



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**GESTIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA COMO ESTRATEGIA
EMPRESARIAL PARA DISMINUIR LA
HUELLA HÍDRICA GENERADA EN EL
DESARROLLO DE SU ACTIVIDAD**

Paula Andrea Galeano Orozco

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia

2020



Gestión del agua en la industria alimentaria como estrategia empresarial para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad económica

Paula Andrea Galeano Orozco

Estado del Arte como requisito para optar al título de:
Ingeniera Ambiental

Asesora

Nora Elena Villegas Jiménez
Doctora en Ingeniería

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia

2020.

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria	2
Resumen.....	3
Introducción.....	4
Objetivos	
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos	5
Conceptos sobre la gestión del recurso hídrico.....	6
Impactos ambientales en el recurso hídrico de la Industria Alimentaria.....	12
Estrategias ambientales para reducir la huella hídrica de las empresas del sector alimentos.....	16
Casos empresariales exitosos en la implementación de estrategias para la gestión del recurso hídrico.....	24
Resultados y Análisis.....	33
Conclusiones.....	35
Referencias Bibliográficas.....	36

Resumen

La industria alimentaria es uno de los sectores más contaminantes a nivel del agua, sus cargas orgánicas generan consecuencias como la contaminación y eutrofización del medio acuático, afectando así los ecosistemas. Debido a ello, las industrias han adoptado planes para el uso eficiente del agua, conceptos de economía circular y estrategias de producción limpia, que han ayudado a disminuir la huella hídrica de dicho sector. En el presente estado del arte se explora la información referente al tema, en el cual se encontró que la gestión del recurso hídrico tiene como común denominador, estrategias como la estructuración de una adecuada área de gestión ambiental, la caracterización de los vertimientos, los principios de producción más limpia como reducción de pérdidas, reuso, recirculación del agua y el tratamiento final, la educación ambiental, capacitaciones al personal, planes de mejora continua, mantenimiento preventivo, cambio de tecnologías obsoletas, principios de economía circular, instalación de trampas de grasa, tecnologías limpias, plantas de tratamientos de aguas residuales, dispositivos ahorradores, hasta extenderse más allá e incluir entre sus metas, planes para comunidades, proyectos sociales y de innovación y desarrollo, protección de cuencas, humedales y agua en general. Así las empresas podrán adoptar medidas que les permitan alcanzar los objetivos y metas enmarcados en el desarrollo sostenible y fortalecer su área ambiental, reducir costos, ayudar al medio ambiente y ser más competitivas a nivel empresarial.

Palabras clave: Industria Alimentaria, uso eficiente del agua, economía circular, producción más limpia, gestión del recurso hídrico.

Introducción

El impacto ocasionado al recurso hídrico por parte de las empresas, es un tema del cual la industria se ha venido ocupando en el marco del desarrollo sostenible, con el fin de disminuir dicho impacto y gestionar de manera eficiente el recurso hídrico. Es por ello que los planes de uso eficiente del agua, de producción más limpia y las estrategias de economía circular, han adquirido más fuerza y se han incorporado a las empresas como estrategia para ser más competitivas, disminuir costos, contribuir al medio ambiente y fortalecer su área ambiental.

En el presente estudio se desarrolla un estado del arte acerca de la gestión del recurso hídrico en el sector alimentos, con el fin de conocer cuáles son las estrategias que se pueden desarrollar y que se han adoptado en algunas empresas de este sector para disminuir su huella hídrica. Para ello se realizó una revisión bibliográfica, que como resultado, permitió realizar una recopilación de las diferentes estrategias que son sugeridas por algunos autores y aquellas acogidas o que mediante innovación, han puesto en marcha las empresas del sector alimentario, alcanzando importantes metas de reducción de consumos de agua así como de vertidos con cargas contaminantes.

Objetivos

Objetivo General

- Obtener datos relevantes acerca de la gestión del recurso hídrico en las industrias de procesamiento de alimentos como estrategia empresarial para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad económica.

Objetivos específicos

- Buscar conceptos y explorar la normativa acerca de la gestión del recurso hídrico en Colombia.
- Compilar información sobre los impactos de la actividad productiva de la industria alimentaria en el recurso hídrico.
- Revisar información acerca de las diferentes estrategias que pueden emplear las empresas de la industria alimentaria para gestionar de manera adecuada el recurso hídrico.
- Inspeccionar casos de éxito en la implementación de técnicas para la gestión del recurso hídrico de algunas empresas alimentarias.

Conceptos sobre la gestión del recurso hídrico

Debido al impacto generado en el agua, el sector industrial se ha visto en la necesidad de gestionar el recurso hídrico de una manera más eficaz, llevando a cabo como estrategias el uso eficiente y ahorro del agua, la aplicación de prácticas de producción más limpia y conceptos de economía circular, con el fin de disminuir la huella hídrica generada y como estrategia empresarial en sostenibilidad. Se entiende por uso eficiente del agua a “toda acción que minimice el consumo de agua, reduzca el desperdicio u optimice la cantidad de agua a usar en un proyecto, obra o actividad, mediante la implementación de prácticas como el reúso, recirculación, uso de aguas lluvias, control de pérdidas, reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua” (Decreto 1090 de 2018, p.3).

Por producción más limpia se entiende la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente (Política Nacional de Producción más Limpia, 1997, p.22) y finalmente la economía circular, definida como los sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible.(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, p.20).

La Ley 373 expedida por el Congreso de Colombia en el año 1997, define el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar, las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. “A nivel industrial el programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua hace parte de las actividades necesarias para alcanzar una adecuada gestión ambiental”. (Moncada, 2014, p.9).

Esta Ley establece que el programa de uso eficiente y ahorro de agua en el sector industrial, permite hacer referencia a las siguientes estrategias como medida necesaria para el éxito del

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

programa: Reducción de pérdidas (artículo 4), reúso obligatorio de agua (artículo 6), consumos básicos y máximos (artículo 7), campañas educativas a los usuarios (artículo 12), “Para que todo programa de uso eficiente del agua tenga éxito, debe contar con la participación ciudadana, y para ello es indispensable establecer acciones de comunicación y educación.”. (Arreguín, 1991, p.14); tecnologías de bajo consumo de aguas (artículo 15) y la protección de zonas de manejo especial (artículo 16).

En cuanto a la producción limpia, en el año 1997 se estableció la política nacional de producción limpia, la cual busca fundamentalmente prevenir la contaminación en su origen, en lugar de tratarla una vez generada. (Política Nacional de Producción más Limpia, 1997, p.9). El enfoque de producción limpia incluye aspectos como la optimización de los procesos y productos, negocios sostenibles y las tecnologías limpias. El primero incluye buenas prácticas, uso eficiente de agua, energía e insumos, aprovechamiento de subproductos, eco diseños, ciclo del vida del producto y manejo de materias primas, el segundo incluye la gestión ambiental para mejorar la competitividad, la responsabilidad ambiental y social y por último las tecnologías limpias que abarcan el cambio tecnológico, el desarrollo de nuevas tecnologías y la optimización de la eficiencia y la calidad. (Herrera & Hoof, 2007 p.113). “Las tecnologías de producción limpias (procesos) en el sector industrial, reducen los contaminantes, la cantidad de energía y de recursos naturales necesarios para elaborar sus productos”. (Gil, 2007, pp.73-81)

Los autores Arroyave & Garcés (2007), manifiestan que existen tres grandes alternativas de tecnologías limpias para la industria en general: reducción de residuos en el origen, reciclaje (reuso y recirculación), “que en el contexto de Gestión Integral del Recurso Hídrico el reúso del agua residual aparece como una estrategia para el ahorro y uso eficiente del agua, capaz de reducir los impactos negativos asociados con la extracción y descarga a cuerpos de agua naturales”. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, p.1), y por último tecnología de control, que se aplica al final del proceso y que comprende el tratamiento de los residuos y su disposición final.

Para el año 2010 surge la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia. Dicha política se fundamenta en 8 principios que son: Bien de uso público, uso prioritario, factor de desarrollo, integralidad y diversidad, unidad de gestión, ahorro y uso eficiente, participación y equidad y por último información e investigación. En cuanto al sexto principio la política lo define como sigue: “El agua dulce se considera un recurso escaso y por lo

tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente” (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.96).

El objetivo de la política es garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente, para ello sustenta 6 objetivos específicos los cuales son la oferta, demanda, calidad, riesgos, fortalecimiento institucional y gobernabilidad. (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.96). De estos seis objetivos, dos de ellos se resaltan para el presente estudio y son los referentes a la oferta, que habla sobre conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país, y el objetivo 2 la demanda, enfocada en caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país.

En cuanto a la oferta, el documento pone en manifiesto que Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica en el mundo, puesto que cuenta con 1, 214,258 Mm³/año de oferta hídrica disponible, lo cual representa un total per cápita de 28,370 m³ de agua (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.61), sin embargo esta oferta es heterogénea, pues la mayor parte del recurso se encuentra en lugares con bajos niveles poblacionales como la Amazonía, Orinoquía y Chocó, mientras que en la zona Andina, donde se encuentra el grueso de la población, cuenta con tan solo el 15% de la oferta hídrica total, más del 80% de los asentamientos urbanos de los municipios se abastecen de fuentes muy pequeñas, de baja capacidad de regulación como: arroyos, quebradas, riachuelos, etc., sin sistemas de almacenamiento, hacen que una buena parte de la población y su abastecimiento de agua sea altamente vulnerable”. (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.81).

