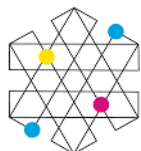




Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

División de Ciencias Sociales y Humanidades

Maestría en Economía, Gestión y Políticas de Innovación

Idónea Comunicación de Resultados (ICR):

**Aprendizaje y capacidad tecnológica para el tratamiento de aguas
residuales en la industria alimentaria de México: El caso de la
empresa Herdez.**

Presentada por la alumna:

Lic. Nidia Jessica Guerrero Marquez

Para obtener el grado de:

Maestra en Economía, Gestión y Políticas de Innovación

Directores de ICR:

Dr. Torres Vargas Arturo

Dr. Oliveira Vera-Cruz José Alexandre

Miembros del jurado:

Dra. Dutrénit Bielous Gabriela

Dr. Jasso Villazul Javier

Coyoacán, Ciudad de México, marzo de 2025

Agradecimientos

A Dios, por ser mi guía y sostén a lo largo de este camino. Sin su luz y fortaleza, la culminación de este trabajo de investigación y del grado académico al que pertenece no habría sido posible.

A mis padres, cuya presencia ha sido el faro que ha iluminado cada una de mis etapas. Su amor incondicional ha sido mi brújula, orientándome hacia metas que alguna vez parecieron inalcanzables. En cada paso que doy, llevo conmigo la sabiduría que me han transmitido y los valores que han inculcado en mí. Han sido mi refugio en los momentos de adversidad y mi mayor alegría en los triunfos.

A mis asesores, el Dr. José Alexandre Oliveira Vera-Cruz y el Dr. Arturo Torres Vargas, por su invaluable guía, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Su experiencia, consejos y retroalimentación fueron esenciales para superar los desafíos y alcanzar los objetivos de esta investigación.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Dr. Manuel Soria López, cuyo apoyo y orientación fueron determinantes en la culminación de mi grado de estudios, dejando una huella imborrable en mi desarrollo académico y personal.

A la Dra. Gabriela Dutrénit y al Dr. Javier Jasso, por su generoso tiempo, dedicación y guía en la revisión de mi ICR, así como por su asesoría y orientación, fundamentales para el fortalecimiento y refinamiento de mi investigación.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, por brindarme el espacio, los recursos y un ambiente propicio para el desarrollo de esta tesis.

A mis profesores y compañeros de la maestría, quienes enriquecieron mi formación con sus conocimientos, experiencias y reflexiones, dejando una marca imborrable en mi trayectoria académica.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por el invaluable respaldo brindado a lo largo de este proceso académico. Su apoyo, a través de la beca otorgada, fue un pilar fundamental para la realización de esta investigación y la culminación de mis estudios de maestría.

Dedicatoria

A Dios por su guía y soporte, ya que sin lugar a duda sin ella no hubiese sido posible la culminación de este trabajo de investigación y del grado académico al que pertenece.

A mis padres, cuya guía, amor incondicional y sacrificio han sido el faro que ha iluminado mi camino. Su ejemplo de perseverancia y dedicación me ha inspirado a nunca rendirme y a seguir aprendiendo con humildad y pasión.

A mis maestros y asesores, quienes con su conocimiento, paciencia y orientación me han desafiado a pensar más allá de los límites, a cuestionar, a investigar y a construir con solidez cada idea. Su enseñanza ha sido fundamental en mi desarrollo académico y profesional.

A mi pareja, mi refugio y mi mayor fortaleza. Gracias por tu paciencia, por tu confianza inquebrantable en mí y por ser mi motivación en los momentos más desafiantes. Tu amor y compañía han sido el equilibrio perfecto en este camino, recordándome siempre que los sueños se alcanzan con esfuerzo, pero también con el apoyo de quienes más amamos.

Y, finalmente, a quienes creyeron en mí en cada paso de este recorrido, recordándome que el esfuerzo, la dedicación y la pasión son las verdaderas claves del éxito.

Esta tesis es un reflejo de cada enseñanza, cada apoyo y cada motivación que he recibido. Con gratitud infinita, la dedico a ustedes.

Resumen

La tesis aborda el desarrollo de capacidades tecnológicas en la empresa Herdez con el fin de mejorar el tratamiento de aguas residuales en el sector alimentario mexicano. El estudio parte del reconocimiento de que la industria alimentaria es un importante consumidor de agua y genera grandes volúmenes de residuos líquidos, lo que plantea desafíos ambientales significativos. A través de un enfoque cualitativo y un diseño de caso exploratorio, la investigación analiza cómo Herdez ha adoptado y asimilado tecnologías para optimizar el uso del agua, cumplir con regulaciones ambientales y reducir su impacto ecológico. Se enfatiza la interacción entre aprendizaje organizacional, sustentabilidad y adaptación tecnológica como factores clave en la transformación de los procesos de producción.

La tesis examina la evolución de las capacidades tecnológicas de Herdez antes y después de la implementación de regulaciones ambientales en México, así como los procesos de aprendizaje que han permitido a la empresa mejorar su desempeño en sustentabilidad. Se destaca el papel de la innovación tecnológica en la optimización del tratamiento de aguas residuales y en la alineación de la empresa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, el estudio ofrece un análisis detallado de los métodos y estrategias utilizados por Herdez para reducir su huella hídrica, incluyendo la mejora en los procesos de limpieza, la reutilización de agua tratada y la eficiencia en la gestión del recurso hídrico.

Los hallazgos de la investigación subrayan la importancia de la integración de capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje para que las empresas del sector alimentario logren una gestión sostenible del agua. En este sentido, la tesis no solo proporciona un marco de referencia para Herdez, sino que también puede servir como guía para otras organizaciones que enfrentan desafíos similares en el camino hacia la sustentabilidad.



Dr. Arturo Torres Vargas

Tabla de contenido

CAPÍTULO I. Introducción	1
I.1.- Antecedentes	1
I.2.- Objetivo y preguntas de investigación	8
I.3.- Aspectos metodológicos	9
I.4.- Estructura de la tesis	9
CAPÍTULO II. Revisión de la literatura	11
II.1.- Introducción	11
II.2.- Innovación	12
II.3.- Aprendizaje tecnológico	14
II.4.- Capacidades tecnológicas	18
II.5.- Economía ecológica	21
II.6.- Conclusión	26
CAPÍTULO III. Metodología de investigación.....	27
III.1. Introducción	27
III.2. Metodología de la investigación	27
III.3. Diseño de la investigación	28
III.4. Selección del caso	29
III.4.1.- Unidad de observación.....	30
III.4.2.- Criterios para elegir el caso	31
III.4.3.- Fuentes de información	32
III.5.- Análisis de la información recopilada	36
III.6.- Operacionalización de conceptos	37
III.6.1 Capacidades Tecnológicas.....	38
III.6.2 Procesos de aprendizaje	39
III.6.3. Sustentabilidad (economía ecológica)	40
III.7.- Resultados esperados.....	41
CAPÍTULO IV. El sector alimentario mexicano: panorama económico y tecnológico	42
IV.1. Introducción	42
IV.2 Análisis de la condición actual del sector alimentario mexicano	43
IV.3 Cambio tecnológico en el sector alimentario mexicano	45
IV.4.- Industrias más contaminantes a nivel mundial	47
IV.5.- Contaminación de la industria alimentaria.....	49
IV.6.- Sustentabilidad en las empresas mexicanas.....	53

IV.7.- El papel de las empresas de la industria alimentaria en la sustentabilidad en México	55
IV.8.- Conclusión	57
<i>CAPÍTULO V. La sustentabilidad en la industria alimentaria: innovación tecnológica y tratamiento de aguas residuales</i>	59
V.1.- Introducción	59
V.2.- El inicio de la sustentabilidad	61
V.2.1.- Propiedades sustentables de la industria alimentaria	62
V.2.2.- El papel de la industria alimentaria mexicana en la sustentabilidad	64
V.3.- Tratamiento de aguas residuales dentro de la sustentabilidad	66
V.3.1.- Capacidad tecnológica	68
V.4.- Innovación tecnológica de mejora (adaptación)	70
V.5.- Tratamiento de aguas residuales (procesos)	71
V.6.- Conclusión	74
<i>CAPÍTULO VI. Estudio de caso: análisis del aprendizaje y las capacidades tecnológicas de la empresa Herdez en el tratamiento de aguas residuales.</i>	76
VI. 1.- Introducción	76
VI.2.- Contexto histórico del tratamiento de aguas residuales de Herdez en México ..	77
VI.2.1.- Gestión y tratamiento de aguas residuales	81
VI.2.2.- Uso del agua en la industria agroalimentaria	82
VI.2.3.- Estado actual de las aguas residuales en México	84
VI.2.4.- Antecedentes de Herdez en el tratamiento de aguas residuales	86
VI.3.- Ámbito tecnológico	91
VI.3.1.- Eficiencia y optimización en procesos de limpieza	92
VI.3.2.- Implementación de la limpieza en seco	94
VI.3.3.- Mejora en el tratamiento y reutilización del agua	95
VI.3.4.- Reducción de carga orgánica	100
VI.3.5.- Reutilización de agua tratada	102
VI.3.6.- Innovación y evolución tecnológica	103
VI.3.7.- Capacidades tecnológicas antes y después de la regulación gubernamental	108
VI.4.- Ámbito institucional y económico	111
VI.4.1.- Cumplimiento normativo	111
VI.4.2.- Valoración del recurso hídrico	115
VI.4.3.- Responsabilidad en extracción y uso	116
VI.4.4.- Cambio de mentalidad en descarga hídrica	117
VI.5.- Ámbito organizacional (aprendizaje)	119
VI.5.1.- Priorización efectiva	119
VI.5.2.- Medición precisa desempeño (eficacia y eficiencia operacional)	120
VI.5.3.- Enfoque financiero	128
VI.5.4.- Análisis a largo plazo	130
VI.5.5.- Tipos de procesos de aprendizaje	132
VI.5.6.- Dimensiones de aprendizaje	135
VI.6. - Conclusión	141

CAPÍTULO VII. Conclusiones finales	142
VII.1.- Hallazgos de la investigación	143
VII.1.1.- El objetivo y las preguntas de investigación	143
VII.1.2. Capacidades tecnológicas de Herdez previas a las regulaciones ambientales de 1980	145
VII.1.3. Capacidades tecnológicas desarrolladas para la transición hacia la sustentabilidad	146
VII.1.4. Procesos de aprendizaje y resultados en la adquisición de capacidades tecnológicas	147
VII.1.5. Resultados concretos en sustentabilidad	150
VII.2. Líneas de investigación	152
VII.2.1. Aportaciones teóricas, metodológicas y prácticas de la investigación.....	154
Bibliografía.....	156
Anexos	162

Índice de cuadros

Cuadro 1. Matriz de capacidades tecnológicas	20
Cuadro 2.- Fuentes de información	33
Cuadro 3.- Estructura de las entrevistas: áreas, puestos y enfoques en la gestión de sustentabilidad en Grupo Herdez	34
Cuadro 4.- Principales temas abordados en las entrevistas.....	36
Cuadro 5.- Principales factores de contaminación en la industria alimentaria en México.....	60
Cuadro 6.- Normativas para la regulación del recurso hídrico y descarga de aguas residuales en México	79
Cuadro 7.- Modelos financieros y estrategias de Herdez en el tratamiento de aguas residuales.....	88
Cuadro 8.- Incorporación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en Herdez	104
Cuadro 9.- Comparativo general de la evolución tecnológica e innovativa antes y después de la regulación en Herdez	110
Cuadro 10.- Leyes, normas y organismos reguladores del agua en México.....	111
Cuadro 11.- Características del proceso de aprendizaje en Herdez tras la implementación de regulaciones gubernamentales.....	139

CAPÍTULO I. Introducción

I.1.- Antecedentes

Las capacidades tecnológicas son los conocimientos, habilidades y recursos técnicos que las empresas desarrollan o adquieren para innovar y optimizar sus procesos productivos, garantizando una mayor eficiencia y sostenibilidad. Estas capacidades son fundamentales en el contexto de la gestión del recurso hídrico, ya que permiten a las empresas implementar tecnologías limpias y sistemas avanzados que minimicen el impacto ambiental y el uso de recursos. Según lo mencionado en la Agenda 21 (Naciones Unidas, 1992), las tecnologías limpias, como parte de estas capacidades, promueven el uso eficiente de materiales y energía, reducen la contaminación y generan beneficios económicos, sociales y ambientales.

Las capacidades tecnológicas tienen una relación directa y esencial con la sustentabilidad, ya que permiten a las empresas desarrollar e implementar innovaciones que equilibran los objetivos económicos, sociales y ambientales. A través de estas capacidades, las empresas pueden optimizar el uso de recursos naturales, reducir la contaminación y adoptar procesos más eficientes, contribuyendo a la conservación del medio ambiente y al bienestar de las comunidades.

La sustentabilidad y el desarrollo sostenible han evolucionado de manera significativa, dejando de ser un concepto meramente ligado a la buena voluntad o la acción social de las compañías, para convertirse, en muchos casos, en un requerimiento regulatorio o exigido por los gobiernos, dado que a partir de ello las empresas logran evitar sanciones económicas y conseguir una buena imagen corporativa y ante el consumidor.

Derivado del modelo económico la sustentabilidad influye en las empresas, en las familias y en los mercados de productos, ya que es un nuevo paradigma en la gestión de las empresas, es una alternativa al modelo de crecimiento tradicional y de maximización de la rentabilidad (Wilson, 2003). Esto ha provocado la necesidad de que las empresas integren la sustentabilidad corporativa en su gestión, los

consumidores demanden bienes y servicios amigables con el medio ambiente, armonicen y unan sus objetivos sociales con los ambientales, y administren y optimicen el diálogo con los diferentes grupos de interés (Tschandl & Zingsheim, 2004).

Actualmente prevalece la opinión de que la sustentabilidad es un concepto que debe estar incluido en la estrategia del negocio; cada vez son menos las empresas que asocian el concepto a acciones puramente altruistas o filantrópicas. Lo anterior abre una ventana importante para despuntar la sustentabilidad en las organizaciones en México, que al integrarla en su estrategia, detonan la posibilidad de competir en mercados que, cada vez más, optan por compañías que integran criterios sustentables en sus operaciones. Esta consideración que cobra especial relevancia en un momento en que las cadenas globales de suministro, el mercado financiero y las actividades diarias están pasando por distintos tipos de interrupciones económicas y sociales.

En la agenda 2030, los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y los acuerdos alcanzados en 2015 en París con relación al cambio climático ponen de manifiesto la voluntad global de contener, mediante acciones y objetivos concretos, los desafíos a los que nos enfrentamos en los próximos años como humanidad. Estos objetivos globales apelan a la responsabilidad e implicación de todos los actores que conforman la sociedad. Desde el ámbito empresarial, los accionistas y la alta dirección mantienen la responsabilidad de buscar la rentabilidad de los negocios y asegurar la continuidad de las operaciones, sin descuidar las exigencias de sus grupos de interés y atendiendo los retos globales que podrían tener impactos significativos, como la escasez de recursos naturales y el crecimiento demográfico exponencial. Asimismo, es importante mencionar que, el desarrollo sustentable en la empresa es aquel que contribuye a la gestión responsable de los recursos mediante la obtención de beneficios económicos, sociales y ambientales conocido como “triple bottom line” (Elkington, 1994). De esta forma, las organizaciones buscan garantizar el éxito a largo plazo contribuyendo al desarrollo económico y social, y al mismo tiempo protegiendo el medio ambiente.

Los retos económicos, sociales, ambientales y de buen gobierno que afrontamos son cada vez mayores, por lo que garantizar el desarrollo sostenible se ha vuelto una necesidad que no solo es tarea de los gobiernos, sino también, y en gran medida, de las organizaciones. Asimismo, los estándares y regulaciones internacionales se han vuelto más exigentes, y los asuntos relacionados a la agenda global han generado una mayor consciencia y responsabilidad en los consumidores y la sociedad civil.

Con base en la Agenda 21, las capacidades tecnológicas (limpias) son aquellas que preservan el medio ambiente, contaminan en menor medida, usan los recursos de manera eficiente, se reciclan, minimizan sus mermas y por ende sus desperdicios. No obstante, la innovación en materia sustentable se ha convertido en uno de los impulsores del desarrollo económico (Andersen, 1999; Rushton, Business Ethics: A Sustainable Approach, 2002). Asimismo, Heng & Zou (2010) establecen que la tecnología limpia es el arte industrial o productos que reducen la contaminación ambiental y disminuyen el empleo de materias primas, recursos naturales y energía. Además, mencionan que estas tecnologías adoptadas de forma adecuada generan competitividad y contribuyen a garantizar la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. Integrar tecnologías sostenibles en la gestión y tratamiento del agua, especialmente en el manejo de aguas residuales, se vuelve crucial por variadas razones, destacando la minimización del impacto ambiental y la optimización del uso de recursos. Estas tecnologías, identificadas por su bajo nivel de contaminación y eficiencia en el uso de materiales y energía, se alinean con los principios de sostenibilidad, preservando la integridad del ecosistema acuático. A su vez, aplicar soluciones tecnológicas eco-amigables no solo aborda problemas medioambientales, sino que también desempeña un papel estratégico en la sustentabilidad económica, al fortalecer la competitividad y asegurar una infraestructura hídrica robusta para el bienestar de las generaciones venideras. Por lo tanto, enfocar esfuerzos en la implementación de tecnologías limpias para el tratamiento de aguas residuales se transforma en una estrategia imperante, que vincula la preservación del entorno con el establecimiento de una trayectoria económica sostenible y consciente.

Para lograr ser una empresa sustentable es necesario que las empresas desarrollen innovaciones que disminuyan su impacto negativo en el medio ambiente. Muchas de estas innovaciones son proyectos propios de la empresa que cambian el modo de producción o crean un nuevo servicio o producto más amigable con el medio ambiente y la comunidad. Estas innovaciones deben integrar los intereses económicos con los sociales y ambientales y lograr cambios que van más allá de los criterios tradicionales de competitividad y éxito económico.

Asimismo, es de suma importancia analizar los factores que impactan tanto positivamente como negativamente al desarrollo sostenible de los procesos de producción de las empresas, dado que el desarrollo sustentable no está separado de los beneficios económicos, sino que están relacionados con los sociales y ambientales. Asimismo, la sustentabilidad se constituye en una necesidad inevitable para la futura supervivencia de la propia empresa. Es por ello que en la actualidad la estrategia empresarial pretende alcanzar un sistema ecológicamente adecuado, económicamente viable y socialmente justo para llegar a un equilibrio sostenible, impulsado por las instituciones y fortalecido por las capacidades y recursos con los que cuenta la empresa, con el fin principal de lograr la maximización de los beneficios.

En las últimas décadas ha habido un crecimiento económico sin precedente, fruto del esfuerzo humano por alcanzar mejores niveles de vida y por parte de las empresas para la obtención de ganancias significativas y la obtención de una ventaja competitiva que les garantice su existencia en el largo plazo. Sin embargo, la magnitud del crecimiento económico y demográfico ha sobrepasado los avances alcanzados hasta ahora para frenar la degradación ambiental. Asimismo, uno de los recursos que más impacto ha provocado en el calentamiento global es el agua. Es un elemento indispensable para la vida en la Tierra, y para el desarrollo de las actividades productivas de las empresas a nivel mundial, con base en ello resulta esencial el cuidado del recurso hídrico, para que se pueda llevar a cabo el desarrollo sostenible.

Cabe mencionar que, la problemática ambiental se relaciona directamente con los impactos generados por los sectores productivos, siendo estos una de las

principales causas. Especialmente después del advenimiento de la Revolución Industrial en el siglo XIX, su afectación se aceleró. Pero no fue sino hasta la década de 1950 cuando los cambios en la naturaleza empezaron a ser de importancia a nivel mundial y regional, motivo por el cual se empezó un análisis y seguimiento continuo de estos.

El cambio climático está creando problemas serios en todo el mundo y afecta especialmente el agua que tenemos disponible. Esto se debe a que está cambiando la forma en que el agua se mueve y se usa en todo nuestro planeta, haciendo que sea difícil saber cuánta agua tendremos en el futuro. Además, está causando que la calidad del agua disminuya y que haya menos disponible, lo cual es un peligro para el desarrollo sostenible global. Los grupos de personas más pobres y en situación de riesgo son los que más sufren estas dificultades con el agua. Y estos problemas se hacen aún más grandes debido a cosas como el aumento de la población, la gente moviéndose de un lugar a otro de manera desorganizada, los cambios en cómo usamos la tierra, los suelos volviéndose menos saludables, la utilización rápida del agua que está bajo la superficie de la tierra, el daño a nuestros ecosistemas, y la pérdida de diferentes tipos de plantas y animales.

Se estima que actualmente 3 600 millones de personas en todo el mundo viven en áreas con escasez de agua por lo menos un mes por año. Según el Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, esto podría alcanzar de 4 800 a 5 700 millones para el 2050, lo que provocará una pugna sin precedentes entre los usuarios del agua independientemente de las fronteras políticas. Con base en lo antes mencionado es esencial la participación de las empresas en el cuidado del medio ambiente, por lo cual gracias a los diversos tratados internacionales que se han implementado han conseguido el involucramiento del sector privado en materia del desarrollo sostenible. (FOA, 2019)

En 2015, líderes globales acordaron la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible bajo la coordinación de las Naciones Unidas, identificando la década 2020-2030 como crítica para abordar problemas como la pobreza creciente y la crisis climática, y para potenciar el rol de las mujeres y niñas. Este acuerdo también ha destacado el rol vital que las empresas, especialmente las del sector privado,

tienden en ayudar a alcanzar estos objetivos. En este contexto, el despliegue de tecnologías avanzadas, particularmente aquellas relativas al manejo del agua, emerge como esencial. Las empresas, en sus procesos y operaciones, pueden integrar y desarrollar tecnologías enfocadas en la optimización del uso del recurso hídrico, tanto en sus procesos internos como en los productos o servicios que ofrezcan, contribuyendo así a mitigar los impactos del cambio climático, preservar los recursos acuáticos y apoyar de manera activa en la consecución de los objetivos establecidos en la Agenda 2030, armonizando su desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental y social.

El análisis y énfasis en las industrias mexicanas que tienen un alto impacto en el uso y contaminación de los recursos hídricos se deriva de una realidad global alarmante: la creciente escasez de agua y su potencial para intensificar las tensiones entre diferentes usuarios y sectores. En el contexto presentado, donde hasta 5.700 millones de personas podrían experimentar una escasez de agua para el año 2050, es imperativo abordar este asunto con urgencia y a través de todos los sectores. (FOA, 2019). Así, se reconoce la importancia crítica de involucrar al sector privado, y particularmente a aquellas industrias que son intensivas en el uso del agua o que poseen procesos que pueden afectar su calidad y disponibilidad, en la implementación de estrategias de desarrollo sostenible. La participación de las empresas no es solo una responsabilidad ética y social, sino también una necesidad práctica, especialmente en países como México, donde la problemática del agua es especialmente pertinente. En la luz de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el despliegue y adopción de tecnologías avanzadas, especialmente en gestión del agua, se posicionan como herramientas vitales para permitir que las industrias operen de una manera que sea sostenible, eficiente y en armonía con la preservación de los recursos naturales, cumpliendo simultáneamente con los compromisos globales y asegurando la disponibilidad de agua para las futuras generaciones.

En México, como en muchas otras naciones, ciertas industrias son especialmente conocidas por su uso intensivo de agua y por los impactos medioambientales que

pueden tener en los recursos hídricos. A continuación, se describen algunas de estas industrias (FOA, 2019):

1. Agricultura:

- La agricultura es uno de los sectores que más agua consume, utilizándola para el riego de cultivos.
- También es una fuente significativa de contaminación del agua cuando los pesticidas, fertilizantes y otros agroquímicos se escurren hacia los cuerpos de agua.

2. Industria Minera:

- La minería requiere grandes volúmenes de agua para los procesos de extracción y procesamiento de minerales.
- Además, puede producir efluentes tóxicos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden contaminar fuentes de agua.

3. Industria Textil:

- La industria textil utiliza grandes cantidades de agua, especialmente en los procesos de teñido y acabado de los textiles.
- Los químicos utilizados en estos procesos pueden ser contaminantes si se descargan en cuerpos de agua sin un tratamiento adecuado.

4. Industria de Alimentos y Bebidas:

- Este sector utiliza agua en diversas etapas de producción, desde la preparación de alimentos hasta su procesamiento y limpieza de equipos.
- Los desechos orgánicos de esta industria necesitan ser tratados correctamente para evitar la contaminación del agua.

5. Industria Química:

- La industria química utiliza agua como materia prima, refrigerante y solvente.
- Es crucial gestionar adecuadamente los residuos químicos para evitar la contaminación del agua.

6. Industria Petrolera y de Gas:

- La extracción y refinación del petróleo y gas natural suelen requerir grandes cantidades de agua y también pueden producir aguas residuales contaminadas.

7. Industria de la Construcción:

- El desarrollo de infraestructuras y proyectos urbanos puede alterar los flujos de agua y la calidad de la misma, especialmente si involucra la manipulación de cuerpos de agua o se localiza cerca de ellos.

8. Industria del Papel:

- La producción de papel es intensiva en el uso de agua, en procesos como la pulpa y el blanqueo del papel.

- Los químicos y la materia orgánica presentes en las aguas residuales de esta industria necesitan ser gestionados para minimizar el impacto ambiental.

9. Industria de la Energía:

- Las plantas de energía, especialmente aquellas que utilizan enfriamiento basado en agua, pueden ser consumidores significativos del recurso.

- Además, dependiendo del tipo de energía producida, pueden existir riesgos de contaminación.

En todos estos sectores, la implementación de tecnologías para la gestión eficiente del agua y para el tratamiento de aguas residuales es fundamental para minimizar los impactos negativos en los recursos hídricos y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Además, considerando la situación hídrica de México, donde varias regiones enfrentan estrés hídrico significativo, las políticas y regulaciones efectivas para la gestión del agua en la industria son vitales.

I.2.- Objetivo y preguntas de investigación

Objetivo

El objetivo de esta investigación es explorar y analizar que procesos de aprendizaje generó la empresa Herdez para la acumulación de capacidades tecnológicas orientados al cuidado del recurso hídrico.

Preguntas de investigación

¿Cuáles eran las capacidades tecnológicas previas de Herdez S.A.B. de C.V. antes de las regulaciones gubernamentales mexicanas a favor del medio ambiente (1980), y cuáles ha desarrollado específicamente para realizar la transición hacia procesos de producción orientados al cuidado del recurso hídrico?

¿Cuáles fueron los procesos de aprendizaje que condujeron a la empresa Herdez a adquirir las capacidades tecnológicas específicas para la preservación del recurso

hídrico, y cuáles son los resultados concretos en términos de mejoras en la sustentabilidad?

I.3.- Aspectos metodológicos

Esta investigación se planeó como un estudio de caso exploratorio. Eso significa que queremos investigar y entender mejor un tema específico, mirándolo de cerca y con detalle. En nuestro estudio, nos enfocamos en analizar eventos o situaciones actuales usando métodos cualitativos, que son técnicas que nos ayudan a explorar y entender en profundidad las experiencias y perspectivas de las personas involucradas. Entonces, los estudios de caso nos permiten investigar y aprender sobre un fenómeno mientras ocurre, en su entorno natural y real, proporcionando una visión profunda y detallada de él.

El caso de tipo exploratorio aborda un problema, una cuestión o un tema nuevo de los cuales no se sabe mucho, se examina que teorías y conceptos son los más apropiados, y de ser necesarios se elaboran nuevas metodologías, lo que implica expandir la frontera del conocimiento con la esperanza de averiguar algo (Martínez Carazo, 2006).

I.4.- Estructura de la tesis

La tesis propuesta se inicia con una Introducción, que plantea presumiblemente el problema de investigación, los objetivos y la relevancia del estudio en el contexto del sector alimentario y la sostenibilidad. El Capítulo II emprende una Revisión de la Literatura, proporcionando un marco teórico sólido y explorando investigaciones previas relacionadas con el sector alimentario y la gestión de aguas residuales. En el Capítulo III, la Metodología de Investigación se desglosa meticulosamente, explicando el diseño, los métodos de recopilación y análisis de datos para garantizar la validez y replicabilidad del estudio. El Capítulo IV desentraña el Sector Alimentario Mexicano, proporcionando un análisis comprensivo de su panorama económico y tecnológico, mientras que el Capítulo V se sumerge en la Sustentabilidad en la Industria Alimentaria, con un énfasis en las innovaciones tecnológicas y estrategias vinculadas al tratamiento de aguas residuales. El Capítulo VI ilumina mediante un Estudio de Caso sobre Herdez, evaluando detalladamente sus prácticas,

aprendizaje y capacidades tecnológicas específicas en el tratamiento de aguas residuales, ofreciendo así, una aplicación práctica y específica de los conceptos y metodologías previamente establecidos en los capítulos anteriores. Este enfoque estructurado y progresivo permite a la tesis evolucionar desde una base teórica hasta aplicaciones prácticas y específicas dentro del sector alimentario mexicano.

CAPÍTULO II. Revisión de la literatura

II.1.- Introducción

Adentrándonos en este capítulo, buscamos desentrañar las intrincadas relaciones entre conceptos clave que delinean el panorama de la actual innovación y sustentabilidad empresarial, añadiendo un componente crucial: la economía ecológica. Iniciamos con las "capacidades tecnológicas", que se traducen en las competencias esenciales que las empresas necesitan para utilizar y crear conocimiento tecnológico, siendo este un pilar para la innovación y un permanente posicionamiento efectivo en el mercado. Luego, abordamos el "aprendizaje tecnológico", interpretándolo como una vitalidad adaptativa que posibilita a las organizaciones no solo a coexistir, sino también a prosperar en medio de un entorno en constante evolución. En este contexto, introducimos la "economía ecológica", que se sitúa en la intersección de los ámbitos ecológico y económico, buscando armonizar las operaciones industriales y comerciales con la conservación del medio ambiente. La economía ecológica propone una gestión de recursos donde la economía y la ecología coexisten de manera simbiótica, reconociendo que la salud de la economía está intrínsecamente ligada a la salud de nuestros ecosistemas. Así, exploramos cómo las empresas, al implementar estrategias basadas en estos enfoques teóricos, no solo pueden prosperar en su sector, sino también contribuir activamente al bienestar del planeta, siendo actores protagonistas en la confluencia de la tecnología, el aprendizaje y una economía respetuosa con nuestro hogar global.

El objetivo de este capítulo es realizar un análisis exhaustivo y enriquecedor de conceptos claves como la Innovación, Aprendizaje Tecnológico, Capacidades Tecnológicas, y Economía Ecológica con el fin de entrelazar sus definiciones, aplicaciones, y relevancia en el contexto de la economía contemporánea y la sustentabilidad ambiental. Busca profundizar en la comprensión de cómo la innovación y el aprendizaje tecnológico, respaldados por las capacidades tecnológicas de las entidades, pueden ser direccionados de manera que alineen el desarrollo económico y tecnológico con los principios de la economía ecológica. La intención es explorar las posibilidades y desafíos que emergen al integrar el avance

tecnológico y la innovación con una perspectiva que no sólo priorice la eficiencia y la creación de valor, sino que también se comprometa activamente con la conservación del medio ambiente y la utilización sostenible de los recursos, fomentando un paradigma donde el progreso tecnológico y la sustentabilidad coexistan y se potencien mutuamente.

II.2.- Innovación

Los procesos de innovación desempeñan un papel central dentro de las empresas, dado que coadyuvan para la obtención de ventajas competitivas dentro de los mercados. Asimismo, han surgido varios esfuerzos por acotar la definición de los procesos de innovación. Con base a lo antes mencionado, dentro del manual de Oslo se sostiene que: “las innovaciones tecnológicas de producto y de proceso (TPP) comprenden a los productos y los procesos tecnológicamente nuevos e implementados y a las mejoras tecnológicas significativas en los productos y los procesos. Una innovación TPP es la que ha sido aplicada e introducida en el mercado (innovación de productos) o ha sido utilizada dentro de un proceso de producción (innovación de proceso). Las innovaciones TPP comprenden una serie de actividades científicas, tecnológicas, organizacionales, financieras y comerciales. Una empresa innovadora TPP es la que ha implantado productos o procesos tecnológicamente nuevos o tecnológicamente mejorados de manera significativa durante el periodo en análisis. (Manual de Oslo, 2005)

Schumpeter sostiene que el crecimiento económico se desencadena a través de un proceso enérgico, generado por la sinergia de varios elementos, siendo la innovación uno de los más cruciales. Se conceptualiza la innovación como una transición donde las tecnologías emergentes reemplazan a las obsoletas, impulsando así alteraciones en el avance económico. El autor categoriza la innovación en dos formas distintivas:

- Innovaciones de carácter radical se refieren a la presentación de un producto, servicio o proceso previamente desconocido.
- Innovaciones de tipo incremental implican la adición de valor a un producto existente mediante la introducción de mejoras o cambios significativos.

Ahora bien, es importante mencionar que partiendo desde el punto de vista de Vegara (1985), la innovación tecnológica/técnica se entiende como el acto/proceso de acoplar, por primera vez, en un país o ámbito espacial preciso, una nueva oportunidad tecnológica con una necesidad o, en su caso, con una demanda solvente.

Por otro lado Schumpeter (1994) muestra a la innovación como un proceso de evolución que no consiste en los efectos de los factores externos sobre el proceso capitalista, ni en los efectos de un lento crecimiento del capital, de la población, etc., sino en esa especie de mutación económica, a la que ha dado el nombre de innovación. Asimismo, siguiendo esta misma línea, hay otros autores que abordan la definición de innovación, por ejemplo, Nelson (1968) sostiene que una innovación es el proceso mediante el cual nuevos productos y técnicas se logran introducir en el sistema económico.

Asimismo, dentro de las innovaciones de producto se pueden adoptar dos modalidades diferentes, mismas que son, productos nuevos y productos mejorados. Con base en el manual de Oslo, se sostiene que un producto nuevo difiere de manera significativa en sus características tecnológicas o usos previstos. Esas innovaciones pueden implicar el uso de tecnologías radicalmente nuevas, basarse en la combinación de tecnologías ya existentes para nuevos usos o provenir del uso de nuevo conocimiento. Mientras que un producto mejorado, es un producto ya existente cuyo desempeño es mejorado o actualizado de manera significativa. (Manual Oslo, 1997)

Cabe señalar que la innovación se convierte como tal cuando logra incorporarse en el mercado y es aceptada comercialmente, lo que hace que la invención que la antecede sea útil para el desarrollo de actividades productivas o bien para la satisfacción de necesidades de la sociedad. Asimismo, el papel que juegan las empresas dentro del proceso de innovación es crucial, ya que es por medio de ellas que se logran desarrollar todos los esfuerzos que están orientados al desarrollo de la innovación.

II.3.- Aprendizaje tecnológico

El aprendizaje y las capacidades tecnológicas son uno de los rasgos fundamentales en relación con la competitividad entre países, regiones y empresas. Con relación a la empresa significa un proceso dinámico de obtención y creación de capacidades internas y de los conocimientos disponibles en otras empresas e instituciones. Los procesos de construcción de capacidades tecnológicas dependen de un conjunto de factores relacionados con los flujos de conocimiento dentro de la empresa y entre la empresa y el contexto en el cual compete.

El aprendizaje es entendido como todo aquel procedimiento que desarrollan los individuos por medio del cual adquieren habilidades, conocimientos específicos sobre un tema en particular. Este proceso como tal puede darse por medio de las experiencias que cada individuo tiene o bien por medio de algún programa enfocado a la capacitación.

Cabe mencionar que el aprendizaje tecnológico es un elemento esencial para la experimentación de un cambio incremental, y afecta tanto al conocimiento como a las prácticas operacionales de las empresas.

Varios autores han abordado el tema del aprendizaje. Arrow (1962), dentro del enfoque neoclásico, fue el primero en mencionar al aprendizaje como elemento esencial en el aumento de la productividad, considerándolo como una variable esencial dentro del ámbito económico. Este autor considera al aprendizaje como una variable de fuertes implicaciones económicas y lo atribuye a la experiencia, visualizándolo como un instrumento que da soluciones a problemas específicos que se generan exclusivamente en la actividad productiva. (Arrow, 1962). Asimismo, este autor aportó la idea del "learning by doing" en relación al conocimiento, es decir, considerando la experiencia por parte de los individuos como un elemento esencial para la adquisición del aprendizaje.

El enfoque de Arrow (1962) sobre el aprendizaje, específicamente su concepto de "learning by doing", destaca la importancia de la experiencia en la adquisición de capacidades tecnológicas, conectándola directamente con la productividad y, por ende, con la sustentabilidad. Arrow plantea que el aprendizaje, como resultado directo de la práctica en las actividades productivas, no solo impulsa la resolución

de problemas específicos, sino que también actúa como un catalizador para el desarrollo de conocimiento aplicado y mejoras continuas. Este enfoque refuerza la idea de que las empresas pueden integrar la experiencia acumulada en sus procesos para optimizar el uso de recursos, reducir costos y minimizar el impacto ambiental, alineando así las mejoras económicas con objetivos de sostenibilidad. En esencia, la propuesta de Arrow establece un vínculo entre el aprendizaje basado en la práctica, el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas y la creación de modelos productivos más responsables y sostenibles.

El aporte de Bell (1984) ha permeado a la literatura sobre aprendizaje. Este autor ve al aprendizaje como un proceso complejo, el cual se ve afectado por diversos factores como, el ambiente institucional, considerando que entre países, existe heterogeneidad regulatoria, lo que hace difícil el proceso de aprendizaje de los individuos. Cabe mencionar que los procesos de aprendizaje permiten tanto a los individuos como a las organizaciones obtener conocimientos que pueden ser de utilidad al momento de buscar alguna ventaja competitiva que les permita sobrevivir en un mercado en específico, lo que en el largo plazo dicho conocimiento va a contribuir en la capacidad innovativa de la organización. Asimismo, el producto del aprendizaje, es decir, el conocimiento conlleva a desarrollar capacidades tecnológicas dentro de las empresas, siendo estas esenciales para el tener éxito dentro de los mercados lo que a su vez garantiza la subsistencia a largo plazo de las empresas.

El aprendizaje a lo largo de la literatura del cambio tecnológico ha adquirido un papel crucial para la explicación del éxito de las empresas, incrementado así sus capacidades tecnológicas, ya que como sostiene Bell (1984), el "aprendizaje" ha llegado a referirse a cualquier forma en la que una empresa aumenta su capacidad para gestionar la tecnología y aplicar el cambio técnico. Este autor muestra seis tipos diferentes de procesos en los que fluye la información y/o el conocimiento, que están directamente relacionados con la obtención de aprendizaje.

Learning by operating.

Dentro de este proceso el autor sostiene que un flujo de experiencia que se obtienen por medio de la realización de tareas dentro del proceso de producción, mismo que

consiste en una combinación de estímulos de cambio y una mayor comprensión que permite a los individuos mejorar su propia ejecución de determinadas tareas de producción. (Bell, 1984)

Learning for changing.

