INFORME FINAL

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE HUELLA HÍDRICA – NODO LÁCTEO (ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR)

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 EFICIENCIA EN EL USO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA."

29 DE DICIEMBRE DE 2025

1.2. Importancia del Indicador de Huella Hídrica 3
1.3. Alcance y Caracterización del Nodo Lácteo 3
2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO 4
2.1. Componentes de la Huella Hídrica 5
2.2. Estructura de la Herramienta de Cálculo (CAEM) 5
3. CARACTERIZACIÓN DEL NODO LÁCTEO 7
3.1. Mapa de Procesos y Flujo Hídrico 9
3.2. Límites del Sistema Evaluado 10
4. RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL GRUPO DE ESTUDIO 11
4.1. Huella Hídrica Directa (Operativa) 11
4.2. Análisis Estructural de la Huella Hídrica Indirecta y Total 13
4.3. Balance Hídrico Total de las 10 Empresas Caracterizadas 16
5. EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD (INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS) 17
5.1. Sostenibilidad Ambiental: Calidad del Agua y Cumplimiento Normativo 18
5.2. Sostenibilidad Económica: Eficiencia y Costos Ocultos 19
5.3. Sostenibilidad Social: Presión sobre la Oferta Local 19
6. CONCLUSIONES 20
7. ANEXOS 21

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Arquitectura de la Herramienta de Cálculo 6
Ilustración 2. Localización del Nodo Lechero 8
Ilustración 3. Esquema de Balance Hídrico: Enfoque de Transformación 10
Ilustración 4. Vulnerabilidades hídricas del nodo lácteo. 17

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Empresas seleccionadas 4
Tabla 2. Matriz de Componentes de la Huella Hídrica (WFN) 5
Tabla 3. Organizaciones Participantes del Nodo Lácteo 7
Tabla 4. Matriz de Resultados Consolidados - Huella Hídrica Total 16

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO DEL PROYECTO

1.1. Marco Institucional

El presente informe técnico se enmarca en el Convenio Interadministrativo SBV–ES–CA–238–2025, cuyo objeto principal es aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la implementación de un proyecto de caracterización de la huella hídrica en el nodo lácteo. Esta iniciativa hace parte integral de la Estrategia Departamental de Economía Circular, orientada al mejoramiento de la competitividad, la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y la sostenibilidad ambiental y social en el departamento de Cundinamarca.

El proyecto es ejecutado con el acompañamiento técnico de la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM), buscando que las organizaciones participantes adopten herramientas de medición que permitan gestionar sus impactos sobre el recurso hídrico, trascendiendo el cumplimiento normativo básico hacia modelos de producción sostenible.

1.2. Importancia del Indicador de Huella Hídrica

En un contexto global donde la gestión sostenible del agua se posiciona como un desafío crítico, la huella hídrica emerge como un indicador fundamental de la apropiación humana de los recursos de agua dulce. A diferencia de las mediciones tradicionales que se restringen únicamente a la extracción de agua en el sitio (uso directo), este indicador evalúa el volumen total de agua dulce utilizado para producir los bienes y servicios, incorporando tanto el uso directo en las operaciones de las plantas como el uso indirecto a lo largo de la cadena de suministro.

La medición realizada en este proyecto permite visibilizar el "agua oculta" en los procesos productivos y de abastecimiento, identificando riesgos y oportunidades de mejora tanto en la fase industrial como en la producción primaria de leche.

1.3. Alcance y Caracterización del Nodo Lácteo

El alcance de este informe consolida la evaluación técnica de diez (10) organizaciones del sector lácteo que conforman el nodo de estudio. Este grupo heterogéneo incluye plantas procesadoras, asociaciones de productores y empresas agroindustriales, lo que permite una visión representativa del sector en la región.
Las organizaciones evaluadas, cuyos datos técnicos conforman el análisis consolidado de este documento, son:

Tabla 1. Empresas seleccionadas

#	ORGANIZACIÓN	NATURALEZA JURÍDICA	CLASIFICACIÓN / TAMAÑO
1	Lácteos Hato Chips P. S.A.S.	Sociedad por Acciones Simplificada	Microempresa
2	Asoc. Productora Lechera y Agropecuaria San Jorge	Entidad Sin Ánimo de Lucro (ESAL)	Asociación / Economía Solidaria
3	Asoc. de Productores de Leche de Chocontá	Entidad Sin Ánimo de Lucro (ESAL)	Asociación / Economía Solidaria
4	Industrias Lácteas El Nogal S.A.S.	Sociedad por Acciones Simplificada	Mediana Empresa
5	Productos Lácteos San Andrés E.U.	Empresa Unipersonal	Microempresa
6	Asoc. Lechera y Agropecuaria de Suesca (ASOLAC)	Entidad Sin Ánimo de Lucro (ESAL)	Asociación / Economía Solidaria
7	Asoc. Agroindustrial Las Cuatro Natas	Entidad Sin Ánimo de Lucro (ESAL)	Asociación / Economía Solidaria
8	Productos Alimenticios El Recreo S.A.S.	Sociedad por Acciones Simplificada	Gran Empresa
9	T&T Holaandes S.A.S.	Sociedad por Acciones Simplificada	Microempresa
10	Milkches S.A.S.	Sociedad por Acciones Simplificada	Pequeña Empresa

Fuente: CAEM, 2025

Este informe presenta los resultados agregados y comparativos de estas organizaciones para el año base 2025, estableciendo una línea base sectorial para la toma de decisiones estratégicas en torno al recurso hídrico.

2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para la cuantificación y evaluación de la huella hídrica del nodo lácteo, se aplicó la metodología estándar internacional propuesta por la ***Water Footprint Network (WFN).*** Bajo este marco conceptual, la huella hídrica se define como un indicador multidimensional de apropiación de recursos de agua dulce, que cuantifica el volumen de agua utilizado directa e indirectamente para la producción de bienes y servicios, superando la métrica tradicional restringida únicamente a la extracción o captación de agua.

La metodología permite evaluar la presión sobre el recurso hídrico diferenciando el tipo de agua utilizada y el lugar donde ocurre el impacto, integrando toda la cadena productiva.