Referente a las aguas subterráneas, existe un gran reservorio a nivel nacional, los cuales representan una gran posibilidad de abastecimiento, adicional a estos reservorios, se encuentran otros ecosistemas acuáticos que representan una importante oferta hídrica representados en humedales, ciénagas y embalses, de los principales humedales colombianos se han identificado 27 complejos continentales, la región Caribe es de gran escala por la presencia del 71% de humedales de carácter permanente o semipermanente, destacándose en orden de importancia el Complejo de la Depresión Momposina, el del Magdalena Medio y el del Río Atrato. (Ministerio

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.32). Seguidamente se encuentran los glaciares de los cuales Colombia cuenta con seis importantes masas y finalmente se ubican los páramos, “estos ecosistemas de la alta montaña son determinantes y estratégicos por su gran potencial de almacenamiento y regulación hídrica, recarga de acuíferos y nacimiento de los principales sistemas hídricos de abastecimiento de la población” (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.35).

Para alcanzar el objetivo enfocado en la oferta se desarrollan una serie de estrategias entre las cuales se resaltan para objeto del presente estudio: el conocimiento y la conservación, lo que permitirá guardar los sistemas naturales y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país. (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.98).

De acuerdo al objetivo 2, demanda, en la política se expone que la demanda de agua para uso industrial corresponde al 13%, donde “la mayor demanda requerida por la industria se concentra en los centros industriales como Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali” (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.37). Este objetivo tiene como fin la caracterización, cuantificación y optimización de la demanda de agua en el país, en donde una de sus estrategias es el uso eficiente y sostenible del agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, p.61).

En cuanto a este objetivo, con el fin de lograr su cumplimiento, se resaltan las siguientes estrategias; incorporación de la gestión integral del recurso hídrico en los principales sectores productivos, el uso eficiente y sostenible del agua basado en el incremento en la utilización de tecnologías ahorradoras y de uso eficiente del recurso hídrico, adaptación de programas de reducción de pérdidas de agua y de mejoramiento de la infraestructura obsoleta existente en los sistemas de abastecimiento de este recurso para cualquier uso, el incremento en la implementación de los programas de uso eficiente y ahorro de agua (PUEAA) y el desarrollo e implementación de mecanismos que promuevan cambios en hábitos de consumo no sostenibles en los usuarios del recurso hídrico (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.99).

Como se expresó anteriormente la política tiene entre sus estrategias la implementación de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA, que se encuentran regulados mediante el Decreto 1090 del año 2018 la cual lo define como “una herramienta enfocada en la optimización del uso del recurso hídrico, conformado por el conjunto de proyectos y acciones

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

que le corresponde elaborar y adoptar a los usuarios que soliciten concesión de aguas, con el propósito de contribuir a la sostenibilidad de este recurso”.

En el año 2019 se consolida la estrategia nacional de economía circular la cual propende por un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, p.11).

La estrategia de economía circular plantea cinco tipologías de iniciativas innovadoras que impulsan la transformación del paradigma de la economía lineal hacia una economía circular que son modelo de valoración de residuos, modelos circulares, modelos de extender la vida útil, modelos de productos como servicios, modelos de plataforma. Para el presente estudio se resalta del primer modelo, la reutilización de los residuos en aplicaciones diferentes como por ejemplo recuperación de flujo de materiales, del segundo modelo, se expone que el material puede ser utilizado en la misma aplicación, en este apartado se hace referencia al reúso del agua tratada. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, p.22).

Basados en el principio de reúso del agua mencionado en el apartado anterior, normativamente la resolución 3930 de 2010 promueve el reúso de aguas residuales a través de los planes de reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimientos. Así mismo, la Resolución 1207 de 2014 define los valores de calidad permisibles para el reúso del agua residual. El uso del agua residual tratada a través de la recirculación y el reúso pueden mantener el suministro de agua segura, disponible y asequible, mientras se reducen los costos energéticos y los impactos ambientales, es decir, el reúso y la recirculación deben ser considerados como elementos fundamentales en la gestión sostenible del agua para ahorrar costos, generar fuentes de empleo, recuperar y aprovechar materiales y disminuir los impactos ambientales. En tal sentido, el Departamento de Planeación Nacional está avanzando en la formulación de un documento de política para la gestión de largo plazo (CONPES) de los servicios de agua potable y saneamiento básico hacia el concepto de economía circular y seguridad hídrica

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019, p.62)

Impactos ambientales en el recurso hídrico de la Industria Alimentaria

El Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) en Colombia, publicado en el año 2004, manifiesta que la materia orgánica generada por las actividades industriales en el 2008 fue de 639.765 ton (1,752 Tm/día), lo que equivale a 17,5 millones de habitantes, siendo las actividades de fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón, elaboración de productos alimenticios y bebidas y fabricación de sustancias y productos químicos las que mayor carga generaron. Lo anterior permite establecer que las cargas contaminantes generadas por los sectores industriales son un importante factor de deterioro de la calidad del recurso hídrico urbano. Así mismo, se estima en el PMAR que en el país el caudal de aguas residuales generado por los centros urbanos es de 67m³/s, en donde Bogotá representa más del 15,3%, Antioquia el 13%, Valle del Cauca el 9.87% y los demás departamentos están por debajo del 5%. Esta proporcionalidad condiciona el grado de impacto sobre las corrientes hídricas y marca la tendencia de impacto en las regiones. (Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, 2010, p.48)

De acuerdo a diversos autores, las aguas provenientes de la industria alimentaria contienen una carga contaminante importante y poseen un elevado contenido en materia orgánica, fósforo y nitrógeno (Berruga, 1999, p.5), así mismo, este autor expresa que “la cantidad de agua utilizada para obtener una unidad de producto en el sector alimentario viene a ser unas 2 veces superior a la necesaria como promedio en la industria química y 5 veces mayor a la usada en la industria textil o papelería”. “La industria alimentaria, con su diversidad de segmentos, genera una gran cantidad de residuos y consume una gran cantidad de agua” (Restrepo, 2006, p.87), “es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado” (González, 2012, p.16).

Como se evidenció anteriormente, la industria alimentaria origina alto contenido contaminante y vertidos líquidos que afectan directamente el recurso hídrico, sin embargo, de acuerdo al tipo de alimento que se produce, se generan diferentes contaminantes, los vertidos líquidos de la industria láctea son los más abundantes entre los de la industria alimentaria, los efluentes lácteos están constituidos principalmente por las aguas de lavado, los agentes de limpieza y desinfección y los restos de leche y diversos materiales lácteos desechados o derramados

durante los procesos productivos (Berruga, 1999, p. 52). El informe de la Secretaria Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía Chileno, (2000) coincide con lo anterior, expresando que los residuos líquidos generados por la industria de lácteos provienen, entre otras fuentes, del agua de lavado de equipos, utensilios e instalaciones, del suero residual de la fabricación de queso, y de las soluciones ácidas y alcalinas y el agua utilizada en la limpieza de camiones, estanques y líneas de pasteurización.

En general, los procesos llevados a cabo por la industria láctea suponen importantes consumos de agua y energía, así como grandes volúmenes de aguas residuales con una carga orgánica elevada. Estas características dependen, por una parte, de la tecnología utilizada y por otra, de la operación y manejo de cada instalación (CAR/PL, 2002, p.83). “Como en la mayoría de las industrias de alimentos, los principales problemas ambientales originados por las industrias del sector lácteo están asociados a la generación de residuos líquidos y sólidos” (Restrepo, 2006, p.87). González (2012) coincide con dicha apreciación “La industria láctea al procesar su materia prima más importante como es la leche, genera un gran volumen de residuos sólidos y líquidos”. Los principales efectos medioambientales generados en el proceso de elaboración de queso son las de limpieza y desinfección, empleando detergentes y desinfectante, productos químicos que aumentan los volúmenes de efluentes y su carga orgánica. (González, 2012, p.21).

Otro componente relevante de estos efluentes es la salmuera, ya que contribuye a la elevación del nivel de cloro de las aguas. Por otro lado, en la elaboración de aquellos quesos en los que la cuajada se somete a un tratamiento térmico (Mozzarella) o un lavado, las aguas de proceso también participan notablemente en el aumento de la carga orgánica de los efluentes. Las aguas residuales de las industrias elaboradoras de mantequilla destacan también por su alto poder contaminante y su contenido en fósforo. En este caso, la mayor o menor presencia de mazada es uno de los factores que más afecta al contenido en materia orgánica del efluente. Además, las aguas de lavado de la mantequilla, ricas en lactosa, grasas y nitrógeno proteico, contribuyen también significativamente a la composición del vertido final (Berruga, 1999, p.55)

Existe una gran variabilidad en las características de las aguas residuales generadas en la industria láctea debido a la diversidad de procesos productivos y de productos elaborados. En general, los efluentes líquidos de una industria láctea presentan las siguientes características: alto contenido en materia orgánica, aceites y grasas, niveles elevados de nitrógeno y fósforo,

variaciones importantes del pH, conductividad elevada y variaciones de temperatura. (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de España, 2005, p.70).