El escritor indica que, en el transcurso de este proceso el aprendizaje también se puede obtener de una manera óptima por medio de encontrar soluciones para diversos problemas técnicos dentro de las plantas, por ejemplo, mejoras en las mismas o la realización de cambios técnicos. Asimismo, este tipo de aprendizaje es obtenido por medio de la implementación de cambios técnicos menores internos. Por medio de este proceso, se logra obtener una mayor comprensión del conocimiento de una tecnología en particular. A su vez se logra obtener un margen más amplio de confianza en los individuos al momento de manipular alguna tecnología en particular.

Learning for system performance feedback.

Dentro de este proceso es elemental mencionar que Bell sostiene que el aprendizaje por medio de la experiencia de producción depende en gran medida de la tarea individual, por medio de mecanismos que se orienten a generar, registrar, revisar e interpretar dicha experiencia. Este proceso funge como un mecanismo sistemático de retroalimentación, ya que el funcionamiento constante de la producción generará poca o nula experiencia, y el proceso de cambio técnico en la empresa carecerá de fuerza motriz crítica. Cabe mencionar que el autor sostiene que, este tipo de mecanismo puede generar elementos de conocimiento y comprensión sobre la propia tecnología, ya que la supervisión periódica del rendimiento del sistema puede servir de base para comprender cómo y por qué hay una variación en el rendimiento.

Learning through training.

Este proceso de aprendizaje como su nombre lo menciona, se basa principalmente en la implementación de cursos, talleres, conferencias, mismas que funcionan como elementos clave para la adquisición de nuevos conocimientos que sean utilizados para el funcionamiento de la producción.

Learning by hiring.

Para las empresas no es elemental ni necesario acumular sus capacidades tecnológicas sólo por medio de la creación de estas. Sin embargo, si los conocimientos como las habilidades se encuentran disponibles en el entorno, solo es necesario que las empresas contraten a las personas para adquirirlos.

Learning by searching.

Dentro de este proceso de aprendizaje el autor sostiene que, las capacidades tecnológicas se pueden adquirir externamente, sin embargo, se requiere realizar un proceso de búsqueda, considerando que sin él difícilmente se puedan obtener dichas capacidades.

Ahora, viendo al aprendizaje basado en la práctica (experiencia), éste tiene tres propiedades notables. En primer lugar, surge de forma bastante pasiva. No se requiere ninguna acción explícita para captar el aumento de conocimientos/habilidades y los beneficios que se derivan de esa adquisición. En segundo lugar, el proceso de aprendizaje es prácticamente automático. Si se le dedica un tiempo a "hacer", se producirá una cierta cantidad de aprendizaje. En tercer lugar, no tiene costo. El aprendizaje se adquiere simplemente como un subproducto gratuito de la producción. No se requiere ningún gasto más allá del necesario para la producción para generar el aumento de conocimientos y habilidades. (Bell, 1984)

Los diferentes tipos de "learning" presentados por Bell (1984) reflejan una estrecha relación entre las capacidades tecnológicas y la sustentabilidad, ya que cada uno de ellos promueve el desarrollo de habilidades y conocimientos necesarios para optimizar procesos productivos, reducir impactos negativos y mejorar el desempeño en el largo plazo.

Learning by operating fomenta la mejora continua mediante la experiencia adquirida en la ejecución de tareas, lo cual aumenta la eficiencia y reduce el desperdicio de recursos. Por otro lado, **learning for changing** y **learning for system performance feedback** se centran en el análisis y la implementación de soluciones técnicas, ayudando a las empresas a adaptarse rápidamente a los desafíos ambientales y tecnológicos. De manera complementaria, **learning**

through trainingy learning by hiring destacan la importancia de fortalecer las capacidades internas a través de la capacitación del personal y la incorporación de expertos externos, lo que facilita la adopción de prácticas sostenibles. Finalmente, **learning by searching** subraya la relevancia de buscar y adquirir capacidades tecnológicas avanzadas fuera de la organización, permitiendo la integración de innovaciones que promuevan tanto la eficiencia como la reducción del impacto ambiental. En conjunto, estos enfoques de aprendizaje potencian una sinergia entre la tecnología y la sustentabilidad, posibilitando un desarrollo empresarial alineado con las exigencias del entorno actual.

El aprendizaje contribuye directamente en el desarrollo tanto de rutinas como de trayectorias tecnológicas, por lo que funge como elemento esencial al momento de crear capacidades tecnológicas por parte de las empresas.

II.4.- Capacidades tecnológicas

Las capacidades tecnológicas son la creación del aprendizaje que es originado por el conocimiento, estas capacidades coadyuvan al desarrollo de habilidades que puedan ser orientadas a realizar actividades determinadas. Para poder tener un mejor entendimiento de las capacidades tecnológicas es importante mencionar que el conocimiento es: “una mezcla fluida de experiencia estructurada, valores, información contextualizada e ideas expertas que proveen una estructura para evaluar e incorporar nuevas experiencias e información. Se origina y es aplicado en la mente de los conocedores. En las organizaciones frecuentemente está incorporado no sólo en documentos o depósitos sino también en rutinas organizacionales, procesos, prácticas y normas. (Davenport, Prusak, 1999)

A la par, los conceptos de acumulación tecnológica y de aprendizaje han experimentado un constante cambio, hasta llegar al punto de convergencia en donde desarrollan un marco para el análisis de la construcción de capacidades tecnológicas, dentro de los países en vías de desarrollo. Esta convergencia pudo ser sostenida y respaldada significativamente por dos proyectos importantes, uno en los años 70`s y el otro a inicios de los años 80`s. El primer proyecto fue el “Programa de Investigación en Ciencia y Tecnología”, financiado por IDB/ECLA, el

cual se basó en investigación comparativa al nivel de empresa de la industria metalmecánica de seis países latinoamericanos. (Katz; 1986)

El segundo, financiado por el World Bank se tituló “La adquisición de capacidades tecnológicas”. Este proyecto, a diferencia del primero que solo incluyó países de América Latina, también incluyó un conjunto de estudios a nivel de empresas de India y Corea del Sur. (Kim y Dahlman. 1985; Lall. 1987). Cabe mencionar que, estos estudios han contribuido en mostrar que diversos países en vías de desarrollo han experimentado importantes procesos de desarrollo de aprendizaje tecnológico. (Vera-Cruz,2004)

Cabe mencionar que los trabajos que abordan la acumulación de capacidades tecnológicas vistas desde la perspectiva de las empresas dentro de países en vías de desarrollo tienen como antecedente las observaciones realizadas en torno a las particularidades de la transferencia de tecnologías provenientes de países desarrollados a países en vías de desarrollo. Los estudios empíricos dieron pie a mostrar la evolución del marco de análisis para el estudio de la construcción de capacidades tecnológicas dentro de países en vías de desarrollo, mostrando así que estos no solo son receptores de tecnología, sino que han aprendido y construido capacidades tecnológicas. Asimismo, se observan esfuerzos por parte de los países en desarrollo por acumular capacidades tecnológicas fueron más allá de solo la inversión económica, sino que también se comienza a reconocer actividades de adaptación y asimilación tecnológica implementadas con la finalidad de optimizar los resultados asociados al uso de la nueva tecnología. (Lall 1993; Bell & Pavitt, 1995; Kim, 1995, 1997; Maxwell, 1981; Vera-Cruz, 2004, Dutrénit, 2000; Torres, 2006)

La adquisición de tecnología se ha considerado durante mucho tiempo en todas las economías como un elemento central en el proceso de aumentar la productividad y mejorar la competitividad. (Bell & Pavitt, 1995)

Bell y Pavitt (1995) definen a las capacidades tecnológicas como el conjunto de recursos requeridos para generar y administrar el cambio técnico, incluyendo las habilidades, conocimientos y experiencia, y las estructuras y vínculos institucionales. Kim (1997) las define como la habilidad de hacer un uso efectivo del

conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes.

Lall (1992), y más tarde Bell y Pavitt (1993; 1995) presentaron una taxonomía de capacidades tecnológicas en las empresas, basada en las principales capacidades tecnológicas de estas por función técnica. La taxonomía clasifica las principales capacidades tecnológicas a partir de cuatro funciones técnicas: dos básicas y dos de apoyo. Las primeras son: 1) actividades de inversión y 2) actividades de producción. Las dos funciones de apoyo son a) el desarrollo de vínculos con empresas e instituciones y b) la producción de bienes de capital. Los niveles de capacidades tecnológicas se definen por el grado de dificultad de las actividades. Estas van desde los niveles más básicos de las capacidades de producción rutinaria, hasta tres niveles de innovación: básico, intermedio y avanzado.

Existen diferentes maneras de jerarquizar las capacidades tecnológicas. Por ejemplo, siguiendo a Katz y Lall, ellos plasman una matriz mediante la cual se puede observar las principales funciones técnicas implicadas. Asimismo, las columnas detallan las capacidades tecnológicas principales, las filas muestran las capacidades con base en su grado de complejidad, con base en lo medido por la clase de actividad en la cual dicha capacidad se presenta. (Lall, 1993).

Cuadro 1. Matriz de capacidades tecnológicas

Grado de complejidad		INVESTIGACIÓN		PRODUCCIÓN			Vínculos con la Economía
		Pre-investigación	Proyecto ejecutado	Proceso de ingeniería	Producto de ingeniería	Ingeniería Industrial	
Básica	Rutinas simples (Basado en la experiencia)	Estudios de prefactibilidad y factibilidad; selección.	Construcción civil; servicios; equipo comisiones	control de calidad mantenimiento; asimilación de procesos tecnológicos	Asimilación de productos diseñados; adaptaciones pequeñas a las necesidades del mercado	flujo del trabajo; estudios del movimiento del tiempo; control de inventario	Consecución local de mercancías y servicios; intercambio de información con los suministradores
Intermedia	Adaptativa, duplicativa (Basada en la búsqueda)	Búsqueda de recursos tecnológicos; negociación de contratos; Sistemas	Consecución de equipo; ingeniería detallada; capacitación de personal	Procesos de adaptación y minimización de costos; licencias para nuevas tecnologías	Calidad de los productos; licencia y asimilación de productos tecnológicos importados	Supervisión de productividad; coordinación mejorada	Transferencia de tecnología de proveedores locales; diseño coordinado; Vínculos entre S&T (habilidades y tecnología)
Avanzada	Riesgo Innovativo, (basada en la investigación)		Procesos Básicos de diseño ; diseño y oferta de equipo	Procesos de innovación internos, investigación básica	Innovaciones dentro de la firma; investigación básica		I&D cooperativo; el licenciamiento de otras tecnología.

Fuente: Tomado de Lall (1992)

Para simplificar, las habilidades tecnológicas determinan las posibilidades de crear innovaciones. En otras palabras, si se tienen más habilidades en tecnología, habrá más oportunidades de generar nuevas tecnologías.

El enfoque de los autores mencionados permite establecer un vínculo esencial entre las capacidades tecnológicas, el aprendizaje y la economía ecológica, destacando la importancia de adaptar y asimilar tecnologías para promover la sustentabilidad. Las capacidades tecnológicas, definidas como los recursos y habilidades necesarios para gestionar el cambio técnico, son fundamentales para que los países en desarrollo no solo sean receptores de tecnología, sino también protagonistas en su adaptación e innovación (Bell & Pavitt, 1995; Kim, 1997). La acumulación de estas capacidades, respaldada por estudios como los de Katz (1986) y Lall (1993), ha demostrado que el aprendizaje tecnológico trasciende la mera inversión económica, integrando procesos de asimilación, adaptación y desarrollo local. Este enfoque no solo aumenta la productividad y competitividad, sino que también fomenta prácticas sostenibles al optimizar el uso de recursos, reducir los impactos negativos y fomentar vínculos con empresas e instituciones para el desarrollo de tecnologías más ecológicas. En última instancia, la capacidad de avanzar desde actividades rutinarias hacia niveles avanzados de innovación tecnológica permite a las empresas y países en desarrollo contribuir activamente a una economía más sostenible y resiliente.

II.5.- Economía ecológica

La Economía Ecológica surge como respuesta a las tensiones entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente. Esta disciplina se esfuerza por entender las interacciones entre los sistemas económico y ecológico, adoptando una perspectiva que reconoce los límites biofísicos del planeta y se enfoca en el bienestar sostenible.

Herman Daly, uno de los precursores más destacados en el campo de la economía ecológica, enfatiza la integración entre los sistemas económicos y ecológicos. Para Daly (1977) la economía ecológica no solo estudia la relación entre estos dos sistemas sino que pone un fuerte énfasis en la necesidad de que la economía esté subordinada a los sistemas ecológicos, ya que reconoce que los recursos naturales

y los servicios del ecosistema son finitos y fundamentales para la supervivencia y prosperidad humana. Asimismo, Daly ve la economía ecológica como una ruta para avanzar hacia un futuro más sostenible, abogando por una transición desde una economía basada en el crecimiento cuantitativo hacia una que priorice la mejora cualitativa, la equidad, y la sostenibilidad ecológica. Herman Daly enfatizan que la economía está incrustada en el ecosistema global y, por ende, sujeta a sus límites y leyes. El crecimiento económico constante es inviable en un entorno de recursos finitos y sistemas ecológicos frágiles, este autor ha planteado que la economía debe estar subordinada a los sistemas ecológicos dado que la economía existe dentro del entorno ecológico y no al revés.

En su trabajo, ha promovido la idea del "desarrollo estacionario", donde se argumenta que el crecimiento económico constante no es sostenible a largo plazo en un planeta con recursos finitos. Profundiza en su concepto de "desarrollo estacionario", argumentando que los sistemas económicos deberían aspirar a establecer un equilibrio con los sistemas ecológicos, restringiendo el consumo de recursos a tasas que permitan su regeneración natural y manteniendo las emisiones de residuos dentro de la capacidad de absorción del planeta. Este enfoque se opone a la visión de la economía neoclásica, que a menudo trata los recursos naturales como si fueran infinitos y omite los límites ecológicos en su marco teórico. Daly insiste en que la noción de crecimiento perpetuo es tanto ecológica como económicamente insostenible, ya que ignora las realidades físicas de nuestro mundo finito.

Por otro lado, Georgescu-Roegen (2019), otro notable académico en el campo, ha subrayado la importancia de la termodinámica en los procesos económicos en su obra "La Ley de la Entropía y el Problema Económico". Georgescu-Roegen postula que toda actividad económica aumenta la entropía del sistema (en este caso, el planeta) y, por lo tanto, todo uso de recursos debe ser minuciosamente gestionado y optimizado para minimizar la degradación entrópica. Asimismo, el análisis de Georgescu-Roegen en economía ecológica representa una reevaluación radical de cómo los principios económicos tradicionales se aplican en un contexto biofísico. Sus contribuciones han influenciado profundamente las discusiones

contemporáneas sobre sostenibilidad, crecimiento y el futuro del desarrollo económico frente a los desafíos ecológicos y termodinámicos. Cabe mencionar que, destacó la necesidad de desarrollar tecnologías que imiten a los sistemas naturales en su eficiencia y sostenibilidad (biomimetismo).

Es importante mencionar que la sostenibilidad es central en la economía ecológica, que busca un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer las capacidades futuras. La integridad de los ecosistemas y la preservación de la biodiversidad son cruciales para mantener los servicios ecológicos esenciales.

La economía ecológica se ha cimentado sobre el trabajo de numerosos académicos, cada uno aportando diferentes perspectivas y argumentos que han contribuido a modelar este campo de estudio. La obra de Herman Daly, que destaca la necesidad de una economía subyugada a los límites ecológicos, se complementa con perspectivas de autores como Costanza (2019), quien ha sido fundamental en el desarrollo de la teoría y práctica de la valoración de los ecosistemas y los servicios ambientales. Costanza (2019), ha defendido la idea de que los ecosistemas y su biodiversidad representan un "capital natural" que necesita ser considerado y valorado apropiadamente para garantizar una gestión económica y ambiental sostenible. Su trabajo también ha influido en el desarrollo de conceptos relacionados con "La economía de la biosfera", lo cual pone de relieve la interdependencia inherente entre los sistemas económicos y ecológicos.

La obra de Joan Martínez-Alier también ha sido crucial, especialmente en lo que se refiere a la ecología política. Martínez-Alier (2002) explora cómo los problemas ecológicos y las cuestiones de distribución económica están intrínsecamente entrelazados, proponiendo que las decisiones económicas siempre tienen un impacto ecológico y viceversa, destacando la importancia de un modelo económico que considere las injusticias ambientales y busca soluciones que son equitativas tanto desde un punto de vista social como ecológico.

Cabe mencionar que la relación entre economía ecológica, capacidades tecnológicas, aprendizaje tecnológico e innovación es un entramado que teje un camino hacia un desarrollo sustentable y justicia ambiental, buscando establecer un

equilibrio entre el progreso técnico, la prosperidad económica y la preservación ambiental.

Desde la perspectiva de la economía ecológica, se han destacado el reconocimiento del capital natural y que los límites biofísicos del planeta son esenciales para moldear una economía que pueda ser simultáneamente próspera y sostenible. Este enfoque nos impulsa a reevaluar nuestras prácticas económicas y tecnológicas, estableciendo un terreno fértil donde la innovación tecnológica y el aprendizaje se hacen cruciales para redirigir el desarrollo económico hacia la sostenibilidad.

En este contexto, las capacidades tecnológicas, definidas como las habilidades que permiten a las empresas y las economías utilizar eficientemente el conocimiento y tecnología existentes y, más importante aún, generar nueva tecnología, se posicionan como una herramienta fundamental para explorar y explotar soluciones sostenibles. Como se ha destacado en estudios anteriores, empresas y naciones con robustas capacidades tecnológicas están mejor equipadas para liderar y beneficiarse de la innovación, especialmente en sectores clave para la transición hacia una economía más verde y circular. A su vez, el aprendizaje tecnológico, que se refiere a la capacidad de adaptarse y aprovechar nuevas tecnologías y conocimientos, permite a las empresas y a la sociedad en general, navegar a través de las complejidades del cambio tecnológico. En un entorno dinámico y en constante cambio, ser capaz de aprender y adaptarse rápidamente a nuevas realidades tecnológicas es fundamental para mantener la viabilidad y competitividad a largo plazo, y más aún cuando el objetivo es la sostenibilidad ambiental y económica.

En el marco de la innovación, y retomando las clasificaciones de Schumpeter respecto a las innovaciones radicales e incrementales, ambas se vuelven esenciales en esta travesía. Las innovaciones radicales, que introducen nuevos productos, servicios o procesos, pueden abrir puertas a paradigmas completamente nuevos de producción y consumo que sean intrínsecamente más sostenibles. Mientras que las innovaciones incrementales, mejorando y optimizando tecnologías existentes, permiten refinamientos continuos que también contribuyen significativamente a reducir el impacto ecológico de las actividades económicas.

La relación entre las capacidades tecnológicas, el aprendizaje y la economía ecológica subraya un marco integral donde el desarrollo económico y la sostenibilidad convergen en armonía con los límites biofísicos del planeta. Autores como Herman Daly y Nicholas Georgescu-Roegen destacan que la economía debe estar subordinada a los sistemas ecológicos, reconociendo la finitud de los recursos naturales y promoviendo modelos económicos que prioricen la eficiencia y la regeneración. En este contexto, las capacidades tecnológicas, entendidas como habilidades para utilizar y desarrollar tecnologías de manera eficiente, se vuelven esenciales para implementar soluciones innovadoras que mitiguen el impacto ambiental y fomenten la sostenibilidad.

El aprendizaje tecnológico, por su parte, permite a las empresas y a la sociedad asimilar y adaptar tecnologías existentes, generando un ciclo virtuoso de innovación. Esta capacidad de aprender y adaptarse es crucial en una economía ecológica que exige tanto la creación de tecnologías biomiméticas, como señaló Georgescu-Roegen (2019) la implementación de innovaciones incrementales y radicales que redefinan paradigmas de producción y consumo sostenibles, en línea con los postulados de Schumpeter.

Al integrar estas dimensiones, se refuerza la idea de una economía basada en el "capital natural", como lo plantean Costanza (2019) y Martínez-Alier (2002), donde las capacidades tecnológicas y el aprendizaje se alinean con objetivos de equidad social y justicia ambiental. En última instancia, esta interacción multidimensional entre economía ecológica, capacidades tecnológicas y aprendizaje tecnológico representa una vía esencial para alcanzar un desarrollo que respete los límites del planeta y garantice un bienestar sostenible para las generaciones presentes y futuras.

Asimismo, enlazando estas dimensiones, es evidente que un marco que entrelaza economía ecológica, capacidades tecnológicas, aprendizaje tecnológico e innovación proporciona una ruta integral y multidimensional para avanzar hacia un futuro donde el desarrollo económico y la integridad ecológica puedan coexistir y mutuamente potenciarse. La armonización de estas esferas no es solo deseable, sino imperativa para forjar un camino que respeta y opera dentro de los límites

biofísicos de nuestro planeta, asegurando al mismo tiempo una prosperidad inclusiva y sostenible.

II.6.- Conclusión

A modo de conclusión es importante mencionar que se resalta la esencialidad de la participación y la voluntad de los miembros de una organización para facilitar una transición tecnológica exitosa. Esto destaca la necesidad de estar listos y aptos para adoptar diversas formas de aprendizaje que les permitan cultivar habilidades y expertise técnico. Este conocimiento, a su vez, será instrumental en la implementación de cambios, adaptaciones y desarrollo de productos, así como en la modificación de procesos productivos y administrativos, y en la toma de decisiones relacionadas con las inversiones.

Con base en el análisis teórico se ha logrado no sólo entender cada término en su individualidad sino también discernir la intrínseca relación que existe entre ellos en el panorama de un desarrollo sostenible. La Innovación y el Aprendizaje Tecnológico, sustentados por las Capacidades Tecnológicas, emergen como palancas vitales para impulsar una Economía que sea congruente con los preceptos ecológicos. El diálogo entre el desarrollo tecnológico y la economía ecológica se ha presentado como una sinergia posible y necesaria, donde la creatividad y la ingeniería se conjugan con la preservación del medio ambiente y la gestión sostenible de los recursos. Este capítulo ha logrado no solo su meta de investigar estos temas, sino también de ofrecer un marco que destaca lo crucial que es seguir avanzando hacia un futuro en el que la tecnología y la ecología convivan de manera beneficiosa y revitalizante para ambas. En otras palabras, ha enfatizado la importancia de unir tecnología y ecología para un futuro más próspero y sostenible.

CAPÍTULO III. Metodología de investigación

III.1. Introducción

Este capítulo tiene como objetivo explicar cómo se llevará a cabo la investigación. La misma se enfocará en un análisis a nivel empresarial, utilizando un diseño basado en el estudio de caso. El tema central es el análisis de las capacidades tecnológicas y los procesos de aprendizaje relacionados con la sustentabilidad, específicamente en el cuidado del recurso hídrico dentro de una empresa del sector alimentario mexicano.

III.2. Metodología de la investigación

Para alcanzar los objetivos especificados en esta investigación, se plantea realizar una indagación de carácter cualitativo, implementando un diseño de estudio de caso exploratorio con el objetivo principal de identificar elementos esenciales que determinen el contexto histórico del caso en estudio. Inicialmente, se enfocará en identificar y describir conceptos relevantes, así como en describir la unidad de análisis, comenzando con una comprensión general y profundizando progresivamente hacia sus particularidades específicas.

Para realizar la investigación se pretende emplear la metodología cualitativa, ya que como sostienen Martínez (2004), las características descriptivas, inductiva, estructural-sistémica, humanista y de diseño flexible destacan más la validez de la replicabilidad de los resultados (Martínez, 2004). Asimismo, dentro de la metodología cualitativa el método que se pretende utilizar es el estudio de caso, por sus características, por sus técnicas que se pueden emplear y por cumplir con la rigurosidad, la sistematización y la lógica que requiere toda investigación científica (Yin, 1994). Dicho lo anterior, y dado que la investigación es de tipo cualitativa, se busca describir las cualidades de un fenómeno y considerar la perspectiva de quiénes se encuentran involucrados en el problema.

Para esta investigación se empleará un análisis basado en un estudio de caso único. Según Yin (1994), este tipo de estudio presenta características específicas que se detallarán a continuación. Se trata de un caso crítico para probar una teoría. El caso se elige por su poder para confirmar, extender o retar una teoría existente. Un caso

único se utiliza para determinar si las proposiciones de una teoría particular son correctas o si podrían existir un conjunto de explicaciones alternativas.

Es un caso representativo o típico que captura la experiencia de una organización, persona, proyecto, institución promedio. Por ejemplo, puede representar un proyecto típico dentro de un conjunto de ellos, una firma o una organización típica de una industria o sector.

Se trata de un caso revelatorio, que permite observar y analizar un fenómeno previamente inaccesible a la investigación científica.

Con base en lo que respecta al estudio de caso múltiple, en la replicación literal, se requiere que el marco de análisis establezca las condiciones bajo las cuales es probable encontrar una réplica así como las condiciones en las que ocurre (Yin, 1994).

III.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se trata de un conjunto de técnicas y métodos que escoge un investigador para llegar a realizar un experimento o un proyecto de investigación. Se trata de una serie de pasos que sirven como guía al investigador. Según Kumar (2011). Un diseño metodológico es un plan detallado de cómo se completará la investigación y consta de:

- Operacionalización de variables para su medición
- Selección de la muestra de interés
- Recolección de datos para pruebas de hipótesis
- Análisis de resultados.

El diseño de investigación de este estudio, orientado a analizar las capacidades tecnológicas, los procesos de aprendizaje y las estrategias de sustentabilidad implementadas por Herdez en la gestión del recurso hídrico, se fundamenta en un estudio de caso único. Este enfoque es ideal dado que el objetivo principal es examinar a profundidad un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real, cumpliendo con las características descritas por Yin (1994).

El diseño se estructura como un estudio de caso descriptivo-explicativo, combinando elementos que permiten:

- **Descriptivo:** Analizar cómo Herdez implementa sus capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje relacionados con la sustentabilidad hídrica en su contexto organizacional específico.
- **Explicativo:** Explorar las relaciones causales entre la adopción de tecnologías sostenibles, la mejora de procesos de aprendizaje y su impacto en el uso eficiente del recurso hídrico.

Este diseño es coherente con la naturaleza cualitativa de la investigación, ya que busca responder preguntas del tipo "¿Cómo?" y "¿Por qué?", en línea con las recomendaciones de Yin (2003). Además, la investigación se enmarca en el análisis de un fenómeno contemporáneo –la gestión del recurso hídrico en una empresa líder del sector alimentario– cuyas fronteras con el contexto no son claramente evidentes, reforzando la pertinencia del método.

III.4. Selección del caso

El análisis de la industria alimentaria se concibe como esencial dada su notable incidencia en la contaminación del agua, uno de los aspectos más críticos a nivel ambiental y de salud pública. Esta industria, que engloba diversas etapas desde la producción agrícola hasta el procesamiento de alimentos, genera una cantidad significativa de aguas residuales, caracterizadas por su alta carga de materia orgánica, nutrientes, y a veces, compuestos químicos perjudiciales. Además, la contaminación del agua no solo afecta la calidad de este vital recurso sino también los ecosistemas acuáticos y, en última instancia, la salud humana.

El razonamiento detrás de focalizar en la industria alimentaria se sustenta en su vasta magnitud y omnipresencia global. Esta industria, esencial para la subsistencia humana, opera en una paradoja, siendo una fuente indispensable de nutrición y, simultáneamente, un significativo contribuyente a los problemas ambientales. La gestión de sus aguas residuales emerge como una cuestión imperante para reducir su huella ecológica y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.

La implementación de tratamientos de aguas residuales en la industria alimentaria no es solo una medida correctiva para la problemática actual, sino también preventiva hacia futuras complicaciones asociadas al agotamiento y contaminación de los recursos hídricos. En un contexto de creciente escasez de agua y

regulaciones ambientales más estrictas, el análisis de esta industria desde una perspectiva de economía ecológica y sostenibilidad se vuelve indispensable para entender, y eventualmente mitigar, los impactos negativos de sus operaciones sobre el medio ambiente y proponer estrategias que alineen la producción alimentaria con los principios de desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental.

III.4.1.- Unidad de observación

En el amplio panorama de la industria alimentaria y su relación intrínseca con la problemática medioambiental, el análisis detallado de casos específicos, como el de la empresa Herdez, se torna esencial para entender las dimensiones particulares y estrategias gestionales en cuanto a la contaminación del agua y el tratamiento de aguas residuales. Herdez, siendo una de las empresas destacadas y reconocidas en la industria alimentaria de México, ofrece un marco de estudio que puede revelar la implementación práctica de las políticas y tecnologías de tratamiento de aguas en el sector.

La elección de Herdez como objeto de análisis en la industria alimentaria, particularmente en el tratamiento de aguas residuales, se apoya en su presencia reconocible en el mercado, sin implicar superioridad en el sector. La empresa, siendo un actor con cierta relevancia, permite una exploración del uso actual de prácticas y estrategias en el tratamiento de aguas, sin necesariamente establecer estándares para la industria. El análisis de Herdez busca comprender sus métodos para el manejo de aguas residuales y su cumplimiento con las normativas y sostenibilidad, lo cual podría ofrecer perspectivas útiles, sin garantizar modelos a seguir, para la formulación de futuras estrategias en la industria alimentaria relacionadas con la gestión del agua.

Además, Herdez, al manejar una amplia gama de productos y procesos, enfrenta diversos retos y aplica estrategias específicas en la gestión de sus residuos líquidos. Esto la convierte en un caso representativo y esclarecedor del cuidado del recurso hídrico mediante el tratamiento de aguas residuales en la industria alimentaria. Este análisis permite profundizar en la relación entre los procesos productivos de la empresa y su impacto en el recurso hídrico, al mismo tiempo que proporciona una base para proponer modelos sostenibles y eficientes en el tratamiento y gestión del

agua, los cuales pueden ser aplicables o adaptables a otras empresas dentro del sector alimentario. Asimismo con el análisis en Herdez, se aspira a identificar potenciales discrepancias entre las normativas ambientales, las prácticas industriales existentes y las tecnologías de tratamiento de aguas residuales disponibles. Este análisis proporciona un marco que puede ser utilizado para generar información y orientación, sin presumir un modelo a seguir, tanto en el ámbito académico como industrial, con el propósito de avanzar hacia prácticas que sean más sostenibles y eco-amigables.

III.4.2.- Criterios para elegir el caso

La unidad de observación elegida es la empresa Herdez S.A.B. de C.V. porque se encuentra dentro en un sector de alto impacto ambiental, es decir, está dentro del sector alimentario, y porque es una empresa mexicana con 107 años de existencia, por lo que ha podido desarrollar capacidades, que le permitieron implementar procesos de aprendizaje dinámicos para desarrollar nuevos procesos o introducir nuevas tecnologías en materia sustentable.

Algunos de los criterios a considerar para elegir la unidad de observación, son los siguientes:

- Ser una empresa del sector alimentario mexicano
- Ser una empresa que muestre compromiso por el cuidado del medio ambiente
- Ser una empresa que desarrolle dinámicas sustentables en sus procesos de producción

La unidad de análisis de la investigación son;

- Las capacidades tecnológicas
- Los procesos de aprendizaje
- Sustentabilidad (Economía Ecológica)

Cabe mencionar algunos datos importantes de la unidad de observación (la empresa Herdez):

La infraestructura de la empresa se compone de (2019):

- 14 plantas (13 en México y una en Estados Unidos)
- 24 centros de distribución (22 en México y 2 en Estados Unidos)

- 6 buques atuneros
- 679 tiendas: Nutrisa, Lavazza, Cielito Querida Café y Moyo.
- 9,870 colaboradores
- 22,420 millones de pesos de ventas netas
- 3,818 millones de pesos de UAFIDA (Utilidad antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización)
- 1.93% de la utilidad neta en inversión social.

La Compañía fue fundada en 1914 y cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores desde 1991 bajo el símbolo HERDEZ.

Cabe señalar que dado que es un estudio de caso, y que se realizarán entrevistas semiestructuradas con el personal directamente relacionado de la empresa el objetivo de dichas entrevistas, es que los entrevistados proporcionen sus puntos de vista, tanto del papel que ellos desenvuelven como el dinamismo interno de la empresa, en relación a las capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje en la producción sustentable. Asimismo, las áreas que se entrevistarán de Herdez S.A.B. de C.V., son principalmente las siguientes:

- Sustentabilidad
- Finanzas
- Operación

III.4.3.- Fuentes de información

Con base en Kumar (2011), en la investigación cualitativa existen tres métodos fundamentales para la recopilación de datos:

1. Entrevistas semiestructuradas: Este método resulta especialmente valioso cuando se busca obtener información detallada o cuando el tema de estudio no ha sido ampliamente explorado. Su flexibilidad permite al entrevistador adaptar las preguntas a cada participante, lo que enriquece la información recopilada. Dado que proporciona un nivel de profundidad significativo, es una técnica comúnmente utilizada para estructurar investigaciones. Para garantizar la cobertura adecuada de los temas y facilitar la comparabilidad entre respuestas, se recomienda el uso de una guía de entrevista, la cual

exige mayor habilidad por parte del investigador en comparación con una entrevista completamente estructurada. (Kumar, 2011)

2. Observación participante: Este enfoque permite al investigador obtener datos directamente a través de la inmersión en el entorno de estudio, capturando detalles que podrían pasar desapercibidos en otros métodos.
3. Fuentes secundarias: Tanto en la investigación cualitativa como en la cuantitativa, las fuentes secundarias son esenciales para la recopilación de datos. En el ámbito cualitativo, estas fuentes suelen proporcionar descripciones y narrativas basadas en registros históricos y actuales. Ejemplos comunes incluyen censos, registros estadísticos, encuestas de fuerza laboral, informes y pronósticos. (Kumar, 2011)

Cuadro 2.- Fuentes de información

Fuente de información	Informante	Propósito
Entrevistas semiestructuradas	Directores, gerentes, coordinadores y personal de operación	Explorar las dinámicas implementadas por la empresa en la producción sustentable de la empresa.
Observación	Entrevistador	Analizar lo no dicho por parte de los entrevistados, lo que proporcionará información extra al entrevistador.
Fuentes secundarias	-Información documental proporcionada por la empresa. -Sitio web de la empresa. -Sitios web de agentes terceros oficiales.	Conseguir información extra sobre las capacidades tecnológicas y los procesos de aprendizaje de la empresa en materia de sustentabilidad.

Fuente: Kumar (2011).

La estructura de las entrevistas que se realizaron de la siguiente manera:

Cuadro 3.- Estructura de las entrevistas: áreas, puestos y enfoques en la gestión de sustentabilidad en Grupo Herdez

Entrevistado	Área	Puesto	Fecha de la Entrevista
Lic. Jimena Pérez Underwood	Sustentabilidad Corporativa	Coordinadora de Sustentabilidad Corporativa	2022
Lic. Arturo Guzmán Chimeo	Sustentabilidad Corporativa	Gerente de Sustentabilidad Corporativa	2022
Mtra. Andrea Amozurrutia	Finanzas	Directora de Finanzas	2022
Ing. José Israel Olvera Daza	Operación de la Planta McCormick: Tratamiento de Aguas Residuales	Gerente de Sustentabilidad	2022

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior proporciona una visión estructurada de las entrevistas realizadas en el marco de la investigación en Grupo Herdez. Cada entrevistado representa un área clave dentro de la empresa, contribuyendo con información relevante desde su campo de especialización. La Lic. Jimena Pérez Underwood y el Lic. Arturo Guzmán Chimeo, ambos integrantes del área de Sustentabilidad Corporativa, ofrecieron una perspectiva detallada sobre las estrategias ambientales y los indicadores clave de desempeño en materia de gestión hídrica. Desde el área financiera, la Mtra. Andrea Amozurrutia brindó información crucial sobre la inversión en tecnologías sustentables y la relación costo-beneficio de estas iniciativas dentro de la empresa. Finalmente, en el ámbito operativo, el Ing. José Israel Olvera Daza explicó los procesos técnicos de tratamiento de aguas residuales en la planta McCormick, destacando los retos y avances tecnológicos implementados. Esta estructura de entrevistas permitió obtener una visión integral del impacto de la sustentabilidad en diferentes niveles organizacionales, proporcionando un marco analítico sólido para

evaluar las estrategias de gestión de recursos hídricos y su alineación con los objetivos corporativos.

Análisis documental y fuentes secundarias

Además de las entrevistas, se revisó información documental proporcionada por la empresa, como reportes internos, políticas de sustentabilidad y planes de acción relacionados con la gestión del recurso hídrico. También se consultaron fuentes externas oficiales, como normativas ambientales, certificaciones obtenidas y datos de instituciones relevantes en la materia. Esta combinación de fuentes primarias y secundarias permitió una comprensión más completa y fundamentada de las prácticas y logros de Herdez en cuanto a sustentabilidad hídrica.

Metodología de recolección de datos

Las entrevistas se llevaron a cabo de manera virtual, utilizando plataformas como Zoom y Google Meet, debido a las restricciones sanitarias vigentes y a los protocolos internos de la empresa, que limitan las interacciones presenciales.

Temas abordados en las entrevistas

En las entrevistas realizadas se identificaron diversos temas clave relacionados con la sustentabilidad y la gestión ambiental dentro de Herdez. Las conversaciones reflejan los avances, desafíos y estrategias implementadas por la empresa en su compromiso con la sustentabilidad. Entre los principales puntos abordados destacan la evolución del enfoque sustentable, la gestión eficiente del agua, la alineación de áreas internas, la adaptación tecnológica y el cumplimiento normativo. A continuación, se presenta un cuadro que resume los temas centrales discutidos en las entrevistas, proporcionando una visión integral sobre las estrategias y objetivos en materia de sustentabilidad en la organización.

Cuadro 4.- Principales temas abordados en las entrevistas

Principales temas abordados en las entrevistas
Evolución de la sustentabilidad en Herdez.
Desafíos en la implementación de estrategias sostenibles.
Alineación de áreas internas para la sostenibilidad.
Gestión y tratamiento de aguas residuales.
Procesos de producción más limpia y reciclaje de agua.
Conciencia y cultura organizacional en sustentabilidad.
Normativas y cumplimiento ambiental.
Innovación y adaptación tecnológica en sostenibilidad.
Colaboración con expertos y alianzas estratégicas.
Metodologías de medición y seguimiento de impacto.
Objetivos de sustentabilidad a corto y largo plazo.

Fuente: Elaboración propia

III.5.- Análisis de la información recopilada

La información recopilada a través de las entrevistas realizadas al personal de Herdez fue analizada de manera detallada y estructurada, utilizando un enfoque cualitativo basado en la técnica de análisis temático y herramientas manuales para garantizar un análisis coherente y profundo. El proceso comenzó con la transcripción completa de las entrevistas, lo que permitió registrar de manera precisa las ideas y perspectivas compartidas por los entrevistados. Una vez transcritas, las respuestas fueron organizadas en una tabla matriz diseñada manualmente, donde se identificaron y clasificaron los temas clave relacionados con las capacidades tecnológicas, los procesos de aprendizaje y las estrategias de sustentabilidad aplicadas a la gestión del recurso hídrico.