El cálculo se estructura bajo la siguiente ecuación fundamental, la cual suma los impactos directos (en planta) e indirectos (cadena de suministro).

$$HH_{Total} = HH_{Directa} + HH_{Indirecta}$$

2.1. Componentes de la Huella Hídrica

Para facilitar la comprensión técnica de los resultados, los volúmenes de agua se clasifican en tres colores según su procedencia e impacto. A continuación, se presenta la matriz de definiciones aplicada en el estudio:

Tabla 2. Matriz de Componentes de la Huella Hídrica (WFN)

COMPONENTE	DEFINICIÓN TÉCNICA	APLICACIÓN EN EL NODO LÁCTEO
HUELLA AZUL ***(AGUA SUPERFICIAL / SUBTERRÁNEA)***	Volumen de agua dulce consumida (evaporada, incorporada al producto o no retornada) de fuentes como ríos, lagos o acuíferos.	**Directa:** Agua de acueducto usada en lavado (CIP) y servicios. **Indirecta:** Agua asociada al riego de pastos y al consumo del ganado.
HUELLA VERDE ***(AGUA DE LLUVIA)***	Volumen de agua de lluvia que se almacena en el suelo y es evapotranspirada por las plantas durante su crecimiento. No se convierte en escorrentía.	**Directa:** Nula en planta (pisos impermeables) **Indirecta:** Lluvia absorbida por los pastos y forrajes para alimentar el ganado (componente mayoritario).
HUELLA GRIS ***(CONTAMINACIÓN)***	Volumen teórico de agua necesario para diluir los contaminantes vertidos hasta que el cuerpo de agua receptor cumpla con los estándares de calidad ambiental.	**Directa:** Agua necesaria para asimilar la carga orgánica (DQO, Grasas) y sólidos del vertimiento industrial. **Indirecta:** Contaminación por fertilizantes en fincas ganaderas.

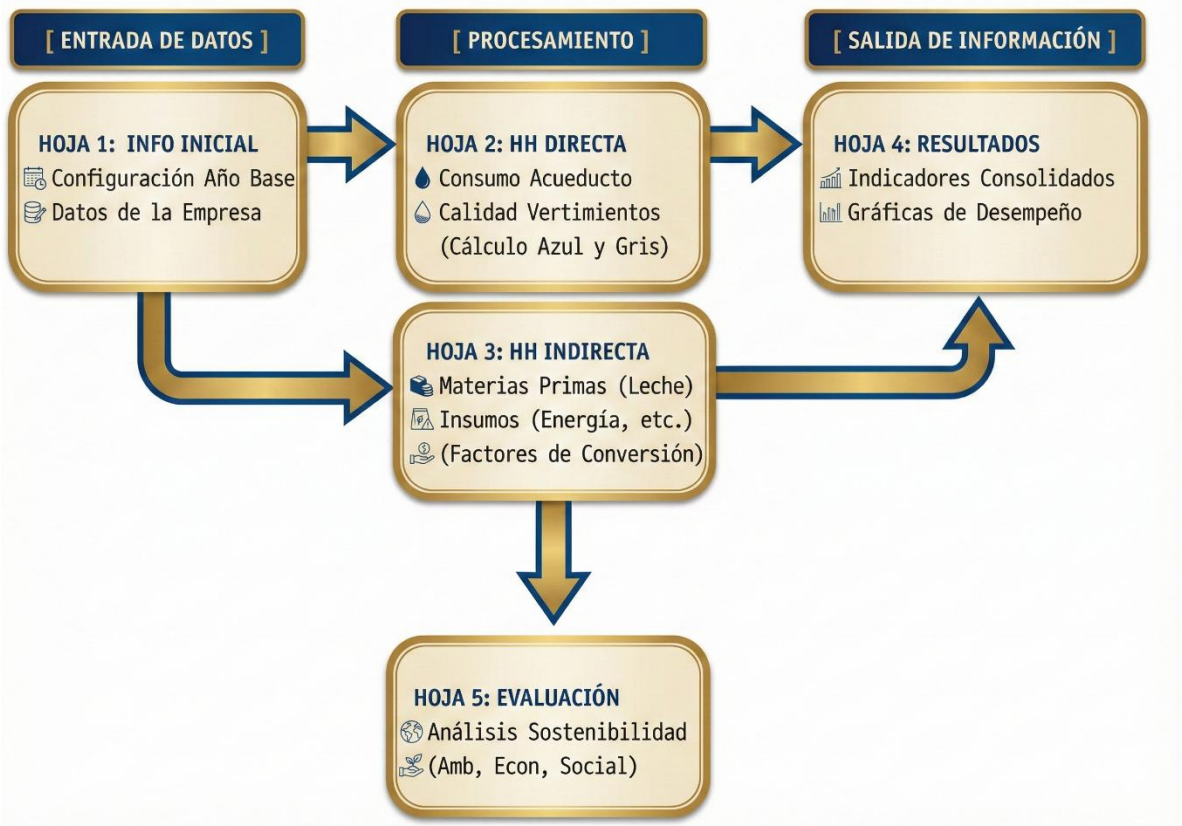
Fuente: CAEM. 2025

2.2. Estructura de la Herramienta de Cálculo (CAEM)

La sistematización de los datos se realizó mediante la herramienta especializada diseñada por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM). Esta herramienta opera bajo un esquema modular que asegura la trazabilidad del dato desde la entrada hasta el reporte final.

El flujo de información dentro de la herramienta se visualiza de la siguiente manera:

Ilustración 1. Arquitectura de la Herramienta de Cálculo



Fuente: CAEM. 2025

La herramienta de cálculo se estructura de manera secuencial para garantizar la trazabilidad de la información. Inicialmente, se dispone de un módulo de configuración (Hoja 1) destinado a la parametrización general de la planta y la captura de datos de entrada. Posteriormente, la información se procesa en los módulos de cálculo (Hojas 2 y 3), donde los volúmenes de consumo y las cantidades de insumos se transforman en indicadores de huella hídrica mediante la aplicación de los algoritmos de la Water Footprint Network (WFN). Finalmente, el sistema consolida los hallazgos en los módulos de reporte (Hojas 4 y 5), generando automáticamente las tablas de resultados y el análisis de sostenibilidad necesarios para fundamentar la toma de decisiones estratégicas.

El estudio se delimita bajo un enfoque organizacional integral que cubre dos frentes de análisis. Para la huella hídrica directa, se aplica un alcance "Puerta a Puerta", el cual contempla todas las actividades operativas bajo control de la empresa, desde la recepción de la materia prima y su transformación industrial, hasta los procesos de limpieza, empaque y gestión administrativa. Complementariamente, para la huella hídrica indirecta se adopta un enfoque "Cuna a Puerta", integrando el impacto hídrico acumulado en la cadena de suministro, lo que incluye la producción primaria de la leche (finca), la fabricación de empaques y la generación de energía requerida para la operación.

3. CARACTERIZACIÓN DEL NODO LÁCTEO

El grupo de estudio seleccionado dentro del Nodo Lácteo de la Estrategia Departamental de Economía Circular está conformado por diez (10) organizaciones ubicadas en el departamento de Cundinamarca. Si bien existen diferencias en su naturaleza jurídica (Sociedades Comerciales y Asociaciones de Economía Solidaria), para efectos del presente análisis técnico, todas las organizaciones operan bajo el rol de transformadores o agroindustriales.