En cuanto al consumo de agua la mayor parte de las industrias lácteas consumen diariamente cantidades significativas de agua en sus procesos, especialmente en las operaciones de limpieza para mantener las condiciones higiénicas y sanitarias requeridas, y en los sistemas de refrigeración. En las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, se puede llegar a consumir entre el 25–40% del total. La cantidad total de agua consumida en el proceso puede llegar a superar varias veces el volumen de leche procesada dependiendo del tipo de instalación, el tipo de productos elaborados, el sistema de limpieza y el manejo del mismo. (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de España, 2005, p.78)

El sector cárnico es uno de los más problemáticos en cuanto a la generación de aguas residuales. Los efluentes de las salas de sacrificio incluyen aguas de lavado, detergentes y desinfectantes, restos de sangre y otros fluidos corporales. Una característica importante de estos efluentes es la presencia elevada de detergentes y desinfectantes, empleados para limitar las contaminaciones por bacterias coliformes fecales y otros microorganismos. (Berruga, 1999, p. 52). Esta industria tiene un alto potencial para la generación de aguas residuales; puede encontrarse presencia de pesticidas e incluso niveles considerables de cloro cuando hay operaciones que involucran curado y salmuera. Los residuos son ricos principalmente en nitrógeno y materia orgánica, y por ello pueden ser aprovechados en líneas de subproductos. (Restrepo, 2006, p.90).

Las operaciones en esta industria que requieren consumo de agua son escaldado, lavado de canales y despojos comestible, limpieza y desinfección de equipos, instalaciones y vehículos, operaciones de descongelación (por agua), cocción (por inmersión), enfriamiento (por agua), limpieza y desinfección de equipos e instalaciones, producción de frío (condensadores evaporativos, torres de enfriamiento), y la generación de aguas residuales se da en los procesos de recepción, limpieza y desinfección de equipos y vehículos, desangrado, lavados diversos, se destacan la descongelación, carga cocción, enfriamiento, limpieza y desinfección de equipos, lavado de materia prima; dichos procesos generan alta carga orgánica, sólidos, conductividad, sólidos, grasas, DQO, DBO, grasas, SS, N, P y conductividad. (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación en España, 2005, p.74).

De acuerdo al estudio realizado por Berruga (1999), en los efluentes de las industrias de transformación de productos de la pesca abunda también el material proteico y graso. La carga contaminante oscila mucho en función del tipo de actividad ya sea en la industria dedicada al fileteado, conserveras o las productoras de harina de pescado en las cuales se presenta mayor carga contaminante. Las aguas de cocción son las responsables de la mayor parte del poder contaminante de los efluentes de la industria conservera; su carga orgánica varía significativamente dependiendo de la especie procesada. Los residuos líquidos generados por la industria pesquera se dan básicamente en los procesos de lavado, escaldado, enfriado, pelado, y cortado. (Restrepo, 2006, p.89).

Los ciclos productivos típicos de las industrias transformadoras de frutas y hortalizas se reflejan en la heterogeneidad de sus vertidos. Sus aguas residuales incluyen los líquidos empleados en el lavado, pelado de los vegetales y los de lavado de las instalaciones, que incluyen agentes de limpieza y desinfección. (Berruga, 1999, p.47). “El procesamiento de las frutas y vegetales compromete en gran medida las aguas residuales y los residuos sólidos. Las primeras son altas en sólidos suspendidos, azúcares, harinas, agentes de blanqueado, sales e incluso, residuos de pesticidas” (Restrepo, 2006, p.88).

De acuerdo a Berruga (1999) la obtención de almidón a partir de diversas fuentes como maíz, arroz, harina y patatas, entre otras, es una actividad que requiere atención, estas industrias generan vertidos con un elevado poder contaminante.

Como se evidenció anteriormente, los procesos industriales del sector alimentos, generan altas cargas contaminantes como materia orgánica, sólidos suspendidos y disueltos, nitrógeno, fósforo, grasas y aceites y otros elementos provenientes de los productos de desinfección y limpieza, lo que genera contaminación y eutrofización en los sistemas acuáticos.

Estrategias ambientales para reducir la huella hídrica de las empresas del sector alimentos.

Debido a las grandes cantidades de agua que se consumen en el ciclo productivo y los altos valores contaminantes, las industrias adoptan los planes de uso eficiente y de producción más limpia mencionados al principio del presente estudio, para gestionar el recurso hídrico y hacer más eficientes sus procesos en el marco de la sostenibilidad, valiéndose de las tecnologías limpias con el fin de alcanzar ciertas metas.” Los principios de la producción más limpia tienen muchas aplicaciones en las industrias de alimentos, de hecho estos principios son necesarios para asegurar la calidad y la productividad sin deteriorar el medio ambiente” (Restrepo, 2006, p.87). Adicional a ello “La gestión ambiental se ha convertido en un aspecto relevante para las distintas organizaciones, específicamente aquellas vinculadas al sector productivo y en especial, las relacionadas con el procesamiento de productos alimenticios”. (Gil, 2007, p.73).

El reúso del agua industrial es una estrategia efectiva para la aplicación de los principios de economía circular y producción más limpia, el artículo de la resolución 1207 de 2014 expone los usos establecidos para agua residual tratada. En este caso las de uso industrial se mencionan los siguientes reúsos: para el intercambio de calor en torres de enfriamiento y en calderas, descarga de aparatos sanitarios, limpieza mecánica de vías, riego de vías para el control de material particulado y sistemas de redes contra incendio. Cuando el agua residual tratada se utilice en la descarga de aparatos sanitarios, las aguas residuales resultantes deberán someterse a tratamiento como agua residual no doméstica. En lo que respecta a los cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales, y que han sido sometidos a procesos físicos o químicos, puede usarse el agua residual tratada para riego siempre y cuando se cumplan las normas de la autoridad sanitaria y agrícola en el ámbito de sus competencias. (Ministerio de Medio ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, p.4)

De acuerdo a diversos autores y los planes de gestión del agua de algunas empresas, existen diversas estrategias que pueden ser aplicables el sector alimentos para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad, la mayoría de las oportunidades de producción más limpia identificadas, involucran buenas prácticas de manejo que no tienen altos costos y que son de fácil implementación por parte de las empresas. Entre ellas cabe señalar: Optimización de caudales en el uso de agua de enfriamiento, reducción del consumo de agua en

los procesos de lavado y recuperación de grasa. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005, p. 32).

En la industria alimentaria es muy común el uso de trampas de grasa debido a la alta generación de aceites y grasas, con este mecanismo es posible separar físicamente las aguas de las grasas residuales de cocina, así el agua que sale es captada directamente en un tanque interceptor, las grasas por diferencias en densidades flotan en el tanque y los sólidos más pesados por acción de gravedad son llevado la fondo, luego de esto por medio de coladores se procede a hacer operaciones de desnatado y para trampas de mayor envergadura dichas grasas son recolectadas y dispuestas por gestores ambientales encargados de darles un manejo especial, enfocado mayormente a compostaje, y generación de biodiesel. (Rainforest Alliance, p.43)

“Las características de cada industria condicionan los tratamientos de depuración aplicables a este tipo de vertido, de igual modo, los efluentes o aguas residuales deben caracterizarse adecuadamente antes de su tratamiento o vertido”. (Berruga, 1999, p.56). El volumen y el flujo con el que se descarga el efluente y las horas del día de máxima descarga son esenciales para diseñar una planta de tratamiento. Es necesario además, conocer los métodos de limpieza empleados, las operaciones implicadas en el proceso, el volumen de los depósitos previos, la velocidad de flujo de las conducciones de descarga y el tiempo que se utilizan, entre otros . (Berruga, 1999, p.9).

En cuanto a la reducción de consumo de agua “especialmente en el sector de alimentos, en donde los lavados de las instalaciones y maquinarias debe ser exhaustivo, se pueden obtener ahorros que oscilan entre el 5 y el 70% en dichas operaciones” (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005, p. 39), por ejemplo mediante accesorios de alta presión, uso de hidrolavadoras lo que “implica la reducción de hasta el 78% en el consumo de agua, consecuencia de lavados con menor caudal durante menos tiempo”. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2005, p. 40).

Restrepo (2006) en el documento Producción más Limpia para el sector alimentos expone varias estrategias aplicables, tales como: el cambio de insumos: “El empleo de ingredientes de origen natural, además de ser una permanente de-anda por parte del consumidor, es una forma de introducir un elemento de producción más limpia en todo el proceso de elaboración de alimentos”, el cambio tecnológico: “El uso de las biotecnologías en la industria alimentaria, además de mejorar notablemente índices de calidad y productividad, es una herramienta valiosa

para los planes de producción más limpia”, en este campo es de especial interés el empleo de enzimas en los procesos de manejo de residuos o en la fabricación de los productos. De esta forma se reduce el empleo de procedimientos químicos costosos y contaminantes, a la vez que se pueden emplear técnicas enzimáticas en el tratamiento de desechos antes de su disposición final y la tecnología de membranas. (Restrepo, 2006, p.92),

Otra estrategia mencionada es el buen mantenimiento: un adecuado plan de mantenimiento de todos los equipos involucrados en el proceso asegura la reducción de tiempos muertos por paros inesperados, la fuga de contaminantes y el excesivo empleo de agentes de limpieza y desinfección. Pueden considerarse las siguientes recomendaciones generales como aspectos del mantenimiento de equipos que participan en una producción más limpia:

- Capacitación permanente al personal en el manejo y cuidado de los equipos.
- Programas de manejo de inventarios para reducción de pérdidas.
- Separación de desechos de las operaciones propias de los equipos.
- Identificación de puntos críticos dentro del mantenimiento de los equipos (Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control – HACCP).
- Normalización de fichas técnicas y hojas de vida de todos los equipos involucrados en el proceso productivo.
- Sistematización de un sistema de trazabilidad de insumos como lubricantes, recubrimientos y aditivos, entre otros.
- Diseño de un plan de seguimiento a la calibración de todos los instrumentos de medida, especialmente de las variables críticas del proceso como temperatura, presión, humedad, acidez.
- Monitoreo a tuberías para control de incrustaciones.