La tabla matriz se estructuró con columnas que incluían categorías como "Tema", "Cita relevante", "Área entrevistada" y "Relación con los objetivos de investigación". En esta tabla, las respuestas se agruparon inicialmente por áreas temáticas generales, como "tratamiento de aguas residuales", "innovación tecnológica", "gestión de recursos", y "capacitación técnica (aprendizaje)". Posteriormente, se

realizó una codificación manual destacando palabras clave y frases recurrentes, lo que permitió identificar patrones, relaciones y categorías más específicas dentro de cada tema.

El análisis se complementó con la elaboración de diagramas de relación y mapas conceptuales en papel, que ayudaron a visualizar las conexiones entre los diferentes conceptos identificados. Por ejemplo, se trazaron las interacciones entre los procesos de aprendizaje organizacional, como la colaboración con expertos y la formación interna, con la adaptación de tecnologías y el impacto en la eficiencia hídrica.

Para validar los hallazgos, se realizó una triangulación comparando la información obtenida de las entrevistas con documentos internos proporcionados por la empresa, como políticas de sustentabilidad y reportes técnicos, así como con información de fuentes externas oficiales. Este proceso permitió contrastar las perspectivas de los entrevistados con datos verificables y objetivos, asegurando la coherencia y profundidad en el análisis.

El uso de herramientas manuales como tablas, diagramas y mapas conceptuales facilitó una comprensión integral de los datos recopilados, destacando tanto los avances como los retos de Herdez en el manejo del recurso hídrico. Este enfoque meticuloso y artesanal asegura que el análisis esté alineado con los objetivos de investigación y proporcione información útil y bien fundamentada para las conclusiones del estudio.

III.6.- Operacionalización de conceptos

Con base en las contribuciones que nos brinda el marco teórico se operacionalizan los conceptos centrales de la investigación, mismos que se presentan en el Cuadro 2. En el se detallan los elementos clave para analizar las capacidades tecnológicas, los procesos de aprendizaje y las estrategias de sustentabilidad implementadas por la empresa Herdez en el manejo del recurso hídrico.

La operacionalización de conceptos es fundamental para traducir las dimensiones teóricas en variables medibles que permitan analizar el impacto de las capacidades tecnológicas, del aprendizaje y la sustentabilidad en la gestión del agua dentro de la empresa Herdez. A través de esta estructura, se busca identificar los indicadores

clave que reflejan cómo la empresa ha desarrollado e implementado estrategias para optimizar el uso del recurso hídrico, mejorar su eficiencia operativa y fortalecer su compromiso con la sustentabilidad.

La siguiente tabla sintetiza la relación entre los conceptos centrales de la investigación, sus dimensiones e indicadores específicos. Este enfoque permite establecer un marco analítico claro que facilita la comprensión de los hallazgos y su relación con el marco teórico. Los indicadores seleccionados permiten evaluar tanto la eficiencia tecnológica como el impacto ambiental y social, asegurando un enfoque integral hacia la sustentabilidad.

III.6.1 Capacidades Tecnológicas

Concepto	Definición teórica.	Dimensión	Indicador/variable
Capacidades tecnológicas	Son el conjunto de habilidades, conocimientos, recursos y procesos que permiten a una organización adquirir, desarrollar, adaptar y utilizar tecnología de manera efectiva para resolver problemas, mejorar la eficiencia, innovar y mantenerse competitiva en su entorno. <i>Bell y Pavitt (1993)</i>	Tecnología incorporada	Implementación de tratamientos físico-químicos y biológicos en aguas residuales
		Procesos de innovación	Optimización de procesos mediante metodologías estructuradas
		Fuentes de innovación	Capacitación continua y adopción de tecnologías existentes
		Tipos de innovación	Innovaciones organizacionales en equipos multidisciplinarios

Fuente: Elaboración propia

El análisis de las capacidades tecnológicas de la empresa se obtendrán de las entrevistas realizadas a especialistas en ingeniería de procesos y responsables del área de sustentabilidad. A través de sus testimonios, se identificarán los principales avances tecnológicos implementados en la empresa, lo que permitirá definir indicadores como la implementación de tratamientos físico-químicos y biológicos en aguas residuales, los cuales reflejarán la tecnología incorporada. De manera complementaria, los documentos internos de la empresa, tales como informes de anuales y reportes de desempeño tecnológico, servirán para corroborar la existencia y efectividad de estas prácticas.

Asimismo, el indicador de optimización de procesos mediante metodologías estructuradas se deriva tanto de la revisión de manuales de procedimientos y normativas internas como de las entrevistas a personal de producción, quienes destacarán la adopción de estrategias de mejora continua. Por otro lado, el concepto de fuentes de innovación, representado en el cuadro a través de la capacitación continua y la adopción de tecnologías existentes, se fundamentará en registros de programas de formación de empleados y en la percepción de los entrevistados respecto a la importancia del aprendizaje organizacional.

III.6.2 Procesos de aprendizaje

Concepto	Definición teórica.	Dimensión	Indicador/variable
Procesos de aprendizaje	Proceso mediante el cual los individuos y las organizaciones adquieren habilidades y conocimientos técnicos adicionales. (OCDE, 2005)	Mecanismos de aprendizaje	Uso de KPI's, monitoreo y aprendizaje organizacional
		Fuentes de aprendizaje	Capacitación interna, exposiciones tecnológicas y benchmarking
		Apoyo de la alta dirección	Inversión y respaldo en estrategias de sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores asociados a los procesos de aprendizaje serán obtenidos mediante una triangulación de datos provenientes de la revisión documental y la información proporcionada en entrevistas con el personal de la empresa. El uso de KPI's, monitoreo y aprendizaje organizacional será un aspecto recurrente en los discursos de los entrevistados, quienes destacarán su papel en la evaluación del desempeño de las tecnologías implementadas. Esta información se contrastará con reportes internos donde se detallarán los mecanismos de medición empleados para evaluar la efectividad de dichos procesos.

La identificación de fuentes de aprendizaje, tales como la capacitación interna, exposiciones tecnológicas y el benchmarking, se realizará a partir de documentos institucionales que detallarán las estrategias de formación del personal y de los testimonios de los colaboradores, quienes compartirán sus experiencias respecto a la actualización de conocimientos dentro de la empresa. Finalmente, el indicador de

apoyo de la alta dirección será identificado mediante el análisis de documentos estratégicos, en los que se evidenciará la asignación de recursos para iniciativas de sustentabilidad, así como en las declaraciones de los directivos entrevistados, quienes confirmarán el respaldo financiero y estructural a estos programas.

III.6.3. Sustentabilidad (economía ecológica)

Concepto	Definición teórica.	Dimensión	Indicador/variable
Sustentabilidad (Economía ecológica)	Capacidad de mantener los sistemas socioeconómicos dentro de los límites ecológicos del planeta, asegurando que el uso de recursos renovables no supere su tasa de regeneración, que la emisión de contaminantes no exceda la capacidad de asimilación de los ecosistemas y que se garantice la equidad intergeneracional en el acceso a los recursos (<i>Costanza, Daly y Bartholomew, 1991; Daly, 1996</i>)	Política ambiental y estrategias de cambio climático	Cumplimiento de regulaciones ambientales y medición de impacto
		Uso y tratamiento de agua	Indicadores de eficiencia hídrica y optimización del consumo de agua

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores relacionados con la sustentabilidad serán obtenidos principalmente a partir de la revisión de normativas ambientales internas y reportes de cumplimiento regulatorio. El cumplimiento de políticas ambientales y estrategias de cambio climático será un punto clave abordado en entrevistas con los responsables del área ambiental, quienes describirán los procesos internos para garantizar la adhesión a regulaciones gubernamentales. Esta información se validará con documentos de certificaciones y auditorías externas que evidenciarán la implementación de estas políticas.

Por otro lado, los indicadores de uso y tratamiento de agua, que incluyen la eficiencia hídrica y la optimización del consumo de agua, serán obtenidos mediante

el análisis de registros operativos de la empresa y entrevistas con ingenieros de procesos. En estos documentos se detallarán las mejoras implementadas en la gestión del recurso hídrico, mientras que los entrevistados proporcionarán información cualitativa sobre los desafíos y avances en este ámbito.

III.7.- Resultados esperados

Con base en la operacionalización de los conceptos, se espera que la recolección de información permita identificar con precisión las capacidades tecnológicas implementadas por Herdez en el tratamiento y manejo sustentable del recurso hídrico, evaluando la eficiencia de procesos como la remoción de contaminantes, la reducción del consumo de agua y el aprovechamiento de energías limpias. Asimismo, se prevé obtener datos que reflejen el impacto de los procesos de aprendizaje organizacional, como la capacitación técnica, la transferencia de conocimiento y la colaboración con expertos, en la optimización de los sistemas tecnológicos y en la consolidación de una cultura organizacional orientada a la sustentabilidad. Estos resultados no solo ofrecerán una visión cuantitativa sobre el volumen de agua ahorrado o el porcentaje de contaminantes eliminados, sino también cualitativa, al analizar las prácticas innovadoras y las metodologías de mejora continua adoptadas. En conjunto, estos hallazgos permitirán evaluar el grado de alineación entre las estrategias tecnológicas y los objetivos de sustentabilidad, proporcionando información clave para proponer mejoras y reforzar las iniciativas hacia un desarrollo sostenible.

CAPÍTULO IV. El sector alimentario mexicano: panorama económico y tecnológico

IV.1. Introducción

Este capítulo tiene como propósito establecer un marco contextual que permita ubicar a Herdez en relación con el tratamiento de aguas residuales dentro de sus operaciones. Para ello, se inicia con una descripción general de la situación actual del sector alimentario en México. Posteriormente, se destacan los avances en ciencia y tecnología dentro de la industria, con el objetivo de comprender el papel de Herdez y su enfoque hacia las prácticas y tecnologías en el tratamiento de aguas residuales. A continuación, se presenta una visión específica de la empresa, enfatizando sus estrategias y esfuerzos en sostenibilidad y gestión del agua. Este análisis servirá como base para evaluar en detalle los procesos de aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales, tomando como caso de estudio la planta McCormick de Herdez. Finalmente, este enfoque permitirá no solo entender las prácticas de Herdez, sino también aportar una perspectiva sobre cómo las grandes empresas alimentarias en México enfrentan los retos de sustentabilidad, particularmente en el manejo integral del agua.

El capítulo IV de esta investigación ofrece un análisis integral de diversas facetas del sector alimentario en México, con énfasis en la sustentabilidad y los desafíos medioambientales. En el apartado 2, se presenta un diagnóstico del estado actual del sector alimentario, describiendo sus características predominantes, actores clave, dinámica de mercado, y las políticas y regulaciones que influyen en su estructura y funcionamiento. El apartado 3 analiza la trayectoria e impacto del cambio tecnológico en el sector, explorando cómo las innovaciones han transformado las prácticas productivas, distributivas y de gestión en las empresas mexicanas.

El apartado 4 aborda una perspectiva global, identificando las industrias más contaminantes a nivel mundial, con un análisis de prácticas, procesos y subsectores que generan problemas ambientales significativos. A continuación, el apartado 5 se centra en la contribución de la industria alimentaria a la contaminación, evaluando

los tipos de contaminantes, los procesos que los producen y sus implicaciones para los ecosistemas y la salud humana. En el apartado 6, se examina la adopción de prácticas sustentables en las empresas mexicanas, analizando estrategias, desafíos y oportunidades para implementar iniciativas más respetuosas con el medio ambiente. Finalmente, el apartado 7 se enfoca en las acciones específicas de empresas alimentarias en México frente a los retos de la sostenibilidad, destacando su gestión de recursos, reducción de contaminación y adopción de tecnologías y prácticas que buscan mitigar su impacto ambiental, contribuyendo al desarrollo sostenible del país.

Cada uno de estos apartados teje un análisis que va desde lo macro, explorando la escena global y nacional, hasta lo micro, adentrándose en las operaciones y estrategias específicas de las empresas dentro del sector alimentario mexicano, todo con el fin de proporcionar una visión holística y profundizar en la comprensión de los desafíos y oportunidades presentes en la conjunción de la industria alimentaria y la sostenibilidad.

IV.2 Análisis de la condición actual del sector alimentario mexicano

La situación del sector alimentario mexicano es un tema muy importante y complejo. México es conocido por la diversidad y abundancia de sus productos agrícolas, pero también enfrenta grandes desafíos en términos de seguridad alimentaria, acceso a los alimentos, calidad nutricional y sustentabilidad.

Primero, la seguridad alimentaria es una gran preocupación en México. Aunque el país produce muchos alimentos, los altos índices de pobreza y desigualdad dificultan que grandes segmentos de la población obtengan suficientes alimentos. Además, la falta de infraestructura y la inseguridad en algunas áreas pueden limitar la distribución de alimentos, especialmente en las zonas rurales.

En términos de calidad nutricional, México enfrenta una crisis de obesidad y desnutrición. El consumo de alimentos ultraprocesados con alto contenido de grasas, azúcar y sal se ha incrementado drásticamente en las últimas décadas.

Esto conduce a altas tasas de obesidad y enfermedades relacionadas, como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. El gobierno mexicano ha implementado varias políticas para abordar este problema, como el etiquetado

frontal de alimentos y bebidas y campañas de promoción para una alimentación saludable. (OCDE, 2019)

Otro desafío importante para la industria alimentaria mexicana es la sustentabilidad. La agricultura del país enfrenta problemas como la sobreexplotación de los recursos naturales, la deforestación y el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes. Estas prácticas tienen un impacto negativo en el medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana. Cada vez hay más conciencia de la necesidad de promover prácticas agrícolas sostenibles como la agricultura orgánica y agroecológica para conservar los recursos naturales a largo plazo. Pearce & Turner. (1990)

Sin embargo, también hay un lado positivo en la industria alimentaria mexicana. Los productos agrícolas del país van desde granos básicos como el maíz y el frijol hasta frutas, verduras y productos de origen animal. Además, México cuenta con un rico patrimonio culinario reconocido a nivel mundial, lo que impulsa el turismo gastronómico y la exportación de alimentos y bebidas mexicanas.

Cabe destacar que, el estado de la industria alimentaria mexicana presenta importantes desafíos en términos de seguridad alimentaria, calidad nutricional y sustentabilidad. Sin embargo, también existen oportunidades para promover dietas saludables, promover la producción agrícola sostenible y poner en valor la riqueza gastronómica de la nación. Abordar estos desafíos requiere la colaboración de los sectores público y privado, así como la participación activa de la sociedad civil, para encontrar soluciones innovadoras y equitativas. (OCDE,2019)

A continuación se destacan algunos datos importantes para poder comprender la situación actual de este sector en México.

1. Seguridad alimentaria:

o Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), alrededor del 20% de la población mexicana experimenta inseguridad alimentaria moderada o grave. (FAO. 2021)

o De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) de 2020, el 33.9% de los hogares en México enfrentan algún grado de carencia alimentaria.

2. Calidad nutricional:

- o México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE. 2019)

- o Según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2018, el 75.2% de los adultos mexicanos tiene sobrepeso u obesidad.

3. Sustentabilidad:

- o México es uno de los países con mayor deforestación en América Latina. Según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se pierden aproximadamente 150,000 hectáreas de bosques al año.

- o La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) informa que el 68% de los agricultores mexicanos utilizan agroquímicos en sus cultivos. (SADER. 2019)

4. Diversidad de productos agrícolas y gastronomía:

- o México es el primer productor mundial de aguacates, jitomates y limones, así como uno de los principales productores de maíz, frijol y chiles.

- o La cocina mexicana fue reconocida como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad por la UNESCO en 2010, lo que destaca la importancia y valor de la gastronomía mexicana a nivel mundial.

IV.3 Cambio tecnológico en el sector alimentario mexicano

El cambio tecnológico del sector alimentario mexicano se ha ido dando de manera acelerada en los últimos años. La adopción de tecnologías como la agricultura de precisión, la robótica, el internet de las cosas y la inteligencia artificial, entre otras, ha permitido mejorar la eficiencia y productividad en la producción agrícola y la transformación de alimentos. (Sotomayor, Ramírez & Martínez, 2020)

De acuerdo con diversos estudios, la incorporación de tecnologías en el sector alimentario mexicano ha permitido mejorar la calidad y seguridad alimentaria, reducir los costos de producción, así como aumentar la rentabilidad de los productores.

Sin embargo, también existen retos y desafíos que deben ser atendidos, como la necesidad de mejorar el acceso y adopción de tecnologías por parte de los pequeños y medianos productores, así como la necesidad de fomentar el uso sostenible de los recursos naturales.

En los últimos años, la industria alimentaria mexicana ha experimentado importantes cambios tecnológicos, impulsada por la búsqueda de una mayor eficiencia, productividad y sustentabilidad. Estos avances tecnológicos abarcan todos los ámbitos de la cadena alimentaria, desde la producción agrícola hasta la distribución y comercialización de alimentos. Algunos ejemplos de cambio tecnológico en la industria alimentaria mexicana son los siguientes: (Sotomayor, Ramírez & Martínez, 2020)

1. Agricultura de precisión: la agricultura de precisión utiliza tecnologías como sensores, sistemas de posicionamiento global (GPS) y análisis de datos para optimizar el rendimiento de los cultivos. En México se han implementado sistemas de monitoreo y control de variables como la humedad del suelo, la calidad del agua y la aplicación precisa de fertilizantes y plaguicidas. Esto permite una gestión más eficiente de los recursos y reduce el impacto ambiental.
2. Automatización y robótica: la introducción de maquinaria y robots automatizados en la agricultura ha aumentado la eficiencia de tareas como la siembra, el riego y la cosecha. En México, los invernaderos, las granjas avícolas y el procesamiento de alimentos han adoptado sistemas automatizados para agilizar los procesos y reducir la dependencia de la mano de obra.
3. Tecnologías de conservación y procesamiento: En el ámbito de la conservación y procesamiento de alimentos, se han desarrollado tecnologías como el envasado al vacío, la pasteurización y la liofilización. Estas tecnologías permiten prolongar la vida útil de los alimentos, preservar su calidad y facilitar su distribución. Además, se han implementado sistemas de trazabilidad y control de calidad para garantizar la seguridad alimentaria.
4. Comercio electrónico y plataformas digitales: El uso del comercio electrónico y las plataformas digitales ha tenido un crecimiento significativo en el sector alimentario mexicano. Cada vez más consumidores realizan compras de alimentos en línea, lo que ha llevado al surgimiento de tiendas virtuales y aplicaciones de entrega a domicilio. Esto ha facilitado el acceso a alimentos frescos y productos gourmet, además de brindar mayor conveniencia a los consumidores.

5. Inteligencia artificial y análisis de datos: La inteligencia artificial y el análisis de datos juegan un papel importante en la optimización de la cadena alimentaria. En México, se utilizan algoritmos y modelos de aprendizaje automático para predecir la demanda de alimentos, optimizar la logística de distribución y mejorar la gestión de inventarios. Además, se aplican técnicas de análisis de datos para mejorar la eficiencia en la producción agrícola y la toma de decisiones.

IV.4.- Industrias más contaminantes a nivel mundial

Hay varias industrias que se consideran como las más contaminantes en el mundo, ya que emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Algunas de estas industrias son:

- a) La industria energética: Esta industria es responsable de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, ya que produce y distribuye combustibles fósiles como el petróleo, el gas y el carbón, que son utilizados para generar electricidad y combustibles para el transporte. (IEA. 2017)
- b) La industria del transporte: El transporte es otra industria que contribuye significativamente a la contaminación del aire y a las emisiones de gases de efecto invernadero. Los vehículos que utilizan combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, emiten grandes cantidades de gases contaminantes y son responsables de una parte importante de las emisiones globales de CO₂. (IEA. 2017)
- c) La industria química: La industria química produce una amplia variedad de productos, desde plásticos y pesticidas hasta productos farmacéuticos y electrónicos. Esta industria utiliza grandes cantidades de energía y materiales, y también produce una gran cantidad de desechos tóxicos y contaminantes. (IEA. 2017)
- d) La industria de la agricultura y ganadería: La producción de alimentos también contribuye significativamente a la contaminación del aire y del agua. El uso de pesticidas y fertilizantes químicos puede contaminar el suelo y el agua, mientras que la producción de carne y lácteos genera grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero. (IEA. 2017)

e) La industria textil: La producción de ropa y textiles también es una fuente importante de contaminación, ya que utiliza grandes cantidades de agua y energía, y produce desechos tóxicos y contaminantes. (IEA. 2017)

A continuación, presento algunos datos que respaldan la afirmación sobre cuáles son las industrias más contaminantes a nivel mundial:

1. La industria energética: Según la Agencia Internacional de Energía la industria energética fue responsable del 72% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero en 2019. Además, la quema de combustibles fósiles para la producción de energía es la principal fuente de emisiones de CO₂ en el mundo. (IEA. 2017)

2. La industria del transporte: Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el transporte es responsable del 24% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Además, se espera que las emisiones del sector del transporte se dupliquen en los próximos 30 años si no se toman medidas para reducirlas.

3. La industria química: Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la industria química es responsable de alrededor del 6% de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo. Además, esta industria también produce una gran cantidad de residuos peligrosos y contaminantes que pueden ser dañinos para la salud humana y el medio ambiente.

4. La industria de la agricultura y alimentaria: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción de alimentos es responsable del 10-12% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Además, la producción de carne y lácteos genera una cantidad significativa de emisiones de metano, un gas de efecto invernadero aún más potente que el CO₂.

5. La industria textil: Según la Fundación Ellen MacArthur, la industria textil es responsable del 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Además, se estima que la industria textil utiliza alrededor de 93 mil millones de metros cúbicos de agua al año, lo que equivale a la cantidad de agua que necesitarían 5 millones de personas para vivir durante un año.

IV.5.- Contaminación de la industria alimentaria

La industria alimentaria puede tener un impacto significativo en el medio ambiente debido a una serie de factores interrelacionados. Estos factores incluyen la producción agrícola intensiva, la deforestación, el transporte de alimentos, el desperdicio alimentario y la gestión inadecuada de residuos. A continuación, se explican algunas razones por las cuales la industria alimentaria puede ser contaminante para el medio ambiente: (Sotomayor, Ramírez & Martínez ,2020)

1. Uso intensivo de recursos naturales: La producción de alimentos a gran escala requiere una gran cantidad de recursos naturales, como agua, suelo y energía. El riego agrícola, por ejemplo, puede agotar los acuíferos y provocar la sobreexplotación de los recursos hídricos. Además, la producción de alimentos a menudo implica el uso de fertilizantes y pesticidas químicos, que pueden contaminar el suelo y los cuerpos de agua.
2. Deforestación y pérdida de biodiversidad: Para abrir espacio para la agricultura y la ganadería a gran escala, se deforestan extensas áreas de bosques y selvas. La deforestación contribuye a la pérdida de biodiversidad y al cambio climático, ya que los bosques actúan como sumideros de carbono y albergan una gran variedad de especies. Además, la conversión de bosques en tierras agrícolas puede alterar los ecosistemas locales y provocar la degradación del suelo.
3. Emisiones de gases de efecto invernadero: La industria alimentaria es responsable de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. La producción de alimentos de origen animal, como la ganadería, es particularmente intensiva en emisiones de gases como el metano y el óxido nitroso. Además, el transporte de alimentos a largas distancias y la refrigeración también contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero.
4. Desperdicio alimentario: La industria alimentaria genera grandes cantidades de desperdicio alimentario en todas las etapas de la cadena, desde la producción hasta el consumo. El desperdicio de alimentos no solo implica la pérdida de recursos utilizados en su producción, sino que también genera emisiones de gases de efecto invernadero en los vertederos cuando los alimentos se descomponen.

5. Gestión inadecuada de residuos: La industria alimentaria produce una gran cantidad de residuos, como restos de alimentos, empaques y productos químicos utilizados en el procesamiento. Si estos residuos no se gestionan adecuadamente, pueden contaminar el suelo, el agua y el aire. Por ejemplo, el vertido de aguas residuales industriales sin tratar puede contaminar los cuerpos de agua cercanos. Es importante destacar que no todas las prácticas y empresas de la industria alimentaria son contaminantes. Existen enfoques sostenibles, como la agricultura orgánica, la producción local y la reducción del desperdicio alimentario, que pueden ayudar a minimizar el impacto ambiental de la industria alimentaria. La adopción de prácticas más sostenibles y la promoción de un consumo responsable son fundamentales para mitigar la contaminación ambiental asociada con la industria alimentaria.

La industria alimentaria es un sector que genera distintos tipos de contaminación, tanto a nivel ambiental como a nivel de salud pública. Por ejemplo, algunos aspectos relacionados con la contaminación en este sector se mencionan los siguientes: (Rendón y Morales. 2008)

1. Contaminación del agua: La producción de alimentos puede generar contaminación del agua debido al uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura, así como a la descarga de aguas residuales de las plantas de procesamiento de alimentos. Estos contaminantes pueden afectar la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

2. Emisiones de gases de efecto invernadero: La cadena alimentaria contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente a través de la deforestación para la expansión de cultivos y la cría de ganado. Además, los procesos industriales, el transporte y el envasado de alimentos también pueden generar emisiones significativas.

3. Generación de residuos: La industria alimentaria produce una gran cantidad de residuos, tanto sólidos como líquidos. Esto incluye desperdicio de alimentos, empaques plásticos, restos de alimentos no utilizados en la producción, entre otros. La gestión inadecuada de estos residuos puede tener impactos ambientales negativos.

4. Contaminantes químicos: Algunos productos químicos utilizados en la producción de alimentos, como aditivos, conservantes, colorantes y pesticidas, pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana si se consumen en cantidades elevadas o si no se utilizan correctamente.

La industria alimentaria tiene un impacto significativo en el medio ambiente y la salud pública, derivado de diversas fuentes de contaminación. Por un lado, la contaminación del agua se produce por el uso de fertilizantes, pesticidas y aguas residuales provenientes de las plantas de procesamiento, afectando la calidad de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, las emisiones de gases de efecto invernadero, impulsadas por la deforestación, la cría de ganado y actividades industriales, contribuyen al cambio climático. Por otro lado, la generación de residuos sólidos y líquidos, junto con la gestión inadecuada de estos, representa un desafío ambiental considerable. Finalmente, el uso de productos químicos como aditivos, conservantes y pesticidas puede tener consecuencias negativas para la salud humana si no se manejan adecuadamente. Estos puntos reflejan la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en el sector alimentario para mitigar sus impactos.

Es importante destacar que muchas empresas y organizaciones del sector alimentario están tomando medidas para reducir su impacto ambiental y promover prácticas más sostenibles. Esto incluye la adopción de sistemas de producción orgánica, el uso de energías renovables, la implementación de programas de reciclaje y la reducción del desperdicio de alimentos, entre otras iniciativas.

A continuación, se presentan datos científicos que respaldan la información previamente mencionada sobre la contaminación generada por la industria alimentaria.

1. Contaminación del agua: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agricultura es responsable de alrededor del 70% del consumo mundial de agua dulce. El uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en la agricultura puede contaminar los cuerpos de agua cercanos debido a la escorrentía agrícola. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados

Unidos (EPA), la escorrentía agrícola es la principal fuente de contaminación de los ríos y arroyos en dicho país. (FAO. 2019)

2. Emisiones de gases de efecto invernadero: Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la agricultura, incluida la producción de alimentos, contribuye aproximadamente con el 10-12% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. La cría de ganado, en particular, genera emisiones significativas de metano, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global varias veces mayor que el dióxido de carbono. (IPCC. 2014)

3. Generación de residuos: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que alrededor de un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial se desperdicia. Esto no solo implica una pérdida de recursos, sino que también contribuye a la generación de residuos. Además, los envases y embalajes utilizados en la industria alimentaria, muchos de los cuales son plásticos, también generan residuos significativos. (FAO. 2019)

4. Contaminantes químicos: La presencia de pesticidas y otros productos químicos en los alimentos es una preocupación importante. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo de alimentos contaminados con pesticidas puede tener efectos adversos en la salud humana, como problemas neurológicos y reproductivos. Además, ciertos aditivos y conservantes utilizados en la industria alimentaria también pueden plantear preocupaciones para la salud si se consumen en exceso. (OMS. 2020)

Con base en lo mencionado anteriormente, la industria alimentaria contribuye significativamente a la contaminación ambiental y plantea riesgos para la salud pública, como lo demuestran diversos estudios científicos. La agricultura consume el 70% del agua dulce mundial y contamina cuerpos de agua a través del riego que fluye por las tierras de cultivo y termina en cuerpos de agua causada por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas. Asimismo, el sector alimentario genera entre el 10-12% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, con la cría de ganado como una fuente importante de metano, un potente gas de efecto invernadero. Además, un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial se

desperdicia, lo que, junto con el uso masivo de envases plásticos, agrava la problemática de los residuos. Por último, los pesticidas, aditivos y conservantes en los alimentos representan riesgos potenciales para la salud humana, incluyendo efectos neurológicos y reproductivos. Estos datos subrayan la necesidad de implementar medidas sostenibles y regulaciones más estrictas en el sector alimentario.

Estos datos científicos subrayan la importancia de abordar los desafíos ambientales y de salud asociados con la industria alimentaria y promover prácticas más sostenibles en toda la cadena de suministro de alimentos.

IV.6.- Sustentabilidad en las empresas mexicanas

Es importante que las empresas mexicanas consideren la sustentabilidad en todas las etapas de su operación, desde la planificación hasta la producción y el fin de vida de sus productos. La sustentabilidad debe ser una parte integral de la estrategia empresarial, ya que puede tener un impacto significativo en la rentabilidad, la imagen y la reputación de la empresa, así como en el bienestar de la sociedad y el medio ambiente.

Algunos momentos clave en los que las empresas mexicanas deben considerar la sustentabilidad son: (Arredondo-Hidalgo, 2020)

1. En la planificación de la empresa y la definición de sus objetivos y estrategias a largo plazo, ya que la consideración de los impactos ambientales y sociales puede ayudar a identificar oportunidades de mejora y reducir riesgos a futuro.
2. En el diseño y desarrollo de productos y servicios, donde se deben considerar factores como la eficiencia energética, el uso de materiales y recursos sostenibles, y la reducción de residuos y emisiones.
3. En la gestión de la cadena de suministro, donde se debe evaluar el desempeño ambiental y social de los proveedores y promover prácticas responsables en toda la cadena.
4. En la gestión de residuos y emisiones, donde se deben implementar prácticas de manejo adecuadas para minimizar los impactos ambientales.

5. En la relación con los stakeholders, incluyendo clientes, empleados, comunidades y accionistas, donde se debe promover la transparencia y el diálogo abierto en torno a los impactos y estrategias de sustentabilidad de la empresa.

Asimismo, las empresas mexicanas deben integrar la sustentabilidad como un eje central en diversas etapas de su operación para garantizar un desarrollo responsable y competitivo. Durante la planificación estratégica, considerar los impactos ambientales y sociales permite identificar oportunidades y mitigar riesgos a largo plazo. En el diseño de productos y servicios, la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y la reducción de residuos son esenciales para minimizar impactos. La gestión de la cadena de suministro debe incluir la evaluación de prácticas responsables por parte de los proveedores, promoviendo un enfoque integral. Además, el manejo adecuado de residuos y emisiones es crucial para reducir efectos negativos en el medio ambiente. Finalmente, fomentar la transparencia y el diálogo con stakeholders refuerza la confianza y asegura un compromiso genuino con la sustentabilidad. Es por ello que, la sustentabilidad es importante para las empresas mexicanas en todos los momentos de su operación, desde la planificación hasta la gestión de residuos y emisiones, y debe ser considerada como una parte integral de la estrategia empresarial.

Según un estudio realizado por la consultora Deloitte en 2020, el 91% de las empresas mexicanas considera importante la sustentabilidad en su estrategia de negocio. Además, el mismo estudio indica que el 80% de las empresas encuestadas tiene objetivos de sustentabilidad y el 56% de ellas reporta avances significativos en su implementación. (Deloitte. 2020)

Por otro lado, de acuerdo con un informe de la Bolsa Mexicana de Valores, el número de empresas que reportan información sobre su desempeño en sustentabilidad ha aumentado significativamente en los últimos años. En 2017, solo el 42% de las empresas del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) reportaba información sobre sustentabilidad, mientras que en 2020 este porcentaje aumentó a 71%. (Bolsa Mexicana de Valores (BMV). 2020)

Además, el mismo informe destaca que la inversión en empresas sostenibles ha aumentado significativamente en México en los últimos años. En 2020, se registró

un aumento del 72% en los activos bajo gestión en fondos de inversión sostenibles en México, llegando a una cifra récord de 46.2 mil millones de pesos.

Los datos muestran que la sustentabilidad es cada vez más importante para las empresas mexicanas, y que muchas de ellas están implementando medidas y estrategias para mejorar su desempeño en este ámbito. Además, la inversión en empresas sostenibles está creciendo en México, lo que indica una mayor demanda y valoración de la sustentabilidad por parte de los inversionistas

IV.7.- El papel de las empresas de la industria alimentaria en la sustentabilidad en México

Las empresas de la industria alimentaria en México desempeñan un papel fundamental en la promoción de la sustentabilidad en varios aspectos clave. Aquí se presentan algunos de los roles que desempeñan: (Cruz Reyes & Simón Domínguez, 2014)

1. Producción sostenible: Las empresas de la industria alimentaria pueden adoptar prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles para minimizar el impacto ambiental de su producción. Esto implica el uso eficiente de recursos naturales como agua y suelo, la implementación de técnicas de cultivo y cría responsables, y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero. Además, pueden promover la agroecología y la agricultura orgánica, que se basan en principios de sustentabilidad y conservación del medio ambiente.
2. Cadena de suministro responsable: Las empresas pueden fomentar la sustentabilidad en su cadena de suministro, trabajando en colaboración con proveedores y agricultores locales para garantizar prácticas éticas y ambientalmente responsables. Esto implica la promoción de estándares laborales justos, la protección de los derechos de los trabajadores y la reducción del uso de pesticidas y químicos dañinos. Asimismo, pueden impulsar el comercio justo y apoyar a productores locales y comunidades rurales.
3. Innovación en productos sustentables: Las empresas de la industria alimentaria pueden desarrollar y promover productos alimentarios más sustentables, como alimentos orgánicos, vegetarianos o veganos, y opciones con menor impacto ambiental. Esto incluye la reducción del desperdicio de alimentos, el

uso de ingredientes de origen local y la promoción de dietas saludables y equilibradas. Asimismo, pueden invertir en investigación y desarrollo de tecnologías limpias y procesos de producción más eficientes.

4. Educación y conciencia: Las empresas pueden desempeñar un papel importante en la educación y concientización de los consumidores sobre la importancia de la sustentabilidad en la alimentación. Pueden proporcionar información transparente sobre el origen y los procesos de producción de sus productos, promover la etiqueta ecológica y ofrecer alternativas sustentables a los consumidores. Además, pueden participar en campañas de educación y sensibilización ambiental, fomentando prácticas alimentarias más responsables y sostenibles.

Es importante destacar que el papel de las empresas de la industria alimentaria en la sustentabilidad no solo implica la implementación de prácticas internas, sino también la colaboración con otros actores, como organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y gobiernos, para promover políticas y regulaciones que fomenten la sustentabilidad en el sector alimentario. A través de estas acciones, las empresas pueden contribuir significativamente a la protección del medio ambiente, la salud humana y el desarrollo sostenible en México.

Algunos datos generales que es importante destacar sobre la importancia de la sustentabilidad en el sector alimentario a nivel global, ya mencionados anteriormente, son los siguientes:

1. Agricultura y cambio climático: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la agricultura es responsable de aproximadamente el 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Reducir la huella ambiental de la agricultura es fundamental para abordar el cambio climático.

2. Desperdicio de alimentos: Según la FAO, se estima que alrededor de un tercio de los alimentos producidos a nivel mundial se pierden o desperdician. Esta pérdida de alimentos contribuye al agotamiento de recursos naturales y emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero.

3. Consumo de agua: La producción de alimentos requiere una cantidad significativa de agua. Según la FAO, la agricultura es responsable de aproximadamente el 70% del consumo mundial de agua dulce. La gestión eficiente del agua en la producción de alimentos es esencial para la sustentabilidad.

4. Deforestación: La expansión de la agricultura, especialmente en regiones como la Amazonía, ha llevado a la deforestación y pérdida de biodiversidad. La protección de los ecosistemas naturales y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles son cruciales para preservar el medio ambiente.

Estos datos destacan la necesidad de que las empresas de la industria alimentaria adopten prácticas sostenibles para minimizar su impacto ambiental y promover la sustentabilidad. A nivel nacional, es importante consultar informes y estudios específicos sobre la industria alimentaria en México para obtener datos estadísticos actualizados y precisos sobre su papel en la sustentabilidad.

IV.8.- Conclusión

Este capítulo nos proporcionó navegar a través de un diversificado análisis del sector alimentario mexicano, enfocándose en los distintos niveles de impacto y estrategias vinculadas a la sostenibilidad y los desafíos medioambientales. A través de una exploración que va desde el diagnóstico del sector, pasando por la influencia del cambio tecnológico, hasta llegar a la evaluación de la contaminación en la industria alimentaria y las tácticas de sustentabilidad implementadas por empresas mexicanas, este análisis proporciona una visión integral de la situación. La progresión de los apartados teje una comprensión que transita desde una perspectiva global y nacional, descubriendo los aspectos macro de la industria, hasta profundizar en las micro operaciones y estrategias de las empresas individuales en México. Este enfoque no solo amplía nuestra comprensión de los obstáculos y posibilidades existentes en la intersección de la industria alimentaria y la sostenibilidad, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones y estrategias que busquen potenciar una producción alimentaria más responsable y sustentable en el país. Así, la síntesis de este capítulo se convierte en una herramienta valiosa al establecer un panorama del sector alimentario mexicano, se enfatiza el papel vital de las innovaciones científicas y tecnológicas en la industria,

brindando así un telón de fondo para entender las operaciones y estrategias de Herdez en cuanto a sostenibilidad y manejo de agua se refiere.

CAPÍTULO V. La sustentabilidad en la industria alimentaria: innovación tecnológica y tratamiento de aguas residuales

V.1.- Introducción

En un contexto global marcado por la creciente conciencia ambiental y la necesidad de abordar los desafíos del cambio climático, la sustentabilidad se ha erigido como un pilar fundamental en diversas esferas de la sociedad, incluida la industria alimentaria. En este contexto, la industria alimentaria no solo busca proporcionar productos nutritivos, sino que también se enfrenta a la tarea apremiante de adoptar prácticas y enfoques más responsables con el entorno en el que opera. La industria alimentaria mexicana, en particular, se alza como un ejemplo crucial en esta búsqueda de la sustentabilidad, donde sus decisiones y acciones pueden tener un impacto significativo tanto a nivel local como global.