Esto implica que todas las instalaciones evaluadas funcionan como centros de procesamiento donde ingresa la materia prima (leche cruda) para ser transformada en productos terminados (quesos, derivados) o acondicionada para su comercialización, separando así la fase agrícola (finca) de la fase industrial (planta).

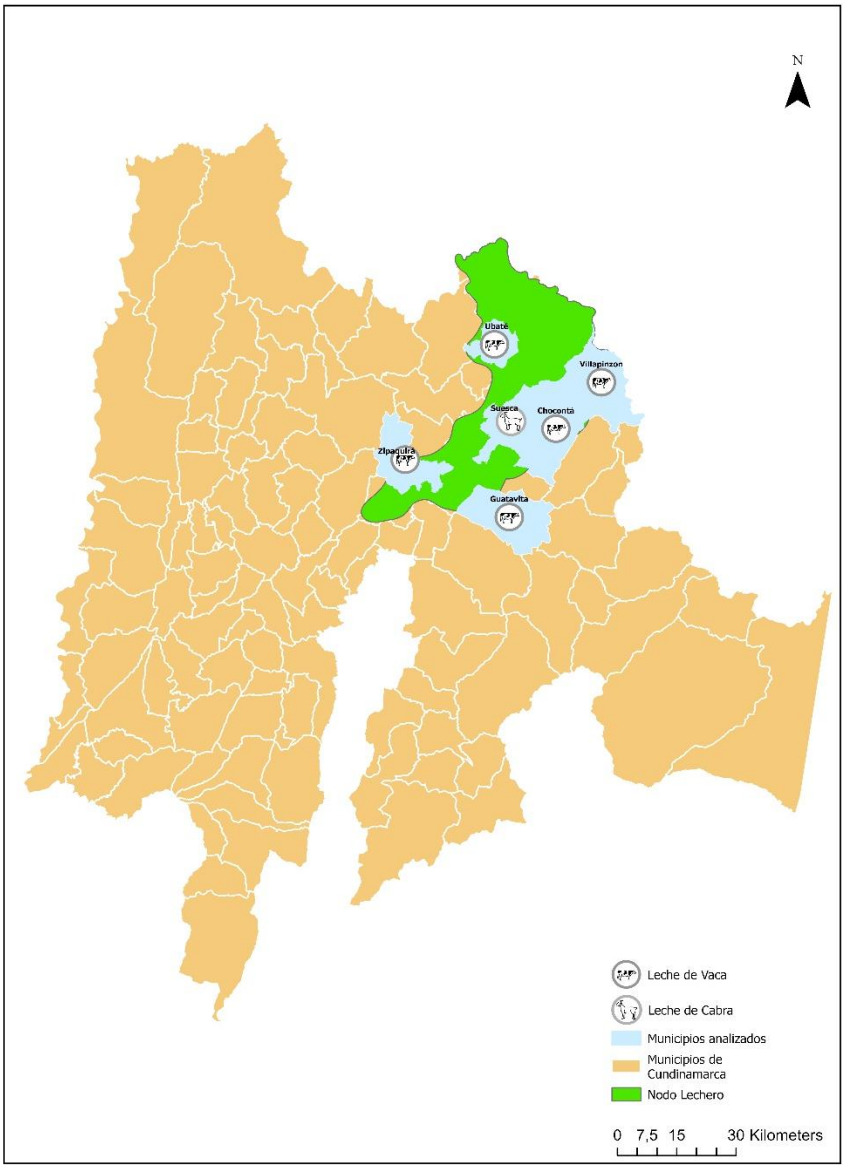
Tabla 3. Organizaciones Participantes del Nodo Lácteo

NO.	NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN	ROL EN LA CADENA DE VALOR
1	**Industrias Lácteas El Nogal S.A.S.**	Transformación Láctea Industrial
2	**Lácteos Milkches S.A.S.**	Transformación Láctea Industrial
3	**Lácteos El Recreo S.A.S.**	Transformación Láctea Industrial
4	**San Andrés EU**	Agroindustria / Procesamiento
5	**Lácteos T&T Holandés S.A.S.**	Transformación Láctea Industrial
6	**Hato Chips P S.A.S.**	Agroindustria / Procesamiento

7	**Asociación Agroindustrial Las Cuatro Natas**	Acopio y Transformación Solidaria
8	**Asociación de Productores de Leche de Chocontá**	Acopio y Transformación Solidaria
9	**Asociación Lechera y Agropecuaria de Suesca - ASOLAC**	Acopio y Transformación Solidaria
10	**Asociación Prod. Lechera y Agropecuaria San Jorge**	Acopio y Transformación Solidaria

Fuente: CAEM. 2025

Ilustración 2. Localización del Nodo Lechero



Fuente: CAEM. 2025

Las organizaciones que conforman el grupo de estudio comparten una ubicación estratégica en zonas de vocación agroindustrial, como Zipaquirá y sus municipios aledaños. Esta concentración geográfica no solo responde a criterios de ordenamiento territorial, sino que optimiza la logística de abastecimiento al situar las plantas de transformación en proximidad directa a las fuentes de materia prima.