Numerosos procesos internos dentro del amplio engranaje productivo generan residuos intermedios que pueden tratarse con bajos niveles de inversión y pueden reutilizarse. En el caso de las empresas de alimentos puede incluso derivarse una línea de subproductos que minimice los vertimientos o la generación de residuos sólidos, aumentando los niveles de productividad de la empresa. (Restrepo, 2006, p.93). Se ha evidenciado que los hongos como el shiitake también se pueden utilizar en la purificación de aguas domésticas, industriales y también para la producción de enzimas y otros metabolitos de uso industrial, a partir del transcurso de su producción o utilizando el hongo (micelio o cuerpo fructífero) como materiales directos.(Cury,et al., 2017, p. 125)

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

De acuerdo a Restrepo (2006), en la producción de lácteos, es en el agua donde más evidente se hace la contaminación por las grasas, proteínas, sales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos. La lactosa es el principal aportante de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el suero resultante de la elaboración de quesos es un factor crítico, el suero es un producto que generalmente se considera residuo y es vertido a las fuentes de agua sin algún tratamiento previo, dada su composición de proteínas, grasa y carbohidratos (lactosa), es un sustrato ideal para procesos fermentativos y de obtención de otros productos, principalmente queso ricota, aunque también hay avances en la producción de etanol (por fermentación con *Kluyveromyces fragilis*), procesos de desmineralización, hidrólisis de lactosa y producción de metano. Por lo tanto, de acuerdo a este autor, en la industria láctea son aplicables “estrategias como la producción de fermentos lácticos con la eliminación de los inhibidores de crecimiento celular y concentración de la biomasa hasta los niveles del producto comercial, extracción y concentración de proteínas del suero adecuadas para la industria cosmética o farmacéutica”.

“La aplicación de un programa de prevención de la contaminación en la industria quesera se inicia con la implementación de mejoras en las prácticas y un mantenimiento preventivo y correctivo apropiado debido a que el 90- 95 % de la DBO de los efluentes de estas empresas provienen de las pérdidas de productos, es decir, leche, productos lácteos y aguas de lavado; por lo tanto el control de estas fugas y derrames es importante” (González, 2012, p.26).

“Tradicionalmente se ha reducido el impacto ambiental de los residuos líquidos de la industria láctea a través de plantas de tratamiento” (González, 2012, p.19). “Algunas de las operaciones aplicadas son los tratamientos fisicoquímicos, homogeneización del caudal del agua, sedimentación, uso de tanques clarificadores y desarenadores, uso de filtros, técnicas de flotación, coagulación tratamientos biológicos aerobios, anaerobios y combinados” (CAR/PL, 2002, p.35).

“El diseño de una planta de tratamiento para los efluentes generados contempla remover los niveles contaminantes de parámetros tales como DBO₅, DQO, aceites, grasas, sólidos suspendidos, corrección de pH a valores permitidos en la legislación”(González, 2012, p.26)

“el sistema considera pre tratamiento y tratamientos físico (remoción de sólidos) y biológico (remoción de DBO₅ aportado por proteínas, carbohidratos, lactosa y detergentes)”. (González, 2012, p.27)

Por ejemplo en la industria láctea el tratamiento mediante las PTAR es una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos. Para el tratamiento de suero lácteo, preferentemente se aplican tratamientos biológicos. Las alternativas de aprovechamiento del lactosuero pueden ser: Procesos fermentativos: el lactosuero puede ser utilizado como medio de cultivo para la producción de biomasa, metabolitos y enzimas; elaboración de bebidas: estas bebidas tienen un gran potencial para utilizarse en programas gubernamentales dirigidos a la población de escasos recursos y producción de biofertilizantes. El lactosuero se usa para producir por vía fermentativa un ingrediente antimicrobiano utilizado en la elaboración de empaques comestibles. De esta forma se obtienen películas biodegradables con actividad antibacteriana, esta película alarga la vida de anaquel, aumentando la caducidad y conservación de los alimentos. (Valencia & Ramírez, 2009, p. 31).

No existe un sistema de depuración universal aplicable a las industrias lácteas, sin embargo, por las características comunes que presentan estos efluentes se pueden describir las operaciones que suelen ser comunes a casi todas ellas y consiste en desbaste, homogeneización, neutralización, fisicoquímico, desengrasado, sistema biológico (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de España, 2005, pp. 69-72). De acuerdo a las mejores técnicas disponibles aplicables al sector lácteo en el aspecto agua se mencionan algunas: Optimizar la filtración inicial de la leche con el objetivo de reducir la frecuencia de limpieza de los separadores centrífugos, uso de técnicas de medición y control del flujo de sustancias, recuperación y aprovechamiento del suero generado en la elaboración de queso, recuperación y aprovechamiento de la mazada o suero de mantequería, implantar procedimientos de control para reducir las pérdidas de leche en llenado de tanques, desconexión de tuberías, mangueras, bombas, etc., recogida del agua del último enjuagado en limpieza CIP, utilización de sistemas CIP descentralizados, selección de desinfectantes, disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales, estudiar la posible reutilización de aguas de proceso o refrigeración para la limpieza de zonas con bajos requerimientos higiénicos u otros usos no críticos, implantar un plan de minimización del consumo de agua, recuperación y reutilización de las soluciones de limpieza de los equipos CIP. (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de España, 2005, p. 90).

El procesamiento de aceites vegetales genera especialmente contaminación a nivel de aguas, dada la alta concentración de materia orgánica. Los valores críticos son: DBO, DQO, sólidos disueltos y aceites y grasas (Restrepo, 2006, p. 90). Para disminuir esta contaminación se

contemplan estrategias como la recuperación de disolventes y de aceites y grasas de guas de lavado. Adicional se están investigando diversas alternativas, tales como el empleo de enzimas para facilitar la acción de los solventes y para desarrollar la extracción con fluidos supercríticos como el CO₂, no tóxico y de manejo más sencillo que los solventes orgánicos (Berruga, 1999, p.50)

Para la industria cárnica el elevado consumo de agua y generación de residuos líquidos se aborda mediante la recuperación de las aguas de enfriamiento y su reutilización en otras etapas del proceso, implementando un sistema de canalización y captación de este recurso.

(Secretaria Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía Chileno, 2000), p. 13). Adicional a ello se emplean medidas como instalación de pitones de cono abierto con un gatillo de cierre automático en todas las mangueras, medidores para la salida el ingreso del sistema de agua potable para monitorear y controlar el consumo de agua (Secretaria Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía Chileno, 2000, p.15). Otras medidas estan dirigidas al tratamiento de heces, separación de biomasa, tratamiento de sangre, pre concentración del suero sanguíneo, concentración de proteínas en la fabricación de gelatinas, recuperación de proteína de salmuera residual del curado de la carne, y de las aguas de lavado, eliminación de pelos y piel de animales en el agua residual. (Restrepo, 2006, p.93)

La retirada por vía seca de los sólidos, junto con el aprovechamiento de la sangre, son las estrategias más eficaces para reducir la carga contaminante de estas aguas. Dado que una gran parte de la carga contaminante se presenta en forma de SS los procedimientos de elección para el tratamiento primario de estos efluentes son el desbaste, la decantación y la flotación por aire disuelto. El tratamiento de las aguas por coagulación-floculación está recibiendo una buena acogida, los mataderos de mayor tamaño, sin embargo, suelen aplicar un tratamiento biológico posterior, estando más arraigados en nuestro país los aerobios que los anaerobios. (Berruga, 1999, p.52)

Entre las mejores técnicas disponibles para reducir la huella hídrica generada en la industria cárnica se tiene las siguientes: Minimización del riesgo de vertido accidental de sangre mediante acondicionamiento de los tanques de almacenamiento, planificación adecuada de la producción de elaborados picados para minimizar las limpiezas de los equipos, evitar la incorporación de sólidos (orgánicos) a las aguas residuales, utilización de sistemas avanzados de limpieza de superficies, utilización de sistemas avanzados de limpieza de utensilios y pequeños equipos,

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

utilización sistemas de agua a presión con dispositivos de cierre y chorro regulable para la limpieza de vehículos, disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales, instalar superficies de trabajo, suelos y paredes fácilmente lavables, red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales, selección de detergentes que generen un menor impacto ambiental, optimización del desangrado y recogida de la sangre., recuperación de agua de refrigeración, adecuada gestión del consumo de agua, control y registro de los consumos de agua y agentes de limpieza consumidos en las limpiezas, instalación de sistemas de lavado de manos y delantales con corte automático del agua. (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 2005, pp. 81-81).

Los procedimientos fisicoquímicos juegan un papel destacado en la depuración de efluentes de las industrias pesqueras, sobre todo, en aquellas dedicadas a la obtención de harinas, donde el material separado puede incorporarse de nuevo a la línea de fabricación (Berruga, 1999, p.53). La Universidad de Concepción, la Asociación Regional de Productores de Harina de Pescado, varias agencias del gobierno y la Organización para el Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas (UNIDO), iniciaron un proyecto conjunto para investigar las posibilidades de aplicar medidas de producción limpia, consistentes básicamente en minimizar los residuos y mejorar la eficiencia de recuperación de sólidos, para lo cual se evaluó diversas alternativas a nivel de laboratorio y de planta piloto.(Secretaría Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía Chileno, 2000, p. 13)

De acuerdo al autor Restrepo (2006) algunas de las estrategias para disminuir el efecto sobre el recurso hídrico de la industria pesquera son la recuperación de proteínas del agua del lavado de pescados y de las proteínas de la salmuera residual del curado de pescado. En el sector pequero el sistema básico de tratamiento consiste inicialmente en la separación de los sólidos del componente líquido, la masa sólida es retornada a la línea de proceso mientras que el agua y aceite son enviados a una trampa de grasas para recuperar el aceite flotante, el agua con sólidos en suspensión es dirigida a una segunda fase de tratamiento, finalmente, el agua remanente es conducida a una tercera fase de coagulación, floculación y flotación por aire disuelto donde se genera un volumen de lodo húmedo que es compactado. Los lodos que son obtenidos de la separadora ambiental pueden ser deshidratados y convertidos luego en harina de pescado de calidad estándar, que a su vez puede ser homogenizada con harinas de diferente calidad, o bien utilizada como alimento balanceado para ganado. (Paredes, 2014, p.7)

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Todas las estrategias anteriormente mencionadas se traducen en beneficios ambientales como reuso de materiales, reducción de emisiones, uso de materias primas a partir de recursos renovables , beneficios económicos como reducción de costos, minimización de materiales, ingreso por venta de subproductos entre otros y beneficios sociales como patentes de innovación y nuevos empleos.