Dentro de este marco, uno de los aspectos esenciales que requiere atención es el tratamiento de aguas residuales, un componente vital para garantizar la sostenibilidad en la producción de alimentos. Asimismo, como en el capítulo anterior se mencionó, la industria alimentaria es una de las más contaminantes debido a su intensivo uso de recursos naturales como agua y tierra, y por generar deforestación. Emite gases de efecto invernadero a través de diversas etapas como la producción agropecuaria y el transporte de productos. La utilización de pesticidas y fertilizantes contamina suelos y cuerpos de agua, mientras que el desperdicio de alimentos contribuye a la generación de metano en vertederos. A su vez, la producción y uso de embalajes, especialmente plásticos, generan una significativa contaminación en diversos ecosistemas. También, la industria es responsable de emisiones provenientes del transporte y de consumir grandes cantidades de energía, frecuentemente de fuentes no renovables. Esta industria incide de múltiples maneras sobre el ambiente, subrayando la necesidad de sostenibilidad en sus prácticas. (FAO, 2018)

En el recuadro siguiente se muestra los puntos más importantes por lo cual se considera a la industria alimentaria como una de las más contaminantes:

Cuadro 5.- Principales factores de contaminación en la industria alimentaria en México

Categoría	Detalles
Emisión de gases de efecto invernadero	-Producción de carne: - Producción de Carne: Responsable del 14.5% de todas las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, según la FAO. - Producción de Alimentos: Contribuye aproximadamente el 26% de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Uso de agua	-La agricultura consume cerca del 70% del agua dulce disponible en el mundo. -Se necesitan más de 15,000 litros para producir un kilogramo de carne de res.
Deforestación	-La expansión de la agricultura ha resultado en la pérdida de 2.3 millones de kilómetros cuadrados de bosques entre 2000 y 2012.
Contaminación del agua y del suelo	-El uso intensivo de fertilizantes y pesticidas ha contaminado el agua y el suelo -El manejo inadecuado de desechos animales también contamina cuerpos de agua.

Fuente: elaboración propia a partir de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FOA, 2019)

El manejo adecuado de aguas residuales no solo contribuye a la preservación del medio ambiente y la salud pública, sino que también refleja el compromiso de la industria con prácticas responsables en pro del cuidado del ambiente.

En este contexto, la capacidad tecnológica emerge como un recurso invaluable. Como se mencionó en el capítulo 2 de esta investigación, la innovación tecnológica no solo impulsa mejoras y adaptaciones en los procesos de producción, sino que también desempeña un papel esencial en la evolución de prácticas sustentables. La industria alimentaria se enfrenta al desafío de encontrar soluciones innovadoras y

eficientes que permitan el tratamiento efectivo de aguas residuales, minimizando su impacto ambiental.

En este capítulo, se aborda de manera integral la travesía de la industria alimentaria hacia la sustentabilidad, con un foco particular en el inicio de estas prácticas en el ámbito específico. La sección 2, "El inicio de la sustentabilidad", explora las características esenciales de las propiedades sustentables dentro de la industria alimentaria y, adicionalmente, reflexiona sobre el rol significativo que la industria alimentaria mexicana juega en el panorama de la sustentabilidad, abordando tanto sus contribuciones como sus desafíos. Posteriormente, en la sección 3, "Tratamiento de aguas residuales dentro de la sustentabilidad", se adentra en un análisis de la capacidad tecnológica existente y necesaria para el tratamiento de aguas residuales en un marco sustentable, reflexionando sobre la intrínseca relación entre el uso, tratamiento, y reúso del agua y los principios de sustentabilidad. En la cuarta sección, el capítulo se enfoca en "Innovación tecnológica de mejora (adaptación)", evaluando las prácticas actuales y potenciales innovaciones que pueden ser adaptadas para mejorar la eficacia y eficiencia del tratamiento de aguas en la industria. Finalmente, en la quinta sección, se realiza un análisis sobre los "Procesos" involucrados en el tratamiento de aguas residuales, desglosando las etapas, tecnologías y metodologías que se implementan para asegurar que el agua es tratada de manera efectiva y responsable, siempre alineado con principios de sustentabilidad. La narrativa a lo largo de este capítulo busca ofrecer una perspectiva holística y fundamentada acerca de cómo la sustentabilidad y el tratamiento de aguas residuales se interrelacionan y coexisten dentro de la industria alimentaria mexicana.

V.2.- El inicio de la sustentabilidad

La noción de sustentabilidad en las empresas de la industria alimentaria se ha desarrollado a lo largo de varias décadas en respuesta a preocupaciones ambientales, sociales y económicas. A medida que aumentaba la conciencia sobre los impactos negativos de las prácticas comerciales convencionales en el medio ambiente y las comunidades, surgieron esfuerzos para adoptar enfoques más responsables.

En la década de 1970, se comenzaron a plantear inquietudes sobre el agotamiento de recursos naturales, la degradación del suelo, la contaminación y otros problemas relacionados con la producción y el consumo de alimentos. Esto llevó a una mayor atención a la agricultura sostenible y prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

A medida que avanzaba el tiempo, las preocupaciones también se centraron en la seguridad alimentaria, la salud de los consumidores, la equidad en la cadena de suministro y las condiciones laborales. Todo esto contribuyó a la idea de que las empresas de la industria alimentaria deberían considerar no solo la rentabilidad económica, sino también los impactos sociales y ambientales de sus operaciones. A finales del siglo XX y principios del XXI, la sustentabilidad se convirtió en un tema central en la agenda empresarial debido a la presión de los consumidores, la regulación gubernamental y la creciente conciencia pública. Las empresas comenzaron a adoptar prácticas más responsables, como la reducción del desperdicio de alimentos, la gestión eficiente del agua, la adopción de prácticas agrícolas orgánicas, la promoción de comercio justo y la mejora de las condiciones laborales. (Wallace-Wells, 2019)

Hoy en día, la sustentabilidad es un componente esencial de la estrategia empresarial en la industria alimentaria. Las empresas buscan minimizar su impacto ambiental, contribuir positivamente a las comunidades locales y asegurarse de que sus operaciones sean económicamente viables a largo plazo. La adopción de enfoques sostenibles no solo es una respuesta a las demandas del mercado, sino también una manera de abordar los desafíos globales relacionados con la alimentación, el medio ambiente y la sociedad.

V.2.1.- Propiedades sustentables de la industria alimentaria

La sustentabilidad en la industria alimentaria se refiere a la capacidad de mantener un equilibrio entre la producción y el consumo de alimentos, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente, promoviendo la equidad social y asegurando la viabilidad económica a largo plazo. Las principales propiedades de la sustentabilidad en esta industria son: (Costanza y Ida Kubiszewski, 2014)

1. Eficiencia en el uso de recursos: Las prácticas sustentables buscan utilizar de manera eficiente los recursos naturales, como agua, suelo, energía y materias primas. Esto implica reducir el desperdicio y la sobreexplotación de recursos para garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras.
2. Reducción de desperdicio: La industria alimentaria genera una cantidad significativa de desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo. La sustentabilidad busca minimizar este desperdicio a través de la implementación de mejores prácticas de manejo, almacenamiento y distribución, así como la promoción de sistemas de recuperación y redistribución de alimentos.
3. Producción y consumo responsables: La producción de alimentos debe llevarse a cabo de manera que respete los ciclos naturales y evite la sobreexplotación de recursos. Al mismo tiempo, los consumidores juegan un papel importante al tomar decisiones responsables en sus patrones de consumo, incluyendo la elección de alimentos nutritivos y producidos de manera sostenible.
4. Biodiversidad y conservación: La sustentabilidad en la industria alimentaria promueve la conservación de la biodiversidad y la protección de los ecosistemas. Esto implica evitar la degradación del suelo, la deforestación y el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos que pueden dañar la salud de los ecosistemas.
5. Comercio justo y equidad social: La sustentabilidad también se preocupa por las condiciones laborales justas y seguras en la cadena de suministro alimentario. Promueve la equidad en los salarios y el trato de los trabajadores agrícolas y de la industria alimentaria en general, y aboga por prácticas comerciales que benefician a las comunidades locales.
6. Innovación y tecnología: La industria alimentaria busca constantemente nuevas formas de mejorar la producción y distribución de alimentos de manera más eficiente y sostenible. Esto incluye la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas, como la agricultura de precisión y la producción de alimentos alternativos, como proteínas vegetales y carne cultivada en laboratorio.
7. Transparencia y trazabilidad: Las empresas sustentables en la industria alimentaria son transparentes en cuanto a sus prácticas y procesos de producción.

La trazabilidad es importante para que los consumidores puedan conocer el origen y el impacto ambiental y social de los alimentos que consumen.

La sustentabilidad en la industria alimentaria se fundamenta en prácticas que buscan un equilibrio entre el aprovechamiento responsable de los recursos y el bienestar social y ambiental. La eficiencia en el uso de recursos naturales y la reducción del desperdicio son pilares esenciales para garantizar la disponibilidad futura y minimizar los impactos negativos. Además, la producción y el consumo responsables promueven patrones que respetan los ciclos naturales y apoyan elecciones conscientes por parte de los consumidores. La conservación de la biodiversidad y los ecosistemas es crucial, junto con el impulso de condiciones laborales justas y equitativas para todos los actores en la cadena de suministro. Asimismo, la innovación tecnológica ofrece soluciones sostenibles para mejorar la producción y distribución de alimentos. Finalmente, la transparencia y trazabilidad en los procesos aseguran que los consumidores puedan tomar decisiones informadas, fortaleciendo la confianza en una industria que prioriza la sostenibilidad y la equidad.

Cabe mencionar que, la sustentabilidad en la industria alimentaria implica un enfoque integral que considera el equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía. Busca garantizar que la producción y el consumo de alimentos sean compatibles con la salud del planeta y las generaciones futuras.

V.2.2.- El papel de la industria alimentaria mexicana en la sustentabilidad

La industria alimentaria mexicana ha mostrado un creciente interés y acción en materia de sustentabilidad, adaptándose progresivamente a las demandas ambientales y sociales. En este contexto, FAO (2019) destacan algunos puntos clave que reflejan el panorama general de la sustentabilidad en este sector en México:

1. Producción agrícola sostenible: En México, ha habido un aumento en la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y la agroecología. Los agricultores están buscando reducir el uso de pesticidas y

fertilizantes químicos, así como implementar técnicas de conservación del suelo y el agua.

2. Biodiversidad y conservación: México es conocido por su rica biodiversidad agrícola, con cultivos nativos como el maíz y el chile. Ha habido esfuerzos para preservar y promover esta diversidad genética, tanto a nivel gubernamental como a través de organizaciones y movimientos de agricultores locales.

3. Cadenas de suministro responsables: Las empresas están trabajando para mejorar la trazabilidad de los alimentos a lo largo de la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo. Esto ayuda a garantizar la calidad de los alimentos y permite a los consumidores tomar decisiones informadas.

4. Desarrollo de alimentos sustentables: Existe un interés creciente en la producción y consumo de alimentos alternativos y más sostenibles, como proteínas vegetales y alternativas a los lácteos. Esto está en línea con las preocupaciones ambientales y de salud, así como con la demanda de consumidores conscientes.

5. Reducción del desperdicio de alimentos: México enfrenta desafíos en términos de desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro. Sin embargo, hay iniciativas gubernamentales y privadas para abordar este problema, incluida la promoción de donaciones de alimentos y la mejora en la gestión de inventarios.

6. Conciencia del consumidor: Los consumidores mexicanos están mostrando un interés creciente en alimentos saludables, locales y producidos de manera sostenible. Esto está influyendo en la forma en que las empresas abordan la producción y el etiquetado de sus productos.

7. Desafíos pendientes: A pesar de los avances, la industria alimentaria mexicana aún enfrenta desafíos en áreas como el acceso a tecnologías sostenibles para pequeños agricultores, la gestión del agua en zonas de escasez y la mejora de las condiciones laborales en la cadena de suministro.

Como se puede mostrar con base en los puntos antes mencionados, la industria alimentaria mexicana está avanzando hacia un modelo más sostenible, adoptando prácticas agrícolas responsables, promoviendo la conservación de su rica biodiversidad, y fortaleciendo las cadenas de suministro con mayor trazabilidad.

Además, se observa un interés creciente en el desarrollo de alimentos alternativos y sostenibles, junto con esfuerzos para reducir el desperdicio de alimentos a través de iniciativas gubernamentales y privadas. Los consumidores, cada vez más conscientes, están demandando productos saludables y sostenibles, lo que impulsa cambios en las prácticas empresariales. Sin embargo, persisten desafíos significativos, como la necesidad de acceso a tecnologías sostenibles para pequeños agricultores, la gestión del agua en regiones con escasez, y la mejora de las condiciones laborales. Estos avances y retos reflejan un sector en transformación que busca equilibrar sus responsabilidades ambientales, sociales y económicas.

V.3.- Tratamiento de aguas residuales dentro de la sustentabilidad

La sustentabilidad de la industria alimentaria mexicana y el tratamiento de aguas residuales desenvuelven un papel crucial para garantizar la conservación de los recursos hídricos y la reducción de impactos ambientales negativos. La producción de alimentos requiere una cantidad significativa de agua en varias etapas de la cadena de suministro, desde la irrigación de cultivos hasta los procesos de lavado y limpieza en la producción de alimentos procesados. Esta demanda de agua, combinada con la generación de aguas residuales contaminadas, presenta desafíos significativos para la sostenibilidad.

La industria alimentaria mexicana, consciente de estos desafíos, está adoptando medidas para tratar adecuadamente las aguas residuales generadas durante sus procesos. FAO (2019) destaca algunos puntos clave en esta dirección:

1. Reducción de la contaminación: La adecuada gestión de aguas residuales implica la eliminación de contaminantes antes de que entren en los cuerpos de agua. Los procesos de tratamiento de aguas residuales permiten eliminar contaminantes orgánicos, nutrientes y productos químicos, reduciendo así la contaminación del agua y minimizando los efectos adversos en los ecosistemas acuáticos.
2. Conservación del agua: Al tratar y reciclar las aguas residuales, la industria alimentaria puede reducir su demanda de agua fresca, lo que a su vez disminuye la

presión sobre los recursos hídricos locales. Esto es especialmente importante en áreas con estrés hídrico o donde la disponibilidad de agua es limitada.

3. Cumplimiento normativo: La regulación ambiental exige que las empresas traten sus aguas residuales para cumplir con los estándares de calidad establecidos antes de liberarlas al medio ambiente. El tratamiento adecuado no solo evita multas y sanciones, sino que también contribuye a la responsabilidad social y al respeto por el entorno local.

4. Imagen y reputación: La adopción de prácticas responsables en el tratamiento de aguas residuales mejora la reputación de las empresas en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Esto puede atraer a consumidores y socios comerciales que valoran la preocupación por el medio ambiente.

5. Economía circular: El tratamiento de aguas residuales puede ser parte de una estrategia más amplia de economía circular, donde los subproductos del proceso de tratamiento (como el lodo) se pueden reutilizar o convertir en recursos útiles, como fertilizantes.

Cabe mencionar que, la industria alimentaria mexicana está tomando medidas para abordar los desafíos relacionados con el manejo de aguas residuales, logrando avances importantes en sostenibilidad. El tratamiento adecuado de estas aguas contribuye a la reducción de la contaminación al eliminar contaminantes antes de que afecten los ecosistemas acuáticos. Además, reciclar y tratar el agua permite conservar recursos hídricos, reduciendo la presión sobre fuentes de agua fresca, especialmente en regiones con estrés hídrico. Estas prácticas no solo aseguran el cumplimiento normativo y evitan sanciones, sino que también fortalecen la imagen y reputación de las empresas, atrayendo consumidores y socios que valoran la sostenibilidad. Por último, el enfoque en una economía circular permite convertir subproductos, como el lodo, en recursos útiles, promoviendo una gestión más eficiente y responsable del agua dentro del sector. Asimismo, la relación que existe entre la sustentabilidad de la industria alimentaria mexicana y el tratamiento de aguas residuales es esencial para minimizar el impacto ambiental de la producción de alimentos y garantizar la disponibilidad sostenible de recursos hídricos para las generaciones futuras.

V.3.1.- Capacidad tecnológica

El tratamiento de aguas residuales implica el uso de diversas tecnologías para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua antes de ser liberada al medio ambiente. Estas tecnologías varían en función del tipo y nivel de contaminación presente en las aguas residuales.

Como se menciona en el capítulo 2, la tecnología desempeña un papel crucial en la sustentabilidad, ya que, a través de innovaciones existentes o nuevas, permite que la producción se realice con un enfoque en el cuidado de los recursos naturales. La implementación de tecnología no solo transforma los procesos productivos en términos de sustentabilidad, sino que también resulta fundamental en áreas específicas como el tratamiento de aguas residuales, donde su aplicación optimiza la eficiencia y minimiza el impacto ambiental. El tratamiento de aguas residuales debido a su capacidad para mejorar la eficiencia, la efectividad y la sostenibilidad de este proceso esencial para la preservación del medio ambiente y la salud pública. Asimismo es importante detallar las razones por las cuales la tecnología es de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales: (Hlavinek, Winkler, Marsorlek, Mahrikova, 2010)

1. Eficiencia en la eliminación de contaminantes: Las tecnologías modernas permiten la eliminación más efectiva de una amplia gama de contaminantes, incluidos sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes, metales pesados y microorganismos patógenos. Esto es esencial para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos antes de ser devuelta al medio ambiente.
2. Cumplimiento regulatorio: La tecnología de tratamiento de aguas residuales permite a las plantas cumplir con las regulaciones y normativas ambientales establecidas por las autoridades gubernamentales. El uso de tecnologías adecuadas asegura que los efluentes cumplan con los límites permitidos para la descarga, evitando sanciones y contribuyendo a la protección del entorno.
3. Conservación de recursos hídricos: Al tratar las aguas residuales de manera efectiva, se recicla y reutiliza el agua para diversos fines, como riego agrícola o

procesos industriales. Esto reduce la demanda de agua fresca, conservando un recurso escaso y valioso.

4. Reducción de impacto ambiental: Las tecnologías de tratamiento de aguas residuales ayudan a reducir la carga de contaminantes que se liberan en ríos, lagos y océanos. Esto previene la degradación del agua y del ecosistema acuático, protegiendo la biodiversidad y los hábitats.

5. Promoción de la salud pública: La eliminación eficiente de microorganismos patógenos y contaminantes químicos en las aguas residuales tratadas es fundamental para evitar la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y proteger la salud de la población.

6. Optimización de recursos y costos: La tecnología de tratamiento de aguas residuales puede mejorar la eficiencia en el uso de energía y productos químicos, reduciendo los costos operativos a largo plazo y contribuyendo a la sostenibilidad económica de las plantas de tratamiento.

7. Innovación y mejora continua: La constante evolución de la tecnología permite la adopción de enfoques más avanzados y eficientes en el tratamiento de aguas residuales. Esto estimula la innovación en el desarrollo de sistemas más eficaces y amigables con el medio ambiente.

Con base en los puntos anteriores, cabe mencionar que, la tecnología desempeña un papel fundamental en el tratamiento de aguas residuales, ya que permite alcanzar altos niveles de eficiencia en la eliminación de contaminantes y asegura el cumplimiento de las regulaciones ambientales. Su uso promueve la conservación de los recursos hídricos mediante el reciclaje y reutilización del agua, al tiempo que reduce significativamente el impacto ambiental y protege los ecosistemas acuáticos. Además, contribuye a la salud pública al eliminar microorganismos patógenos y sustancias químicas nocivas, previniendo enfermedades relacionadas con el agua. La optimización de recursos y costos operativos, junto con el impulso constante de la innovación tecnológica, refuerzan la sostenibilidad económica y ambiental de estas prácticas, posicionándolas como un pilar esencial en la gestión integral del agua.

V.4.- Innovación tecnológica de mejora (adaptación)

La innovación tecnológica de mejora se refiere a la aplicación y adopción de avances tecnológicos con el propósito de optimizar productos, procesos o servicios existentes. En lugar de crear algo completamente nuevo, como en la innovación disruptiva, la innovación tecnológica de mejora busca perfeccionar y evolucionar lo que ya está en uso. Esta forma de innovación se enfoca en hacer ajustes y modificaciones incrementales utilizando tecnologías nuevas o actualizadas para lograr mejoras en eficiencia, calidad, rendimiento, costos u otros aspectos relevantes.

2. Investigación y selección de tecnologías:

- Se investigan tecnologías emergentes que puedan abordar los desafíos identificados.
- Se evalúa la viabilidad técnica y económica de estas tecnologías en el contexto de la mejora deseada.

3. Diseño de soluciones:

- Se desarrollan planes detallados para implementar las tecnologías seleccionadas y se adaptan a las necesidades específicas.
- Se puede requerir el diseño de nuevos componentes, la integración de sistemas o la modificación de procesos.

4. Desarrollo e implementación:

- Se lleva a cabo el desarrollo de las soluciones tecnológicas, que puede incluir la programación de software, la creación de hardware personalizado u otros aspectos técnicos.
- Se realizan pruebas internas para asegurarse de que las soluciones funcionen correctamente.

5. Pruebas piloto y ajustes:

- Antes de la implementación a gran escala, se realizan pruebas piloto en entornos controlados.
- Se recopilan datos y se observa cómo funcionan las soluciones en situaciones reales.
- Se realizan ajustes basados en los resultados de las pruebas.

6. Capacitación y adopción:

- Se capacita a los empleados y usuarios sobre cómo utilizar las nuevas tecnologías.
- Se facilita la adopción exitosa de las soluciones mediante la educación y la resolución de dudas.

7. Evaluación y medición del impacto:

- Se evalúa cómo las nuevas tecnologías han afectado positivamente el producto, proceso o servicio.
- Se comparan los resultados antes y después de la implementación para cuantificar las mejoras.

8. Iteración y mejora continua:

- A medida que se recopilan más datos y se obtienen retroalimentaciones, se realizan ajustes adicionales para optimizar aún más las soluciones.
- La innovación tecnológica de mejora es un ciclo continuo de ajuste y refinamiento.

La innovación tecnológica de mejora se trata de aprovechar avances tecnológicos para hacer mejoras significativas en productos, procesos o servicios existentes, con el objetivo de aumentar la eficiencia, la calidad y la satisfacción del cliente.

V.5.- Tratamiento de aguas residuales (procesos)

El proceso de tratamiento de aguas residuales consta de varias etapas diseñadas para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua antes de su liberación al medio ambiente. A continuación, se presenta una descripción detallada de las etapas comunes en este proceso: (INCYTU, 2019)

1. Pretratamiento:

- a. Rejas y tamices: Retienen objetos grandes y sólidos gruesos que podrían obstruir equipos y procesos posteriores.
- b. Desarenadores y desengrasadores: Eliminan arena y grasas flotantes para evitar daños en las instalaciones y reducir la carga orgánica.

2. Tratamiento Primario:

- a. Sedimentación Primaria: El agua residual fluye lentamente en un tanque donde los sólidos suspendidos sedimentan en el fondo, formando lodos primarios.

3. Tratamiento Biológico (Tratamiento secundario):
 - a. Lodos Activados: El agua residual se mezcla con lodos activados (microorganismos) en un tanque de aireación, donde los microorganismos descomponen la materia orgánica.
 - b. Decantación Secundaria: Los flóculos biológicos formados en el tanque de aireación se sedimentan en otro tanque, formando lodos secundarios.
4. Tratamiento Terciario:
 - a. Filtración de Arena: El agua pasa a través de un lecho de arena para eliminar partículas y restos de sólidos suspendidos.
 - b. Procesos Avanzados: Incluyen tecnologías como filtración membranosa, adsorción y oxidación avanzada para eliminar compuestos más finos y persistentes.
 - c. Desinfección:
 - i. Cloración: Se agrega cloro o derivados para eliminar microorganismos patógenos.
 - ii. Desinfección UV: La radiación ultravioleta se usa para inactivar microorganismos sin usar productos químicos.
 - d. Tratamiento de Lodos:
 - i. Digestión Anaeróbica: Los lodos se descomponen en un entorno sin oxígeno, generando biogás y reduciendo el volumen de lodos.
 - ii. Deshidratación: Se reduce el contenido de agua de los lodos mediante procesos mecánicos o químicos.
 - e. Disposición Final:
 - i. Descarga: El agua tratada, ahora con niveles aceptables de contaminantes, se libera en cuerpos de agua superficiales o subterráneos, siguiendo las regulaciones.
 - ii. Reutilización: En algunos casos, el agua tratada se puede reutilizar para riego, procesos industriales o incluso como fuente de agua potable no potabilizada. Es importante destacar que la configuración y la combinación de estas etapas pueden variar según las características del agua residual, la escala de la planta de tratamiento y los requisitos de calidad del agua deseada. Cada etapa cumple un

papel específico en la eliminación de contaminantes y en la obtención de un efluente tratado de alta calidad y seguro para el medio ambiente y la salud pública.

El tratamiento de aguas residuales implica el uso de diversas tecnologías para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua antes de ser liberada al medio ambiente. Estas tecnologías varían en función del tipo y nivel de contaminación presente en las aguas residuales. Algunas de las tecnologías más comunes utilizadas en el tratamiento de aguas residuales incluyen: (Ahmad, Al-Sa'ed, Van Der Steen, 2022)

1. Tratamiento Físico:

- Rejas y tamices: Eliminan sólidos grandes y materiales flotantes del agua residual.
- Desarenadores y desengrasadores: Remueven arenas y grasas que podrían obstruir los procesos posteriores.

2. Tratamiento Biológico:

- Lodos Activados: Utiliza microorganismos para descomponer materia orgánica y nutrientes en las aguas residuales.
- Lechos bacterianos y filtros percoladores: Proporcionan un medio para el crecimiento de microorganismos que descomponen los contaminantes.
- Reactores anaerobios: Descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, generando biogás como subproducto.

3. Tratamiento Químico:

- Coagulación y floculación: Agregan productos químicos para formar partículas más grandes que pueden ser más fácilmente removidas.
- Precipitación química: Se utilizan productos químicos para precipitar contaminantes en forma de sólidos, facilitando su eliminación.

4. Tratamiento Avanzado:

- Filtración membranosa: Utiliza membranas para separar partículas y contaminantes más pequeños del agua.
- Ozono y UV: Desinfectan y eliminan contaminantes orgánicos persistentes a través de la oxidación.

- Adsorción: Utiliza materiales adsorbentes para atrapar compuestos orgánicos y metales pesados.

5. Desinfección:

- Cloración: Se añade cloro para eliminar microorganismos patógenos, aunque puede generar subproductos químicos no deseados.
- Desinfección UV: La radiación ultravioleta se utiliza para inactivar microorganismos patógenos.

6. Tratamiento de lodos:

- Digestión anaeróbica: Descompone los lodos generados en el proceso de tratamiento en ausencia de oxígeno, produciendo biogás y reduciendo el volumen de lodos.
- Deshidratación: Elimina el exceso de agua de los lodos para reducir su volumen y facilitar su manejo y disposición.

Es importante destacar que el tratamiento de aguas residuales suele requerir una combinación de estas tecnologías en diferentes etapas para lograr una eliminación efectiva de los contaminantes. Las elecciones de tecnología dependen de factores como el tipo de contaminantes, el caudal de agua residual y las regulaciones ambientales locales.

V.6.- Conclusión

Este capítulo ha logrado una comprensiva exploración a través del prisma de la sustentabilidad en la industria alimentaria, con un enfoque especial en el tratamiento de aguas residuales. La discusión ha cruzado desde el inicio y papel de la industria alimentaria en la sustentabilidad, delineando las propiedades sustentables cruciales y el rol estratégico que la industria mexicana desempeña en este contexto, hasta una profunda inmersión en las capacidades tecnológicas y procesos comprometidos con el tratamiento de aguas residuales. Además, se ha proporcionado un espacio para reflexionar sobre las posibilidades de innovación y adaptación tecnológica, que no solo mejoran las operaciones actuales, sino que también apuntan hacia futuras estrategias sustentables. Así, cumpliendo con lo esperado, este capítulo ha tejido una narrativa que entrelaza el papel, los desafíos y las oportunidades de la industria alimentaria en la agenda sustentable, ofreciendo *insights* y reflexiones valiosas

sobre cómo la gestión del agua, desde su uso hasta su tratamiento y reutilización, puede ser orquestada de una manera que armoniza con los principios de sustentabilidad y la responsabilidad medioambiental.

CAPÍTULO VI. Estudio de caso: análisis del aprendizaje y las capacidades tecnológicas de la empresa Herdez en el tratamiento de aguas residuales.

VI. 1.- Introducción

Este capítulo tiene como propósito mostrar cómo la empresa Herdez está tomando medidas para ser más sustentable, es decir, para asegurarse de que sus actividades sean amigables con el medio ambiente y se puedan mantener a largo plazo. La sustentabilidad en Herdez se centra en mejorar la manera en que tratan sus aguas residuales, que son las aguas que han sido utilizadas en sus procesos y que necesitan ser limpiadas antes de ser liberadas nuevamente al ambiente. Inicialmente, daremos una pequeña vuelta por cómo empezó esta iniciativa y cuáles son sus características principales. El análisis se basa en entrevistas semiestructuradas aplicadas en el año 2022, las cuales se complementan con información secundaria proveniente de informes técnicos de la empresa, etc.

Asimismo, se mencionarán los métodos que la empresa ha puesto en marcha para hacer que su tratamiento de aguas residuales sea más eficiente, atendiendo a las nuevas reglas o regulaciones implementadas y cómo estas prácticas y procesos han ido cambiando y mejorando con el tiempo, y cómo la estructura de la empresa ha evolucionado para apoyar la sustentabilidad.

El capítulo se integra de la siguiente manera: en el segundo apartado, "Navegando por el Inicio y Desarrollo de la Sustentabilidad en Herdez", se explorará inicialmente la trayectoria histórica del tratamiento de aguas residuales en México, estableciendo un contexto para comprender los desafíos y logros particulares de Herdez en este ámbito. Además, se ahondará en las prácticas específicas y prácticas de la gestión de aguas residuales, destacando el enfoque agroindustrial en el uso del agua.

El tercer apartado, "Estado Actual de las Aguas Residuales en México", abordará una panorámica del actual panorama de las aguas residuales en el país y explorará en profundidad los antecedentes específicos de Herdez en cuanto al tratamiento de estas aguas, proporcionando una mirada crítica hacia las prácticas de la empresa en un contexto más amplio.

El cuarto apartado, "Ámbito económico", se aborda la valoración del recurso hídrico, la responsabilidad corporativa en su extracción y uso, así como el cambio de paradigma respecto a la descarga hídrica, desde una perspectiva financiera y de responsabilidad social corporativa.

El quinto apartado, enmarcado en el "Ámbito tecnológico", será un análisis exhaustivo de las técnicas y estrategias tecnológicas implementadas por Herdez, explorando desde la eficiencia en los procesos de limpieza y la relevancia de la limpieza en seco, hasta la optimización del tratamiento y las prácticas de reutilización del agua, sin olvidar la incorporación constante de nuevas tecnologías en su operación.

En el sexto apartado, "Ámbito institucional", la discusión se centrará en el cumplimiento normativo de Herdez en todos los aspectos de su operación, enfatizando las regulaciones y legislaciones relativas al manejo del agua y la sustentabilidad.

Por último, el séptimo apartado, "Ámbito organizacional", ofrecerá una visión multifacética del enfoque de Herdez hacia la administración y optimización de recursos y procesos de tratamiento de aguas residuales. Este abarcará desde la priorización estratégica y la medición del desempeño operacional, pasando por el análisis financiero y la planificación a largo plazo, hasta una exploración exhaustiva del proceso de aprendizaje y evolución continuo dentro de la empresa, destacando las lecciones aprendidas y cómo estas informan estrategias y operaciones futuras. Este apartado, en particular, servirá para explorar y entender cómo Herdez ha navegado y seguirá navegando por los mares, a veces turbulentos, de la gestión sostenible del agua en el sector agroindustrial.

VI.2.- Contexto histórico del tratamiento de aguas residuales de Herdez en México

En los años 1970 y 1980, la empresa centró sus esfuerzos en filantropía y responsabilidad social, creando la Fundación Herdez. En los años 90, surgió un área de sustentabilidad ambiental enfocada en la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo. En 2012-2013, la creación del Departamento de

Sustentabilidad Corporativa señaló un cambio hacia una posición más proactiva en la sostenibilidad, alineándose con iniciativas globales que se venían perfilando, como el Pacto Mundial de las Naciones Unidas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). A través de las décadas, Herdez ha pasado de un enfoque reactivo y centrado en la filantropía a desarrollar un compromiso proactivo y estratégico con la sostenibilidad, incorporando metodologías rigurosas de evaluación y reporte, alineándose con iniciativas globales, y formulando estrategias que integran diversas áreas de la empresa hacia metas específicas para los próximos años.

El compromiso de Herdez con la sustentabilidad comenzó con un enfoque en la gestión del agua, un recurso fundamental para sus operaciones en la industria alimentaria. Desde 1991, la empresa se vio impulsada inicialmente por los costos económicos derivados de las tarifas por la descarga de aguas residuales en la Ciudad de México, los cuales estaban directamente relacionados con las regulaciones gubernamentales vigentes. Estas normativas fueron implementadas para proteger y preservar los recursos hídricos, estableciendo límites en los contaminantes permitidos y obligando a las industrias, incluidas empresas como Herdez, a tratar sus aguas residuales antes de descargarlas en el sistema de alcantarillado o en cuerpos de agua naturales. El objetivo de estas medidas era minimizar los daños a los ecosistemas y a las comunidades que dependen de ellos. Como resultado, las empresas debieron invertir en sistemas de tratamiento de agua y cumplir con los estándares legales para evitar sanciones, al tiempo que contribuían al cuidado del medio ambiente. Este marco regulatorio actuó como un catalizador que motivó a Herdez a adoptar prácticas más sustentables, empezando por la gestión del agua y evolucionando hacia una estrategia de sustentabilidad más integral y corporativa.

A mediados de 1999, la empresa Herdez no priorizaba la gestión del agua en sus operaciones, sin reconocer el consumo de agua y energía como factores clave en su rendimiento. Sin embargo, esta perspectiva cambió notablemente después de esa fecha, cuando Herdez comenzó a adoptar prácticas más sustentables y responsables en la gestión del agua. Este cambio fue impulsado en parte por la

implementación de nuevas regulaciones gubernamentales en México, orientadas a la gestión y cuidado de los recursos hídricos.

En este contexto, Herdez comenzó a desarrollar capacidades tecnológicas que le permitieron no solo cumplir con las regulaciones, sino también superar los estándares establecidos. Estas capacidades se manifestaron en la implementación de plantas de tratamiento diseñadas específicamente para gestionar las características particulares de sus aguas residuales y en el uso de tecnologías de monitoreo en tiempo real para optimizar sus procesos. Este aprendizaje continuo y adaptativo marcó un cambio significativo, al transformar su enfoque de cumplimiento pasivo en una estrategia proactiva que integra la sostenibilidad como un pilar esencial.

En México, la regulación del cuidado del recurso hídrico y la descarga de aguas residuales, especialmente en la industria alimentaria, se rige por varias normativas y estándares establecidos por diferentes instituciones y dependencias gubernamentales (Comisión Nacional del Agua (Conagua), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)). Estas normativas están diseñadas para limitar la contaminación y promover un tratamiento adecuado del agua antes de su disposición en cuerpos receptores o sistemas de alcantarillado, las normas principales son las siguientes:

Cuadro 6.- Normativas para la regulación del recurso hídrico y descarga de aguas residuales en México

Norma	Descripción
NOM-CRP-001-ECOL-1993	Esta norma se enfoca en las características de los residuos peligrosos, estableciendo un listado de estos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-001-ECOL-1996	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-ECOL-1996	Complementaria a la anterior, se centra en los límites máximos permisibles de

	contaminantes en las descargas de aguas residuales en sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-003-ECOL-1997	Establece límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
NOM-006-SEMARNAT-1997; NOM-055-SEMARNAT-2003	Se enfocan en los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a sistemas de alcantarillado urbano o municipal generadas por fuentes fijas, y en los requisitos para el confinamiento controlado de residuos peligrosos, respectivamente
NOM-001-SEMARNAT-2021	Esta norma actualizada incluye límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, abarcando una variedad de sustancias como metales pesados, compuestos orgánicos y sólidos suspendidos.

Fuente: Elaboración propia a partir de www.semarnat.gob.mx y www.conagua.gob.mx

La empresa a partir del 2012 inició una gestión sostenible del agua, identificando el consumo de este recurso y la energía como indicadores de desempeño críticos. Estos indicadores de desempeño estuvieron centrados en el consumo sostenible de agua y energía, mismos que incluyeron la medición del volumen total de agua utilizada, la eficiencia en el uso del agua en los procesos de producción, y la cantidad de energía requerida para el tratamiento del agua. Además, se enfocaron en la reducción del impacto ambiental a través de la disminución de emisiones y residuos generados en el tratamiento del agua. Estos indicadores permitieron a Herdez monitorear y mejorar continuamente su desempeño ambiental. Asimismo, la empresa utilizó efectivamente diversos utensilios mecánicos y tecnológicos para la medición y gestión del agua en sus procesos. Esto incluyó medidores de flujo para determinar el volumen de agua utilizado, sensores y sistemas de monitoreo para el seguimiento del consumo de energía en el tratamiento del agua, y contadores de agua específicos para áreas de producción. Además, emplearon

analizadores de calidad de agua y sistemas de gestión de datos para una evaluación integral y precisa del uso del agua en la empresa.

Para abordar este desafío, la empresa emprendió una serie de iniciativas que reflejaban su responsabilidad ambiental. Reconociendo que en sus empleados no existía una cultura de ahorro del recurso hídrico, por lo que implementó estrategias como la concientización sobre la importancia del recurso, la instauración de prácticas de ahorro y uso responsable del agua, y la gestión de aguas residuales.

VI.2.1.- Gestión y tratamiento de aguas residuales

La gestión de las aguas residuales es un elemento crítico en el desarrollo sostenible y la salud pública, considerando la vasta gama de contaminantes y la diversidad en su origen. Cada tipo de agua residual posee particularidades que demandan estrategias de tratamiento específicas, enfocadas tanto en la protección del ambiente como en la prevención de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua. Las aguas residuales no solo son un desafío en cuanto a la gestión de los recursos hídricos y el cumplimiento de normativas, sino que también representan una oportunidad cuando se les ve desde la perspectiva del reúso tras ser tratadas adecuadamente. En este contexto, entender las características esenciales de las aguas residuales se torna indispensable para formular estrategias efectivas de manejo y reutilización en diversos sectores y aplicaciones.