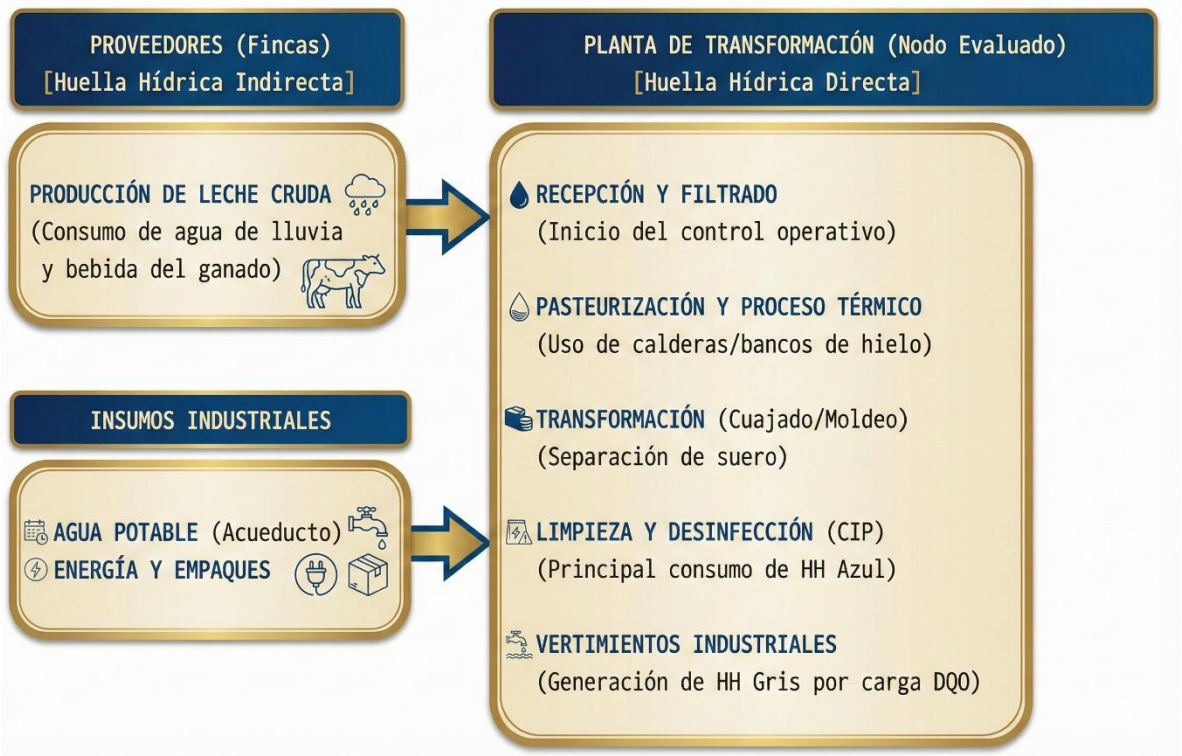
El modelo operativo estándar de las plantas evaluadas se define por su capacidad industrial para la valorización de la leche cruda, transformándola en productos de alto valor agregado como quesos frescos (campesino, doble crema, pera, entre otros), quesos procesados y derivados grasos. Para ello, las plantas disponen de una infraestructura técnica robusta que integra líneas de recepción, pasteurización, cuajado y empaque. A diferencia de la producción primaria en finca, el perfil hídrico de estas industrias se caracteriza por el uso intensivo de agua de acueducto para labores de limpieza y servicios industriales, generando vertimientos con carga orgánica que requieren una gestión ambiental diferenciada.

3.1. Mapa de Procesos y Flujo Hídrico

Para garantizar la precisión de la medición, el estudio delimita el sistema productivo exclusivamente a la Planta de Transformación. Bajo este enfoque, el esquema de balance hídrico distingue claramente entre los aportes externos y la operación interna. La carga hídrica asociada a la producción primaria (crianza del ganado y cultivo de pastos) ingresa al sistema como una Huella Indirecta incorporada en la leche cruda, constituyendo el antecedente de la cadena de valor.

Una vez dentro de la planta, se activa la generación de la Huella Hídrica Directa. En esta etapa, el flujo operativo integra insumos industriales (agua potable, energía y empaques) a través de procesos críticos como la pasteurización y la transformación del suero. El ciclo se cierra con las actividades de limpieza y desinfección (CIP), las cuales representan el principal consumo de agua azul y dan origen a los vertimientos industriales (Huella Gris), completando así el balance de entradas y salidas del sistema evaluado.

Ilustración 3. Esquema de Balance Hídrico: Enfoque de Transformación



Fuente: CAEM. 2025

3.2. Límites del Sistema Evaluado

La medición se delimita bajo un enfoque estrictamente Organizacional de tipo "Puerta a Puerta", lo cual permite caracterizar el perfil hídrico de las diez empresas del nodo en función de su rol específico dentro de la cadena de valor. Dado que estas organizaciones operan exclusivamente como plantas de transformación industrial y acopio, su alcance operativo no contempla actividades de producción primaria. En consecuencia, la Huella Hídrica Verde Directa es nula por definición estructural del negocio, ya que la captación de agua lluvia y el riego de cultivos son procesos inherentes a los predios proveedores de leche y se encuentran fuera de los límites de control directo de la planta.

Al excluir la fase agrícola de la operación directa, la carga hídrica asociada a la materia prima se contabiliza como Huella Indirecta, la cual representa en el análisis consolidado un promedio cercano al 87% de la huella total del nodo.

Sin embargo, este comportamiento es heterogéneo entre las empresas evaluadas; mientras que la mayoría transfiere más del 90% de su impacto a la cadena de suministro perfil típico de un transformador, existen casos puntuales donde la ineficiencia en el uso del agua industrial y la alta carga contaminante de los vertimientos elevan significativamente el peso porcentual de su huella directa.

Independientemente de la proporción de la huella indirecta, la estrategia de gestión ambiental de todas las organizaciones debe circunscribirse a las variables que pueden controlar in situ. Por tanto, la intervención se focaliza operativa y estratégicamente en la eficiencia de los procesos de lavado y desinfección (CIP) y en el tratamiento efectivo de los vertimientos industriales (Huella Gris), constituyendo estos los únicos vectores de actuación inmediata y gobernanza real para mitigar el impacto hídrico propio de la actividad manufacturera.