Casos empresariales exitosos en la implementación de estrategias para la gestión del recurso hídrico

El caso de Vikingos, empresa especializada en el procesamiento y comercialización de productos de mar, se enfoca en dos estrategias de producción más limpia: una orientada a la disminución en el consumo de agua y la otra a la reutilización de residuos sólidos y líquidos para disminuir la carga contaminante. En la Bahía de Cartagena. Se implementó un sistema de recirculación del agua que sale de la autoclave en el proceso de esterilización de las latas, logrando una reducción del 80% en el consumo de agua. Para esto fue necesario encerrar los vertimientos de las autoclaves, instalar una bomba sumergible, una torre de enfriamiento para acondicionar el agua antes de reciclarla y una piscina para su almacenamiento. (Restrepo, 2006, p.96). El manejo de residuos sólidos y líquidos involucró algunas de las operaciones mencionadas anteriormente de conversión de cabezas, colas, piel, agallas y sangre en harinas y pastas, para comercializarlas como subproducto. El resultado final fue una reducción del 100% en los residuos líquidos y sólidos que se generaban antes de la implementación de las estrategias. (Restrepo, 2006, p.96).

LURA es la mayor productora de leche y productos lácteos de Croacia, en la empresa se utilizaba agua potable para lavar vehículos y la maquinaria, pero también para el intercambio de calor en los procesos y para requisitos sanitarios. Las aguas residuales que se generaban al limpiar la maquinaria, y que contenían productos de limpieza y materias primas, se vertían al alcantarillado sin tratamiento previo. Además, se detectaron pérdidas de agua caliente, de condensado y de agua blanda desmineralizada debidas a motivos técnicos y a los hábitos inadecuados de los trabajadores. La empresa implantó las siguientes medidas para lograr sus objetivos de prevención de actuación la contaminación y ahorro de agua y energía: Realizó formación a los trabajadores, utilizó mangueras de menor diámetro para limpiar las líneas de proceso y la maquinaria, utilizó el condensado caliente como fuente de energía adicional para la obtención de agua caliente, implantó la circulación de agua caliente y sustituyó el vapor por agua caliente en el mezclador. (CAR/PL, 2002, p.139).

Gruma, es la compañía global de alimentos líder en producción, comercialización, distribución y venta de harina de maíz y tortilla en el mundo, harina de trigo y sus derivados, además de elaborar snacks pastas, arroz, palmitos y condimentos, cuenta con 95 plantas alrededor del mundo. En su informe de sostenibilidad en el año 2010, se evidencia que la compañía ha desarrollado procesos y equipos con mayores ventajas ecológicas y realiza acciones que

contribuyen a disminuir el impacto ambiental. Gruma es pionera en el desarrollo de equipos, que además de mejorar los procesos de producción, también están diseñados con mayores ventajas ecológicas, principalmente en cinco rubros dentro de los cuales 2 involucran la gestión del agua y son : baja en consumo de agua potable y la reducción en la descarga de aguas residuales. Desde 1968, GRUMA desarrolló su proceso continuo de cocimiento y lavado para la producción de harina de maíz, a partir de entonces, el ahorro de agua ha sido significativo comparado con el proceso tradicional en molinos de baja capacidad, logrando ahorrar un 67% en el consumo de agua potable. Asimismo, GRUMA aumenta su eficiencia y capacidad de producción y reduce la pérdida de sólidos de maíz en su descarga de agua residual. (Gruma, 2010, pp. 18-19).

Frente al tratamiento de aguas residuales desarrolló dos métodos de tratamiento de agua: lagunas facultativas con terreno agrícola para riego del agua tratada, proceso compacto con equipo de tratamiento como reactores de fermentación anaeróbica y aeróbica tipo tanque, clarificadores y separadores centrífugos para descargar el agua tratada a drenajes de la ciudad. La tecnología GRUMA reduce en un 70% la descarga de aguas residuales, evitando que al año vayan al drenaje 6 millones de metros cúbicos de aguas contaminantes que contienen 3.1% de residuos sólidos. (Gruma, 2010, p. 20).

La empresa Alianza Team es una organización multilateral, líder en el sector de los lípidos, nutrición y panadería congelada, cuenta con 3 negocios para atender las diferentes necesidades: BredenMaster, Team Solutions y Team Foods. Tiene presencia en Colombia, con 4 plantas en las ciudades de Bogotá, Barranquilla y Buga en Chile y México. En su informe de sostenibilidad de 2019, para la gestión del recurso hídrico lleva cabo las siguientes estrategias: reducción del consumo de agua, reutilización del agua, estudios detallados para analizar el estrés hídrico de las zonas donde se encuentran presentes, plantas de tratamiento, implementación de acciones que buscan lograr eficiencia y ahorro en los consumos generados, limpieza de equipos y áreas, recuperación de condensados, inspecciones para identificación de fugas y manejo de incidentes ambientales, campañas especiales de sensibilización y formación en las diferentes plantas para fortalecer la cultura de cuidado y ahorro del agua, seguimiento y mapeo sistemático del uso del agua en todos los centros de operación, durante el año redujeron el consumo de agua relativo por tonelada empacada de 1,64 m³ a 1,61 m³. Alianza Team realiza acciones que buscan lograr eficiencia y ahorro en los consumos generados, como prácticas sencillas y metodológicas para la limpieza de equipos y áreas, recuperación de condensados, inspecciones para identificación de

fugas y manejo de incidentes ambientales, entre otros. Para conmemorar el Día Internacional del Agua, se realizaron campañas especiales de sensibilización y formación en las diferentes plantas para fortalecer la cultura de cuidado y ahorro del agua. En el año 2012 inició el programa de recolección de aceite vegetal usado (AVU), el programa garantiza la recolección del AVU de las cocinas de los restaurantes, asegurando que la disposición final de este producto sea la adecuada, para evitar de esta forma que se contaminen fuentes hídricas. (Alianza Team, 2019, p. 75).

Company for milk and food es una de las empresas públicas más grandes del sector lácteo en Egipto, la fábrica produce cantidades significativas de dos tipos de lactosuero, incorporado a las aguas residuales que eleva considerablemente el grado de contaminación. La empresa vierte 183.000 m³/año al alcantarillado de la ciudad sin tratamiento previo de depuración. Se puso en marcha un práctico sistema de distribución del lactosuero. En fábrica se instaló una instalación con tuberías, bombas y tanques de recogida de lactosuero hasta su pase a los camiones distribuidores. El lactosuero se descarga en las granjas directamente en los puntos de consumo de agua para ser consumido por las vacas. Al eliminar o reducir el vertido del lactosuero en la fábrica se ha reducido significativamente la contaminación de las aguas residuales. Los costes de tratamiento de las aguas residuales se redujeron en un 25%. (CAR/PL, 2002, pp.129-130).

Dairy Israel Ltda., es una moderna empresa dedicada a la producción de leche de consumo y otros productos lácteos. Las operaciones de limpieza y desinfección realizadas representan el aspecto medioambiental más significativo, suponen el mayor consumo de agua y el vertido de grandes cantidades de aguas residuales. Una de las características principales de estas aguas es su alta alcalinidad, producida por el uso de NaOH como agente limpiador. Para corregir la contaminación de las aguas residuales la empresa ha instalado un sistema de depuración en el que resulta clave la etapa de neutralización. En ella se emplea una gran cantidad de ácido para reducir el pH. Tras el análisis de posibles soluciones se optó por la instalación de un sistema de recuperación y reutilización de las soluciones de limpieza y desinfección mediante filtración con membranas orgánicas. La utilización de técnicas de membrana permite separar en dos corrientes las aguas residuales del sistema CIP. Por una parte se obtiene un permeado con alta concentración de NaOH que se introduce de nuevo en el sistema CIP como solución limpiadora regenerada. Y por otra, se obtiene el concentrado donde se concentra la mayor parte de la carga orgánica. Al reutilizar las soluciones limpiadoras se reduce el consumo de agua, energía y productos químicos a la vez que se reduce el volumen de vertido. (CAR/PL, 2002, p.132).