Las aguas residuales son aguas que han sido afectadas negativamente en su calidad debido a la utilización por parte de los seres humanos. Aquí te dejo algunas de sus características más importantes (FAO. 2019):

1. Contaminantes: Incluyen una amplia gama de materiales, como restos de alimentos, grasas, detergentes, microorganismos patógenos, y productos químicos industriales.
2. Color y olor: Generalmente, las aguas residuales presentan un color oscuro y un olor desagradable debido a los contaminantes y la descomposición de materia orgánica.
3. Tipo de Agua Residual:

- Doméstica: Proviene de hogares e incluye aguas de baños, cocinas y lavanderías.
 - Industrial: Proviene de procesos industriales y puede contener elementos químicos peligrosos.
 - Agrícola: Generalmente contiene pesticidas, fertilizantes y otros productos agrícolas.
 - Urbana: Es un mix que incluye agua proveniente de diversas fuentes urbanas, como lluvia, hogares, e industrias.
4. Diferentes Niveles de Tratamiento:
- Primario: Eliminación de sólidos y materiales flotantes.
 - Secundario: Eliminación de la materia orgánica utilizando procesos biológicos.
 - Terciario: Proceso avanzado que elimina nutrientes y desinfecta el agua para posibilitar su reutilización.
5. Importancia Ecológica y para la Salud: Las aguas residuales deben ser tratadas adecuadamente para evitar la contaminación de cuerpos de agua naturales y proteger así tanto los ecosistemas acuáticos como la salud humana, evitando la propagación de enfermedades.
6. Regulación: La descarga y el tratamiento de las aguas residuales están comúnmente regulados por normativas gubernamentales para proteger el medio ambiente y la salud pública.
7. Reuso: Una vez tratadas, las aguas residuales pueden ser reutilizadas para diferentes propósitos, como el riego agrícola, la refrigeración industrial o la recarga de acuíferos, entre otros, dependiendo del nivel de tratamiento alcanzado.

VI.2.2.- Uso del agua en la industria agroalimentaria

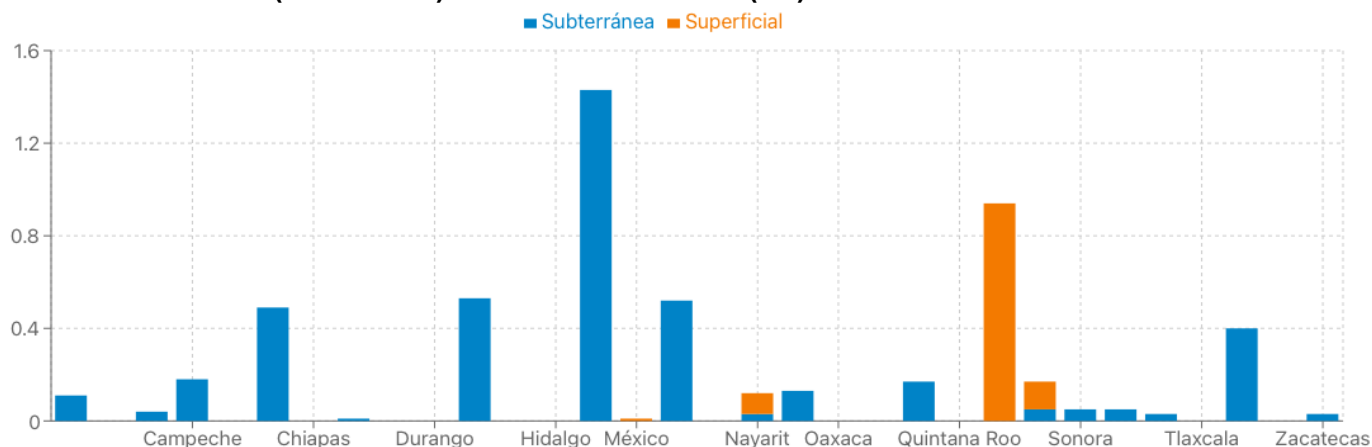
El concepto de uso Agroindustrial se refiere a la utilización de agua nacional para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios. Para el año 2020, el uso del agua Agroindustrial en el Registro Público de Derechos de Agua, integra un volumen total de 5.4 m³, que representa el 0.006 % del total nacional. El 79.86 % del volumen para este uso se concentra en: Jalisco, San Luis

Potosí, Guanajuato, Michoacán de Ocampo, Colima y Veracruz de Ignacio de la Llave. (CONAGUA. 2021)

Las aguas subterráneas son la principal fuente de abastecimiento, al aportar el 78.7 % del volumen total para este uso, esto es 4.25 m³, siendo Jalisco, Guanajuato, Michoacán de Ocampo, Distrito Federal, Veracruz de Ignacio de la Llave y Campeche los que concentran el 83.62 % de las extracciones subterráneas. En tanto que las extracciones de aguas superficiales para este uso alcanzan un total de 1.15 m³ y se realizan en los estados de San Luis Potosí, Sinaloa y Nayarit. (CONAGUA. 2021)

En el periodo 2015-2020, el uso Agroindustrial tuvo un crecimiento del orden de 51.7 %, al pasar el volumen de 3.56 a 5.4 m³. En este mismo periodo, las extracciones superficiales tuvieron un crecimiento de 51.3 %, mientras que las subterráneas tuvieron un crecimiento en un 51.8 %. (CONAGUA. 2021)

Gráfica 1.- Crecimiento del uso de agua agroindustrial por entidad federativa en México (2015-2020) en metros cúbicos (m³)



Fuente: www.conagua.gob.mx

La gráfica de barras compara el uso de fuentes de agua subterránea (en azul) y superficial (en naranja) en diferentes estados de México durante el periodo 2015-2020.

- Predominio del agua subterránea: En la mayoría de los estados representados en el gráfico, el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento. Esto es especialmente notable en Hidalgo y México, donde el consumo de agua subterránea es significativamente mayor que en los demás estados.

- Uso significativo de agua superficial en Quintana Roo: A diferencia de otros estados, Quintana Roo muestra una alta dependencia del agua superficial, destacándose en naranja con un valor superior al de la mayoría de los otros estados.
- Estados con equilibrio entre ambas fuentes: En Nayarit y Oaxaca, el uso de agua subterránea y superficial parece estar más equilibrado, aunque sigue predominando el agua subterránea.
- Estados con bajo consumo general: Algunos estados como Campeche, Tlaxcala, Zacatecas y Sonora presentan un menor uso de ambas fuentes de agua en comparación con los demás.
- Durango y Chiapas con un uso relevante de agua subterránea: Aunque no alcanzan los niveles de Hidalgo o México, estos estados muestran un uso considerable de agua subterránea.

Cabe mencionar que, la industria alimentaria establece una intrínseca relación con el uso del agua, no solo como ingrediente primordial en muchos productos sino también en diversos procesos de producción, como la limpieza, enfriamiento y cocción. Este uso intensivo genera significativas cantidades de aguas residuales, las cuales contienen diversos contaminantes originados de restos alimenticios, grasas y productos químicos. La gestión adecuada de estas aguas es crucial, ya que su descarga inadecuada puede generar serios impactos ambientales y, por ende, resulta vital implementar sistemas de tratamiento que permitan minimizar los efectos nocivos y cumplir con las normativas legales establecidas.

VI.2.3.- Estado actual de las aguas residuales en México

El manejo de las aguas residuales en México ha sido un elemento crucial para la salud pública y la preservación ambiental, situándose como una piedra angular en las políticas de desarrollo sustentable y conservación del recurso hídrico. En el transcurso de los años, el país ha enfrentado una serie de desafíos en esta área, fluctuando entre la necesidad de expandir y modernizar la infraestructura existente, garantizar el cumplimiento de normativas y, al mismo tiempo, navegar por las dificultades impuestas por la variabilidad climática y la diversidad geográfica. La conjugación de factores socioeconómicos, ambientales y regulatorios en la gestión

de las aguas residuales ha creado un escenario complejo y multifacético, donde las estrategias y soluciones deben ser tan dinámicas y diversas como los desafíos que buscan superar.

La situación actual de las aguas residuales en México está caracterizada por diversos retos y desarrollos. La gestión y tratamiento de las aguas residuales en el país es un tema de gran importancia debido a la creciente urbanización y a la necesidad de garantizar un suministro seguro de agua para las actividades humanas y la conservación de los ecosistemas: *(López, Calderón & De las Huertas, 2015)*

1. Cobertura de Tratamiento: México ha avanzado en las últimas décadas en cuanto a la capacidad y cobertura de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, aún persisten desafíos relacionados con la infraestructura y la eficiencia del tratamiento, así como el acceso equitativo a estos servicios en diferentes regiones del país.
2. Calidad del Agua: La contaminación de cuerpos de agua sigue siendo un problema en diversas áreas, afectando la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. La descarga de aguas residuales sin tratar o insuficientemente tratadas en ríos, lagos y otras fuentes de agua sigue siendo una preocupación.
3. Infraestructura: En muchas áreas, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales requiere actualizaciones y mantenimiento para garantizar su funcionalidad y eficiencia. La obsolescencia y la falta de mantenimiento adecuado de las plantas de tratamiento existentes son desafíos para superar.
4. Desafíos Regulatorios: Aunque existen regulaciones que establecen los parámetros y normas para la descarga de aguas residuales, hay desafíos en cuanto a la implementación y cumplimiento uniforme de estas regulaciones a nivel nacional.
5. Conciencia y Educación: La conciencia pública y la educación sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales y la gestión sostenible del agua pueden ser áreas que requieren atención adicional para fomentar prácticas más sostenibles a nivel comunitario e industrial.

6. Escasez de Agua: En diversas regiones de México, la escasez de agua es un problema significativo que está intrínsecamente relacionado con la gestión de aguas residuales, ya que un tratamiento eficiente permite la reutilización del vital líquido.
7. Impacto en la Salud y el Medio Ambiente: La falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales puede tener serias repercusiones en la salud pública y en los ecosistemas, siendo un área de interés para las políticas públicas y la gestión ambiental.
8. Innovación y Tecnología: La adopción de tecnologías innovadoras para el tratamiento y reutilización de aguas residuales es un área de oportunidad para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la gestión hídrica en el país.
9. Cambio Climático: Los efectos del cambio climático, como sequías prolongadas o eventos climáticos extremos, también influyen en la gestión de aguas residuales y en los recursos hídricos en general.

La situación de las aguas residuales en México involucra una combinación de avances y desafíos persistentes en términos de infraestructura, regulación, y conciencia pública, en un contexto de presiones ambientales y climáticas crecientes. La innovación, la inversión en infraestructura, y la aplicación efectiva de las regulaciones son vitales para avanzar hacia una gestión sostenible del agua en el país.

VI.2.4.- Antecedentes de Herdez en el tratamiento de aguas residuales

Antes de su transición hacia prácticas sustentables, la empresa Herdez no priorizaba el tratamiento adecuado de sus aguas residuales. Inicialmente, no había una regulación gubernamental estricta que obligara a las empresas a invertir en este aspecto. A pesar de ser una figura reconocida en la industria alimentaria, Herdez centraba su atención principalmente en la producción, dejando en segundo plano la gestión sustentable de los desechos líquidos. Las prácticas existentes para la gestión de las aguas residuales eran básicas y no se destacaban por ir más allá de lo mínimo requerido.

Fue solo cuando el gobierno mexicano comenzó a implementar normativas más estrictas en relación con las descargas de aguas residuales, que Herdez reconoció

la necesidad de reevaluar y mejorar su enfoque. Estas nuevas regulaciones impulsaron a la empresa a adoptar prácticas más responsables y sustentables, llevándola a desarrollar una estrategia más integral y consciente para el tratamiento de aguas. Este cambio normativo fue decisivo, marcando un punto de inflexión en la gestión de recursos hídricos de Herdez y su compromiso con la sustentabilidad. Sin embargo, estas acciones iniciales evolucionaron rápidamente hacia el desarrollo de capacidades tecnológicas específicas que permitieron a la empresa no solo cumplir con las normativas, sino también transformar sus procesos de tratamiento en prácticas líderes del sector. Estas capacidades incluyeron la implementación de tecnologías, como sistemas biológicos de alta eficiencia y técnicas de monitoreo en tiempo real, que optimizaron la gestión del recurso hídrico. Este progreso marcó un cambio estratégico en Herdez hacia un enfoque proactivo, donde la sustentabilidad se convirtió en un pilar clave de su operación.

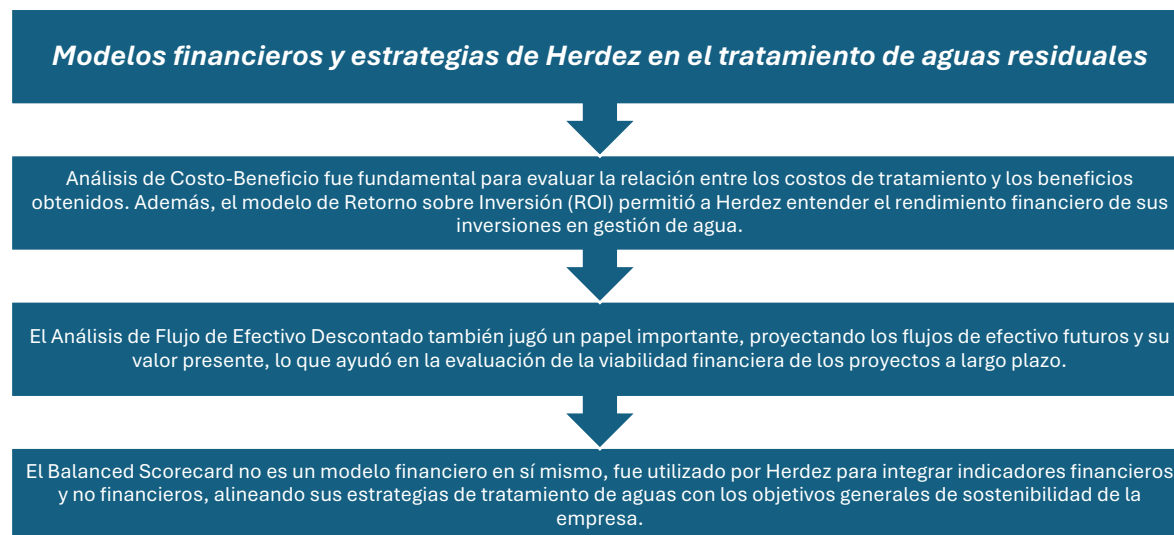
En su transición Herdez experimentó un proceso de aprendizaje y adaptación que, aunque fructífero, también reveló deficiencias previas. Antes de este cambio hacia la conciencia ambiental, la empresa no tenía un enfoque estructurado y sistemático en sus objetivos de sostenibilidad. Esto se hizo evidente cuando fue necesario implementar medidas para focalizar sus esfuerzos y recursos, evitando su dispersión. La falta inicial de métricas y seguimiento detallado reflejó una carencia en la evaluación y análisis del impacto ambiental, social y económico de sus operaciones.

Posteriormente, la incorporación de modelos financieros y estrategias de predicción resaltó una brecha en la capacidad de la empresa para evaluar y proyectar efectivamente los beneficios económicos de sus iniciativas de sostenibilidad. Este cambio marcó una evolución importante en la estrategia corporativa de Herdez, destacando la importancia de un enfoque integral y bien fundamentado en la gestión de la sostenibilidad.

La empresa Herdez implementó una serie de modelos financieros y estrategias de predicción específicamente diseñados para medir y optimizar el tratamiento de sus aguas residuales. Estas herramientas ayudaron a la empresa a evaluar el

rendimiento económico de sus inversiones en este ámbito, las cuales se muestran en el siguiente recuadro:

Cuadro 7.- Modelos financieros y estrategias de Herdez en el tratamiento de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas al personal de la empresa Herdez, 2022.

El Análisis de Costo-Beneficio fue esencial. Este modelo permitió a Herdez evaluar la relación costo-efectividad de sus procesos de tratamiento de agua, comparando los gastos iniciales y operativos con los beneficios a largo plazo, como la reducción de riesgos ambientales y el cumplimiento normativo. Asimismo, el Retorno sobre la Inversión (ROI) proporcionó a la empresa un entendimiento claro de los beneficios financieros directos derivados de sus inversiones en el tratamiento de aguas residuales, incluyendo ahorros en costos operativos y potenciales incrementos en la eficiencia. Y por otro lado, el Análisis de Flujo de Efectivo Descontado también jugó un papel importante en la estrategia de Herdez. Al descontar los flujos de efectivo futuros a su valor presente, la empresa pudo evaluar la viabilidad financiera de sus proyectos de tratamiento de agua a largo plazo, asegurando que sus inversiones fueran sostenibles y rentables. Y finalmente, el Balanced Scorecard fue una herramienta clave para integrar indicadores financieros y no financieros. A través de este enfoque, Herdez pudo alinear sus prácticas de tratamiento de aguas residuales con los objetivos generales de sostenibilidad de la empresa, asegurando un equilibrio entre rendimiento financiero, responsabilidad ambiental y compromiso social.

En su evolución hacia prácticas más sostenibles, Herdez experimentó un proceso significativo de aprendizaje y adaptación. Aunque este camino resultó ser beneficioso, también puso de manifiesto deficiencias en sus enfoques anteriores. Originalmente, la empresa no contaba con un método estructurado y sistemático para alcanzar sus metas de sostenibilidad. Esta falta de enfoque quedó evidente cuando fue necesario implementar estrategias de priorización para optimizar el uso de recursos y esfuerzos.

Antes de su transformación, Herdez no utilizaba métricas ni seguimientos detallados, lo que resultó en una evaluación inadecuada del impacto ambiental, social y económico de sus operaciones. La integración posterior de modelos financieros y estrategias de predicción resaltó una carencia inicial en su capacidad para evaluar y pronosticar eficazmente los resultados económicos y los beneficios de sus iniciativas sostenibles. Este cambio significó un paso adelante en su camino hacia una gestión más responsable y consciente de sus impactos y recursos.

Previamente a la instauración de las Plantas de Tratamiento, Herdez cumplía con las regulaciones básicas, pero no poseía un sistema que trascendiera lo estipulado legalmente, tratando el agua más allá de los parámetros básicos, y por ende, no estaba contribuyendo de forma optimizada al ciclo de saneamiento del agua. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022).

La implementación de Plantas de Tratamiento de Agua por parte de Herdez marcó un avance en sus prácticas de sostenibilidad, pero también reveló deficiencias en su enfoque anterior. Antes de esta iniciativa, la empresa se conformaba con cumplir únicamente con los pocos requisitos establecidos por la ley, sin esforzarse por ir más allá en el tratamiento del agua. Aunque la introducción de estas plantas representó un progreso, puso en evidencia que previamente Herdez no había aprovechado la oportunidad de contribuir de manera más significativa al ciclo de saneamiento del agua. Esta situación resalta un enfoque reactivo en lugar de proactivo hacia la responsabilidad ambiental. La coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez reconoció que, aunque la instalación de las plantas fue un paso positivo, la empresa tenía aún un camino considerable por recorrer para

alcanzar una gestión de recursos hídricos verdaderamente avanzada y respetuosa con el medio ambiente.

Herdez decidió abordar las áreas de oportunidad en su tratamiento de aguas residuales debido a los desafíos que enfrentaba, lo que implicaba una necesidad urgente de mejorar sus prácticas y políticas internas. Estos desafíos resaltaron la importancia de adoptar un enfoque más sostenible y eficiente en el manejo del agua. Herdez decidió implementar cambios en su tratamiento de aguas residuales y prácticas internas principalmente debido a la creciente presión de cumplir con regulaciones ambientales más estrictas y a la necesidad de mejorar la eficiencia operativa. Aunque estos cambios indican un paso hacia prácticas más sostenibles, también reflejan una respuesta a factores externos y requerimientos normativos, más que una iniciativa proactiva por la sustentabilidad desde el principio.

Herdez como **primer** punto, se enfocó en alinear las distintas áreas con enfoque en el cuidado del recurso hídrico, donde la homologación de objetivos y la universalización de la importancia de los KPI's de sostenibilidad no estaban totalmente instauradas, implicando una necesidad de crear una conciencia común sobre los objetivos sostenibles entre los diversos sectores de la compañía.

Herdez reconoció la importancia de unificar las metas y la percepción de la sostenibilidad entre las diferentes áreas de la empresa. Esto implicó una homologación de objetivos y la universalización de la importancia de los KPIs (Indicadores Clave de Rendimiento) relacionados con la sostenibilidad. La empresa se enfrentó al desafío de crear una conciencia común sobre los objetivos sostenibles a través de toda la compañía, lo cual era esencial para garantizar que todos los sectores trabajaran de manera cohesiva y orientada hacia la sostenibilidad, especialmente en lo que respecta al manejo del recurso hídrico.

Segundo, el convencimiento de la alta dirección hacia una implementación más sólida y genuina de prácticas sostenibles destacaba como una brecha en el desarrollo estratégico de la sostenibilidad, siendo especialmente notorio en el contexto de un país con regulaciones ambientales que podrían percibirse como menos exigentes (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). La empresa identificó una brecha en el desarrollo estratégico de sus

prácticas sostenibles, especialmente en la alta dirección. Este paso fue crucial para asegurar una implementación genuina y efectiva de dichas prácticas. Herdez trabajó en convencer a su alta dirección sobre la importancia y la necesidad de adoptar un enfoque más sólido hacia la sostenibilidad, un aspecto particularmente importante en un contexto donde las regulaciones ambientales podrían percibirse como menos exigentes.

Finalmente, Herdez se enfocó en identificar áreas específicas donde sus intervenciones podrían tener un impacto real y significativo. La empresa reconoció que dispersar recursos y esfuerzos en demasiadas iniciativas podía reducir la eficacia y profundidad de sus acciones sostenibles. Por lo tanto, priorizó ciertas áreas de intervención para maximizar el impacto positivo de sus prácticas sostenibles.

VI.3.- Ámbito tecnológico

Dentro del marco del análisis del tratamiento de aguas residuales, las capacidades tecnológicas de Herdez pueden definirse como el conjunto de conocimientos, habilidades, procesos y tecnologías específicas que la empresa ha desarrollado para abordar de manera efectiva los desafíos de sustentabilidad. Estas capacidades no solo incluyen la implementación de infraestructura física como plantas de tratamiento, sino también la integración de procesos de monitoreo en tiempo real, técnicas de limpieza en seco, y sistemas biológicos avanzados.

En el análisis del tratamiento de aguas residuales, las capacidades tecnológicas de Herdez se pueden definir como el conjunto de conocimientos, habilidades, procesos y tecnologías específicas que la empresa ha desarrollado para abordar de manera efectiva los desafíos de sustentabilidad. Estas capacidades no solo incluyen la implementación de infraestructura física como plantas de tratamiento, sino también la integración de procesos de monitoreo en tiempo real, técnicas de limpieza en seco y sistemas biológicos avanzados.

Un claro ejemplo de estas capacidades se observa en la transición de Herdez hacia el diseño e implementación de plantas de tratamiento adaptadas a las necesidades específicas de cada operación. Este avance no fue solo un cumplimiento normativo, sino una muestra de las capacidades tecnológicas que permitieron a la empresa

optimizar recursos, reducir emisiones y cumplir con altos estándares ambientales. En este sentido, la adopción de tecnologías como el sistema de aireación desde abajo en los reactores biológicos no solo mejoró la eficiencia del tratamiento, sino que también reflejó una capacidad de innovación tecnológica adaptativa.

Asimismo, la incorporación de modelos financieros como el ROI y análisis de costo-beneficio ilustra cómo Herdez utiliza sus capacidades tecnológicas para vincular inversiones en tecnologías sostenibles con retornos económicos medibles. Estas herramientas no solo permiten justificar las inversiones, sino también identificar áreas clave donde se pueden implementar mejoras tecnológicas que beneficien tanto al medio ambiente como a la operación corporativa.

Por lo tanto, las capacidades tecnológicas de Herdez se han convertido en el eje principal de su estrategia de sustentabilidad, permitiendo que la empresa transforme los desafíos ambientales en oportunidades de mejora continua y aprendizaje organizacional.

Un ejemplo clave de estas capacidades es el uso de modelos financieros como el ROI y análisis de costo-beneficio, que demuestran la capacidad de la empresa para vincular inversiones tecnológicas con retornos medibles. Además, Herdez ha mostrado un enfoque estratégico en la adopción de tecnologías adaptadas a sus necesidades, priorizando la eficiencia y sustentabilidad en cada etapa del proceso, desde el pretratamiento hasta el tratamiento terciario.

VI.3.1.- Eficiencia y optimización en procesos de limpieza

Previamente a implementar la iniciativa de eficiencia en limpieza, Herdez se encontraba frente a diversas carencias en relación con sus procedimientos de limpieza y gestión de recursos, especialmente en el uso del agua y la gestión de residuos. La operativa anterior no maximizaba la sustentabilidad y eficiencia en estas áreas, generando un uso excesivo de recursos y una mayor generación de residuos de lo deseable en el contexto de una producción respetuosa con el medio ambiente y fuera del cumplimiento de las normas que debía atender la empresa en sus descargas de agua. Estas lagunas en la sustentabilidad y eficiencia de sus procesos de limpieza subrayan la importancia de la nueva iniciativa, que no solo buscaba mitigar estos problemas, sino que también pretendía consolidar una

estrategia que potencialmente podría modelar una gestión de recursos más respetuosa y responsable en la empresa.

La iniciativa de "eficiencia en limpieza dentro de Herdez" se centra en optimizar los procesos de limpieza de manera que sean más sustentables, tanto en términos de gestión de residuos como en el uso responsable del agua. (*Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick – Herdez, 2022*). Bajo esta dinámica la empresa busca reducir el impacto ambiental de las operaciones de limpieza, al mismo tiempo que promueve la eficiencia y la conservación de recursos.

Una de las estrategias clave en esta iniciativa implica la separación de residuos sólidos antes de llevar a cabo el proceso de limpieza. Esto significa que se identifican y separan los residuos y desechos sólidos de las áreas que necesitan ser limpiadas antes de utilizar agua u otros productos químicos para la limpieza. Al hacerlo, se minimiza la cantidad de materiales que podrían mezclarse con el agua de limpieza, lo que a su vez reduce la contaminación del agua y disminuye la cantidad de residuos que deben ser gestionados después.

El otro aspecto destacado de esta iniciativa es la promoción del uso eficiente del agua en los procesos de limpieza. Esto implica educar a los empleados sobre la importancia de utilizar solo la cantidad necesaria de agua para llevar a cabo la limpieza de manera efectiva. Implicó la implementación de técnicas de limpieza que minimizaron la cantidad de agua utilizada, como la utilización de sistemas de rociado eficientes, la programación de lavados en momentos adecuados o la reutilización de aguas de limpieza cuando sea posible.

El resultado de esta iniciativa no solo es una reducción en la cantidad de agua utilizada para limpieza, sino también una reducción en los costos asociados con el tratamiento y disposición de aguas residuales contaminadas (*Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022*). La estrategia de eficiencia en limpieza de Herdez ilustra un intento de la empresa por mejorar la sustentabilidad y eficiencia de sus procesos de limpieza, al adoptar medidas como la separación de residuos sólidos previo a la limpieza y promover un uso más eficiente del agua. Aunque estas prácticas reflejan un esfuerzo por parte de la empresa hacia una gestión más responsable de los recursos y un menor impacto ambiental, aún se

encuentran en un camino de constante aprendizaje y desarrollo para alcanzar estándares más elevados de sustentabilidad y responsabilidad ambiental en la industria. En este sentido, la adaptación y evolución de sus prácticas de limpieza demuestran un paso en la dirección correcta, aunque queda un espacio considerable para la mejora y la innovación continua en sus operaciones y en la adopción de prácticas más sostenibles.

VI.3.2.- Implementación de la limpieza en seco

Antes de implementar la estrategia de limpieza en seco, Herdez enfrentaba diversas carencias y desafíos en cuanto a sus procesos de limpieza y sustentabilidad. La práctica anterior, que era “limpieza en mojado”, era más convencional y menos eficiente en términos de recursos, y generaban un mayor impacto ambiental y un uso menos óptimo de los recursos, como el agua. Ya que los empleados utilizaban el agua sin tener conciencia de la cantidad que usaban para hacer la limpieza en mojado. El hecho de que la estrategia de limpieza en seco se note como un avance implica que, en el pasado, Herdez utilizaba métodos de limpieza más intensivos en recursos hídricos, lo cual no solo tendría un costo ambiental, sino también financiero para la empresa. Así, el cambio hacia prácticas como la limpieza en seco no sólo denota una evolución en su operación, sino también una respuesta a carencias previamente identificadas en términos de eficiencia y sustentabilidad en sus procesos.

La importancia de la limpieza en seco en Herdez resalta la adopción de prácticas sustentables y eficientes en los procesos de limpieza dentro de la empresa. Esta estrategia se enfoca en implementar procedimientos de limpieza en seco como un paso previo a los métodos tradicionales de limpieza húmeda. La adopción de esta práctica no solo demuestra un compromiso con la sustentabilidad, sino que también conlleva beneficios económicos y ambientales significativos. La limpieza en seco implica la eliminación de partículas de suciedad, polvo y otros contaminantes utilizando métodos y productos que no requieren el uso significativo de agua. Esto involucra técnicas como la aspiración, el cepillado o el soplado de aire comprimido. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick – Herdez, 2022).* Al llevar a cabo una limpieza en seco inicial, se reduce la cantidad de

suciedad y residuos que deben ser eliminados posteriormente con métodos húmedos. Como resultado, los procesos de limpieza húmeda, que generalmente implican el uso de agua y productos químicos, se vuelven más eficientes y efectivos. Uno de los beneficios clave de la limpieza en seco es el ahorro de agua. Al eliminar una parte sustancial de la suciedad antes de recurrir a la limpieza húmeda, se requiere menos agua para lograr el mismo nivel de limpieza. Esto no solo reduce el consumo de agua, sino que también disminuye la cantidad de aguas residuales generadas durante el proceso de limpieza.

Además del ahorro de agua, la implementación de la limpieza en seco lleva a la reducción en el uso de productos químicos. Al eliminar la suciedad superficial antes de utilizar productos de limpieza húmedos, se requieren cantidades menores de químicos para lograr los resultados deseados. Esto contribuye a la minimización de la liberación de sustancias químicas en el medio ambiente y a la reducción de los costos asociados con la compra y eliminación de productos químicos de limpieza.

Este método de limpieza en seco involucró el uso de tecnologías y técnicas que eliminaban la necesidad de agua. En su lugar, se utilizaban métodos de limpieza basados en la absorción de suciedad y residuos con sustancias especializadas o equipos que podían limpiar eficazmente sin agua. Por ejemplo, implementaron sistemas de aspiración, paños de microfibra y soluciones de limpieza biodegradables que descompusieron la suciedad sin necesidad de enjuague.

Además, esta estrategia no solo redujo el uso de recursos naturales, sino que también presentó ventajas económicas. La reducción en el consumo de agua y químicos significó un ahorro en los costos operativos.

La implementación de la limpieza en seco también incluyó la capacitación del personal en nuevas técnicas y el uso de equipos especializados. Esto no solo aseguró la efectividad del proceso, sino que también fomentó una cultura de sustentabilidad y responsabilidad entre los empleados.

VI.3.3.- Mejora en el tratamiento y reutilización del agua

Antes del impulso hacia la optimización del tratamiento de aguas implementado en Herdez, la empresa enfrentaba diversas carencias en su gestión de las aguas residuales, esencial para salvaguardar tanto la sostenibilidad ambiental como la

operacional. Las tácticas previas no estaban totalmente alineadas con las necesidades exactas de sus operaciones, presentando oportunidades, perdidas en términos de eficiencia y cumplimiento de las normas gubernamentales. La carencia de un enfoque más estratégico y proactivo hacia el tratamiento de aguas residuales resultó en una gestión subóptima del vital recurso hídrico y potencialmente en un mayor impacto ambiental de sus operaciones. En ese contexto, el moverse hacia un enfoque más sistematizado y reflexivo en el tratamiento de las aguas residuales aborda los vacíos previos.

Esta estrategia implica una comprensión más profunda de las características de las aguas residuales que se generan y la adopción de enfoques específicos para diseñar plantas de tratamiento más eficientes y adecuadas a las necesidades de volumen y carga orgánica a tratar.

Uno de los aspectos fundamentales de esta optimización radica en el diseño de las plantas de tratamiento (Planta de tratamiento McCormick). Se comprendió la cantidad de agua residual generada y la carga orgánica que contiene para determinar cómo diseñar y configurar las instalaciones de tratamiento. Esto significa que Herdez también identificó la cantidad de contaminantes orgánicos, como grasas y aceites, que están presentes en esas aguas residuales. El proceso de diseño eficiente implica la selección de tecnologías y métodos de tratamiento que sean adecuados para las características específicas de las aguas residuales. Esto incluye sistemas de pretratamiento para eliminar sólidos y contaminantes gruesos, sistemas biológicos para la descomposición de materia orgánica, y sistemas de filtración o clarificación para la purificación final del agua. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022)*

Herdez ha implementado un meticuloso sistema de tratamiento de agua en todas sus instalaciones, con cada planta de tratamiento minuciosamente planeada y diseñada conforme a las especificidades del agua residual que se genera y los criterios de descarga que deben cumplir. La empresa se ha propuesto reciclar el agua, un recurso crucial, tanto para minimizar su consumo como para adherirse a las normativas pertinentes. De este modo, a la fecha Herdez opera 10 plantas de tratamiento de aguas residuales, cada una adaptada a las distintas aguas residuales

producidas, las cuales varían significativamente debido a las diferencias en los tipos de producción de cada planta.

El proceso de tratamiento en la planta McCormick de Herdez se segmenta en cuatro etapas fundamentales:

- Pretratamiento: En esta etapa, se efectúa la separación de grasas, aceites y sólidos del agua. Por ejemplo, el agua descargada durante la producción contiene azúcares y grasas, los cuales se separan en esta fase para enviar el agua lo más limpia posible al siguiente nivel de tratamiento.
- Tratamiento Primario: Este incorpora un sistema físico-químico de flotación por aire disuelto (DAF), ya sea lineal o circular. El DAF es un proceso que separa partículas sólidas de las líquidas utilizando finas burbujas de aire, con el objetivo de eliminar toda la materia orgánica, como azúcares y otros materiales, del agua.

Este tratamiento de agua en la planta de McCormick (Herdez) está meticulosamente diseñado para maximizar la eliminación de impurezas antes de que el agua sea reutilizada o devuelta al entorno. Los equipos de tratamiento se diseñan con base en la cantidad de agua que necesitan procesar, asegurando así que cada gota se gestione de manera efectiva y eficiente. Un elemento clave en este proceso es el decantador, el cual permite que el agua residual repose durante un tiempo específico para que las partículas de arena y otros sólidos se asienten en el fondo, facilitando su filtración y eliminación. El objetivo principal en esta etapa primaria de tratamiento es retirar la mayor cantidad de materia orgánica y sólidos (como arenas y distintos tamaños de partículas sólidas, a las que la empresa se refiere como "termatizado").

En la planta McCormick donde se produce mayonesa, el tratamiento se complica debido a la variabilidad de los sólidos, grasas y aceites presentes en el agua residual. La grasa que llega al tratamiento, por ejemplo, está en una forma semi-líquida, mezclándose pero no disolviéndose completamente en el agua, lo que significa que no puede ser separada mediante procesos mecánicos convencionales. En lugar de ello, se ha implementado un sistema de trampa de grasas. Este sistema convierte, o "saponifica", las grasas en un coágulo, permitiendo que el agua que queda debajo sea separada mecánicamente. Con esta estrategia, la empresa ha

logrado eliminar entre el 70% y 80% de las grasas presentes y, en algunos casos, hasta un 90%, asegurando que el agua tratada esté considerablemente más limpia y segura. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022).*

- Tratamiento Secundario: Se implementan sistemas biológicos de lodos convencionales junto con sistemas de clarificación. Durante esta fase, se introducen bacterias que consumen la materia orgánica con el objetivo principal de eliminar la mayor cantidad posible de ella del agua residual. Asimismo esta fase del tratamiento de aguas en la planta McCormick se enfoca en una estrategia biológica, específicamente mediante un sistema aeróbico, seleccionado por su eficacia en el manejo del tipo de agua residual producida por la planta. Al ingresar el agua al sistema biológico, se somete a un proceso físico-químico que utiliza aire, disuelto mediante discos, para facilitar la digestión de materia orgánica por parte de bacterias. Estas bacterias descomponen la materia orgánica, reduciendo significativamente la carga contaminante del agua, y el desafío radica en garantizar que consuman la máxima cantidad de material orgánico posible y, posteriormente, se realice autodigestión. El equilibrio es vital aquí: se regula cuidadosamente tanto la población de bacterias como los niveles de oxígeno disuelto y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), asegurando que las bacterias tengan el oxígeno necesario para oxidar las sustancias orgánicas en el agua y manteniendo la operación del tratamiento en un estado constante y eficiente.

Tras finalizar el proceso biológico, el agua, ya tratada, ha expulsado entre el 85% y 90% de sus contaminantes originales. Sin embargo, pueden persistir ciertos sólidos subliminales y pequeñas partículas que no son completamente eliminadas. Los sólidos subliminales son aquellos que experimentan un cambio de fase directa de sólido a gas, sin pasar por una fase líquida intermedia. A pesar de los retos, la gestión de estos aspectos es crucial para asegurar la eficacia del tratamiento y garantizar que el agua resultante esté lo más limpia y libre de contaminantes posible. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022).*

- Tratamiento Terciario: Se utilizan arenas y gravas junto con sistemas de filtrado de carbón activado, y sistemas de clarificación manual o en línea y/o luz ultravioleta. Esta etapa se centra en eliminar coliformes fecales y otros microorganismos biológicos. El agua que emerge del proceso biológico inicial, se somete a una etapa adicional de digestión biológica, seguida por un proceso de coagulación, donde el agua es separada de los lodos generados durante el tratamiento. Los lodos se decantan, es decir, se asientan en un tanque y se estancan, permitiendo que el agua, más ligera, permanezca en la superficie y, a través de un sobrellenado, fluya hacia un tanque colector. El agua tratada se dirige a una etapa donde se emplean sistemas de filtración, mientras que los lodos restantes son enviados a un tanque digestor. En la planta McCormick los sistemas de filtración utilizan arena, carbón activado y/o antracita, ya que estos medios son eficientes para la clarificación del agua en aplicaciones potables o industriales. Se emplea una combinación de los tres en un filtro singular, por donde el agua, ya procesada en el reactor biológico, es pasada para eliminar los sólidos subliminales. Una vez que el agua es clarificada, se dirige al tanque colector de agua tratada. Sin embargo, dependiendo de la situación, el agua podría tomar dos rutas diferentes: algunas corrientes pasan por un sistema de filtros para eliminar sólidos retenidos y suspendidos, que en algunos casos pueden incluir pequeñas cantidades de grasas. Tras la filtración, el agua es sometida a un proceso de cloración, un método de desinfección que utiliza cloro en el tratamiento de aguas residuales, con los objetivos centrales de minimizar la propagación de enfermedades y prevenir el crecimiento de algas microscópicas que puedan enturbiar el agua. La cloración implica añadir cloro al agua residual en una cantidad que reaccione adecuadamente con todas las sustancias reductoras, materia orgánica y amoníaco presentes, formando compuestos orgánicos de cloro y cloraminas. Se añade cloro constantemente para eliminar las cloraminas hasta el punto de ruptura, que es la dosis mínima de cloro necesaria para eliminar el amoníaco y destruir parcialmente las cloraminas previamente formadas. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022).*

A través de la optimización de su proceso de tratamiento de aguas residuales, Herdez ha conseguido ciertos ahorros en distintas áreas, como en la descarga clasificada por tipo de agua y el volumen de descargas en lugares con estrés hídrico, entre otros. Aunque el esfuerzo para reconfigurar sus procesos y dirigirse hacia una operativa más ecológica y sustentable es evidente, la gestión del agua, un recurso vital, sigue presentando un terreno amplio para explorar y mejorar. La empresa ha dado pasos hacia la administración más cuidadosa de los recursos hídricos, pero persiste la importancia de continuar explorando estrategias para la mejora y eficiencia en todos los aspectos relacionados con la sustentabilidad del agua.