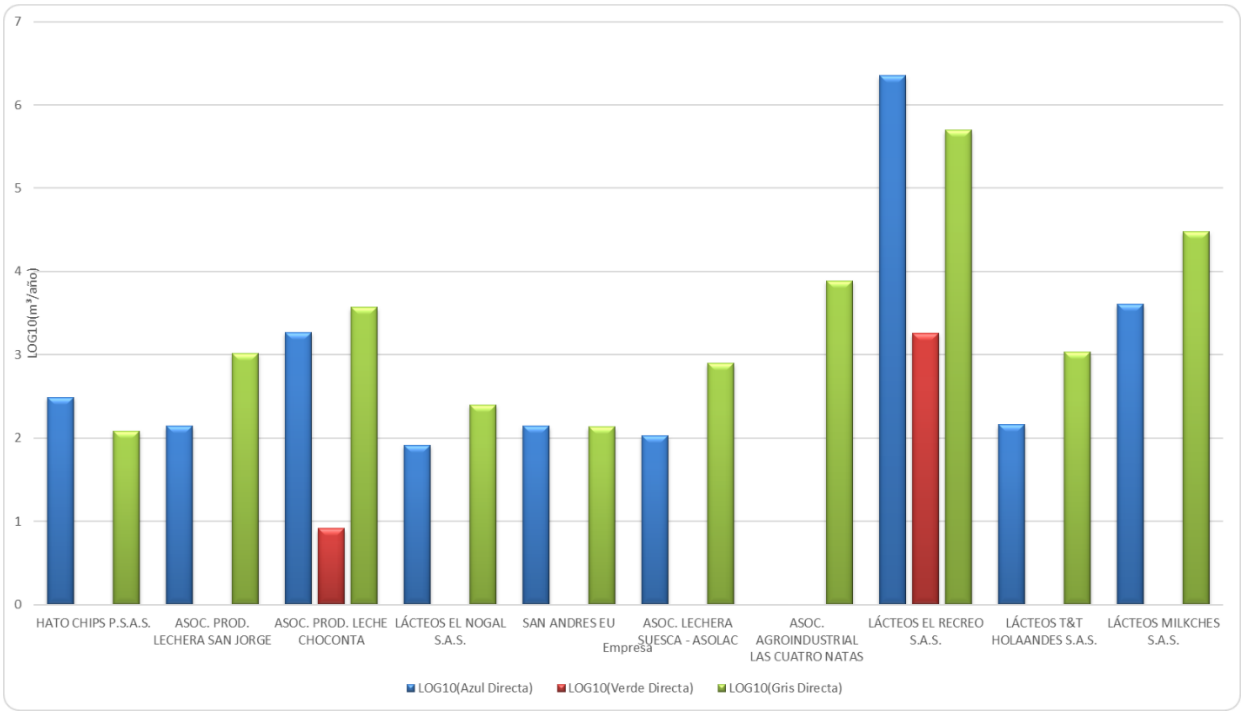
4. RESULTADOS CONSOLIDADOS DEL GRUPO DE ESTUDIO

Este capítulo presenta el análisis agregado de la huella hídrica de las diez (10) organizaciones que conforman el grupo de estudio seleccionado. Los resultados corresponden al año base 2025 y han sido calculados bajo la metodología Water Footprint Network, permitiendo una comparación homogénea entre plantas transformadoras y centros de acopio.

4.1. Huella Hídrica Directa (Operativa)

El análisis de la Huella Hídrica Directa revela una estructura operativa desigual al interior de la muestra evaluada. Si bien existe un patrón de comportamiento común en la mayoría de las empresas, se identifican diferencias sustanciales en las fuentes de abastecimiento y en la infraestructura hídrica, tal como se detalla a continuación.

Gráfico 1. Comparativa logarítmica de la Huella Hídrica Directa por componente (Azul, Verde y Gris).



Fuente: CAEM. 2025

La tendencia predominante en el nodo es una Huella Verde Directa nula (0,00%), comportamiento observado en la gran mayoría de las organizaciones (como Lácteos El Nogal, Milkches, T&T Hollandes). Esto confirma que su esquema de abastecimiento depende exclusivamente de fuentes convencionales (acueducto o pozo) y que no disponen de infraestructura para la incorporación de aguas lluvias en su operación.

Sin embargo, se registran dos excepciones técnicas: Lácteos El Recreo S.A.S. (1.819 m³/año) y San Andrés EU (7,2 m³/año) . La presencia de este indicador no obedece a actividades agrícolas, sino que evidencia la implementación de sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias (Cosecha de Agua) dentro de sus instalaciones. Estas organizaciones han integrado la precipitación como una fuente de abastecimiento complementaria, captando el recurso desde las cubiertas para emplearlo en actividades industriales que no requieren agua potable (como limpieza de exteriores, descargas sanitarias o procesos preliminares), diferenciándose así del modelo de abastecimiento único del resto del grupo.

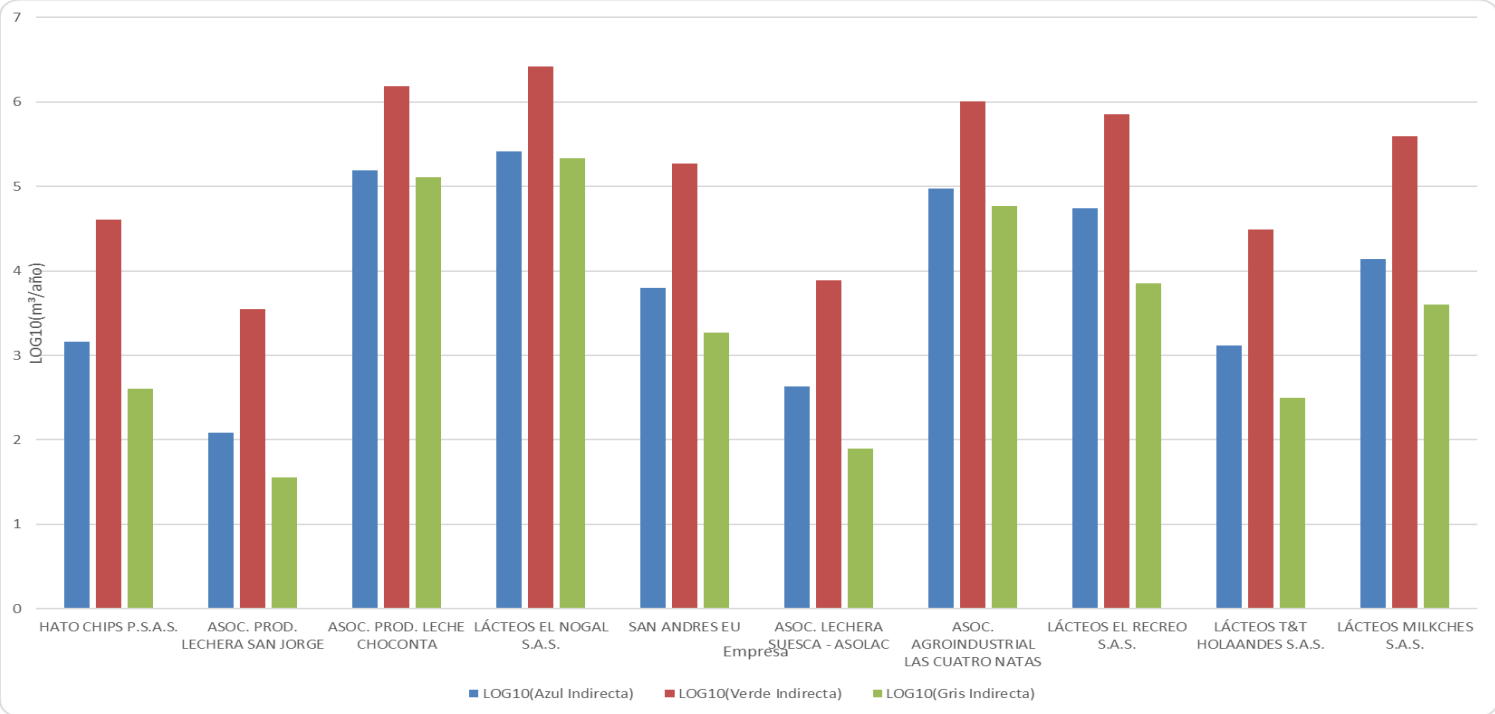
Las brechas en la Huella Azul y Gris, respecto al consumo de agua de red y subterránea (Huella Azul), la gráfica evidencia una diferencia de escala crítica. Mientras el promedio de las plantas locales mantiene consumos propios de la mediana industria, Lácteos El Recreo reporta volúmenes superiores a los 2,2 millones de m³/año. Esta disparidad masiva impacta directamente en la Huella

Gris: para este gran operador, el tratamiento de vertimientos representa un desafío ambiental de alto volumen (más del 14% de su huella total), mientras que, para las demás plantas, el impacto volumétrico es proporcionalmente menor, aunque igualmente relevante en términos de cumplimiento normativo.

