación de productos y mercados y la mejora de la rentabilidad económica.

- **Medida 2. Alternativas de aprovechamiento de suero**

Tabla 6. Alternativa de aprovechamiento en producción de proteína

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA DE LACTOSUERO
Descripción	La proteína de lactosuero es una proteína de alta calidad que contiene todos los aminoácidos esenciales. Se utiliza en la fabricación de suplementos deportivos y alimentos funcionales.
Medidas de almacenamiento	Refrigeración: Mantener el lactosuero a temperaturas entre 0°C a 4°C para evitar la degradación.

	Deshidratación: Convertir el lactosuero en polvo para almacenarlo durante más tiempo. El polvo debe guardarse en un lugar fresco y seco, alejado de la luz.
Beneficios	Alta fuente de proteínas.
	Beneficios en la nutrición deportiva y productos alimenticios funcionales.
Usos o Generación de subproductos alternos	Proteína concentrada: Usada en suplementos alimenticios y deportivos.
	Peptonas: Para medios de cultivo en la industria biotecnológica.
	Aminoácidos: Utilizados en la nutrición humana y animal.
Empresas que realizan el aprovechamiento	**Alquería:** Procesa lactosuero para producir proteínas concentradas. **Lácteos La Mu:** Compra lactosuero para la producción de proteínas y productos derivados.
Indicadores	Contenido de proteína (%).
	Rendimiento de la extracción (kg proteína por litro de lactosuero).
	Calidad de la proteína (porcentaje de aminoácidos esenciales).

Fuente: CAEM, 2025

El aprovechamiento del suero en la fertilización agrícola es una práctica beneficiosa al ser un recurso rico en nutrientes esenciales y compuestos orgánicos, el suero puede mejorar la fertilidad del suelo, aumentar el rendimiento de los cultivos y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Además, su utilización contribuye a la sostenibilidad al evitar la contaminación y el desperdicio de este subproducto. Esta estrategia favorece la economía circular y representa una opción más ecológica para el manejo de residuos en la industria láctea y la agricultura, beneficiando tanto a los productores como al medio ambiente.

Tabla 7. Alternativa de aprovechamiento en la fertilización agrícola

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA
Descripción	El lactosuero es rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, que lo hacen adecuado como fertilizante orgánico en la agricultura.
Medidas de almacenamiento	Almacenamiento en tanques cerrados: Para evitar la fermentación y pérdida de nutrientes.
	Evitar exposición al sol: Guardar el lactosuero en lugares frescos y oscuros para conservar sus propiedades nutritivas.
Beneficios	Mejora la fertilidad del suelo.
	Aporta nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA
Usos o Generación de subproductos alternos	Compost: Al mezclar lactosuero con otros materiales orgánicos, se puede crear un compost rico en nutrientes.
	Biocompuestos orgánicos: Para mejorar la estructura del suelo y la retención de agua.
Empresas que realizan el aprovechamiento	**Café San Alberto:** Usa subproductos lácteos para fertilización agrícola. **Café de la Tierra:** Trabaja con productos lácteos para mejorar suelos agrícolas.
Indicadores	Incremento de nutrientes en el suelo (ppm de nitrógeno, fósforo, potasio), Medida del aumento de nutrientes esenciales en el suelo tras la aplicación de lactosuero como fertilizante
	Rendimiento de cultivos (kg por hectárea, Aumento en la producción de cultivos como resultado del uso de lactosuero.

Fuente: CAEM, 2025

Esta alternativa promueve la sostenibilidad al aprovechar los recursos de manera eficiente dentro de una economía circular, al ser utilizado como alimentación animal mejora la salud intestinal y digestiva ya que contiene una gran cantidad de lactosa, favoreciendo beneficios en el tracto digestivo de los animales contribuyendo en la mejora de la digestibilidad de otros nutrientes, fortaleciendo el sistema inmunológico de los animales y prevenir enfermedades digestivas.

Tabla 8. Alternativa de aprovechamiento alimentación animal

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	ALIMENTACIÓN ANIMAL
Descripción	El lactosuero se puede utilizar como suplemento en la dieta animal, especialmente para cerdos, aves, rumiantes y peces, debido a su alto contenido proteico.
Medidas de almacenamiento	Refrigeración o deshidratación: Mantener el lactosuero refrigerado (0°C a 4°C) o secado a baja temperatura para evitar su descomposición.
	Almacenaje en polvo: En lugares frescos y secos si se transforma en polvo.
Beneficios	Suplementa la dieta animal
	Reduce el costo de la alimentación animal.
Usos o Generación de subproductos alternos	Harina de proteína de lactosuero: Utilizada como suplemento en la alimentación animal (cerdos, aves, peces).
	Líquido fermentado: Para ser incorporado en la dieta de animales.
Empresas que realizan el aprovechamiento	**Aviagen:** Compra lactosuero para la producción de suplementos en la alimentación animal. **Cía. Nacional de Chocolates:** Compra lactosuero para su uso en alimentación animal.