Alpina es una multinacional fundada en Colombia desde 1.945 productora de alimentos a base de lácteos, la gestión del recurso hídrico en Alpina está basada en los principios de producción más limpia, con lo cual han logrado reducir el consumo de agua en un 26% a 2018, en la empresa se desarrollan programas de comunicación, cultura del consumo responsable, cuentan con plantas de tratamientos de aguas residuales en todas las plantas de operación que han permitido remover hasta el 98% de los contaminantes durante los últimos 6 años, se ha basado en principios de prevención de la contaminación, constante monitoreo de DQO y cuenta con un área especializada en gestión ambiental. Alpina basa su gestión ambiental en la planificación y correcto manejo de los aspectos e impactos ambientales asociados con temas como el abastecimiento de agua, generación de aguas residuales, realizan capacitaciones y generación de eco índices. En orden de importancia, para Alpina el tema más relevante es el abastecimiento de agua de las plantas y su potabilización, las anteriores actividades están orientadas a la mejora continua de los procesos implementados buscando siempre un mejor desempeño de la compañía en temas medioambientales, que podría resumirse en la siguiente frase: “Hacer más con menos”. Esto permite aumentar su productividad con la utilización de menos recursos naturales y afectando cada vez menos el medioambiente. (Gil, 2007, p.77)

En su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR-, se generan bio sólidos (Lodos Primarios y Secundarios y Grasas) los cuales son retirados del agua durante su tratamiento; estos son residuos en cantidades muy importantes (cerca de 1/3 del total de residuos generados en toda la planta) que se estabilizan en una planta de Compostaje Aeróbico, lo que resulta de gran beneficio para el medio ambiente por ser un excelente acondicionador de suelos (Gil, 2007, p.79).

En su informe de sostenibilidad del año 2018, Alpina pone de manifiesto el desarrollo de los planes de uso eficiente y ahorro del agua para cada una de sus plantas y las prácticas de producción más limpia logrando reducir en un 26% el eco índice agua extraída/agua comprada, la cual evalúa la cantidad de agua consumida por Alpina en sus operaciones industriales, así mismo se ha alcanzado una reducción del 8,8 % de la carga contaminante que ingresa a la planta de tratamiento de aguas residuales desde 2012, adicional se realizan campañas para favorecer la cultura del agua y el consumo responsable y cuidado del recurso.

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Para la fábrica de helados Mayarí en Cuba, el agua es el aspecto mayormente afectado en su cadena de producción, por lo cual se realizan las siguientes estrategias como medidas para mitigar, prevenir y minimizar el impacto generado en el recurso; control del consumo de agua, limpieza en seco de la superficie, instalación de sistema de cierre instantáneo en las mangueras de agua, utilización de agua a presión para la limpieza de superficies, recuperación de las soluciones de limpieza, evitar las fugas de los fluidos frigoríficos, neutralización de las corrientes ácidas y básicas antes del vertido y buenas prácticas para la reducción del consumo de agua (Magaña et al., 2019).

Entre las estrategias en el plan de uso eficiente se encuentran la detección y reparación de fugas, programa de mantenimiento periódico, dispositivos ahorradores de agua, reemplazo de equipos, sistemas de reúso o reciclaje, cambios de procesos, la conversión a procesos químicos o secos, fuentes alternas de agua, cambios en los hábitos de consumo, evaluar el progreso del programa de uso eficiente del agua. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003 pp. 41 - 45) “El programa de uso eficiente del agua debe diseñarse con la finalidad de incorporar las medidas de reducción de agua” (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003, p. 47). “Las etapas para establecer un plan de uso eficiente del agua son: establecer objetivos, selección de medidas de reducción, impacto de las medidas de reducción, análisis costo beneficio, determinación del presupuesto, desarrollo, evaluación y seguimiento del programa de ahorro del agua” (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003, p. 47).

Nestlé la compañía de alimentos y bebidas más grande del mundo, con presencia en 189 países y más de 2000 marcas ha venido reduciendo gradualmente el uso del agua mediante mejoras orientadas hacia la generación de objetivos de ahorro del agua para todas las empresas, reducción del impacto sobre el recurso hídrico a través del manejo adecuado de vertimientos, conocer y valorar los riegos hídricos de las operaciones, consolidar el modelo de precio real del agua. (Nestlé, 2007, p. 180). En su informe de sostenibilidad del año 2007 presentó una reducción del 27 % correspondiente a 47 miles de millones de litros de agua y una reducción del 37% e aguas residuales correspondiente a 35 miles de millones de litros ahorrados. Los pilares de su estrategia sostenible frente al recurso hídrico se basan en la Gestión del agua en las operaciones que incluye: aumentar la eficiencia del agua: “Las mejoras alcanzadas por Nestlé en eficiencia del agua desde 2001 han hecho posible que la empresa ahorre más agua de la que utilizan en un año las más de 367.000 personas que viven en la ciudad de Zúrich”, “Las mejoras conseguidas por Nestlé en eficiencia de aguas residuales desde 2002 han permitido a la empresa

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

ahorrar el equivalente a 14.000 piscinas de tamaño olímpico”; tratamiento de aguas residuales y agua utilizada para el embotellado, Este primer objetivo lo ha conseguido mediante estrategias como campañas de mejora continua, gestión integral del agua, uso eficiente del agua, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales y protección de las fuentes de agua. (Nestlé, 2007)

El segundo objetivo es la Gestión del agua para los consumidores que incluye: suministro de bebidas sanas, proporcionar pruebas científicas “La nueva tecnología de lavado de café desarrollada por Nestlé está reduciendo el consumo de agua en Etiopía 96%”, compromiso con las generaciones futuras sobre las cuestiones del agua y respuesta a las catástrofes humanas. Dicho objetivo lo alcanza mediante opciones de bebidas con menos calorías, conferencias internacionales sobre agua y salud, e investigación sobre agua y obesidad. Para el tercer objetivo: Gestión del agua en la agricultura y las comunidades: se pretende mejorar el acceso al agua limpia en zonas rurales “Se han construido en la India 71 instalaciones de agua potable, que abastecen a unos 25.000 niños”, el compromiso de los interlocutores. Para alcanzar las metas se llevan a cabo estrategias como agricultura sostenible, gestión de vertidos agrícolas, buenas prácticas, ahorro de agua en producción de café, ahorro de agua en el riego de café, promoción el agua y saneamiento, agua potable, oportunidades para las mujeres y economía del agua. (Nestlé, 2007)

Por último se tiene el futuro de la gestión del agua: Mayor atención a las condiciones locales del agua, potenciar las iniciativas en agricultura, “Tras el huracán Katrina, el tsunami y el terremoto de Pakistán, Nestlé Waters hizo llegar casi dos millones de litros de agua dulce embotellada y salubre a los más necesitados”, desarrollado mediante estrategias como mejora continua de la gestión del agua, desarrollo de un indicador de la crisis del agua , creación de bibliotecas para charlas sobre el agua, rendimiento y eficiencia del agua, programa para la protección de manantiales, pozos y aguas subterráneas y fomentar el debate sobre la gestión del agua. . (Nestlé, 2007)

Grupo Herdez S.A es líder en el sector alimentos procesados y de helados de yogur con sede de México. Para minimizar los impactos ambientales formula políticas, directrices y estrategias de gestión, realizan campañas de capacitación y concientización dirigidas a los proveedores enfocadas en: el uso eficiente del agua de riego, manejo adecuado de residuos, la eliminación de práctica de quema de residuos agrícolas a cielo abierto; y el uso responsable de insecticidas,

plaguicidas, sustancias riesgosas y fertilizantes. En 2012 lograron disminuir el consumo de agua al 5.8%. (Rocha, et al., 2015)

Grupo Bimbo es una empresa líder en la industria de panificación y snack con presencia de 197 plantas en el mundo y presencia en 33 países. Para la compañía Bimbo la gestión del agua es uno de los pilares más importantes, para la reducción del consumo de agua, la Compañía fomenta su uso responsable mediante el impulso de prácticas tales como procesos eficientes de limpieza, adopción de tecnologías que permitan ahorrar y mejorar su uso, tratamiento y reúso. Grupo Bimbo cuenta con 89 plantas de tratamiento propias y se trabaja en la modernización de las plantas actuales para hacer más eficiente la operación y mejorar su calidad. (Grupo Bimbo, 2019, p.130). En el informe de sustentabilidad de 2019 pone de manifiesto el interés por reducir la huella hídrica, en cifras, 82% de reúso de agua en las operaciones, 93 plantas cuentan con sistemas de limpieza de vapor y 10% menos en consumo de agua, Bimbo ha invertido en tecnología en innovación para la reducción de la huella hídrica, bajo 3 líneas de acción que son reducción del consumo de agua, tratamiento y reúso y finalmente captación de agua pluvial.

La reducción en el consumo de agua se fomenta mediante procesos eficientes de limpieza en seco y semi húmedas, en cuanto al tratamiento y reúso en el riego de áreas verdes, servicios sanitarios y lavado de vehículos. Cuenta con 89 plantas de tratamiento y su modernización, 113 recicladores de agua para lavado de vehículos. En cuanto al uso de fuentes alternativas como la descarga pluvial se cuenta 108 centros de trabajo que usan el agua para diferentes servicios hasta lograr una reducción del 16.5% en el consumo de agua por línea de producción. (Grupo Bimbo, 2019, p.132).