4.2. Análisis Estructural de la Huella Hídrica Indirecta y Total

La integración de los componentes directos e indirectos permite realizar una segmentación estratégica del nodo, clasificando a las empresas en dos tipologías diferenciadas según el origen predominante de su impacto hídrico. Esta distinción es fundamental para orientar los planes de gestión, ya que evidencia que no existe un perfil único de consumo, sino dos modelos operativos con presiones ambientales distintas.

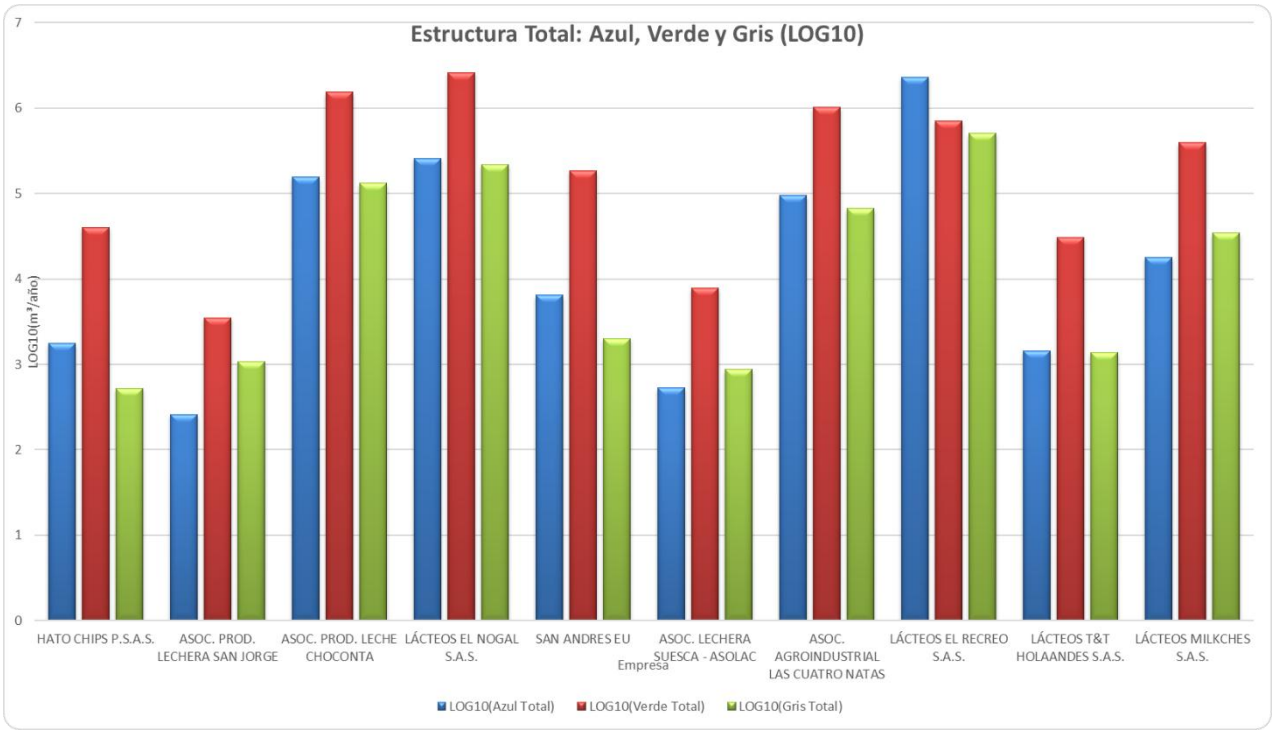
Gráfico 2. Comparativa logarítmica de la Huella Hídrica Indirecta por componente (Azul, Verde y Gris).



Fuente: CAEM. 2025

Al integrar este componente indirecto con la operación interna, el análisis consolidado permite clasificar a las empresas seleccionadas dentro del nodo del nodo en dos perfiles estratégicos diferenciados según su estructura de impacto total.

Gráfico 3. Estructura de la Huella Hídrica Total por componente (Escala Logarítmica).



Fuente: CAEM. 2025

Dentro del conjunto de las diez (10) empresas evaluadas en el nodo, se identifica un primer patrón de comportamiento hídrico, que corresponde a la tendencia predominante observada en la muestra analizada. Este patrón agrupa a la mayoría de las organizaciones evaluadas, entre ellas Lácteos El Nogal, Milkches, San Andrés EU, San Jorge y Hato Chips.

Las empresas incluidas en este grupo presentan una Huella Hídrica Total dominada en más del 90 % por el componente indirecto, asociada principalmente a la adquisición de leche cruda proveniente de terceros. En este contexto, la mayor carga hídrica corresponde a la huella hídrica verde indirecta de la fase primaria de producción, mientras que el consumo de agua bajo control directo de la planta transformadora resulta comparativamente bajo. Este comportamiento refleja la estructura típica de la cadena láctea en el marco específico de las empresas evaluadas, donde la transformación industrial concentra una fracción reducida del uso total del recurso hídrico frente a la etapa agropecuaria.

De manera diferenciada, se identifica un segundo patrón de comportamiento, representado exclusivamente por el caso de Lácteos El Recreo S.A.S. Esta empresa presenta una inversión del patrón observado en el resto de la muestra, con una huella hídrica mayoritariamente directa (78,12 %) y una participación minoritaria del componente indirecto (21,88 %). Este comportamiento, atípico

dentro del conjunto analizado, se asocia a elevados consumos de agua en procesos internos de planta, lo que la diferencia claramente del resto de las empresas evaluadas.

4.3. Balance Hídrico Total de las 10 Empresas Caracterizadas

A continuación, se presenta la matriz maestra con los datos validados del consolidado. Se ha realizado la corrección técnica de asignación de empresas para reflejar fielmente la magnitud de cada organización.