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	ALIMENTACIÓN ANIMAL
Indicadores	Consumo animal (kg de lactosuero por animal/día).
	Aumento de peso en animales (kg en un período determinado).

Fuente: CAEM, 2025

Es una alternativa que se puede evaluar desde la procesadora ASOCIACION PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE, esta alternativa depende de varios factores como el tipo de digestor anaeróbico a utilizar, espacio para poder realizar el digestor, tamaño del proyecto, el cual influye en la cantidad del lactosuero necesario para comenzar, como por ejemplo se estima que para un proyecto piloto se puede comenzar con unas cantidades de 100 a 500 m3 de lactosuero al mes. Por lo anterior, es importante el registro cuantitativo de lactosuero saliente, ya sea de manera diaria, semanal o quincenal para obtener el dato mensual.

Tabla 9. Alternativa de aprovechamiento biogás

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	PRODUCCIÓN DE BIOGÁS
Descripción	El lactosuero puede ser utilizado en procesos de digestión anaeróbica para generar biogás (metano), una fuente de energía renovable.
Medidas de almacenamiento	Almacenamiento en digestores anaeróbicos: El lactosuero debe ser almacenado en tanques cerrados y sin acceso al aire para asegurar una adecuada descomposición anaeróbica.
	Temperaturas controladas: Mantener a temperaturas adecuadas (20-40°C) durante el proceso.
Beneficios	Generación de energía renovable (biogás).
	Contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
Usos o Generación de subproductos alternos	Biogás: Principalmente metano, utilizado como fuente de energía renovable.
	Digestato: Un subproducto orgánico rico en nutrientes que puede ser usado como fertilizante.
Empresas que realizan el aprovechamiento	**Biosigma S.A.**: Gestiona biogás generado a partir de lactosuero en su proceso de digestión anaeróbica.
Indicadores	Volumen de biogás producido (m^3 de metano por tonelada de lactosuero).
	Eficiencia de la digestión anaeróbica (porcentaje de materia orgánica degradada).

Fuente: CAEM, 2025

Al estar dentro de la industria alimentaria se puede llegar a evaluar este tipo de alternativa y aprovechamiento del lactosuero y beneficio económico, ofreciendo una innovación y producto valioso con múltiples aplicaciones comerciales.

Tabla 10. Alternativa producción de gelatinas

ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	PRODUCCIÓN DE GELATINAS
Descripción	El lactosuero contiene proteínas que, a través de un proceso de extracción, pueden producir gelatinas usadas en alimentos y productos farmacéuticos.
Medidas de almacenamiento	Refrigeración o secado: Mantener el lactosuero refrigerado hasta el proceso de extracción o secarlo a baja temperatura.
	Almacenaje en polvo: Conservar en lugares secos y frescos si se transforma en polvo.
Beneficios	Mejora la textura de productos alimentarios.
	Uso en cápsulas farmacéuticas y alimentos funcionales.
Usos o Generación de subproductos alternos	Gelatina comestible: Usada en la industria alimentaria para confites, postres, y cápsulas farmacéuticas.
	Gelatina farmacéutica: Utilizada para la fabricación de cápsulas de medicamentos.
Empresas que realizan el aprovechamiento	**Gelatina del Valle:** Produce gelatinas comestibles y farmacéuticas utilizando lactosuero.
Indicadores	Volumen de gelatina producida (kg por tonelada de lactosuero).
	Aplicación en productos finales (número de productos que contienen gelatina).

Fuente: CAEM, 2025

8. CONCLUSIONES

1. El Plan de Acción Ambiental formulado para la ASOCIACIÓN PRODUCTORA LECHERA Y AGROPECUARIA SAN JORGE constituye una hoja de ruta técnica diseñada para transitar de una operación empírica a una gestión controlada. Dado que la planta opera de manera intermitente (1 a 2 días por semana), el Plan no impone cargas administrativas diarias innecesarias, sino que establece puntos de control estratégicos por lote de producción, asegurando que la gestión ambiental sea viable y sostenible para la capacidad operativa actual de la asociación.

2. El análisis diagnóstico reveló una paradoja estructural: la empresa cuenta con infraestructura de calidad (laboratorio con incubadora, baño termostatado) y de tratamiento (trampa de grasas, pozo séptico), pero su efectividad es nula debido a la falta de capacitación técnica y mantenimiento. Por tanto, las conclusiones del diagnóstico indican que la brecha no es de inversión en nuevos activos, sino de activación de los existentes: capacitar al personal para usar el laboratorio (reduciendo pérdidas de producto) y rehabilitar el acceso y limpieza del sistema séptico para garantizar el cumplimiento normativo.