En cuanto al grupo Nutresa, empresa líder en alimentos procesados en Colombia, con 8 unidades de negocio que son Tres montes, helados y pastas, galletas, cafés, alimentos al consumidor, cárnicos y chocolates, se pone de manifiesto el impacto directo e indirecto sobre el recurso hídrico a lo largo de la cadena de valor generado por la compañía, por lo que, dentro de sus estrategias se encuentran: mitigar los riesgos asociados a situaciones de escasez o deterioro de la calidad del recurso, priorizar el manejo de los vertidos líquidos mediante plantas de tratamiento, optimizar el consumo de agua, realizar inversiones en PTAR en muchas de sus plantas, actividades para la protección de las cuencas de los ríos, implementación del modelo de riesgo hídrico, basado en calidad, disponibilidad y regulación y conflictos, reúso de agua de purgas de torres de enfriamiento, aprovechamiento de aguas tratadas en el proceso de café

tostado y molido, recirculación de agua para las pruebas de la red contra incendios. El Negocio Cárnicos en Medellín trabajó por el cuidado de la quebrada La Toscana, la planta en Caloto del Negocio Cárnicos hizo la reforestación de la cuenca del río Palo, fuente abastecedora de agua de esta planta. (Nutresa, 2018, p.206). La empresa busca reducir el impacto sobre el recurso hídrico a través del manejo adecuado de vertimientos, gestionar el recurso hídrico en la cadena de valor, conocer y valorar los riesgos hídricos de las operaciones, consolidando el modelo del precio real del agua. Optimizar el consumo de agua (Nutresa S.A, 2018, p.227).

Dentro de sus muchas estrategias cabe mencionar también la gestión de los impactos relacionados con el vertimiento, uso y conservación del agua, reducción del consumo, la recirculación y el mejoramiento de la calidad del agua de vertimiento, recuperación de agua de autoclaves mediante la instalación de un tanque de recuperación a la salida del tubo de descarga que permite que el agua recuperada sea conducida por medio de un sistema de bombeo para su tratamiento y uso posterior, se implementó el lavado de vehículos en seco, se redujo 50% la frecuencia de lavados, se optimizó el consumo de agua y redujo los tiempos de enjuague y sanitización, Grupo Nutresa identificó los riesgos ambientales asociados a ganadería y se generaron las recomendaciones estratégicas hacia la sostenibilidad ambiental en la producción primaria de carne bovina, enfocadas en la protección de fuentes, calidad y uso eficiente del agua, consumo por los animales, disponibilidad en diferentes épocas del año, entre otros. (Grupo Nutresa, 2019, p.233)

Tyson Foods es una multinacional con sede en Estados Unidos que opera en la industria alimentaria, es el segundo mayor procesador de pollo, res y cerdo. Para ellos el agua es esencial para producir alimentos seguros. Su objetivo es equilibrar gestión responsable del agua con la protección de la calidad y velando por la seguridad de sus productos. Hasta la fecha, Tyson Foods ha priorizado la eficiencia del agua en las instalaciones de producción, con un objetivo de reducir la intensidad de uso de agua en un 12% para 2020. Se ha avanzado hacia este objetivo con esfuerzos tales como reutilizar el agua de proceso, conservación del agua, evaluación del riesgo del agua, tratamiento de aguas residuales, reutilización más de 2 mil millones de galones de aguas residuales de tres plantas para riego de cultivos en el año 2019, ideas innovadoras para trabajar juntos en una forma de reducir los desechos sólidos y la grasa de las aguas residuales antes de entrar en una planta de tratamiento. El equipo construyó trampas de grasa en las líneas

de producción para filtrar grasa y sólidos residuos y mejorar el proceso de deshidratación. También construyeron un tanque de retención para reciclar el agua tratada para su limpieza.

Colanta S.A es una cooperativa lechera de Antioquia fabricante de productos alimenticios que incluyen lácteos, embutidos, vinos y cereales, leches, quesos y dulces. En su informe de gestión social y sostenibilidad del año 2018 se menciona la disminución del consumo de agua por tonelada producida que fue del 13,9%, correspondiente a 116 mil m³ año y se aprovecharon 170 mil m³ de biogás generado en el sistema de tratamiento de agua residual de la planta derivado de lácteos.(Colanta, 2018, p.219)

Incauca S.A.S es una empresa agroindustrial dedicada a desarrollar productos y servicios derivados de la industria de la caña de azúcar. En su informe de sostenibilidad 2019, se manifiesta que la compañía realiza un uso eficiente y ahorro en todos sus procesos para garantizar su disponibilidad en el tiempo. Por lo anterior, desde las Gerencias de Campo y Fábrica se cuenta con proyectos e iniciativas que buscan reducir el consumo de agua. Además se realizan sensibilizaciones a los colaboradores sobre el uso eficiente y ahorro del agua en sus actividades diarias. El proceso de abastecimiento de agua se encuentra certificado por la NTC ISO 14001 en sistemas de gestión ambiental, el cual recibe auditorías de primera y segunda parte para verificar el desempeño y el cumplimiento legal. El objetivo que atañe a Reducir el consumo de agua en el proceso de producción de azúcar la meta a 2019 fue de 5,6 m³/t de azúcar, alcanzando un total de 4,4 todo ello mediante estrategias como reusar en un alto porcentaje las aguas de los drenajes artificiales, esto con el fin de disminuir el consumo de los ríos y los pozos profundos, capacitaciones constantes a los colaboradores que ejecutan el riego, para que la labor sea bien realizada con el mínimo consumo de agua, se lleva a CABO el aprovechamiento de la energía de los condensados de proceso con temperatura de 85 - 90 °C para el calentamiento del jugo diluido y así reducir la temperatura del condensado hasta 65 - 80°C, esto permite eliminar el consumo de agua de pozo, se realiza la adecuación de sistema para recolección y aprovechamiento de condensados a 40°C (efluente de Elaboración) en la red de agua industrial. (Incauca S.A.S, 2019, pp.26-27).

Resultados y análisis**Tabla 1.**

Estrategias sostenibles sector hídrico, autores, leyes y empresas asociadas.

Estrategias sostenibles	Autores, bibliografía, informes, leyes, resoluciones y decretos
Fortalecimiento del área de gestión ambiental	Gil (2007), (Herrera & Hoof, 2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Moncada(2014), Alpina, Nestlé, Nutresa
Caracterización de los vertimientos PUEAA	Berruga(1999), Alpina, Nestlé, Nutresa, Colanta Ley 373 (1997), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Decreto 1090 (2018)
Reducción de pérdidas en el origen y reducción del consumo de agua	Ley 373 de 1997, Producción limpia (1997), Área Metropolitana del valle de Aburrá (2005), Restrepo (2006), Arroyave & Garcés (2007), Herrera & Hoof (2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Decreto 1090 (2018) , Economía circular (2019), GRUMA, Alianza Team, Company for milk and food, Dairy Israel Ltda. Alpina, Mayarí, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Tyson Foods, Colanta, Incauca
Reuso y recirculación del agua	Ley 373 de 1997, Producción limpia (1997), Ministerio de economía chilena (2000), Restrepo (2006), Arroyave & Garcés (2007), Herrera & Hoof (2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Resolución 3930 (2010), Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (2014), Resolución 1207 (2014), Decreto 1090 (2018) , Economía circular (2019) , Empresa Vikingos S.A, Alianza Team, Company for milk and food, Alpina, Mayarí, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Tyson Foods, Colanta, Incauca
Tratamiento de aguas residuales	Berruga (1999), Restrepo (2006), Resolución 3930 (2010), Gonzáles (2012), Alianza Team, Alpina, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Tyson Foods, Colanta
Implementación de tecnologías limpias	Ley 373/97, Producción limpia (1997), Área Metropolitana del valle de Aburrá(2005), Restrepo (2006), Herrera & Hoof (2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso

	Hídrico (2010), Gil (2012) GRUMA, Economía circular(2019) , Alianza Team Company for milk and food, Alpina, Nestlé, Nutresa, Incauca
Renovación de equipos y tecnologías obsoletas	Ley 373/97, Producción limpia (1997), Restrepo (2006), Herrera & Hoof (2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Economía circular(2019), Grupo Nutresa, Bimbo, Nestlé, GRUMA, Alianza Team, Company for milk and Foods, Dairy Israel Ltda., Alpina, Nestlé, Nutresa
Campañas educativas	Ley 373/97, Arreguín (1991), Herrera & Hoof (2007), Ley 373/97, Empresa LURA, GRUMA, Alianza Team, Alpina, Nestlé, Grupo Herdez, Bimbo, Nutresa, Incauca
Protección de zonas especiales	Ley 373/97, Producción limpia (1997), Herrera & Hoof (2007), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), Alpina, Nestlé, Grupo Herdez, Nutresa
Biotecnologías	Producción limpia (1997), Restrepo (2006), Herrera & Hoof (2007), Cury, et al (2017), Valencia & Ramírez (2009), Decreto 1090 (2018), Economía circular(2019), GRUMA, Dairy Israel Ltda., Alpina, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Incauca
Tecnologías unitarias (Coagulación, flotación y floculación, separación de sólidos, trampas de grasa, tratamientos biológicos, desarenadores, clarificadores, decantadores, sedimentador, tratamientos físico químicos)	Berruga(1999) , CAR/PL(2002) Área Metropolitana del valle de Aburrá(2005), Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010), GRUMA, Alianza Team, Alpina, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Tyson Foods, Colanta
Prevención de la contaminación	Producción limpia (1997), Gonzáles (2012), Grupo Nutresa (2018), Economía circular (2019) LURA, Alianza Team, Alpina, Mayarí, Nestlé, Bimbo, Nutresa, Tyson Foods.

Nota: La tabla recopila la información explorada acerca de las estrategias sostenibles para la gestión del recurso hídrico en la industria alimentaria y los autores, leyes, decretos y resoluciones asociadas a dichas estrategias de economía circular, uso eficiente del agua y producción limpia.