VI.3.4.- Reducción de carga orgánica

Previo a la implementación de la estrategia enfocada en la reducción de carga orgánica, Herdez enfrentó diversas carencias y desafíos en la gestión de sus aguas residuales. La empresa lidio con cuestiones relativas a la eficiencia en el tratamiento del agua, en especial, en la minimización de contaminantes orgánicos desde la fuente, lo que generó una mayor demanda en sus sistemas de tratamiento y, en consecuencia, un impacto ambiental más elevado. La falta de un enfoque integral y proactivo en la gestión de los desechos orgánicos y en el tratamiento previo a la planta ponía en jaque no solo el cumplimiento de normativas locales sobre descargas de aguas residuales sino también la eficacia global y sostenibilidad de sus operaciones. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)* Esta situación planteaba un claro reto para Herdez en cuanto a la alineación de sus operaciones con los estándares ambientales y principios de sostenibilidad que la sociedad y el entorno demandan.

En la parte de reducción de carga orgánica que ha desarrollado la empresa implica un enfoque proactivo y holístico para abordar la contaminación orgánica en las aguas residuales generadas por la empresa. Este enfoque se basa en reconocer que la mejor manera de abordar la carga orgánica en el proceso de tratamiento es reducir su presencia desde la fuente misma, antes de que las aguas residuales lleguen a las plantas de tratamiento. Esta aproximación se alinea con los principios de la prevención y la gestión sostenible de recursos naturales.

La reducción de carga orgánica en la fuente implica una serie de medidas y prácticas destinadas a minimizar la cantidad de materia orgánica que ingresa al sistema de tratamiento. Esto incluye acciones como optimizar los procesos de producción para reducir la generación de desechos orgánicos, mejorar las prácticas de limpieza para evitar que aceites y grasas lleguen al sistema de alcantarillado, y educar a los empleados sobre la importancia de evitar la disposición incorrecta de materiales orgánicos. *(Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022)*

Al enfatizar esta reducción en la fuente, Herdez aborda el problema de raíz. Al minimizar la cantidad de carga orgánica que ingresa a las aguas residuales, se reduce significativamente la carga de trabajo de las plantas de tratamiento, lo que a su vez mejora su eficiencia y capacidad para purificar el agua de manera efectiva. Esta estrategia también conlleva beneficios económicos y ambientales. En términos económicos, la reducción de carga orgánica resulta en ahorros significativos en términos de costos de tratamiento, productos químicos y energía. Además, al reducir la cantidad de contaminantes que deben ser eliminados, se disminuyen los impactos negativos en el medio ambiente y se protegen los cuerpos de agua receptores.

Es importante destacar que la reducción de carga orgánica en la fuente requirió una colaboración interdepartamental y un compromiso en todos los niveles de la empresa. Esto implicó la adopción de políticas de gestión de residuos y prácticas operativas que se centraron en la prevención y la minimización de la generación de residuos orgánicos.

La implementación de la estrategia de reducción de carga orgánica por parte de Herdez subraya un intento por manejar de forma anticipada la contaminación en su origen. Al intentar minimizar la materia orgánica antes de que entre en su sistema de tratamiento, la empresa se sitúa en un camino orientado hacia un mayor compromiso con la sostenibilidad y una gestión de recursos naturales con responsabilidad. Si bien esta estrategia tiene como objetivo mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento, también se erige como un esfuerzo por participar en la conservación ambiental y proyectar a la empresa como una entidad que está

tomando pasos, aunque sea graduales, hacia una conducta más respetuosa con el medio ambiente.

VI.3.5.- Reutilización de agua tratada

Antes de la implementación de la estrategia actual, Herdez afrontó diversos desafíos y carencias en su gestión del agua, evidenciando una necesidad palpable de mejora en su enfoque hacia la sostenibilidad y la administración de los recursos hídricos. La empresa se enfrentaba a cuestionamientos sobre el uso eficiente y la gestión responsable del agua, especialmente en cuanto a sus prácticas de disposición del agua después de ser tratada. Además, el volumen de agua utilizada y desechada, sin explorar su potencial reutilización, ponía de manifiesto una oportunidad no aprovechada de economizar y simultáneamente reducir su impacto ambiental. Esos desafíos en el manejo de aguas residuales subrayaron la urgencia de explorar y adoptar estrategias más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, como la que se menciona a continuación.

La reutilización del agua tratada en Herdez representa un enfoque innovador y sostenible para abordar el manejo de recursos hídricos en la empresa. Esta estrategia implica tomar el agua que ha sido tratada en las plantas de tratamiento de aguas residuales y encontrar aplicaciones útiles y seguras para ella en lugar de simplemente desecharla (*Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022*). Al explorar la reutilización del agua tratada, Herdez se enfrentó a desafíos importantes. Uno de estos desafíos radica en garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos para su reutilización (*Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022*). Para abordar este desafío, la empresa trabajó en colaboración con expertos en tratamiento de aguas y regulaciones ambientales para establecer pautas claras y procedimientos de monitoreo que aseguraran que el agua tratada sea adecuada para su reutilización.

Además, el proceso de explorar aplicaciones para el agua tratada podría haber involucrado identificar usos no relacionados con productos alimenticios. Uno de estos usos podría ser el riego de jardines, parques y/o áreas verdes. Al utilizar agua tratada en actividades de riego, Herdez pudo reducir su demanda de agua y ayudar

a conservar fuentes de agua potable para usos más críticos. Otros usos podrían incluir la limpieza de áreas no sensibles o la recarga de aguas subterráneas.

La consulta con expertos en el campo es crucial en esta estrategia. Los conocimientos y la experiencia de profesionales en tratamiento de aguas y en la aplicación de regulaciones ambientales pueden ayudar a Herdez a tomar decisiones informadas y a mitigar riesgos asociados con la reutilización del agua tratada.

Aunque la estrategia de reutilización de agua tratada de Herdez denota un avance hacia una gestión más sostenible de los recursos hídricos, hay aspectos que podrían someterse a un escrutinio más detenido. Si bien la empresa ha manifestado un compromiso hacia la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental, los procesos exactos y la eficiencia real de sus sistemas de tratamiento y reutilización de agua podrían beneficiarse de una mayor transparencia y detalles específicos acerca de su implementación y resultados. El involucramiento activo y la comunicación abierta con las comunidades locales y los stakeholders acerca de estas iniciativas y sus impactos podrían también aportar a una percepción más auténtica y confiable. Además, la estrategia global de Herdez en cuanto a la sostenibilidad ambiental podría ser aún más integral, involucrando de manera más profunda otras esferas de la producción y la distribución para realmente reforzar su imagen no solo como una empresa consciente del uso del agua, sino como un actor globalmente sostenible.

VI.3.6.- Innovación y evolución tecnológica

Antes de la adopción de estrategias de optimización tecnológica por parte de Herdez, la empresa experimentó períodos de carencias y desafíos operativos notables. Estas debilidades estaban vinculadas principalmente a procesos obsoletos y a una adopción tecnológica limitada en el tratamiento de aguas residuales. Los métodos de trabajo, en ciertos momentos, no estaban alineados con las tendencias contemporáneas de la industria de alimentos y bebidas, particularmente en el cuidado del recurso hídrico y para atender el cumplimiento de las normas gubernamentales, lo que generó la necesidad de una reevaluación y recalibración de sus prácticas y procesos internos (*Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022*). En este contexto, Herdez se vio

impulsada a explorar y adoptar nuevas tecnologías y procesos para mejorar la eficiencia operativa y la calidad de sus procesos de tratamiento de aguas residuales. La búsqueda de Herdez por la incorporación de tecnologías y procesos más eficientes reflejó su interés por la innovación y la mejora continua en sus procesos. A continuación, se explora en detalle cómo Herdez lleva a cabo esta búsqueda de eficiencia a través de la adopción de tecnologías y la optimización de sus procesos. El cuadro 8 describe estos procesos:

Cuadro 8.- Incorporación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en Herdez

Área Focal	Descripción
Operaciones y mantenimiento	La elección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales en la planta de la empresa no se guía por costos, sino por su adecuación al proceso, futuras capacitaciones del personal, mantenimiento y durabilidad (evaluada en horizontes de 5, 10 o 20 años). La decisión también contempla la escalabilidad de la tecnología ante posibles expansiones productivas, asegurando que sea funcional en escenarios de crecimiento. La intención es asegurar que la tecnología adoptada sea la más apta y sostenible en el contexto operativo a largo plazo.
Tecnología de Monitoreo	La adopción de sensores y sistemas inteligentes permite a Herdez monitorear en tiempo real factores críticos como temperatura y calidad, garantizando que los productos cumplan con los estándares de seguridad y calidad.
Adopción de Innovación	La empresa, en el contexto del tratamiento de aguas residuales, no innova en tecnología, sino que adapta tecnologías ya existentes en el mercado a sus propios procesos. La técnica utilizada implica procesos biológicos donde organismos (referidos coloquialmente como "bichos")

	reducen la materia orgánica en el agua, simplificando de esta manera el manejo del tratamiento de aguas dentro de sus operaciones.
Análisis de Datos	La empresa utiliza el análisis de datos para identificar oportunidades, comprender los patrones de consumo y tomar decisiones basadas en datos respecto a la producción y distribución.
Tecnología	La planta implementó un sistema de tratamiento de aguas residuales diseñado por un ingeniero mexicano, utilizando en su mayoría equipo nacional, exceptuando algunos elementos como un motor adquirido en Alemania. La implementación involucró la construcción física de las instalaciones, utilizando tecnologías y materiales locales, como Rotoplas para los tanques de tratamiento y fibra de vidrio en procesos físico-químicos. Por lo tanto, la empresa ha privilegiado el uso y aplicación de tecnología mexicana disponible para el desarrollo, instalación y operación del sistema.
Mejora tecnológica	La tecnología para el tratamiento de aguas residuales en la empresa se mantuvo constante en las áreas física y físico-química, pero experimentó una mejora significativa en el reactor biológico. Anteriormente, el sistema utilizaba aireadores situados sobre los ventiladores para mover el agua, lo que no era eficiente y perjudicaba la calidad del tratamiento del agua, ya que las bacterias necesarias morían y no podían procesar la materia orgánica correctamente. Por lo tanto, la empresa implementó una nueva tecnología que incorpora tubos con perforaciones (aireadores) dentro del reactor desde abajo, con el objetivo principal de proporcionar aire al agua y permitir que las bacterias aeróbicas descompongan la materia orgánica de manera efectiva, optimizando así el proceso de tratamiento de aguas.

Sustentabilidad	Herdez implementa prácticas y tecnologías que promueven la sostenibilidad, buscando reducir el consumo de recursos y minimizar tanto los residuos como el impacto ambiental en sus operaciones de producción y distribución.
-----------------	--

Fuente: Elaboración propia a partir de la entrevista realizada al coordinador de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022.

En la empresa se presta particular atención a la gestión del tratamiento de aguas residuales. El proceso de selección de tecnología no se centra en los costos, sino más bien en la idoneidad de la tecnología para los procesos existentes, con una mirada a la necesidad de futuras capacitaciones, mantenimiento, durabilidad y potencial de escalabilidad en caso de expansión. Aunque la empresa no innova en tecnología de tratamiento de aguas per se, adapta las soluciones existentes en el mercado a sus propias operaciones, subrayando un enfoque en procesos biológicos que minimizan la materia orgánica en el agua. Se ha hecho uso de tecnología y materiales principalmente nacionales para la implementación del sistema, apostando por la utilización y aplicación de tecnología mexicana. Una mejora significativa se llevó a cabo en el reactor biológico para optimizar el proceso y hacerlo más eficiente, cambiando a una tecnología que emplea tubos con perforaciones para alimentar de aire al agua desde abajo, lo que favorece la actividad de las bacterias aeróbicas y mejora la descomposición de la materia orgánica. Todo esto se inscribe en un marco de sustentabilidad, al buscar estrategias y tecnologías que minimicen el impacto ambiental y favorezcan las operaciones sostenibles. Además, la tecnología de monitoreo y el análisis de datos desempeñan roles cruciales para mantener y garantizar la calidad y seguridad del producto, al tiempo que proporcionan insights valiosos para la toma de decisiones en la producción y distribución.

Dentro del análisis de la incorporación tecnológica, las capacidades tecnológicas de Herdez se evidencian en su enfoque adaptativo y estratégico para seleccionar y aplicar tecnologías. Un ejemplo clave de estas capacidades es la implementación de sistemas de aireación desde abajo en los reactores biológicos, una innovación que permitió optimizar la oxigenación del agua tratada, asegurando que las bacterias aeróbicas procesen la materia orgánica de manera más eficiente. Esta solución no solo mejoró significativamente la eficiencia del tratamiento de aguas residuales, sino que también destacó la habilidad de la empresa para identificar e implementar tecnologías que generan impactos medibles tanto en términos ambientales como económicos.

Además, Herdez ha mostrado una capacidad para vincular estas innovaciones tecnológicas con herramientas financieras y operativas, como el uso del Balanced Scorecard para integrar indicadores de sustentabilidad con objetivos estratégicos. Esto no solo refleja el desarrollo de sus capacidades tecnológicas, sino también su habilidad para traducirlas en beneficios prácticos y cuantificables, como la reducción del 85% de los contaminantes en las aguas tratadas y la reutilización de estas en procesos internos.

De este modo, la capacidad de Herdez para adoptar tecnologías específicas y adaptarlas a sus operaciones muestra su compromiso con la sustentabilidad y la mejora continua, elementos esenciales en la gestión moderna de recursos hídricos. Estas iniciativas reflejan el desarrollo de capacidades tecnológicas que van más allá de la simple implementación de herramientas innovadoras. Herdez ha logrado integrar estas capacidades como parte de una estrategia proactiva que transforma los retos ambientales en oportunidades de mejora continua. Este enfoque no solo ha permitido a la empresa cumplir con los estándares normativos, sino que también la ha posicionado como un referente en la industria alimentaria en términos de sostenibilidad. De esta forma, las capacidades tecnológicas se consolidan como un eje central para garantizar la competitividad y responsabilidad ambiental de Herdez.

VI.3.7.- Capacidades tecnológicas antes y después de la regulación gubernamental

La evolución de las capacidades tecnológicas en Herdez se puede analizar en dos etapas claramente delimitadas: antes de las regulaciones ambientales implementadas en la década de 1990 y después de dichas regulaciones, cuando la empresa adoptó un enfoque más proactivo hacia la sustentabilidad.

1. Capacidades tecnológicas previas a la regulación

Antes de la introducción de las normativas ambientales, las capacidades tecnológicas de Herdez eran limitadas y respondían principalmente a las necesidades operativas básicas de la empresa. En esta etapa:

- **Tecnología incorporada:** Se utilizaban tecnologías tradicionales de bajo costo y sin un enfoque explícito en la sostenibilidad, como sistemas de filtrado rudimentarios para el manejo de aguas residuales.
- **Procesos de innovación:** Los procesos de innovación eran reactivos, destinados únicamente a cumplir con las demandas inmediatas del mercado, sin indicadores de eficiencia ni optimización.
- **Fuentes de innovación:** La experiencia práctica y la observación directa eran las principales fuentes de conocimiento, sin colaboración significativa con expertos externos o inversiones en capacitación.
- **Tipos de innovación:** Las innovaciones tecnológicas y organizacionales eran mínimas, enfocadas principalmente en mantener la operatividad y competitividad básica.
- **Prácticas de tratamiento:** Las plantas de tratamiento se limitaban a procesos básicos, sin integración de monitoreo avanzado ni herramientas de análisis de eficiencia hídrica.
- **Falta de indicadores:** No existían métricas específicas para evaluar el impacto ambiental ni la eficiencia en el uso del agua. Las decisiones relacionadas con el tratamiento del agua no estaban basadas en análisis financieros ni en estrategias a largo plazo.

2. Capacidades tecnológicas desarrolladas tras la regulación gubernamental

Con la implementación de regulaciones ambientales más estrictas en la década de 1990, Herdez transformó sus capacidades tecnológicas para adaptarse a un entorno más exigente. En esta etapa:

- **Optimización de plantas de tratamiento:** Diseñó e implementó la operación de 10 plantas adaptadas a sus necesidades productivas, incluyendo la de McCormick. En ésta incorporó procesos avanzados en el tratamiento primario (como el uso de sistemas de flotación por aire disuelto) y en el tratamiento terciario (filtración con carbón activado y luz ultravioleta).
 - Incorporó sistemas biológicos para el tratamiento secundario, utilizando bacterias aeróbicas para descomponer materia orgánica.
 - Adoptó tecnología en la configuración de los reactores biológicos, como la instalación de aireadores internos que optimizan el consumo de oxígeno y mejoran la eficiencia del tratamiento.
- **Tecnología incorporada:** Se implementaron sistemas avanzados como reactores biológicos, tratamientos físico-químicos y tecnologías de aireación desde abajo para el tratamiento de aguas residuales.
- **Procesos de innovación:** Los procesos se volvieron estratégicos y basados en indicadores como el consumo de agua por tonelada fabricada, adoptando metodologías como SKA (Síntoma, Remedio, Acción) para identificar problemas y soluciones.
- **Monitoreo y análisis en tiempo real:** Uso de sensores inteligentes y herramientas de análisis de desempeño (KPIs) como el volumen de agua consumida y la eficiencia en el tratamiento.
- **Fuentes de innovación:** La empresa comenzó a colaborar con consultores externos, participó en exposiciones tecnológicas y fomentó la capacitación continua de su personal, integrando experiencias nacionales e internacionales.

- **Reutilización del agua tratada:** Aplicación en procesos no críticos, como riego de jardines y limpieza de áreas no sensibles, con evaluación de sistemas terciarios avanzados para ampliar su uso.
- **Colaboración y capacitación:** Trabajo con consultores externos, participación en exposiciones tecnológicas y capacitación continua del personal.
- **Procesos de limpieza mejorados:** Implementación de técnicas de limpieza en seco para reducir el consumo de agua y minimizar desechos. Adoptó estrategias para la separación de residuos sólidos antes de los procesos de limpieza, lo que disminuyó la contaminación del agua utilizada.
- **Tipos de Innovación:** La innovación tecnológica y de procesos se consolidó con iniciativas como el secador de lodos y la reutilización de residuos como mejoradores de suelos, además de desarrollar proyectos piloto como la potabilización del agua tratada mediante ósmosis inversa.

Cuadro 9.- Comparativo general de la evolución tecnológica e innovativa antes y después de la regulación en Herdez

Categoría	Antes de la Regulación	Después de la Regulación
Tecnología incorporada	Uso de tecnologías tradicionales de bajo costo, sin enfoque en sostenibilidad (sistemas de filtrado rudimentarios).	Implementación de sistemas avanzados (reactores biológicos, tratamientos físico-químicos, tecnologías de aireación).
Procesos de innovación	Innovación reactiva, limitada a cumplir demandas del mercado sin indicadores de eficiencia.	Procesos estratégicos basados en indicadores de consumo de agua y metodologías de mejora (SKA).
Fuentes de innovación	Basada en experiencia práctica y observación, sin colaboración con expertos o inversión en capacitación.	Colaboración con consultores, participación en exposiciones tecnológicas y capacitación continua.
Tipos de innovación	Mínima innovación tecnológica y organizacional, enfocada solo en operatividad básica.	Innovación consolidada con iniciativas como el secador de lodos y reutilización de residuos.

Prácticas de tratamiento	Procesos básicos sin monitoreo avanzado ni herramientas de análisis.	Desarrollo de 10 plantas de tratamiento con sistemas específicos para cada necesidad.
Monitoreo y análisis	No existían métricas para evaluar impacto ambiental o eficiencia del agua.	Uso de sensores inteligentes y análisis de desempeño (KPIs) para monitorear eficiencia.
Reutilización del agua	No se implementaban estrategias de reutilización de agua tratada.	Aplicación en riego de jardines y limpieza de áreas no sensibles, con evaluación de sistemas terciarios.
Optimización de plantas	No existía una optimización de las plantas de tratamiento más allá de lo exigido por la ley.	Diseño y operación de 10 plantas optimizadas, incluyendo la de McCormick, con flotación por aire disuelto y filtración avanzada.
Capacitación y colaboración	No había capacitación formal ni colaboración con expertos externos.	Capacitación continua del personal y colaboración con expertos externos.
Procesos de limpieza	Se utilizaban métodos convencionales con alto consumo de agua.	Implementación de limpieza en seco y separación de residuos sólidos para reducir contaminación hídrica.

Fuente: Elaboración propia

VI.4.- Ámbito institucional y económico

VI.4.1.- Cumplimiento normativo

Actualmente en México existen varias normas y regulaciones para el tratamiento de aguas residuales a las cuales las empresas deben adherirse para poder seguir con su producción sin ningún problema normativo. Las leyes, normas y organismos regulatorios que actualmente se encuentran vigentes se resumen en el siguiente cuadro 10:

Cuadro 10.- Leyes, normas y organismos reguladores del agua en México

Categoría	Nombre	Año de creación	Descripción
Ley	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	1988	Establece los principios para la protección del medio ambiente y el uso

			sustentable de los recursos naturales, incluyendo el agua.
Ley	Ley de Aguas Nacionales (LAN)	1992	Regula la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
Norma Oficial Mexicana (NOM)	NOM-001-SEMARNAT-1996	1996	Define los límites máximos de contaminantes permitidos en descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
Norma Oficial Mexicana (NOM)	NOM-002-SEMARNAT-1996	1996	Regula los límites de contaminantes en descargas de aguas residuales que se vierten en el alcantarillado urbano o municipal.
Norma Oficial Mexicana (NOM)	NOM-003-SEMARNAT-1997	1997	Especifica los límites de contaminantes permitidos en aguas residuales tratadas que se reúsan en servicios públicos.
Norma Oficial Mexicana (NOM)	NOM-004-SEMARNAT-2002	2002	Establece los límites de contaminantes en descargas de aguas residuales provenientes de procesos industriales.
Organismo Regulador	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	1989	Organismo encargado de la administración,

			conservación y regulación del agua en México.
Organismo Regulador	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	2000	Dependencia encargada del desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente, incluyendo la gestión del agua.

Fuente: Elaboración propia a partir de www.conagua.gob.mx

Herdez demuestra una adherencia a las normativas y estándares ambientales en sus operaciones, reflejando una conciencia acerca de la importancia de proteger tanto el medio ambiente como la salud humana. El compromiso de la empresa se observa a través de su reconocimiento de la necesidad de cumplir con las regulaciones de descarga de aguas residuales y otros aspectos ambientales, sin posicionarse como una figura predominante o ejemplar en el sector. La práctica de sus operaciones se realiza con un entendimiento de la relevancia de salvaguardar los recursos naturales, mitigar los impactos negativos que podrían derivarse de sus actividades y de igual manera minimizar los costos económicos que pueden surgir si no cumple en sus descargas de aguas residuales con las normas que se le estipula.

Previamente de implementar las prácticas en atención al cuidado del recurso hídrico la empresa Herdez enfrentó diversas carencias en su gestión ambiental. A pesar de ser una compañía reconocida, no estaba exenta de desafíos y limitaciones en el monitoreo y tratamiento de sus aguas residuales. La ausencia de un equipo sólido y especializado en el seguimiento de normativas y la falta de áreas concretas dedicadas al análisis y monitoreo del cumplimiento normativo, dejaron a la empresa en una posición en la que era imperativo adoptar nuevas estrategias para asegurar su adhesión a las regulaciones ambientales y minimizar cualquier posible impacto negativo sobre el medio ambiente y la comunidad.

El establecimiento de áreas dedicadas al monitoreo y revisión constante de las normativas gubernamentales fue fundamental para garantizar el cumplimiento a lo

largo del tiempo. Estas áreas fueron compuestas por equipos multidisciplinarios que incluían expertos en regulaciones ambientales, ingenieros de tratamiento de aguas y otros profesionales relevantes. Estos equipos supervisan de cerca las operaciones, recopilan datos, realizan análisis y se aseguran de que los estándares y regulaciones se cumplan en todo momento.

La importancia de esta estrategia radica en la reputación de Herdez como una empresa responsable y comprometida con la sostenibilidad. Al cumplir con las normativas de descarga, la empresa logra evitar posibles sanciones y multas, y a su vez contribuye a la protección del medio ambiente y a la imagen positiva de la empresa en términos de responsabilidad ambiental.

Herdez implementa una estrategia de cumplimiento normativo con un enfoque dirigido hacia la gestión ambiental, que busca, entre otras cosas, reducir la carga orgánica y el volumen de agua en las aguas residuales. El establecimiento de áreas de monitoreo dedicadas indica un compromiso con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Si bien esta estrategia facilita la adhesión a las regulaciones pertinentes, es fundamental reconocer que la empresa, al igual que otras en la industria, sigue explorando y adaptándose a prácticas ambientales que podrían fortalecer aún más su participación en la protección del medio ambiente y la sostenibilidad a largo plazo. La estrategia de cumplimiento normativo de Herdez no solo se limita a un enfoque reactivo ante las regulaciones, sino que también impulsa un enfoque proactivo hacia la gestión ambiental. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

Herdez, al enfrentar los desafíos medioambientales, se inclina hacia una práctica que abarca más que la simple autorregulación, también abrazando un cumplimiento riguroso de las normas gubernamentales en el ámbito ambiental. La empresa, en su intento por disminuir la carga orgánica y el volumen de agua en las aguas residuales, busca no solo cumplir con los estándares regulatorios, sino también mostrar un compromiso continuado con el bienestar ambiental. A través de la adopción de prácticas y tecnologías orientadas a minimizar el impacto sobre el entorno, la compañía manifiesta una dedicación hacia una operación y mejora persistentes, no limitándose únicamente a la reducción de su impacto ecológico. En

este sentido, el desarrollo de áreas destinadas específicamente al seguimiento y revisión incesante de las normativas enfatiza un enfoque en la transparencia y rendición de cuentas operacionales. Dichas áreas, vitales para el monitoreo y análisis constantes, también sirven como núcleos para la comunicación, interna y externa, asegurando que el cumplimiento de normativas y estrategias de gestión medioambiental se mantengan alineadas y coherentes. Herdez, con estas medidas, sugiere una ruta que, aunque obligada por la legalidad, es transitada con una perspectiva que mira hacia la adopción de prácticas comerciales en pro de la sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

VI.4.2.- Valoración del recurso hídrico

Dentro del marco del respeto y la gestión sostenible del agua, Herdez enfrentó retos significativos. La empresa reconoció la importancia del agua no solo como un recurso esencial para la vida, sino también en términos de sustentabilidad ambiental y social. Este reconocimiento llevó a Herdez a revisar y mejorar sus prácticas relacionadas con la extracción, uso y descarga del agua. Identificaron áreas clave para la conservación y la optimización del uso del agua en sus procesos operativos y corporativos, señalando que había margen para mejorar en estos aspectos.

Asimismo, el cumplimiento de las normativas gubernamentales se convirtió en un aspecto crítico para Herdez. La empresa reconoció que el incumplimiento de estas normas conllevó a significativos costos económicos, lo que subrayó la importancia de adherirse a las regulaciones establecidas y de ir más allá de ellas en la búsqueda de prácticas sostenibles.

La valoración del recurso hídrico constituye un elemento fundamental en la búsqueda de la sustentabilidad y el equilibrio ambiental. El hecho de reconocer, por parte de la empresa, la importancia de considerar el agua como un recurso verdaderamente valioso va más allá de simplemente comprender su función vital para la vida en el planeta; implica internalizar la idea de que su disponibilidad no es un hecho garantizado. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). Por lo tanto, para la empresa valorar el agua implica reconocer que su gestión adecuada es esencial para garantizar un futuro sostenible para las generaciones futuras.

Este reconocimiento de la valía del agua también conllevó a un llamado a la acción por parte de la empresa. Implicando la necesidad de adoptar prácticas de conservación y uso eficiente del agua en todos los niveles, desde el ámbito operativo hasta el ámbito corporativo. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). Asimismo, la valoración del agua por parte de la empresa como recurso valioso implicó el desarrollo y la adopción de una conciencia profunda, de que su disponibilidad y calidad no son garantías automáticas que dependen de la colaboración y la responsabilidad de todas las áreas.

VI.4.3.- Responsabilidad en extracción y uso

Dentro del contexto de Herdez, la noción de responsabilidad en relación con la extracción y uso del agua se ha convertido en un aspecto clave de su enfoque hacia la sostenibilidad y la gestión consciente de recursos. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022) Una notable área de oportunidad para Herdez radicaba en intensificar y solidificar sus esfuerzos, posiblemente orientados por regulaciones gubernamentales más estrictas. En otras palabras, un marco regulatorio más robusto habría sido un puente para que Herdez transitara de un enfoque reactivo a uno más proactivo y estratégico en la administración responsable del agua.

Inicialmente Herdez comenzó con la idea de "aprender a cuidar el agua desde su extracción y mantener operaciones adecuadas para evitar desperdicios (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). En este contexto, "aprender" significa en la empresa no solo comprender, sino también internalizar y actuar en consecuencia. Herdez ha asumido la responsabilidad de cuidar el agua desde el momento de su extracción, lo que implica considerar cuidadosamente la fuente de agua, la cantidad extraída y la velocidad a la que se extrae (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). Esto involucró la implementación de tecnologías y prácticas que evalúan y monitorean constantemente los niveles de agua en las fuentes utilizadas, asegurando que la extracción sea sostenible y respetuosa con los ciclos naturales de renovación.

Aunque Herdez ha manifestado una concienciación y adoptado medidas respecto a la responsabilidad en la extracción y uso del agua, este esfuerzo no es exclusivo ni

pionero en la industria. La empresa ha incorporado prácticas para la conservación del agua, tanto en sus procesos de producción como en el entorno operativo, que buscan no solo cumplir con las regulaciones ambientales existentes, sino también contribuir, en alguna medida, a la sostenibilidad ambiental.

VI.4.4.- Cambio de mentalidad en descarga hídrica

Antes de la implementación del cambio de mentalidad en la descarga, la empresa enfrentó varias carencias en relación con la gestión de sus aguas residuales. Aunque siempre se cumplió con las normativas básicas, existía un margen significativo para mejorar y optimizar los procesos en términos de tratamiento de aguas y la reincorporación de éstas en sus operaciones de una manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. La perspectiva previa, más orientada hacia el cumplimiento normativo básico y menos hacia una responsabilidad ambiental integral, requería una revisión y ajuste para alinear las operaciones de la empresa con las crecientes expectativas sociales y ambientales. El tratamiento de las aguas residuales, que anteriormente podría haber sido visto meramente como un proceso de cumplimiento, se ha transformado para convertirse en una parte integral de la responsabilidad por parte de la empresa con prácticas sostenibles con el medio ambiente, sin embargo, el camino para llegar a este punto evidenció la necesidad de un enfoque más robusto y consciente en las prácticas de gestión del agua desde etapas anteriores.

El "cambio de mentalidad en la descarga en Herdez" refleja una transformación fundamental en la forma en que la empresa aborda el tratamiento de aguas residuales generadas en sus operaciones. Este cambio implica un enfoque más consciente, donde las plantas de tratamiento de aguas se perciben como sistemas para tratar agua en lugar de simplemente tratar residuos. (*Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick – Herdez, 2022*). La evolución en la perspectiva de la empresa hacia una mayor sostenibilidad y gestión responsable de recursos parece estar más motivada por la necesidad de adaptarse a los requerimientos ambientales y regulatorios, que por un compromiso intrínseco con estas prácticas. Aunque se ha registrado un cambio, este parece ser más una reacción a las presiones regulatorias y a las expectativas del mercado que una

iniciativa proactiva orientada hacia la sostenibilidad. La adopción de estas prácticas por parte de la empresa puede interpretarse como un esfuerzo por mantener la conformidad y evitar sanciones, en lugar de reflejar una verdadera asunción de responsabilidad hacia el medio ambiente y los recursos naturales.

Antes del cambio que realizó Herdez, la visión convencional podría haber llevado a considerar las aguas residuales como subproductos indeseables de los procesos de producción. Sin embargo, el nuevo enfoque reconoce que estas aguas pueden tratarse y reutilizarse, convirtiéndolas en una valiosa fuente de recursos hídricos en lugar de simplemente desecharlas. La perspectiva se desplaza de considerar las plantas de tratamiento como un último paso para eliminar residuos a verlas como centros que recuperan, depuran y reacondicionan el agua utilizada en la producción, reduciendo la carga sobre las fuentes de agua fresca y minimizando el impacto ambiental. La empresa Herdez usa el agua tratada en diferentes lugares, como por ejemplo, en los sanitarios, en los jardines para riego, ya que es agua que no lleva concentraciones altas de nutrientes, de sales y/o de cloro. Dado que son los dos únicos lugares en donde la empresa utiliza el agua tratada, están analizando en qué otro servicio pueden utilizarla por lo cual eso les obligaría a poner un sistema terciario (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022). El cambio de mentalidad en Herdez respecto a la descarga hídrica ha insinuado una adaptación hacia prácticas más sostenibles y conscientes en la gestión de sus aguas residuales, posicionando las plantas de tratamiento no solo como sistemas para gestionar residuos, sino también como herramientas para tratar y, potencialmente, reutilizar el agua.

La inversión de Herdez en tecnologías para el tratamiento del agua, aunque progresista, parece estar motivada tanto por razones económicas como por la conservación del recurso. Esta estrategia, que integra la reutilización del agua en sus procesos productivos, representa un avance, pero aún deja espacio para futuras innovaciones y estrategias más eficientes en la gestión del agua. Este enfoque inicial puede ser visto como un primer paso, que invita tanto a Herdez como a otros actores de la industria a seguir explorando y mejorando sus prácticas en relación al uso y tratamiento del agua. Aunque la dirección tomada por Herdez es positiva,

claramente se trata de un punto de partida en un proceso continuo de mejoras en la gestión responsable y sostenible del agua en el contexto corporativo, sugiriendo que todavía hay un largo camino por recorrer en términos de optimización y sostenibilidad.

VI.5.- Ámbito organizacional (aprendizaje)

VI.5.1.- Priorización efectiva

Aunque la táctica actual de Herdez muestra un enfoque en la optimización de recursos al centrarse en metas clave seleccionadas anualmente, no siempre la empresa ha navegado con tal precisión estratégica. En periodos anteriores, Herdez enfrentó notables desafíos relacionados con la gestión de sus recursos y la priorización de sus objetivos. La dispersión de recursos en una amplia variedad de proyectos y la falta de una dirección estratégica clara a menudo resultaba en esfuerzos diluidos y una utilización subóptima de los proyectos. Esta falta de enfoque, además, originó que se generaran cuestionamientos internos y externos respecto a la eficiencia y efectividad de la estrategia organizacional de la compañía, situaciones que, con el tiempo, forjaron el terreno para la adopción de su actual metodología estratégica.

La estrategia de priorización efectiva dentro de Herdez representa un enfoque estratégico para administrar recursos, tiempo y esfuerzos de manera más eficiente y enfocada. En lugar de dispersar los recursos en un gran número de objetivos, la empresa se concentra en un número selecto de metas clave cada año. Esta estrategia tiene como objetivo lograr un impacto significativo y concentrado en áreas específicas, lo que puede tener beneficios notables tanto en términos de resultados como en la optimización de los recursos.

El desarrollo de capacidades tecnológicas en Herdez no fue un proceso espontáneo, sino el resultado de un aprendizaje organizacional continuo que involucró tanto la mejora interna como la colaboración con expertos externos. Estas capacidades tecnológicas se tradujeron en la implementación de tecnologías avanzadas, como sistemas de tratamiento biológico y procesos de optimización energética, que permitieron a la empresa no solo alcanzar sus metas ambientales, sino también posicionarse como un referente en sostenibilidad. Este enfoque

estratégico evidencia cómo la organización integró su aprendizaje colectivo en cada decisión tecnológica

La priorización efectiva se basa en el reconocimiento de que los recursos de la empresa son finitos y que, para lograr un progreso real y sostenible, es fundamental concentrarlos en iniciativas estratégicas que generen un cambio palpable. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022) Al limitar el número de metas clave por año, Herdez se asegura de que todas las energías estén centradas en los objetivos más importantes y estratégicos. Esto lleva a una mayor alineación de los equipos y departamentos, ya que todos trabajan en la misma dirección hacia los mismos objetivos en relación al cuidado del recurso hídrico. Además, al focalizarse en un número limitado de metas, la empresa asigna recursos adecuados y suficientes para alcanzar un impacto tangible. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

La elección de metas clave se basó en un análisis cuidadoso y una evaluación de las áreas que ofrecen el mayor potencial para el crecimiento, la mejora o la innovación. Estas metas son específicas para la empresa, como la reducción de desperdicios y la mejora de la eficiencia del consumo de agua en la producción.

VI.5.2.- Medición precisa desempeño (eficacia y eficiencia operacional)

Antes de que Herdez implementara su actual enfoque de medición precisa basado en datos concretos y KPIs cuantificables, la empresa atravesó por fases donde la evaluación de sus iniciativas y acciones carecía del rigor analítico. Las estrategias y los proyectos se evaluaban, en muchas ocasiones, mediante métodos menos estructurados y basados en percepciones subjetivas o resultados cualitativos, lo cual no siempre ofrecía una imagen clara o precisa del verdadero impacto o eficacia de una iniciativa. La falta de precisión en las métricas y la posible inconsistencia en las evaluaciones en ese entonces, conllevó a decisiones que no estaban totalmente alineadas con los datos reales del rendimiento de la empresa. La transición hacia una estrategia de medición más rigurosa y basada en datos refleja un aprendizaje organizacional y una evolución hacia prácticas de negocio más informadas y efectivas. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

La estrategia de medición precisa en Herdez es un enfoque clave para evaluar y cuantificar el éxito de las iniciativas y acciones emprendidas por la empresa. En lugar de depender de evaluaciones subjetivas o interpretaciones cualitativas, Herdez adoptó un enfoque basado en métricas y KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) cuantificables. Esto implica el uso de datos medibles y numéricos para predecir, evaluar y medir el impacto de diversas iniciativas en la organización en el cuidado del recurso hídrico.