3. La priorización de medidas se fundamentó en la mitigación inmediata de riesgos sanitarios y ambientales. Al identificar que el sistema de tratamiento (pozo séptico) se encontraba cubierto por maleza y sin ubicación exacta confirmada, el Plan prioriza acciones de "visibilidad y control" (localización, inspección y limpieza) por encima de inversiones complejas. Esto garantiza que la empresa asegure primero el cumplimiento básico de la normativa de vertimientos antes de pensar en expansiones o nuevas tecnologías.

4. En materia de Economía Circular, se concluye que la Asociación ya ejecuta una práctica de valorización al vender el lactosuero para alimentación animal ($5.000/cantina), pero lo hace bajo un esquema de informalidad que representa un riesgo latente. El Plan de Acción no busca "inventar" una nueva solución, sino formalizar y documentar esta cadena de valor existente, transformando una transacción comercial verbal en una estrategia de sostenibilidad con trazabilidad verificable que blinde a la empresa ante requerimientos de la autoridad ambiental.

la implementación de este Plan permite a SAN JORGE superar la incertidumbre operativa actual. Al integrar los resultados de la caracterización de vertimientos del proyecto con el uso efectivo de sus equipos de laboratorio y la medición de agua por lote, la empresa podrá consolidar indicadores

reales de eficiencia hídrica y productiva, fortaleciendo su competitividad en el Nodo Lácteo de Cundinamarca mediante una gestión basada en datos y no en estimaciones.

9. BIBLIOGRAFÍA

British Nutrition Foundation. (12 de Marzo de 2018). *Lactose intolerance*. Obtenido de https://www.nutrition.org.uk/nutritionscience/allergy/lactose-intolerance.html

Campbell. R.E, Drake. M.A. (2013). *Cold enzymatic bleaching of fluid whey*. Obtenido de Journal of Dairy Science: https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(13)00705-4/fulltext

CECODES. (2009). *Cambiando el rumbo 2009. Casos de sostenibilidad en Colombia*. Obtenido de Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES).

DANE. (26 de Marzo de 2018). *Encuesta anual manufacturera*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-anual-manufacturera-enam

E. Valencia and M. Ramírez. (2009). *La industria de la leche y la contaminacion del agua*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Puebla, México.

Heredia, E. O. (Mayo de 2018). *SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL AUTOLAVADO SAMIWALL*. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/2e202742-e799-4c39-9daf-eb5c5339336a/content

Hoekstra, A. Y. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Earthscan.*

J. Bacenetti, L. Bava, A. Schievano, and M. Zucali. (2018). *Whey protein concentrate (WPC) production: Environmental impact assessment*. Obtenido de Journal of Food Engineering: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877417305459?via%3Dihub

Jelen, P. (1979). Industrial whey processing technology: An overview. En *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (págs. 658-661).

L. Santos, C. Goncalves, P. Ishii and H. Suguimoto. (2017). *Deproteinization: an integrated-solution approach to increase efficiency in β-galactosidase production using cheese whey powder (CWP) solution*. Obtenido de Revista Ambiente & Água: https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/LygKTJ65h37SKsgYvCmMxps/?lang=en

M. Gänzle and H. Gottfried. (2008). *Lactose: crystallization, hydrolysis and value-added derivatives*. Obtenido de International Dairy Journal: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694608000332?via%3Dihub

Newswire, A. (06 de Maro de 2018). *Whey protein ingredients market global industry analysis, key vendors, opportunity and forecast 2018 to 2023*. Obtenido de https://www.abnewswire.com/pressreleases/whey-protein-ingredients-market-global-industry-analysis-key-vendors-opportunity-and-forecast-2018-to-2023_180863.html

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agrícultura (FAO). (2015). *Perspectivas Agrícolas 2015-2024.* ROMA.

BIBLIOGRAFÍA

Pak, T. (1995). *Dairy Processing Handbook, Lund, Suecia*. Obtenido de Tetra Pak Processing Systems AB.

R, P. (2009). *Lactosuero: importancia en la industria de alimentos*. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame

USDA, U. S. (20 de Marzo de 2018). *Cheese selected countries-release*. Obtenido de https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads

Xia Liu, Yoon - Kyung Chung, Shang-Tian Yang, Ahmed E. Yousef. (2005). *Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized Lactococcus lactis*. Obtenido de Process Biochemistry: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032959203004576?via%3Dihub

Bienestar Verde
Gobernación de Cundinamarca
CIRCULANDO
caem
Una filial de:
Cámara de Comercio de Bogotá

CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL

Una filial de:

Cámara de Comercio de Bogotá

Síguenos en redes sociales

caemcorporacion

Corporación Ambiental Empresarial - CAEM