Tabla 4. Matriz de Resultados Consolidados - Huella Hídrica Total

No	ORGANIZACIÓN	HH DIRECTA (M³/AÑO) (GESTIÓN EN PLANTA)	HH INDIRECTA (M³/AÑO) (CADENA DE SUMINISTRO)	HH TOTAL (M³/AÑO)	PREPONDERANCIA / PERFIL
1	**Lácteos El Recreo S.A.S.**	2.744.867,11	768.854,45	**3.513.721,56**	**78,12% Directa** (Caso Atípico)
2	**Ind. Lácteas El Nogal S.A.S.**	331,66	3.070.254,00	**3.070.585,66**	99,99% Indirecta
3	**Asoc. Prod. Leche Chocontá**	5.605,20	1.817.216,64	**1.822.821,84**	99,69% Indirecta
4	**Asoc. Las Cuatro Natas**	7.773,36	1.175.674,32	**1.183.447,68**	99,34% Indirecta
5	**Lácteos Milkches S.A.S.**	34.459,00	412.005,96	**446.464,96**	92,28% Indirecta
6	**San Andrés EU**	273,27	193.299,93	**193.573,20**	99,86% Indirecta
7	**Hato Chips P S.A.S.**	430,31	41.956,88	**42.387,20**	98,98% Indirecta
8	**Lácteos T&T Holandés S.A.S.**	1.224,00	32.458,31	**33.682,31**	96,37% Indirecta
9	**Asoc. Suesca (ASOLAC)**	897,75	8.233,44	**9.131,19**	90,17% Indirecta
10	**Asoc. Prod. San Jorge**	1.179,90	3.668,26	**4.848,16**	75,66% Indirecta

Fuente: CAEM. 2025

La evaluación cuantitativa de los resultados obtenidos evidencia una marcada dualidad en los perfiles de impacto hídrico de las organizaciones evaluadas, lo que pone de manifiesto la necesidad de estrategias de sostenibilidad diferenciadas. El análisis de los volúmenes totales de huella hídrica y de su composición confirma que no existe un modelo único de gestión aplicable de forma homogénea dentro del conjunto de empresas analizadas.

El primer segmento, que abarca al 90% de las organizaciones evaluadas (incluyendo actores de gran volumen como Industrias Lácteas El Nogal y la Asociación de Chocontá, así como productores locales como San Andrés EU y

Milkches), se caracteriza por una Huella Hídrica Total dominada estructuralmente por el componente indirecto, el cual oscila entre el 90% y el 99,9% de su impacto global. Para este clúster empresarial, la sostenibilidad hídrica es un desafío que trasciende los límites físicos de la planta; dado que su huella directa es volumétricamente marginal en comparación con la carga hídrica incorporada en la leche cruda, la responsabilidad ambiental se traslada "aguas arriba". En consecuencia, la gestión interna de estas compañías debe focalizarse estrictamente en el control de la calidad de sus vertimientos (Huella Gris) para asegurar el cumplimiento normativo, reconociendo que cualquier ahorro de agua potable en sus procesos, aunque valioso, tendrá un impacto mínimo en la huella total frente al consumo de agua verde de sus proveedores.

Por otro lado, el análisis identifica a Lácteos El Recreo S.A.S. como la única excepción estructural del nodo, configurando un modelo de "Gestión Operativa Intensiva". Con una Huella Hídrica Directa que supera los 2,74 millones de m^3 anuales, esta organización invierte la lógica del sector al concentrar el 78% de su impacto en sus propias instalaciones. A diferencia del resto del grupo, cuya presión es difusa y agrícola, El Recreo ejerce una demanda inmediata y significativa sobre la oferta hídrica local (acueducto y pozos). Por tanto, para este actor específico, la estrategia no admite dilaciones en la cadena de suministro; la prioridad absoluta y urgente debe ser la reingeniería de sus procesos industriales para reducir el consumo de agua azul in situ, ya que su operación interna representa, por sí sola, el mayor foco de presión hídrica de todo el nodo evaluado.

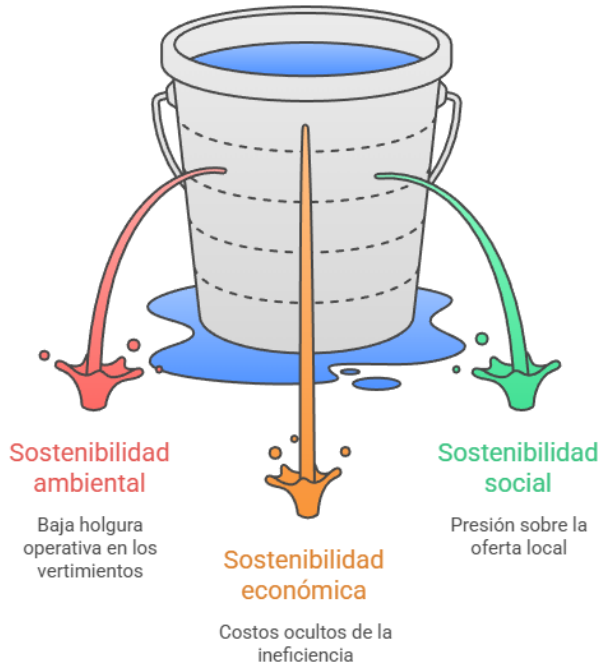
5. EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD (INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS)

La evaluación de la huella hídrica trasciende la simple cuantificación volumétrica; su propósito fundamental es interpretar los hallazgos a la luz de la capacidad de carga del territorio y la eficiencia corporativa. Bajo el enfoque metodológico de la Water Footprint Network (WFN), este capítulo analiza las implicaciones ambientales, económicas y sociales del uso del agua, identificando no solo los volúmenes consumidos, sino los puntos críticos donde el sistema presenta vulnerabilidades operativas.

A continuación, se presenta el esquema conceptual que resume el diagnóstico del nodo lácteo para el año base 2025:

Ilustración 4. Vulnerabilidades hídricas del nodo lácteo.[1]

[1] El esquema ilustra cómo la sostenibilidad del sector no se ve amenazada por la escasez del recurso (entrada), sino por tres vectores de presión (salidas): el riesgo normativo en vertimientos, la ineficiencia financiera oculta y la presión sobre la calidad del agua en el entorno social.



Fuente: CAEM. 2025

5.1. Sostenibilidad Ambiental: Calidad del Agua y Cumplimiento Normativo

El análisis de sostenibilidad ambiental se centra prioritariamente en la huella hídrica gris, dado que, para la mayoría de las plantas transformadoras evaluadas, el impacto ambiental directo más relevante no se asocia al volumen de extracción del recurso hídrico, sino a la carga contaminante retornada al sistema de alcantarillado. Al evaluar el comportamiento de los vertimientos frente a la normativa sectorial vigente, específicamente la Resolución 0631 de 2015, Artículo 12, se identifica un escenario generalizado de baja holgura operativa.

Si bien las organizaciones evaluadas reportan cumplimiento formal de los Valores Máximos Permisibles establecidos para vertimientos al sistema de alcantarillado público, los parámetros de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) se ubican de manera recurrente en rangos cercanos al límite superior permitido por la normativa.

Esta cercanía al tope normativo evidencia una vulnerabilidad técnica en los sistemas de pretratamiento (trampas de grasa y sedimentadores), los cuales operan al máximo de su capacidad. En este contexto, cualquier desviación operativa como un derrame accidental de suero o ineficiencias en el retiro de sólidos previos al lavado puede llevar a la organización a una situación de

incumplimiento ambiental inmediato, comprometiendo la viabilidad legal de la operación.