Conclusiones

- El plan de uso eficiente del agua, los principios de producción más limpia y de economía circular deben ser inherentes a todas las empresas productoras de alimentos.
- La gestión del recurso hídrico conlleva una serie de estrategias que involucran la implementación de tecnologías limpias y la renovación de tecnologías obsoletas.
- Todas las empresas que implantan medidas de gestión eficiente del agua, evidenciaron disminuciones importantes en los consumos de agua y en las cargas contaminantes en los efluentes.
- La reducción de costos en las empresas, se evidencia luego de realizar inversiones en tecnologías ambientalmente limpias, que se ven reflejados a mediano plazos.
- La gestión del recurso hídrico puede involucrar tareas fuera de la empresa, mediante acciones de carácter social y ambiental, como educación ambiental, protección de cuencas, programas de recolección de aguas lluvias y demás estrategias que aborden temas más allá de la compañía, pero que por sinergia, beneficiara al empresa garantizando el recurso hídrico para sus labores productivas.
- Existen variadas estrategias para implementar en la industria alimentaria, sin embargo la innovación y desarrollo de parte de las empresas para generar conocimiento y estrategias nuevas que permitan optimizar y mejorar los procesos ya existentes hará más efectivas las estrategias empresariales sostenibles.
- Las estrategias de producción limpia, economía circular y uso eficiente del agua permiten disminuir costos en las empresas, ayudar al medio ambiente y a la sociedad.
- Las industrias que mejoran sus procesos productivos en su cadena de valor se vuelven más competitivos y atractivos a nivel internacional.

Referencias Bibliográficas

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2017). *Usando el agua eficientemente*.

<https://espanol.epa.gov/watersense/usando-el-agua-eficientemente#Industria>

Alianza Team. (2018). *Informe de Gestión Sostenible*. [https://alianzateam.com/wp-](https://alianzateam.com/wp-content/uploads/2019/12/informe-de-gestion-sostenible-2018-team-2.pdf)

[content/uploads/2019/12/informe-de-gestion-sostenible-2018-team-2.pdf](https://alianzateam.com/wp-content/uploads/2019/12/informe-de-gestion-sostenible-2018-team-2.pdf)

Alianza Team. (2019). *Alianza de gestión sostenible*. [https://alianzateam.com/wp-](https://alianzateam.com/wp-content/uploads/2020/03/Informe-de-gestion-sostenible-2019.pdf)

[content/uploads/2020/03/Informe-de-gestion-sostenible-2019.pdf](https://alianzateam.com/wp-content/uploads/2020/03/Informe-de-gestion-sostenible-2019.pdf)

Alpina. (2018). *Informe de sostenibilidad*.

[https://www.alpina.com/Portals/_default/Sostenibilidad/Informes-sostenibilidad/Informe-](https://www.alpina.com/Portals/_default/Sostenibilidad/Informes-sostenibilidad/Informe-de-Sostenibilidad-2018.pdf)
[de-Sostenibilidad-2018.pdf](https://www.alpina.com/Portals/_default/Sostenibilidad/Informes-sostenibilidad/Informe-de-Sostenibilidad-2018.pdf)

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2005, Marzo). *Evaluación técnica y económica de tecnologías para reuso de aguas de proceso en industrias de los sectores alimentos, textil, curtiembres y galvanoplastia*.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000150&pid=S0012-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000150&pid=S0012-7353200700020002200001&lng=)
[7353200700020002200001&lng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000150&pid=S0012-7353200700020002200001&lng=)

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Arreguín Cortés, F. I. (1991, agosto). Uso eficiente del agua. *Repositorio Institucional del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, 2.

http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1274/RIH_079.pdf?sequence=3

Arroyave, J., & Garcés, L. (2007, 19 febrero). Tecnologías ambientalmente sostenibles.

Producción más limpia, 1.

http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/513/1/pl_v1n2_78-86_tecnolog%C3%ADas.pdf

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). (2002, Mayo). *Prevención de la contaminación en la industria láctea*.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjGvvr69qPsAhUL2FkKHc6zBpoQFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.cprac.org%2Fdocs%2Fiac_es.pdf&usg=AOvVawlhagXQjUI5tqudnwGRPnsk

Colanta. (2018). *Informe de Gestión Social y Sostenibilidad*. <https://colanta.com/corporativo/wp-content/uploads/2019/10/INFORME-DE-GESTION-2018-web.pdf>

Congreso de Colombia. (1997a, junio 6). *Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*.

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf.

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf

Congreso de Colombia. (1997b, junio 6). *Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua*. Ministerio de medio ambiente.

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislacion_del_agua/Ley_373.pdf

Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R., & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de ciencia animal*, 9.
<http://www.recia.edu.co>

Decreto 1090 de 2018. (2018, 28 junio). Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/7b-decreto%201090%20de%202018.pdf>

Gil, E. J. (2007, 10 diciembre). El éxito de la gestión ambiental en Alpina S.A. *EAN*, 62.
https://www.academia.edu/20929478/El_%C3%A9xito_de_la_gesti%C3%B3n_ambiental_en_Alpina_S_A

González, M. J. (2012). Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo pecuario*, 3(1). https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=ASPECTOS+MEDIO+AMBIENTALES+ASOCIADOS+A+LOS+PROCESOSDE+LA+INDUSTRIA+L%C3%81CTEA*

Gruma. (2010). *Informe sustentabilidad 2010*.
<https://www.gruma.com/media/180388/informesustgruma2010.pdf>

Grupo Bimbo. (2019). *Informe anual integrado*.
https://grupobimbo.com/sites/default/files/Grupo-Bimbo-Informe-Anual-Integrado-2019_0.pdf

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Herrera, C., & Hoof, B. (2007, diciembre). La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. *Scielo*, 26. <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a13.pdf>

Incauca S.A.S. (2019). *Informe de sostenibilidad*. <https://www.incauca.com/wp-content/uploads/2020/06/Informe-sostenibilidad-Incauca-2018-2019.pdf>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2003). *Manual para el uso eficiente y racional del agua ¡Utiliza sólo la necesaria!*
https://www.academia.edu/12071182/MANUAL_PARA_EL_USO_EFICIENTE_Y_RACIONAL_DEL_AGUA_UTILIZA_S%3%93LO_LA_NECESARIA

Londoño, O., Maldonado, L., & Calderón, L. (2016). Guía para construir estados del arte. *International Corporation of Networks Knowledge*.
<http://www.iconk.org/docs/guiaea.pdf>

Magaña, L., González, Y., Nápoles, L., & Ojeda, E. (2019, 15 octubre). Diagnóstico ambiental preliminar y oportunidades de prevención de la contaminación en la Fábrica de Helados Mayarí. Cuba. *Tecnología química*, 39.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4455/445558836008/index.html>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010, 25 octubre). *Decreto 3930 de 2010*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (2005). *Guía de mejoras técnicas disponibles en España del sector cárnico*. <http://www.prtr->

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

es.es/Data/images/Gu%C3%ADa%20MTD%20en%20Espa%C3%B1a%20Sector%20C%C3%A1rnico-833049BFA1FFFDDE.pdf

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (2005). *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector lácteo*. <http://www.prtr->

es.es/Data/images//Gu%C3%ADa%20MTD%20en%20Espa%C3%B1a%20Sector%20L%C3%A1cteo-EB1D4BEA8B1CEE15.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*.

http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. (2014, 25 julio). *Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas*. Ministerio de medio ambiente. <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf>

Ministerio de medio ambiente. (1997). *Política Nacional de Producción Limpia*.

https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Politicasy/polit_produccion_mas_limpia.pdf

Ministerio de medio ambiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/direccion-integral-de-recurso-hidrico/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Ministerio de Medio ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014, 25 junio). *Resolución 1207 de 2014*. Ministerio de medio ambiente. <http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-1207-de-2014.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Ministerio de Medio Ambiente.
<https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/plan-hidrico-nacional/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico.pdf>

Moncada, J. (2014). *REVISIÓN Y DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA EN LA PLANTA DE COMBUSTIBLES BIOMAX PEREIRA*.
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4595/33391M737.pdf;jsessionid=25EA8AE02208A7D9DF7EB20881945C9E?sequence=1>

Nestlé. (2007, Marzo). *Informe de gestión del agua Nestlé*.
<https://empresa.nestle.es/sites/g/files/pydnoa431/files/informe-gestion-del-agua.pdf>

Nutresa S.A. (2019). *Administración del Recurso hídrico*.
<http://informe2019.gruponutresa.com/pdf/administracion-recurso-hidrico.pdf>

Paredes, P. (2014, 12 octubre). Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado. *Industrial Data*, 17.
https://www.researchgate.net/publication/307180494_Produccion_mas_limpia_y_el_manejo_de_efluentes_en_plantas_de_harina_y_aceite_de_pescado

Gestión del Agua en la Industria Alimentaria

Rainforest Alliance. (2000). *Guía de buenas prácticas de empresas de alimentos y bebidas*.

<https://www.rainforest-alliance.org/lang/sites/default/files/publication/pdf/GuideAlimentosDIGITALOptimized2.pdf>

Restrepo, M. (2006, 7 abril). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Producción más limpia, 1*.

http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/217/1/PL_V1_N1_87_PL_INDUSTRIA_ALIMENTARIA.pdf

Rocha, L., Cuevas, I., & Soto, M. (2015). Tecnologías limpias para la sustentabilidad: caso de dos empresas alimenticias. *Red Internacional de investigadores en competitividad, 9*.

<https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/102>

Secretaria Ejecutiva de Producción Limpia del Ministerio de Economía Chileno. (2000). *Uso de Tecnologías Limpias: Experiencias Prácticas en Chile*.

<http://www.ingenieroambiental.com/4014/uteclimchi.pdf>

Tyson Foods. (2019). *2019 Sustainability Report*.

<https://www.tysonustainability.com/downloads/>

Valencia, E., & Ramírez, M. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua.

Redalyc, 16. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411996004>