La utilización de métricas y KPIs cuantificables fue esencial por varias razones: (Entrevista con la directora de finanzas de Herdez, 2022)

1. Proporciona una base objetiva para evaluar el rendimiento y los resultados. En lugar de depender de opiniones o juicios subjetivos, la empresa tiene datos concretos que respaldan sus conclusiones y decisiones. Esto facilita una comprensión clara de si una iniciativa está logrando sus objetivos o si se requieren ajustes.
2. Las métricas y KPIs cuantificables permiten la predicción y la planificación efectiva. Al analizar los datos históricos y las tendencias, Herdez puede hacer proyecciones informadas sobre el posible impacto futuro de ciertas iniciativas. Esto ayuda en la toma de decisiones estratégicas y en la asignación de recursos de manera más eficiente.
3. Otra ventaja clave es la capacidad de comparación y benchmarking. Al tener datos numéricos y medibles, la empresa pudo comparar su desempeño actual con los estándares internos o con los de la industria. Esto ayudó a identificar áreas de fortaleza y oportunidades de mejora, así como a establecer metas realistas y alcanzables.

La implementación exitosa de esta estrategia implica la selección adecuada de métricas y KPIs que estén alineados con los objetivos y valores de la empresa. Estos indicadores deben ser relevantes, medibles y proporcionar una imagen completa de la eficacia de las iniciativas. Además, es importante establecer sistemas y procesos para recopilar y analizar los datos de manera continua y coherente.

Asimismo, la estrategia de medición precisa en Herdez es un enfoque que impulsa la toma de decisiones basada en datos y el logro de resultados tangibles. Al utilizar

métricas y KPIs cuantificables, la empresa puede predecir, evaluar y medir el impacto de sus iniciativas de manera objetiva y efectiva. Esta estrategia fortalece la capacidad de Herdez para mejorar sus operaciones, ajustar sus estrategias y avanzar hacia el éxito sostenible en un entorno empresarial competitivo.

VI.5.2.1.- Optimización del manejo del recurso hídrico en Herdez a través de KPIs efectivos

Herdez realiza descargas de agua en todos sus procesos de producción y considerando que está inmersa en el sector alimentario, una materia prima esencial es el agua, adoptan el compromiso de cuidar el recurso hídrico, y esto tiene mucho que ver el por el hecho de las regulaciones gubernamentales que se han ido implementado desde 1990. Asimismo, los datos significativos que muestran sus descargas de aguas con los sólidos disueltos totales (SDT, o TDS por sus siglas en inglés) los cuales son el residuo que queda después de evaporar una muestra de agua previamente filtrada a través de un elemento de fibra de vidrio con abertura de 1.5 micras. (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

Gráfica 2.- Descarga de aguas residuales de Herdez (2016-2020) en metros cúbicos (m³)

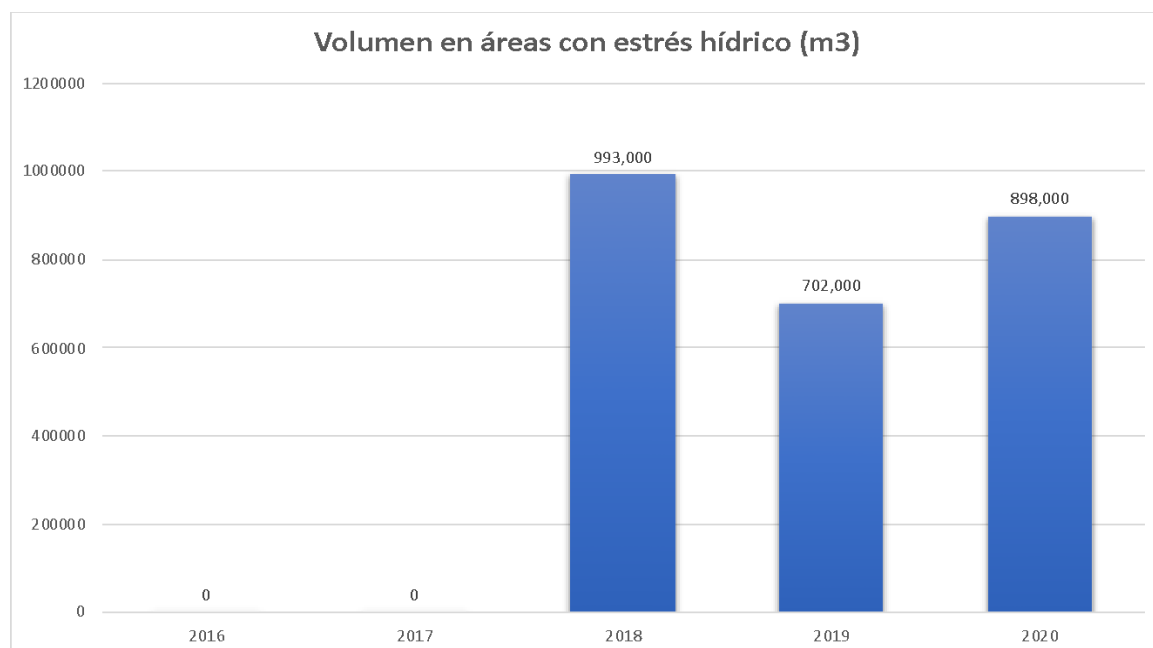


Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

Desde el año 2016, Herdez ha venido navegando por un camino fluctuante en términos de manejo del recurso hídrico, haciendo visible un compromiso hacia la gestión sustentable del agua. En el mencionado año, las descargas de agua de la empresa se cifraron en 722,000 metros cúbicos. Sorpresivamente, en 2017, se observa un incremento a 1,087,000 metros cúbicos, un aumento que no refleja un derroche, sino que se atribuye a la inclusión de más plantas en los sistemas de medición de la empresa, las cuales no fueron consideradas en los cálculos del año previo. 2018 fue testigo de una merma de 93,000 metros cúbicos en comparación con el año precedente, mostrando una tendencia de ahorro. De manera impresionante, en 2019, las cifras reflejaron una sustancial disminución, descendiendo a 823,000 metros cúbicos de agua descargada. Contrariamente, en 2020 se percibe un alza, con un total de 1,042,000 metros cúbicos descargados. Este último incremento no simboliza necesariamente una gestión menos eficiente del agua, sino que, según informa la propia empresa, es el resultado del crecimiento de la producción y la inclusión de operaciones de verduras en Sonora, México, a los indicadores internos. Esta operación no había sido considerada previamente debido a que se estaba desarrollando la planta de tratamiento de aguas residuales en dicha localidad. Es vital entender que estos datos, lejos de representar simplemente números, reflejan una historia de expansión, adaptación y constante esfuerzo por una gestión hídrica responsable en Herdez.

A través de la información facilitada por Herdez y visualizada en la gráfica 3 proporcionada, se observa una notable variación en las descargas de agua realizadas en áreas identificadas con estrés hídrico durante los años 2018 al 2020 (se aclara que para el 2016 y 2017, la empresa no proporcionó datos precisos y no especificó las razones de ello).

Gráfica 3.- Evolución del volumen de descargas de agua en zonas de estrés hídrico por Herdez entre 2018 y 2020 en metros cúbicos (m³)

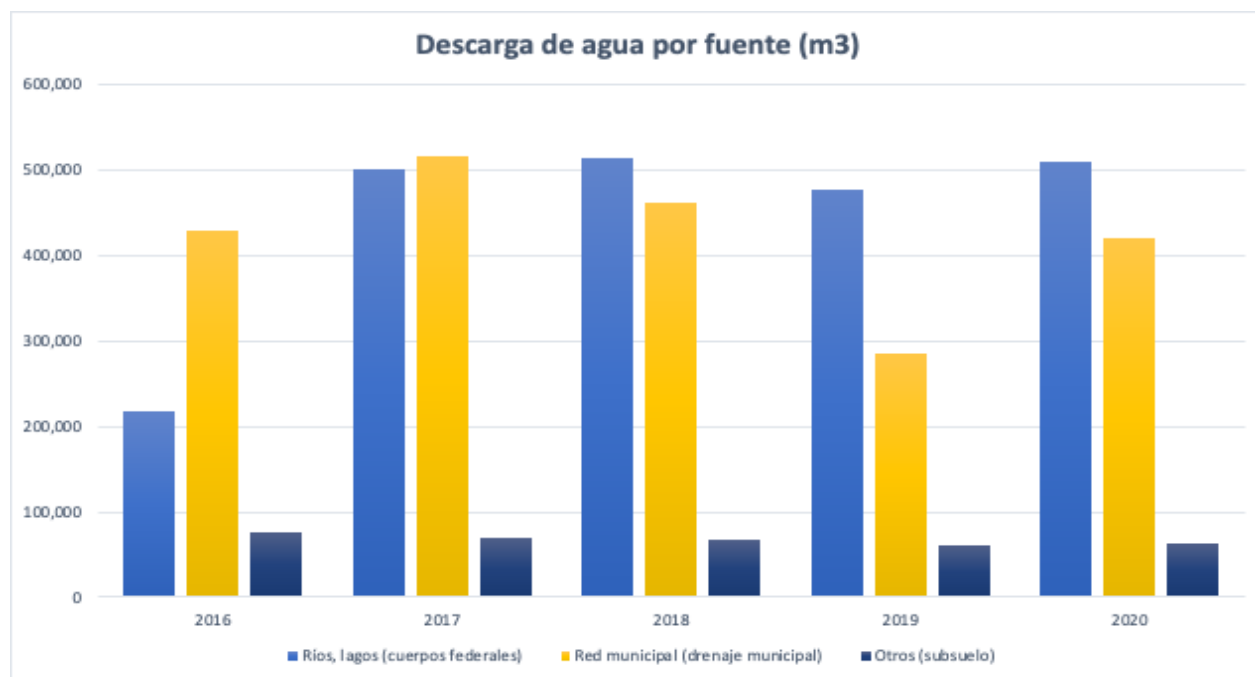


Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

En 2018, la empresa reportó un volumen de descargas de agua de 993,000 m³ en dichas áreas críticas. En el año consecutivo, 2019, Herdez logró reducir significativamente este volumen a 702,000 m³, evidenciando un esfuerzo y resultados en la gestión sostenible del recurso. Sin embargo, el año 2020 mostró un incremento, alcanzando las 898,000 m³ en descargas en zonas con estrés hídrico. Según lo compartido por la empresa, este aumento está vinculado, en gran parte, a la inclusión de procesos productivos en las mediciones que previamente no habían sido contemplados al monitorear las descargas de aguas en sus plantas. Este recorrido numérico, por tanto, refleja los desafíos y adaptaciones de Herdez en la administración del recurso hídrico, considerando especialmente las áreas bajo condiciones de estrés hídrico, y la evolución de sus procesos y métricas de sostenibilidad a lo largo de los años mencionados.

El gráfico 4 nos permite observar una transición notable en las prácticas de descarga de agua de Herdez a lo largo de un periodo de cinco años.

Gráfica 4.- Análisis de los cambios en las fuentes de descarga de agua utilizadas por Herdez desde 2016 hasta 2020 en metros cúbicos (m³)

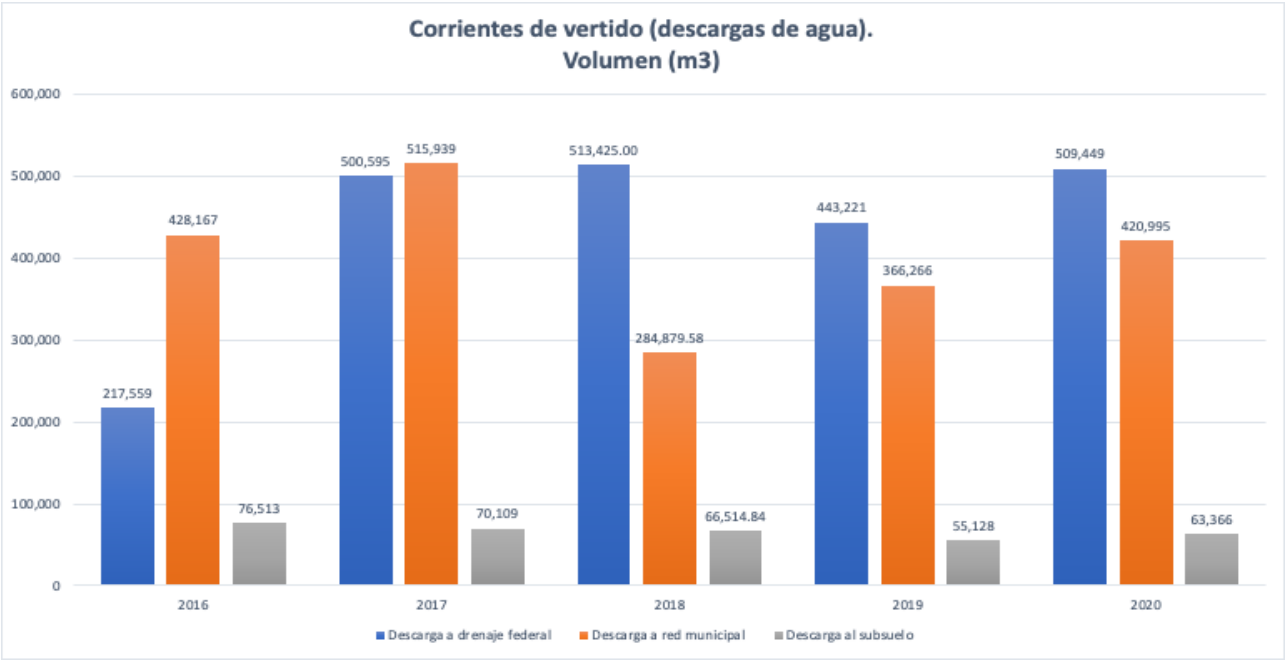


Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

Durante 2016 y 2017, la empresa dirige sus principales descargas de agua hacia la red municipal, es decir, utilizaba el sistema de drenaje de los municipios en los que se localizan sus plantas de producción. Sin embargo, se observa un cambio en esta tendencia durante los años 2018, 2019 y 2020, donde los ríos y lagos, categorizados como cuerpos federales, se convierten en la principal fuente de descarga. Es esencial destacar que esta transición, de usar la red municipal a cuerpos federales para la descarga, se atribuye, según lo identificado en la investigación, a modificaciones en la reglamentación municipal y a las normativas específicas que rigen las prácticas de descarga de agua. De este modo, Herdez ha adaptado sus prácticas de descarga a los cambios regulatorios y normativos locales, reflejando su capacidad de ajuste frente a las variantes legales y su gestión en la utilización y descarga de recursos hídricos en diferentes localidades.

La gráfica expone un cambio discernible en las prácticas de descarga de agua de Herdez a lo largo de cinco años.

Gráfica 5.- Evolución en las prácticas de descarga de agua de Herdez: un enfoque en la cumplimentación normativa en metros cúbicos (m³)

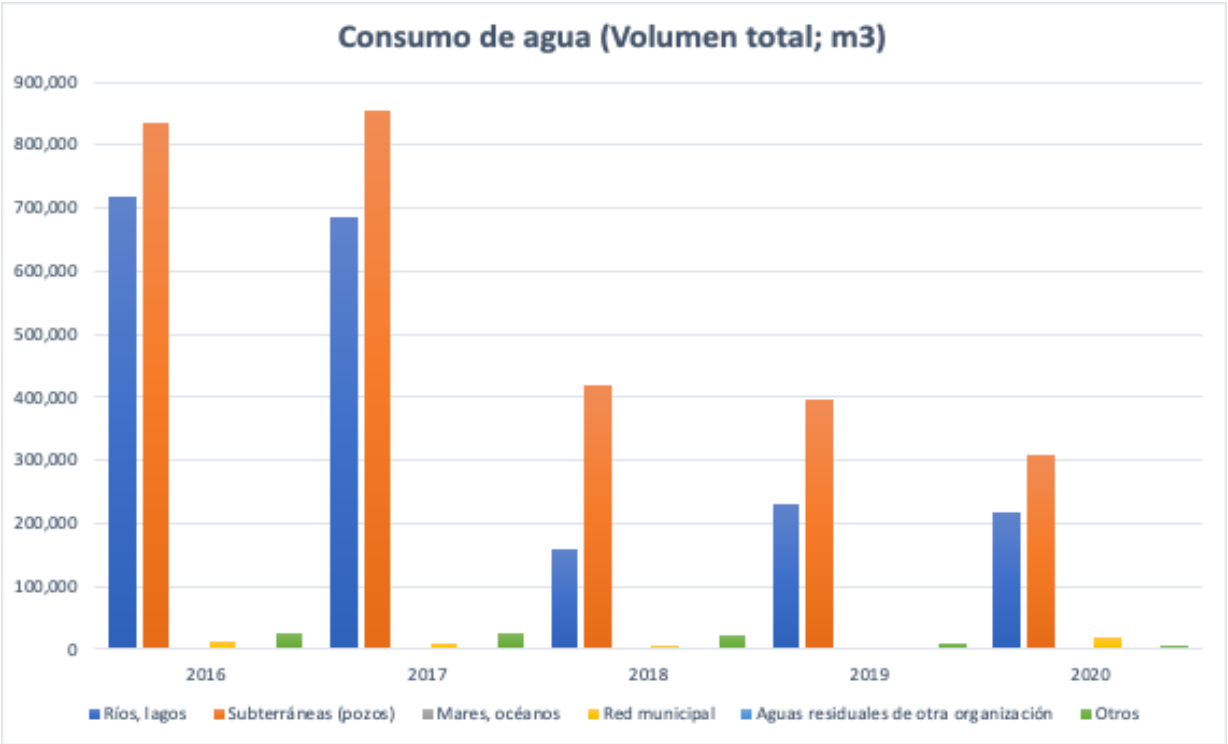


Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

Mientras que en 2016 y 2017, la empresa canaliza principalmente sus descargas de agua hacia la red municipal, es evidente un desplazamiento hacia el uso del drenaje federal como principal punto de vertido durante los años 2018, 2019 y 2020. Este cambio no fue arbitrario, sino una respuesta a la capacidad de Herdez de cumplir con las normativas gubernamentales establecidas para la descarga de aguas. Al lograr adherirse a estos criterios reguladores, la empresa obtuvo la autorización para utilizar el sistema de drenaje federal, evidenciando una transición en sus prácticas operativas en función de cumplir con los parámetros legales y normativos en relación a las descargas de agua. Esta adaptación refleja la habilidad de Herdez para navegar y cumplir con las regulaciones gubernamentales en su operatividad cotidiana respecto al manejo del recurso hídrico.

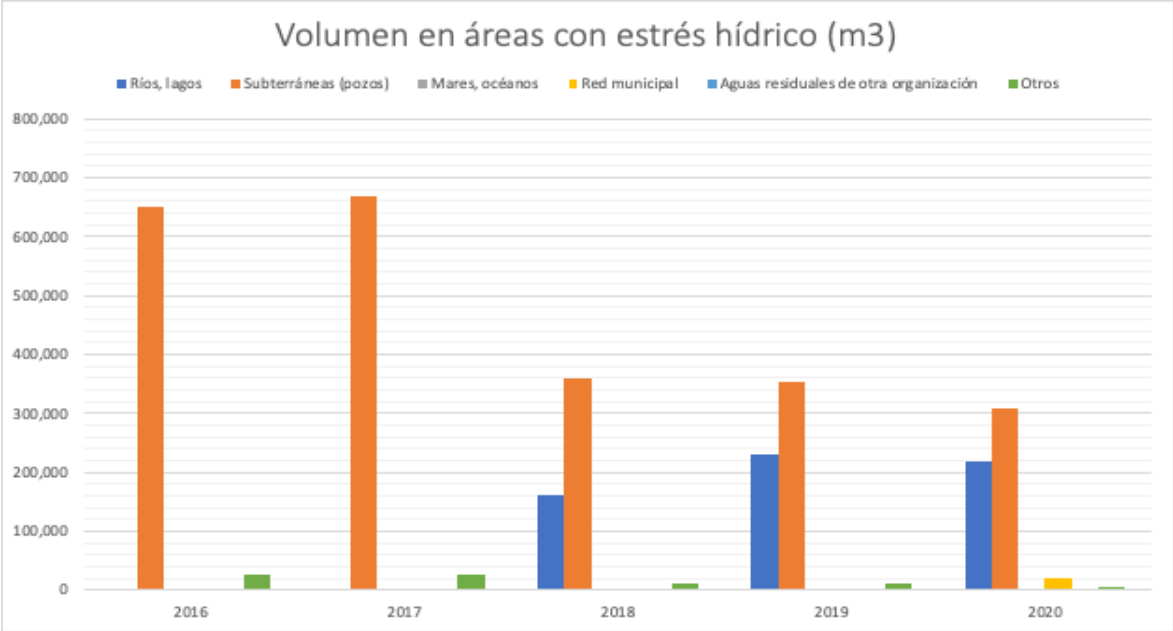
Examinando las gráficas 5 y 6, es evidente que Herdez se ha abastecido predominantemente de agua extraída de fuentes subterráneas, es decir, pozos, para satisfacer sus necesidades operativas.

Gráfica 6.- Herdez y su gestión del agua: evolución en el uso de fuentes subterráneas y prácticas de consumo de 2016 a 2020 en metros cúbicos (m³)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

Gráfica 7.- Gestión del agua en zonas con escasez hídrica y el compromiso de Herdez en su conservación en metros cúbicos (m³)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la empresa Herdez, S.A.B. de C.V.

Durante los años 2016 y 2017, la empresa presentó un consumo más elevado de esta fuente de agua, mientras que, a partir de 2018 hasta 2020, se evidencia una disminución en el uso de los pozos. Este decremento no es aleatorio sino que responde a las decisiones internas de Herdez orientadas a proteger el recurso hídrico, estratégicamente delineando su consumo: se destinó agua potable exclusivamente para los procesos productivos, mientras que para otras necesidades, como sanitarios, regaderas y jardines, se optó por el uso de agua tratada. Este enfoque refleja una conciencia y responsabilidad hacia una gestión sostenible del agua, diferenciando y optimizando su uso según las particularidades y requerimientos de cada proceso y área de la empresa.

VI.5.3.- Enfoque financiero

Previamente de implementar su estrategia de "medición precisa", Herdez experimentaba ciertas carencias en cuanto a su gestión y evaluación financiera y ambiental integrada. A pesar de sus esfuerzos por dirigir operaciones rentables y respetuosas con el medio ambiente, la falta de un modelo robusto de medición y análisis suponía una barrera para entender y comunicar plenamente los impactos y beneficios interrelacionados en estas dos esferas. La insuficiencia de herramientas que vincularan claramente los rendimientos financieros con las implicancias ambientales de sus iniciativas generaba un vacío, haciendo complejo para la empresa proyectar, con precisión y de manera comprensible, el alcance real y los beneficios tangibles de sus estrategias sostenibles y decisiones de inversión. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

La estrategia de "medición precisa en Herdez" se manifiesta a través de un enfoque financiero sólido, donde se establecen modelos financieros cuidadosamente contruidos para evaluar el impacto de las iniciativas. Este enfoque no solo considera los aspectos económicos tradicionales, como el retorno de la inversión (ROI) y los ahorros, sino que también integra los beneficios medioambientales en el análisis. Esto refleja un enfoque holístico que reconoce la interconexión entre el desempeño financiero y el impacto ambiental de las acciones empresariales.

El uso de modelos financieros sólidos es crucial para la empresa ya que permite evaluar de manera precisa cómo las inversiones en diversas iniciativas afectarán la rentabilidad y la salud financiera de la empresa. Estos modelos incluyen proyecciones detalladas de ingresos, costos, gastos operativos y otros factores financieros relevantes. Al considerar factores cuantificables, Herdez puede tomar decisiones informadas sobre dónde y cómo asignar recursos para lograr los mejores resultados tanto financieros como ambientales.

El concepto de ROI es esencial en este enfoque. Evaluar el ROI implica analizar cuánto valor generará una inversión en relación con los costos asociados. Al calcular el ROI, Herdez puede comparar diferentes iniciativas y determinar cuáles ofrecen el mejor rendimiento financiero. Además, esta evaluación financiera sólida puede respaldar la toma de decisiones al proporcionar datos concretos para respaldar la asignación de presupuestos y recursos.

El enfoque financiero también considera los ahorros y beneficios medioambientales. Los ahorros provienen de la optimización de procesos, la reducción de desperdicios, la eficiencia energética y otras mejoras que resultan en la disminución de costos operativos. En cuanto a los beneficios medioambientales, estos incluyen la reducción de emisiones, el ahorro de agua, la mitigación de la contaminación y la contribución a la sostenibilidad. Integrar estos aspectos en los modelos financieros permite una evaluación más completa y precisa de los resultados de las iniciativas. La estrategia de medición precisa en Herdez, con un enfoque financiero sólido, es un testimonio de la sofisticación y el compromiso de la empresa con la toma de decisiones informada y estratégica. Al considerar el ROI, los ahorros y los beneficios medioambientales en los modelos financieros, Herdez identifica oportunidades de inversión que generen impactos positivos tanto en el desempeño financiero como en la sustentabilidad.

Herdez implementa una iniciativa para reducir el consumo de energía en sus operaciones de producción en un 20% en un período de dos años, que impacta al tratamiento de aguas residuales. Para evaluar esta iniciativa desde un enfoque

financiero sólido, la empresa puede: (*Entrevista con la directora de finanzas de Herdez, 2022*)

1. Calcular el ROI: Determinar cuánto costaría implementar la iniciativa en términos de inversión en tecnologías más eficientes, capacitación del personal y otros gastos. Luego, comparar esta inversión con los ahorros esperados en costos de energía durante el mismo período. Si el ROI es positivo y el período de recuperación de la inversión es razonable, esto indica que la iniciativa tiene un impacto financiero favorable.
2. Considerar los ahorros: Estimar cuánto se ahorraría en costos de energía durante el período de dos años como resultado de la reducción del consumo. Estos ahorros podrían calcularse en términos de disminución de facturas de servicios públicos y gastos operativos. Comparar estos ahorros con los costos de implementar la iniciativa brinda una perspectiva financiera clara.
3. Evaluar los beneficios medioambientales: Determinar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se evitarían como resultado de la reducción del consumo de energía. Convertir estas reducciones en términos monetarios utilizando precios estimados de carbono o los beneficios económicos asociados con la reducción de emisiones. Esta evaluación refleja los beneficios ambientales que pueden influir indirectamente en la reputación de la empresa y en su contribución a la sostenibilidad.

En este escenario Herdez estaría utilizando datos tangibles y métricas cuantificables para tomar decisiones informadas sobre la iniciativa de reducción de consumo de energía. Este enfoque financiero sólido no solo respalda la toma de decisiones, sino que también proporciona una base objetiva para comunicar los beneficios financieros y ambientales a las partes interesadas internas y externas.

VI.5.4.- Análisis a largo plazo

Previo a la adopción de la estrategia de análisis a largo plazo, Herdez enfrentaba desafíos relacionados con una visión más inmediatista y fragmentada en su toma de decisiones y evaluación del impacto operacional. La empresa siempre observaba sus operaciones y resultados principalmente a través de lentes a corto plazo, enfocándose en lograr objetivos financieros y operativos inmediatos, sin

necesariamente considerar las implicaciones y oportunidades a lo largo de un horizonte temporal más amplio. (*Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022*). Esta falta de un enfoque integral a largo plazo en ocasiones limitaba su capacidad para prever y planificar de manera efectiva frente a futuros desafíos y oportunidades, especialmente en contextos que demandan una cuidadosa consideración de factores financieros, ambientales y sociales en un marco temporal extenso.

Herdez con la estrategia de análisis a largo plazo experimentó un enfoque proactivo hacia la evaluación del impacto de las operaciones y decisiones de la empresa a lo largo del tiempo. En lugar de limitarse a evaluaciones a corto plazo, Herdez reconoce la importancia de considerar los resultados y las consecuencias en áreas financieras, ambientales y sociales a lo largo de un período extendido. El análisis a largo plazo implica evaluar el impacto en tres dimensiones clave: (*Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022*)

1. **Área Financiera:** Esto implicó mirar más allá de las ganancias trimestrales y examinar cómo las decisiones actuales pueden afectar el desempeño financiero en el futuro. Por ejemplo, la inversión en tecnologías más sostenibles puede tener costos iniciales más altos, pero a largo plazo puede generar ahorros significativos en energía y recursos. Evaluaciones financieras a largo plazo también consideran el retorno de la inversión, la rentabilidad sostenida y el flujo de efectivo proyectado en el tiempo.
2. **Área Ambiental:** El análisis a largo plazo en términos ambientales se centró en comprender cómo las decisiones de la empresa afectan el medio ambiente a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si Herdez implementa medidas para reducir su huella de carbono, el análisis a largo plazo examinó la reducción acumulativa de emisiones de gases de efecto invernadero y su contribución a la mitigación del cambio climático.
3. **Área Social:** En términos sociales, el análisis a largo plazo implicó evaluar cómo las acciones de la empresa afectan a las comunidades, empleados y otras partes interesadas a lo largo del tiempo. Esto incluyó el impacto en la calidad de

vida de las comunidades locales, la creación de empleo sostenible y la promoción de prácticas laborales éticas.

Cabe mencionar que, la implementación de una estrategia de análisis a largo plazo en Herdez refleja un intento de amalgamar diversos impactos en la toma de decisiones, aunque no siempre esta práctica garantiza un enfoque genuinamente equilibrado y sostenible en la gestión empresarial. Mientras que la empresa busca identificar y considerar impactos a largo plazo en las áreas financiera, ambiental y social, existen desafíos inherentes y posibles brechas que pueden surgir al integrar estos hallazgos complejos y multifacéticos en la toma de decisiones estratégicas. La transición hacia una toma de decisiones que no solo contemple la inmediatez operativa sino que también genere valor en el largo plazo para todas las partes interesadas, implica un esfuerzo constante y una recalibración de estrategias que van más allá de la mera adopción de una nueva perspectiva. La real integración de esta estrategia dentro del núcleo operativo y de valores de Herdez permanece como un proceso en evolución y como un reto en el que la empresa debe perseverar y demostrar su efectividad y coherencia a lo largo del tiempo.

las capacidades tecnológicas previas de Herdez eran limitadas y estaban orientadas principalmente al cumplimiento básico de normativas gubernamentales. Posteriormente, la empresa desarrolló capacidades más avanzadas y proactivas para gestionar la sostenibilidad, especialmente en el tratamiento de aguas residuales.

VI.5.5- Tipos de procesos de aprendizaje

El aprendizaje, definido como el proceso mediante el cual los individuos adquieren habilidades y conocimientos, puede derivarse de la experiencia directa o de programas específicos de capacitación. Este aprendizaje es crucial para el cambio incremental y afecta tanto el conocimiento como las prácticas operacionales de las empresas. Bell (1984) presenta diferentes procesos de aprendizaje, como "Learning by operating", "Learning for changing", y otros, que describen cómo las empresas pueden aumentar su capacidad tecnológica a través de distintas formas de gestión del conocimiento y experiencia práctica. El aprendizaje es también fundamental para desarrollar rutinas y trayectorias tecnológicas, siendo vital para la creación de

capacidades tecnológicas en las empresas. Además, Arrow (1962) enfatiza el concepto de “learning by doing”, reconociendo el aprendizaje adquirido a través de la experiencia práctica como esencial para mejorar la productividad y resolver problemas en la actividad productiva. En resumen, el aprendizaje y la adquisición de conocimientos, ya sea a través de la experiencia directa o de procesos formales, es pivotal para el desarrollo tecnológico y la competitividad en el contexto empresarial.

El aprendizaje, tanto de experiencia directa como a través de capacitaciones, es esencial para el desarrollo y la innovación en las empresas, incluyendo en aspectos como el tratamiento de aguas residuales en compañías como Herdez. Reconocer y adaptarse a diversos tipos y estilos de aprendizaje no solo mejora la absorción y procesamiento de la información por parte de los individuos, sino que también impulsa la competencia y el desarrollo tecnológico dentro de la empresa. En particular, los diferentes procesos de aprendizaje, como aquellos explicados por Bell (1984) y Arrow (1962), resaltan cómo las prácticas operacionales, la capacidad para gestionar tecnología y la aplicación de cambio técnico se ven potenciadas por una sólida comprensión y manejo del conocimiento adquirido. La adaptación de estos principios de aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas podría, por lo tanto, ser crucial para la eficiencia y la innovación en el análisis y mejora de los procesos de tratamiento de aguas residuales en Herdez o en cualquier empresa.

VI.5.5.1- Involucramiento Integral

Antes de la implementación de la estrategia de "Involucramiento Integral", Herdez enfrentaba diversos retos relacionados con la cohesión interna y la capitalización efectiva del conocimiento y las habilidades distribuidas a lo largo de sus diversos departamentos. Existía una notoria falta de alineación y colaboración entre las distintas áreas de la empresa, lo que daba lugar a departamentos aislados operativos y una subutilización del vasto conjunto de habilidades y experiencias presentes en la organización. Además, las iniciativas y proyectos a menudo se gestionaban de manera aislada, sin una integración profunda de las diversas capacidades y perspectivas disponibles en la empresa. La comunicación interdepartamental y la colaboración efectiva eran elementos que requerían una

mejora significativa para asegurar una operación más sinérgica y optimizada, en donde todas las partes pudieran contribuir de manera integral al éxito y la mejora continua de la compañía. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

En este contexto, la estrategia de Involucramiento Integral surgió como una respuesta a esta carencia previa, con la aspiración de unificar esfuerzos y conocimientos de una manera más efectiva y cohesiva.

La estrategia de Involucramiento Integral en Herdez representa un enfoque colaborativo y abarcador que busca aprovechar el conocimiento y la experiencia de todas las áreas de la empresa para identificar áreas de mejora e implementar iniciativas. Este enfoque reconoce que el éxito no solo depende de una sola función o departamento, sino de la sinergia y la cooperación de todas las partes involucradas. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

- **Participación de todas las áreas:**

El involucramiento integral implica que todas las áreas clave de la organización participen activamente en la identificación de oportunidades de mejora y en la formulación de soluciones. Esto incluye áreas como operaciones, mantenimiento, producción, calidad, seguridad y medio ambiente. Cada una de estas áreas tiene su propia perspectiva y experiencia única, lo que enriquece el proceso de identificación y solución de problemas.

- **Colaboración de equipos:**

La colaboración entre diferentes equipos es esencial en este enfoque. Al trabajar juntos en la identificación de áreas de mejora y la implementación de soluciones, los equipos pueden aprovechar su conocimiento colectivo y abordar los desafíos de manera más efectiva. Los diferentes puntos de vista y habilidades contribuyen a la generación de ideas más creativas y soluciones más completas.

- **Transferencia de conocimiento:**

Una parte crucial de esta estrategia es la transferencia de conocimiento. Las mejores prácticas, lecciones aprendidas y experiencias exitosas se comparten entre las áreas y los equipos. Esto no solo fortalece el entendimiento conjunto, sino que

también acelera el proceso de toma de decisiones informadas y reduce la duplicación de esfuerzos.

La estrategia de involucramiento integral tuvo varios beneficios:

- Mejora de la calidad: La participación de múltiples áreas garantiza que se aborden los problemas desde diversos ángulos, lo que conduce a soluciones más sólidas y a una mejora general de la calidad de los procesos y productos.
- Eficiencia: Al trabajar juntos, los equipos pueden identificar ineficiencias y optimizar procesos de manera más eficaz, lo que a su vez puede generar ahorros en tiempo y recursos.
- Innovación: La combinación de perspectivas diversas puede dar lugar a nuevas ideas y enfoques innovadores que pueden transformar positivamente las operaciones y la estrategia de la empresa.
- Cultura de mejora continua: El involucramiento integral promueve una cultura de mejora continua en toda la organización, ya que alienta a los equipos a identificar y abordar constantemente oportunidades de mejora.

Cabe mencionar que, el enfoque de involucramiento integral en Herdez es un testimonio del compromiso de la empresa con la colaboración, la excelencia operativa y la innovación. Al permitir que todas las áreas contribuyan y trabajen juntas para identificar áreas de mejora y aplicar soluciones, la empresa puede lograr un impacto significativo y sostenible en su desempeño general y en su cultura empresarial. (Entrevista con la coordinadora de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

VI.5.6-Dimensiones de aprendizaje

Las dimensiones del aprendizaje son aspectos clave que describen cómo se adquiere, procesa y aplica el conocimiento. Estas dimensiones proporcionan una perspectiva más amplia sobre cómo los individuos interactúan con la información y cómo pueden optimizar su proceso de aprendizaje.

Mismas que no son independientes, sino que interactúan entre sí en el proceso de aprendizaje. Comprender estas dimensiones del aprendizaje puede ayudar a la empresa y a los individuos a diseñar estrategias de enseñanza y estudio más

efectivas, así como a crear entornos de aprendizaje más enriquecedores y adaptados a las necesidades individuales.

VI.5.6.1.- Mejora continua

Previo a la implementación del "Enfoque en la Mejora Continua", la empresa Herdez enfrentaba situaciones que exponían diversas carencias en sus operaciones y estrategias internas. La estructura operativa de la compañía revelaba una notable resistencia al cambio y una inercia que dificultaba la instauración de procesos de mejora e innovación. El manejo de desafíos, tanto internos como externos, a menudo se enfocaba más en soluciones inmediatas que en abordajes estratégicos y anticipativos. La falta de una metodología sólida de mejora continua también resaltaba lagunas en su capacidad para identificar y aprovechar oportunidades de optimización y crecimiento, mientras que sus protocolos existentes, en algunos casos, no facilitaban la adaptación ágil a las fluctuantes dinámicas del mercado.

El "Enfoque en la Mejora Continua en Herdez" es una estrategia que subraya el compromiso de la empresa con el crecimiento constante y la optimización de sus operaciones. Esta filosofía reconoce que la búsqueda constante de la excelencia y la evolución es esencial para mantenerse relevante en un mercado en constante cambio. A través de un enfoque en la mejora continua, Herdez no solo busca resolver problemas actuales:

1. Reconocimiento de la necesidad de constante evolución y mejora:

Herdez comprende que el mundo empresarial es dinámico y que las condiciones cambian constantemente. La estrategia de mejora continua implica una actitud proactiva hacia el cambio, en la que la empresa reconoce que la complacencia puede llevar a la obsolescencia. La empresa busca identificar áreas de mejora en todos los aspectos de sus operaciones y está dispuesta a adaptarse y evolucionar para mantenerse competitiva.

2. La inmovilidad obstaculiza el progreso:

En un entorno empresarial en constante evolución, quedarse estático puede ser perjudicial. La inmovilidad o la resistencia al cambio pueden obstaculizar el progreso y limitar el crecimiento potencial de la empresa. El enfoque en la mejora continua

reconoce que la adaptación y la evolución son necesarias para superar desafíos y aprovechar nuevas oportunidades.

Esta estrategia de enfoque en la mejora continua en Herdez tuvo varios beneficios:

- Agilidad: Al abrazar la mejora continua, Herdez pudo responder más rápidamente a las demandas cambiantes del mercado y a las necesidades de los consumidores.
- Innovación: La búsqueda constante de mejoras condujo a la identificación de innovaciones que pudieron diferenciar a Herdez de la competencia.
- Optimización de procesos: Al analizar y mejorar continuamente los procesos internos, la empresa pudo aumentar la eficiencia y reducir costos.
- Cultura de mejora: Fomentar un enfoque en la mejora continua pudo contribuir a una cultura empresarial en la que todos los miembros del equipo buscaban activamente oportunidades para mejorar.