Adicionalmente, un hallazgo es la incertidumbre asociada a la trazabilidad del dato. La mayoría de las empresas del nodo carecen de sistemas de medición directa, en los puntos de vertimiento, dependiendo de estimaciones técnicas basadas en el consumo de agua potable. Esta condición limita la precisión del cálculo de la Huella Gris y subraya la necesidad de tecnificar el monitoreo para garantizar una trazabilidad fuerte del impacto real sobre las cuencas receptoras.

5.2. Sostenibilidad Económica: Eficiencia y Costos Ocultos

La evaluación económica busca determinar la sensibilidad financiera de las empresas frente a la gestión del recurso hídrico. Al contrastar la facturación del servicio de acueducto con los costos operativos totales, se observa una tendencia estructural en el nodo: el costo directo del metro cúbico de agua representa una fracción marginal dentro de la estructura financiera de producción. Sin embargo, la sostenibilidad económica no debe interpretarse únicamente desde la factura del acueducto, sino desde los costos ocultos asociados a la ineficiencia.

El alto volumen de Huella Hídrica Indirecta (incorporada en la leche cruda) implica que cualquier pérdida de materia prima (mermas de leche o producto terminado) multiplica exponencialmente el desperdicio de agua virtual, afectando directamente la rentabilidad del negocio. Simultáneamente, la alta carga orgánica de los efluentes (Huella Gris) incrementa los costos de mantenimiento de los sistemas de tratamiento y las tarifas por tasas retributivas. Por tanto, las medidas de eficiencia económica deben reorientarse estratégicamente hacia la reducción de pérdidas de producto y la optimización de los protocolos de limpieza (CIP), superando la visión tradicional de simple ahorro en la factura de servicios públicos.

5.3. Sostenibilidad Social: Presión sobre la Oferta Local

Este componente evalúa si el consumo hídrico de las empresas compite con la demanda básica de la población circundante, generando posibles conflictos por el acceso al recurso. Utilizando el indicador de demanda social estimado (0,07 m^3/persona/día), el análisis arroja conclusiones diferenciadas según la escala de la empresa.

Para el grupo mayoritario de plantas del nodo (perfil estándar), cuyo consumo operacional promedio oscila alrededor de los 27,7 m^3/mes, la presión cuantitativa sobre el recurso es mínima, representando menos del 0,002% de la demanda social estimada de los municipios de ubicación. Bajo este escenario, no existe un conflicto significativo por disponibilidad entre la industria y la

comunidad. Sin embargo, para el caso atípico de operación intensiva (Lácteos El Recreo), cuyos consumos superan los 200.000 m³/mes, la presión sobre las fuentes locales es sustancialmente mayor, requiriendo un manejo diferenciado de la licencia social.

A pesar de la baja presión cuantitativa del promedio del nodo, el riesgo social se traslada a la calidad del agua. La generación de vertimientos industriales con alta carga orgánica ejerce presión sobre la infraestructura pública de saneamiento (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales). Si las empresas que se encuentran ubicadas en la parte urbana (4 empresas) no controlan rigurosamente sus descargas, pueden comprometer la eficiencia del tratamiento municipal, trasladando el problema ambiental a las comunidades aguas abajo y generando pasivos sociales externos.

6. CONCLUSIONES

El análisis técnico de la huella hídrica para las diez organizaciones del nodo lácteo de Cundinamarca, correspondiente al año base 2025, permite establecer conclusiones que definen el estado actual y los retos futuros del sector:

- El diagnóstico técnico desvirtúa la hipótesis de un comportamiento sectorial uniforme, revelando una fractura estructural que divide al nodo en dos realidades opuestas. Por un lado, el 90% de las organizaciones (incluyendo a Lácteos El Nogal y San Andrés EU) responde al perfil de "Transformador Estándar", donde la huella hídrica es casi en su totalidad indirecta y la presión en planta es marginal. En el extremo opuesto, Lácteos El Recreo S.A.S. configura un perfil "Intensivo en Planta" que invierte la lógica del sector, concentrando el 78% del impacto en sus instalaciones con un consumo de agua potable que supera los 2,2 millones de metros cúbicos anuales, lo que exige una intervención focalizada en la reingeniería interna.

- La estabilidad del negocio presenta una dependencia crítica del régimen de lluvias, trasladando el riesgo de abastecimiento fuera del control industrial. Al estar la huella hídrica concentrada mayoritariamente en el componente Verde Indirecto (agua lluvia consumida por pastos y forrajes), la continuidad operativa del sector es altamente sensible a la variabilidad climática. Esto confirma que la principal amenaza para la sostenibilidad no reside en la eficiencia de la fábrica, sino en la baja capacidad de resiliencia de los predios ganaderos ante fenómenos de sequía, constituyendo un factor de riesgo externo que la industria debe mitigar mediante el fortalecimiento de su cadena de suministro.

- En el plano operativo, la gestión de la Huella Hídrica Gris se consolida como el punto de riesgo legal para todas las empresas. Los análisis evidencian una sistemática falta de holgura en los sistemas de tratamiento, donde parámetros determinantes como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se ubican frecuentemente en el límite superior de la normativa ambiental. Esta operación "al borde de la norma" implica que cualquier ineficiencia puntual en la retención de sueros o grasas deriva en incumplimientos inmediatos, priorizando la inversión en calidad del efluente por encima de la reducción de caudal.

- Existe una debilidad estructural en la trazabilidad de la información ambiental debido a la ausencia generalizada de medición directa en los puntos de vertimiento. La dependencia de estimaciones basadas en el consumo de agua potable, ante la falta de caudalímetros de salida, introduce un margen de incertidumbre técnica que impide cuantificar con precisión la presión real ejercida sobre las cuencas. Esta brecha tecnológica dificulta la toma de decisiones basada en evidencia, señalando la instrumentación del monitoreo como una inversión prioritaria e indispensable para garantizar la transparencia del desempeño ambiental.

- El análisis evidenció una brecha en el cumplimiento técnico asociado a la caracterización de vertimientos, conforme a lo exigido por la Resolución 0631 de 2015. Dentro de las diez (10) empresas evaluadas, solo dos (2) organizaciones contaban con caracterizaciones de vertimientos previas, realizadas de acuerdo con los parámetros, frecuencias y condiciones establecidas en la normativa aplicable para vertimientos al sistema de alcantarillado público. En los demás casos, la ausencia de información histórica obligó a que el presente estudio constituyera la primera línea base técnica, limitando la posibilidad de analizar tendencias temporales y evidenciando un bajo nivel de apropiación del instrumento de caracterización como herramienta de gestión ambiental y de control de la huella hídrica gris.

7. ANEXOS

- Anexo 1. Consolidado_Huellas Hidricas_Nodo Lacteo