La idea de compromiso con la excelencia y la evolución constante, aunque loable, puede verse matizada por una serie de factores y desafíos operativos, financieros y de mercado que la empresa debe enfrentar. Por ejemplo, la constante fluctuación del mercado y la aparición de competidores emergentes ponen a prueba la capacidad de Herdez para mantenerse al día y ser verdaderamente innovadora y competitiva. Además, la implementación de estrategias que buscan la mejora continua, a menudo viene con sus propios desafíos tales como resistencia al cambio por parte del personal, necesidad de inversiones significativas en tecnología y formación, y la posibilidad de desvíos o diluciones de la visión original. En este contexto, es imperativo cuestionar y analizar críticamente hasta qué punto la mejora continua está siendo genuinamente perseguida y lograda en la realidad operativa de Herdez.

VI.5.6.2.- Adquisición de aprendizaje en Herdez

En el contexto de la empresa Herdez, la adquisición de aprendizaje es un proceso estratégico que permite que los individuos y, por ende, la organización, obtengan nuevas habilidades y conocimientos que son fundamentales para el crecimiento y la innovación continua en todas sus áreas.

Dentro de Herdez, la adquisición de aprendizaje se desglosa en varios componentes interrelacionados que influyen significativamente en cómo cada persona o el equipo

corporativo asimila, procesa y retiene nueva información. Los conceptos claves en este proceso incluyen estímulos y respuestas, condicionamiento, procesamiento de la información, memoria, motivación, aprendizaje social y contexto.

Todos estos elementos son cruciales para comprender y optimizar cómo los empleados y los equipos dentro de la empresa procesan y aplican nuevos conocimientos y habilidades, especialmente en áreas vitales de la empresa en las prácticas y procesos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. . (Entrevista con el gerente de sustentabilidad corporativa de Herdez, 2022)

En el área de tratamiento de aguas residuales de Herdez, los empleados se enfrentan a estímulos, como nuevos equipos o tecnologías, que requieren una respuesta en forma de adquisición de nuevas habilidades o adaptación de las existentes. A través del condicionamiento, tanto clásico como operante, los empleados aprenden a asociar determinadas acciones con resultados específicos, mejorando así la eficacia y la eficiencia de los procesos. La motivación, en particular, está influenciada por un entendimiento claro de cómo estas nuevas habilidades y conocimientos pueden aplicarse para mejorar los procesos existentes y contribuir al éxito general de la empresa.

VI.5.6.3.- Proceso de aprendizaje constante y adaptable

La formación y desarrollo de los empleados no siempre fue una prioridad, y existían lagunas en la adaptabilidad y flexibilidad del personal ante los cambios y novedades en el sector. La capacitación era, en ciertas ocasiones, esporádica y no abarcaba de manera integral todas las áreas y niveles de la organización, limitando la habilidad de la empresa para anticipar tendencias y adaptarse a las dinámicas cambiantes del mercado de alimentos y bebidas (Entrevista con el gerente de sustentabilidad de la planta McCormick-Herdez, 2022). Esta carencia previa de un enfoque sólido y continuado hacia el aprendizaje y la adaptabilidad pudo haber restringido en cierta medida la innovación y el crecimiento, y motivó a Herdez a contemplar una estrategia más enfocada y sistemática en el desarrollo constante de sus colaboradores.

El proceso de aprendizaje constante y adaptable en Herdez es un enfoque fundamental que la empresa emplea para asegurarse de que sus empleados estén

continuamente adquiriendo y aplicando nuevos conocimientos y habilidades en un entorno empresarial en constante evolución. Este enfoque es esencial para mantener la competitividad y la innovación en la industria de alimentos y bebidas. La empresa Herdez, adopta un enfoque estratégico hacia el aprendizaje y desarrollo de sus empleados, apoyando firmemente la creación de un entorno que propicia el crecimiento y la adaptabilidad en su cultura corporativa. Este esquema, representado en el cuadro 4, ilustra las nueve características clave que delinean el proceso de aprendizaje en Herdez. Dicha estrategia engloba desde la flexibilidad y la adaptabilidad frente a las cambiantes dinámicas del mercado, hasta la alineación del aprendizaje con los objetivos estratégicos de la organización. Se hace énfasis en una cultura que valora la formación continua, el aprendizaje experiencial, y el liderazgo ejemplar, mientras se aprovechan las tecnologías y herramientas actuales para enriquecer y facilitar los procesos de aprendizaje.

Cuadro 11.- Características del proceso de aprendizaje en Herdez tras la implementación de regulaciones gubernamentales

Características del proceso de aprendizaje en Herdez	
Característica	Descripción
Flexibilidad y adaptabilidad	Herdez enfatiza un enfoque de aprendizaje adaptable permitiendo a los empleados ajustarse a situaciones y tecnologías nuevas.
Cultura de aprendizaje	Fomenta un ambiente donde el aprendizaje y el compartir conocimientos son valorados y promovidos.
Formación continua	La empresa proporciona una variedad de programas de capacitación, los cuales incluyen desde aprender sobre los últimos avances en el tratamiento de aguas residuales. Logran esto a través de la realización de estudios y la participación en cursos y asistencia a exposiciones.
Aprendizaje experiencial	La empresa promueve el aprendizaje basado en la experiencia

	directa, es decir, con el demás personal que tienen un cierto grado más de experiencia y se van desarrollando en conjunto.
Retroalimentación y evaluación	Provee feedback sobre desempeño, identificando necesidades y áreas de mejora.
Tecnología y herramientas	Herdez emplea tecnología, como plataformas en línea (por ejemplo, RPS), para hacer que el acceso y la colaboración en el aprendizaje sean más fáciles y accesibles para todos los colaboradores.
Liderazgo	Los líderes muestran un fuerte compromiso hacia el aprendizaje y la adaptabilidad, sirviendo como fuente de inspiración para sus equipos.
Compartir conocimiento	Se incentiva el intercambio de conocimientos y experiencias entre los empleados.
Alineación con objetivos organizacionales	El aprendizaje se diseñó para alinearse con los objetivos y metas estratégicas en el tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de la entrevista realizada al gerente de sustentabilidad corporativa Herdez, 2022.

Si bien Herdez intenta aplicar un énfasis significativo en la retroalimentación y en el intercambio de conocimientos entre sus empleados, el modelo integral que proclama instaurar ha presentado desafíos y áreas de oportunidad evidentes en su ejecución y resultados. El establecimiento de un sistema de retroalimentación y evaluación que realmente fomente la mejora continua y el desarrollo de los empleados de manera efectiva y en alineación con los objetivos de la empresa es una tarea complicada que va más allá de las intenciones bien articuladas. Las discrepancias entre la teoría y la práctica pueden surgir, y en el caso de Herdez, el camino hacia una cultura de mejora continua y aprendizaje colaborativo ha sido, y

puede continuar siendo, un terreno con obstáculos a superar, que ponen a prueba la coherencia y la eficacia de sus estrategias internas de desarrollo humano y organizacional.

VI.6. - Conclusión

En el presente capítulo, se ha desglosado un análisis meticuloso respecto al enfoque y las prácticas de Herdez en el ámbito de la gestión de aguas residuales y la sustentabilidad. A través de un viaje que abarcó desde un repaso histórico hasta un análisis en varios ámbitos como el económico, tecnológico, institucional y organizacional, se ha podido discernir que, si bien la empresa ha tomado pasos significativos hacia la gestión sostenible y eficiente del recurso hídrico, también se revelan áreas críticas de oportunidad que requieren atención y recalibración.

Herdez ha mostrado un compromiso palpable en adherirse y, en ciertos aspectos, sobrepasar las expectativas y regulaciones gubernamentales respecto al tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, se identifica una tendencia subyacente en la cual el enfoque de la empresa hacia el tratamiento de aguas parece estar mayormente alineado con cumplir dichas regulaciones, en lugar de adoptar un enfoque más proactivo y transformador que potencie un impacto ambiental positivo más allá del cumplimiento normativo. Es imperativo que Herdez explore y refine sus prácticas y estrategias en este ámbito, no solo para cumplir con las regulaciones actuales sino para anticiparse y estar preparado para futuras legislaciones más estrictas y, fundamentalmente, para desempeñar un papel más activo y significativo en la gestión responsable y sostenible del vital recurso del agua. En este sentido, este capítulo abre la puerta para futuras investigaciones y análisis que pueden servir para proponer y estructurar estrategias que ayuden a Herdez a capitalizar estas áreas de oportunidad, propulsando a la empresa hacia un futuro más sostenible y responsable desde una perspectiva ambiental y corporativa.

CAPÍTULO VII. Conclusiones finales

El marco teórico desarrollado en el Capítulo 2 de esta tesis establece las bases conceptuales sobre innovación, aprendizaje tecnológico, capacidades tecnológicas y economía ecológica, elementos que han sido fundamentales en la transformación de Herdez hacia prácticas más sustentables en la gestión del recurso hídrico. La gestión del agua en México enfrenta desafíos estructurales en infraestructura, regulación y adopción tecnológica. Desde la teoría, autores como Torres Vargas (2006) sostienen que el desarrollo de capacidades tecnológicas es un proceso acumulativo basado en la adopción, adaptación e innovación, mientras que López, Calderón y De las Huertas (2015) destacan que el rezago en el tratamiento de aguas residuales se debe a la falta de tecnología adecuada y resistencia organizacional al cambio. La evidencia en Herdez confirma esta tendencia: la empresa inicialmente operaba con un enfoque reactivo, limitándose al cumplimiento normativo mínimo. Sin embargo, la presión regulatoria y de mercado la llevó a implementar tecnologías como el monitoreo de calidad del agua y la reutilización de agua tratada, alineándose con el modelo de innovación incremental de Schumpeter (1994).

Desde la perspectiva del aprendizaje organizacional, Arrow (1962) y Bell (1984) señalan que la adquisición de conocimientos ocurre a través de la experiencia operativa, la búsqueda de nuevas tecnologías y la capacitación del personal. En el caso de Herdez, la empresa ha avanzado en estos procesos, pero su aprendizaje ha sido motivado principalmente por exigencias externas más que por una estrategia interna de innovación. Esto indica que, en el sector hídrico, la construcción de capacidades tecnológicas depende en gran medida del contexto institucional y de incentivos regulatorios.

La economía ecológica enfatiza la necesidad de internalizar los costos ambientales, pero en la práctica, las empresas solo adoptan modelos sustentables cuando existen restricciones normativas o beneficios financieros claros. En el caso de Herdez, la implementación de nuevas tecnologías de tratamiento del agua no fue una iniciativa estratégica de sustentabilidad, sino una respuesta a regulaciones más estrictas y al riesgo de sanciones. Esto refuerza la idea de que, aunque la teoría

propone la sustentabilidad como un eje central de las empresas, en la realidad, su adopción responde a presiones externas.

Aunque la teoría ofrece marcos analíticos para comprender la innovación y el aprendizaje organizacional, la adopción de prácticas sustentables en la gestión del agua sigue dependiendo de regulaciones y estímulos económicos.

Existen otros trabajos que abordan la gestión sostenible del agua en México, aunque con enfoques y alcances distintos al de esta investigación. Por ejemplo, el estudio de González Herrera, 2013 propone un modelo sistémico para la gestión del agua en la Ciudad de México, enfocándose en un nivel urbano y gubernamental, mientras que esta investigación se centra en la optimización del uso del agua dentro de una empresa específica del sector alimentario. Asimismo, el trabajo de García et al. (2024) analiza la gestión del agua desde la agroecología y la gobernanza policéntrica, abordando estrategias a nivel nacional, lo que contrasta con el enfoque empresarial y tecnológico desarrollado en esta tesis. A pesar de estas diferencias, todos estos estudios comparten el interés por la sustentabilidad hídrica y la importancia de innovaciones que optimicen el uso del recurso. Lo que distingue a esta investigación es su énfasis en las capacidades tecnológicas y los procesos de aprendizaje dentro de una empresa en transición hacia prácticas sustentables, lo que permite aportar evidencia concreta sobre cómo la teoría de la economía ecológica y la innovación pueden aplicarse en un contexto corporativo real.

VII.1.- Hallazgos de la investigación

VII.1.1.- El objetivo y las preguntas de investigación

El propósito principal de esta investigación fue utilizar un enfoque detallado basado en un marco teórico. Este marco comprende tres pilares fundamentales: el aprendizaje, la construcción de capacidades tecnológicas y el compromiso con la sustentabilidad. Estos se analizan a través del prisma de la economía ecológica, que valora la relación entre economía y medio ambiente. En este contexto, nuestro estudio se centró específicamente en cómo se lleva a cabo el tratamiento de aguas residuales en la planta McCormick de Herdez, perteneciente al sector alimentario. Esta planta se tomó como caso de estudio para evaluar cómo las prácticas y técnicas utilizadas se alinean con los principios de sustentabilidad y responsabilidad

ecológica. A partir de ahí se desglosa los objetivos particulares mismo que son los siguientes:

- Identificar y analizar las capacidades tecnológicas adoptadas por la empresa Herdez enfocados al cuidado del recurso hídrico.
- Conocer y analizar los procesos de aprendizaje que ha implementado Herdez dentro de sus procesos de producción orientados al cuidado del recurso hídrico.

Las preguntas de investigación que se plantearon en este trabajo fueron las siguientes:

- ¿Cuáles eran las capacidades tecnológicas previas de Herdez S.A.B. de C.V. antes de las regulaciones gubernamentales a favor del medio ambiente (1980), y cuáles ha desarrollado específicamente para realizar la transición hacia procesos de producción orientados al cuidado del recurso hídrico?
- ¿Cuáles fueron los procesos de aprendizaje que condujeron a la empresa Herdez a adquirir esas capacidades tecnológicas específicas para la preservación del recurso hídrico, y cuáles son los resultados concretos en términos de mejoras en la sustentabilidad?

Hay que señalar que se sostiene que el empleo del marco teórico para adaptarlo al sector alimentario, especialmente en el tratamiento de aguas residuales, resultó esencial. Gracias a esto, se pudo distinguir los diversos procedimientos de aprendizaje y también algunas modalidades de aprendizaje que no necesariamente concuerdan con lo que describen los expertos en el campo. Además, este enfoque nos permitió profundizar en cuestiones de sustentabilidad, evidenciando la interrelación entre el tratamiento adecuado de aguas y la preservación del medio ambiente. Asimismo, se comprobó que la literatura sobre aprendizaje y construcción de capacidades en países en desarrollo es aplicable en distintos ámbitos, incluyendo el sector alimentario. No obstante, esta literatura a menudo omite considerar aspectos organizacionales cruciales. En el caso de Herdez y su enfoque en el tratamiento de aguas residuales, esto es evidente. Si no hubiera habido una organización adecuada en la gestión y tratamiento del agua, tal vez no se habrían incorporado innovaciones adaptativas esenciales para el cuidado del recurso hídrico. Esta organización permite, además, que los colaboradores aprendan de

manera efectiva el conocimiento transmitido por especialistas, sobre todo en la aplicación de tecnologías existentes en el manejo del agua.

VII.1.2. Capacidades tecnológicas de Herdez previas a las regulaciones ambientales de 1980

Antes de la implementación de regulaciones gubernamentales estrictas en favor del medio ambiente, Herdez operaba con un enfoque limitado hacia la sostenibilidad, especialmente en la gestión del agua y el tratamiento de aguas residuales. La falta de normativas rigurosas en ese periodo permitió que la empresa priorizara exclusivamente la eficiencia productiva, cumpliendo únicamente con los requisitos legales mínimos sin integrar prácticas sostenibles o tecnologías avanzadas. Este contexto moldeó las decisiones de la empresa y definió sus capacidades en varias áreas clave:

1. **Cumplimiento mínimo de normativas:** La laxitud en las regulaciones ambientales en México llevó a Herdez a implementar únicamente sistemas de tratamiento rudimentarios, diseñados para cumplir con los estándares básicos exigidos por la ley. Estos sistemas se centraban en la reducción de contaminantes más visibles, sin abordar problemas más complejos como la materia orgánica o los químicos persistentes, reflejando un enfoque limitado en la mitigación de impactos ambientales.
2. **Falta de tecnología avanzada:** En ausencia de incentivos regulatorios y ante la baja presión del mercado por prácticas sostenibles, Herdez no incorporó tecnologías avanzadas en sus plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto resultó en procesos ineficientes que no incluían tratamientos secundarios o terciarios, limitando la efectividad en la depuración del agua.
3. **Ausencia de monitoreo de recursos:** La falta de regulaciones estrictas y de una cultura organizacional orientada a la sostenibilidad llevó a la empresa a no monitorear indicadores clave como el consumo de agua y energía. Esta ausencia de seguimiento dificultaba la identificación de ineficiencias y perpetuaba el desperdicio de recursos en sus procesos productivos.
4. **Enfoque exclusivo en producción:** En un entorno normativo permisivo, Herdez priorizó la productividad y la eficiencia en la producción alimentaria,

relegando los aspectos ambientales a un segundo plano. El tratamiento de aguas residuales se percibía como un trámite necesario únicamente para evitar sanciones regulatorias, en lugar de una estrategia integral de sostenibilidad.

5. **Ausencia de innovación:** Dada la baja presión regulatoria y del mercado, las inversiones en tecnología se concentraban exclusivamente en mejorar los procesos productivos, dejando de lado el desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión sostenible del agua y otros recursos naturales.

En este contexto, la ausencia de regulaciones ambientales estrictas y la limitada demanda del mercado por sustentabilidad condicionaron a Herdez a adoptar prácticas básicas y centrarse en la eficiencia productiva, dejando la sustentabilidad como una preocupación secundaria. Esto refleja cómo el entorno normativo y las expectativas del mercado influyeron directamente en las decisiones empresariales de la época.

VII.1.3. Capacidades tecnológicas desarrolladas para la transición hacia la sustentabilidad

Con el cambio regulatorio y la creciente demanda de prácticas sostenibles, Herdez se vio obligada a desarrollar capacidades tecnológicas que optimizaron el uso del recurso hídrico, y que le permitieran desarrollar capacidades tecnológicas.

El desarrollo de capacidades tecnológicas en Herdez representa un caso de cómo una empresa puede transitar hacia la sustentabilidad a través de la innovación y la optimización de sus procesos productivos. Inicialmente, la gestión del recurso hídrico en la empresa respondía a un enfoque reactivo, orientado únicamente al cumplimiento normativo. Sin embargo, la creciente presión regulatoria y la necesidad de mejorar la eficiencia operativa impulsaron la adopción de un enfoque más estratégico y proactivo en la gestión del agua.

Uno de los avances más significativos en este proceso fue la implementación de tecnologías en el tratamiento y reutilización del agua. La incorporación de sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) y procesos biológicos permitió mejorar la eficiencia en la eliminación de contaminantes, optimizando el uso del recurso hídrico dentro de sus operaciones. Además, la combinación de tecnología nacional con

elementos importados permitió a la empresa desarrollar sistemas de tratamiento más eficientes y adaptados a sus necesidades específicas, reduciendo costos operativos y fortaleciendo su compromiso con la sustentabilidad.

Otro aspecto clave en la transición hacia la sustentabilidad fue la optimización de procesos industriales para minimizar el impacto ambiental desde la fuente. Estrategias como la reducción de la carga orgánica en aguas residuales y la adopción de técnicas de limpieza en seco contribuyeron significativamente a la disminución del consumo de agua y a una gestión más eficiente de los desechos. La reutilización del agua tratada para riego y limpieza de áreas no críticas es otro ejemplo de cómo Herdez ha integrado un enfoque circular en su modelo de gestión hídrica. Asimismo, la experiencia de Herdez demuestra que el desarrollo de capacidades tecnológicas en el sector industrial no solo es una respuesta a las exigencias normativas, sino también una oportunidad para innovar en la gestión del recurso hídrico. Este caso resalta la importancia de la inversión en tecnología, la capacitación del personal y la colaboración con expertos como elementos esenciales para alcanzar una gestión hídrica eficiente y sostenible en la industria alimentaria.

VII.1.4. Procesos de aprendizaje y resultados en la adquisición de capacidades tecnológicas

Las limitaciones y desafíos iniciales que enfrentó Herdez en la gestión del recurso hídrico fueron determinantes para impulsar procesos de aprendizaje significativos. La falta de métricas claras y el enfoque limitado de las primeras plantas de tratamiento evidenciaron la necesidad de una estrategia más estructurada. A través del aprendizaje por ensayo y error, la empresa identificó estas deficiencias y adoptó herramientas como el monitoreo en tiempo real y el análisis de datos, que permitieron optimizar sus procesos y garantizar un cumplimiento normativo más riguroso. Este enfoque iterativo no solo ayudó a superar obstáculos iniciales, sino que también estableció una base sólida para la innovación tecnológica y la sustentabilidad a largo plazo.

La adquisición de capacidades tecnológicas para la gestión sustentable del recurso hídrico en Herdez fue el resultado de diversos procesos de aprendizaje que se

desarrollaron tanto internamente como a través de colaboraciones externas. Para adquirir estas capacidades, Herdez siguió diversos procesos de aprendizaje que incluyeron:

Cumplimiento normativo y adaptación a la presión regulatoria

- En los años 90, Herdez comenzó a implementar prácticas mínimas de tratamiento de aguas residuales, motivado principalmente por nuevas regulaciones gubernamentales (como la NOM-001-ECOL-1996).
- La necesidad de evitar sanciones económicas llevó a la empresa a invertir en tecnologías básicas para cumplir con los parámetros establecidos, lo que marcó el inicio de su enfoque hacia la sostenibilidad del agua.

Aprendizaje por ensayo y error

- Al operar las primeras plantas de tratamiento, la empresa identificó deficiencias en su enfoque, como la falta de métricas y seguimiento detallado del impacto de sus iniciativas.
- Estas experiencias revelaron la necesidad de adoptar un enfoque más estructurado, lo que fomentó un aprendizaje iterativo a través de la evaluación constante de sus procesos.

Colaboración con expertos y consultoría externa

- Herdez estableció colaboraciones con especialistas en tratamiento de aguas y empresas proveedoras de tecnología para identificar soluciones más efectivas y adaptadas a sus necesidades.
- Estas alianzas facilitaron la incorporación de tecnologías avanzadas como sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) y aireadores internos para el tratamiento biológico.

Integración de modelos de evaluación financiera y técnica

- A medida que sus proyectos de tratamiento de aguas se volvían más complejos, Herdez incorporó herramientas financieras como el análisis de costo-beneficio y el Retorno sobre la Inversión (ROI).
- Estos modelos permitieron proyectar los beneficios económicos y operativos de sus inversiones, consolidando un enfoque estratégico para la gestión del recurso hídrico.

Capacitación interna y sensibilización

- La empresa implementó programas de capacitación para su personal, orientados al manejo eficiente del agua y al uso responsable de las tecnologías implementadas.
- Paralelamente, promovió una cultura organizacional enfocada en la sostenibilidad, fomentando la participación de todos los niveles jerárquicos en las metas de preservación del recurso hídrico.

Adaptación de tecnologías y métodos innovadores

- En lugar de desarrollar tecnologías completamente nuevas, Herdez realizó una investigación exhaustiva de tecnologías de tratamiento y reutilización de agua disponibles en el mercado. La empresa evaluó cuáles de estas tecnologías podían adaptarse a sus necesidades operativas, optimizando así la inversión y asegurando su efectividad. Herdez adaptó un sistema integral de tratamiento de aguas en varias etapas: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario.
- Estas etapas incluyeron tecnologías como el uso de carbón activado, sistemas biológicos de lodos y filtros avanzados para eliminar sólidos y contaminantes orgánicos, optimizando la calidad del agua tratada.

Monitoreo y mejora continua

- La integración de sistemas de monitoreo en tiempo real permitió a Herdez evaluar la calidad del agua y la eficiencia de sus procesos de tratamiento, ajustando estrategias cuando era necesario.
- Este aprendizaje continuo garantizó la optimización de recursos y el cumplimiento de estándares ambientales más exigentes.

Los procesos de aprendizaje desarrollados por Herdez, como se mencionó en el capítulo VI, fueron fundamentales para adquirir capacidades tecnológicas específicas en el tratamiento de aguas residuales. A través del aprendizaje por ensayo y error, la empresa identificó deficiencias en sus primeros sistemas y adoptó un enfoque iterativo de mejora. La colaboración con expertos permitió incorporar tecnologías como los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF), mientras que la capacitación interna aseguró la correcta operación de las plantas. Además, el monitoreo en tiempo real y el análisis financiero mediante ROI garantizaron una

toma de decisiones fundamentada y estratégica. Estos mecanismos no solo reforzaron las capacidades tecnológicas de Herdez, sino que también establecieron un modelo sustentable aplicable a la industria alimentaria.

VII.1.5. Resultados concretos en sustentabilidad

Uno de los resultados más significativos alcanzados por Herdez en su camino hacia la sustentabilidad fue el cambio de paradigma organizacional, pasando de un enfoque reactivo a uno proactivo en la gestión del recurso hídrico. Inicialmente, la empresa cumplía únicamente con las normativas mínimas para evitar sanciones regulatorias; sin embargo, la presión normativa y los procesos de aprendizaje iterativo llevaron a Herdez a adoptar una visión estratégica. Este cambio incluyó la implementación de tecnologías existentes, la optimización de procesos y la creación de una cultura organizacional que prioriza la conservación del agua y el respeto al medio ambiente. Este enfoque proactivo no solo fortaleció la posición de Herdez, sino que también sirvió como un modelo para otras empresas que buscan integrar la sustentabilidad como parte de su estrategia corporativa.

Los resultados concretos en sustentabilidad alcanzados por Herdez fueron posibles gracias a los diversos mecanismos de aprendizaje que la empresa implementó de manera estratégica. Por ejemplo, la colaboración con expertos externos permitió la incorporación de tecnologías, como los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF), optimizando el tratamiento de aguas residuales y mejorando la calidad del agua tratada. Del mismo modo, el aprendizaje por ensayo y error ayudó a identificar deficiencias en los procesos iniciales, fomentando ajustes iterativos que incrementaron la eficiencia operativa. Además, la capacitación interna desempeñó un papel crucial al garantizar que el personal comprendiera y aplicara de manera efectiva estas tecnologías, promoviendo una cultura organizacional orientada a la sustentabilidad. Estos mecanismos no solo facilitaron la implementación de soluciones innovadoras, sino que también consolidaron un enfoque proactivo hacia la gestión hídrica y la conservación de los recursos naturales.

La transformación tecnológica y los procesos de aprendizaje han producido resultados significativos en la sustentabilidad de Herdez, entre ellos:

Reducción del consumo de agua

- Gracias a prácticas como la limpieza en seco y la reutilización de aguas tratadas, la empresa disminuyó su dependencia de fuentes de agua fresca.
- Esto no solo redujo sus costos operativos, sino que también alivió la presión sobre las fuentes hídricas locales. A través de tecnologías de reutilización y eficiencia hídrica, Herdez ha logrado reducir el consumo de agua hasta en un 30%, optimizando sus procesos productivos y promoviendo la conservación de recursos naturales.

Mejor calidad de aguas residuales descargadas

- La implementación de sistemas de tratamiento permitió cumplir y superar los estándares establecidos por las normativas ambientales mexicanas.
- El agua tratada es utilizada para riego y limpieza en instalaciones no críticas, lo que minimiza el impacto ambiental de las descargas.

Optimización de recursos y eficiencia operativa

- Al reducir la carga orgánica desde el origen, Herdez mejoró la eficiencia de sus plantas de tratamiento, disminuyendo el uso de energía y productos químicos.
- Estas mejoras se tradujeron en ahorros significativos y en una menor huella ecológica. La eficiencia operativa resultante de estas prácticas ha permitido reducir costos y fortalecer la posición de Herdez en el mercado.

Posicionamiento como empresa sustentable

- El compromiso de Herdez con la sostenibilidad y la innovación tecnológica fortaleció su reputación en el sector agroindustrial.
- Su enfoque proactivo en la gestión del agua ha servido como modelo para otras empresas, consolidando su liderazgo en prácticas responsables.

Cultura organizacional sustentable

- La homologación de objetivos de sustentabilidad entre las distintas áreas de la empresa y la creación de indicadores clave de desempeño (KPIs) aseguraron un enfoque integral y alineado hacia la preservación del recurso hídrico.

La transición tecnológica de Herdez refleja una evolución hacia una gestión integral y proactiva del recurso hídrico, impulsada por regulaciones, aprendizaje continuo y

adaptación estratégica. Este cambio ha permitido a la empresa posicionarse como líder en sostenibilidad dentro de la industria alimentaria en México, demostrando que la integración de la sustentabilidad es un componente clave para el éxito corporativo a largo plazo.

VII.2. Líneas de investigación

Las posibles líneas de investigación que se derivan están relacionadas con el aprendizaje organizacional, la sustentabilidad y las capacidades tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales dentro del sector alimentario mexicano. A continuación, presento las propuestas de líneas de investigación:

1. Evaluación de los procesos de aprendizaje organizacional en el sector alimentario

- Análisis comparativo de los mecanismos de aprendizaje empleados por diferentes empresas mexicanas del sector alimentario para optimizar el uso del recurso hídrico.
- Estudio sobre el impacto del aprendizaje organizacional en la adopción de tecnologías limpias en empresas de alimentos y bebidas.

2. Desarrollo de capacidades tecnológicas y su relación con la competitividad

- Investigación sobre la correlación entre el desarrollo de capacidades tecnológicas y la competitividad internacional de las empresas alimentarias mexicanas.
- Exploración de estrategias de inversión tecnológica para el tratamiento de aguas residuales y su relación con el retorno financiero.

3. Innovación tecnológica en el tratamiento de aguas residuales

- Análisis del impacto de las tecnologías en la reducción de la huella hídrica de las empresas del sector alimentario.
- Evaluación de las innovaciones incrementales y radicales en los sistemas de tratamiento de agua en empresas mexicanas.

4. Estrategias de sustentabilidad corporativa

- Estudio sobre cómo las empresas alimentarias en México alinean sus estrategias de sustentabilidad con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

- Análisis del papel de las normativas ambientales en la transformación hacia prácticas más sostenibles en el sector alimentario.

5. Modelos de gestión integral del agua en la industria alimentaria

- Diseño y evaluación de modelos integrales de tratamiento y reutilización de agua adaptados al contexto mexicano.
- Impacto de la gestión hídrica en la reputación y percepción social de las empresas del sector alimentario.

6. Transferencia de conocimientos y colaboración interinstitucional

- Estudio sobre la colaboración entre el sector privado, universidades y organismos gubernamentales para fomentar el aprendizaje y la innovación tecnológica en la gestión del agua.
- Análisis de casos de éxito en la transferencia de tecnologías sostenibles dentro de la industria alimentaria.

7. Impacto social y ambiental del tratamiento de aguas residuales

- Investigación sobre los beneficios sociales derivados de la implementación de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales en comunidades cercanas a plantas industriales.
- Estudio sobre la percepción de los consumidores respecto al compromiso ambiental de las empresas que optimizan su uso del recurso hídrico.

Estas líneas de investigación representan un sólido punto de partida para profundizar y ampliar los conocimientos derivados de esta tesis, abordando cuestiones de alta relevancia que trascienden el ámbito académico para impactar de manera significativa en la sustentabilidad y en la innovación tecnológica aplicada al sector alimentario. Al integrar estas propuestas, se abren oportunidades para generar soluciones prácticas, fortalecer estrategias empresariales y contribuir al desarrollo de políticas que impulsen la transición hacia un modelo más sustentable y competitivo en esta industria.

VII.2.1. Aportaciones teóricas, metodológicas y prácticas de la investigación

Las contribuciones de esta investigación se agrupa en tres categorías principales: teórica, metodológica y práctica. A continuación, se detallan cada una y su impacto en el estudio.

1. Aportación teórica

- Expande la aplicación de los conceptos de economía ecológica, capacidades tecnológicas y aprendizaje organizacional en el contexto empresarial del sector alimentario.
- Confirma que la sustentabilidad y la innovación pueden integrarse en un modelo de negocio sin afectar la rentabilidad, validando teorías sobre la relación entre desarrollo económico y conservación ambiental.
- Demuestra la importancia de los procesos de learning by doing, learning by searching y learning through training en la transición hacia la sustentabilidad empresarial.
- **Tipo de aportación:** Esta investigación amplía y confirma teorías existentes al aplicarlas en un caso concreto dentro del sector empresarial, demostrando su validez y utilidad en la práctica.

2. Aportación metodológica

- Propone un modelo de análisis para evaluar la transición de una empresa hacia la sustentabilidad, integrando el estudio de capacidades tecnológicas y procesos de aprendizaje organizacional.
- Utiliza un estudio de caso detallado respaldado por evidencia empírica, lo que permite replicar el análisis en futuras investigaciones dentro de empresas con características similares.
- Identifica indicadores clave, como la reducción del consumo de agua y la mejora en la calidad del efluente, que pueden servir como referencia para estudios posteriores en la materia.
- **Tipo de aportación:** Desarrollo de una metodología replicable para evaluar la sustentabilidad en el sector industrial.

3. Aportación práctica

- Esta investigación muestra cómo una empresa pasó de un cumplimiento normativo mínimo a una estrategia de sustentabilidad más amplia para evitar sanciones económicas y proteger su prestigio. Este cambio evidencia que la sustentabilidad no es solo una obligación regulatoria, sino una ventaja competitiva que fortalece la eficiencia y la confianza de sus stakeholders.
- Ofrece recomendaciones aplicables para que otras organizaciones adopten estrategias similares en la gestión del agua, optimizando su uso y reduciendo su impacto ambiental.
- Demuestra que la inversión en tecnologías sustentables y el desarrollo de capacidades internas no solo mejoran el cumplimiento regulatorio, sino que también fortalecen la competitividad y reputación corporativa.
- **Tipo de aportación:** Impacto directo en la gestión empresarial al proporcionar soluciones concretas y replicables.

Bibliografía

- Ahmad, M., Al-Sa'ed, R., & Van Der Steen, P. (2022).** Enhancing the governance of industrial wastewater using cleaner production and water footprint principles: A case study of two dairy companies in Palestine. *Desalination and Water Treatment*, 275, 339-349.
- Amozurrutia, A. (2022).** Entrevista realizada a la Mtra. Andrea Amozurrutia, Directora de Finanzas en Grupo Herdez.
- Andersen, M. M. (1999).** System innovation for sustainability 1: Perspectives on radical changes to sustainable consumption and production. Copenhagen Business School.
- Aniol E. (2012).** "De la economía de las 5 i's a la economía verde" en ecología política cuadernos de debate internacional. N. 44 Economía Verde
- Arredondo-Hidalgo, M. G. (2020).** Análisis de las Capacidades Logísticas Internacionales de las PyMes Del Estado de Guanajuato.
- Arrow, K. J. (1962).** The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155–173.
- Bell, M. (1984).** "Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries".
- Bell, M. and K. Pavitt (1995).** "The development of Technological Capabilities".
- Bolsa Mexicana de Valores (BMV). (2020).** Informe anual de sustentabilidad 2020. Ciudad de México: Bolsa Mexicana de Valores.
- Cohen, W. y D. Levinthal (1990).** "Adsorptive capacity: A new perspective on learning and innovation"
- Comisión Nacional del Agua. (2021).** Estadísticas del agua en México 2021. CONAGUA
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2023).** Programa Anual de Trabajo 2023. CONAFOR.
- Conferencia corporativa;** "Nuestro posicionamiento en el desarrollo sostenible", HERDEZ S.A.B. de C.V.
- Costanza, R., & Kubiszewski, I. (2014).** Creating a sustainable and desirable future: Insights from 45 global thought leaders. World Scientific.
- Costanza, R., Cumberland, J. H., Daly, H., Goodland, R., & Norgaard, R. B. (2019).** An Introduction to Ecological Economics. CRC Press.
- Cruz Reyes, M. A., & Simón Domínguez, N. (2014).** Valor sustentable en la industria agroalimentaria en México. Ponencia presentada en la XIV Asamblea de

la Asociación Latinoamericana de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración (ALAFEC), Ciudad de México.

Daly, H. E. (1977). *Steady-State Economics: The Economics of Biophysical Equilibrium and Moral Growth*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.

Daly, H. E., & Farley, J. (2010). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press.

Davenport, T. H., & Prusak, L. (1999). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.

Deloitte México. (2020). *Estrategia de sustentabilidad*.

Dodgson, M. (1993). "Organizational Learning: A Review of Some Literatures". In *Organizational Studies*, vol. 14, Núm. 3. UK: 375-394.

Dutrénit, G. (2000). *Learning and knowledge management in the firm: from knowledge accumulation to strategic capabilities*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing.

Dutrénit, Vera-Cruz, Arias, Avendaño, Gil, Sampedro, Uriostegui (2002). "Marco Analítico para el Análisis de los Procesos de Acumulación de Capacidades Tecnológicas", documento de trabajo; proyecto: "Aprendizaje Tecnológico y Escalamiento Industrial: Generación de Capacidades de Innovación en la Industria Maquiladora de México", COLEF/FLACSO/UAM.

Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: the triple bottom line of 21st century business*. Oxford.

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Cities and Circular Economy for Food*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). *Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs: 20 interconnected actions to guide decision-makers*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *Climate change and food security: Risks and responses*.

Fundación Ellen MacArthur. (2017). *Una nueva economía textil: Rediseñando el futuro de la moda*.

García, M., López, R., & Fernández, P. (2024). *Gestión del agua en México: Agroecología y gobernanza policéntrica como estrategias de sustentabilidad*. Instituto Nacional de Investigaciones Ambientales.

Georgescu-Roegen, N. (2019). *Energy and Economic Myths. Institutional and Analytical Economic Essays*. Elsevier Inc, Pergamon Press.

González Herrera Alcázar, C. (2013). Modelo sistémico de gestión sustentable de agua para la Ciudad de México (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

Grupo Herdez. (2016-2021). *Informes anuales 2016-2021*. Grupo Herdez.

Guzmán Chimeo, E. (2022). Entrevista realizada al Lic. Enrique Guzmán Chimeo, Gerente de Sustentabilidad Corporativa en Grupo Herdez.

Heng, X., & Zou, C. (2010). How can green technology be possible. *Asian Social Science*, 6(5), 110–114.

Hlavinek, P., Winkler, J., Marsalek, J., & Mahrikova, I. (2010). *Advanced Water Supply and Wastewater Treatment: A Road to Safer Society and Environment*. Dordrecht: Springer.

INCyTU. (2019). Tratamiento de aguas residuales. Nota-INCyTU, Número 028, Enero 2019. Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2020: Presentación de resultados.

Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018: Presentación de resultados.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC

International Energy Agency. (2017). *CO2 Emissions from Fuel Combustion 2017*. Paris: IEA.

Israel, I. (2022). Entrevista realizada al Ing. Israel, Gerente de Tratamiento de Aguas Residuales y Operaciones en planta Mc Comick, Grupo Herdez.

Katz, J., (1986), Desarrollo y Crisis de la Capacidad Tecnológica Latinoamericana, Buenos Aires, BID-CEPAL-CIID-PNUD.

Kim, L. (1997). *From Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*, Boston, Mass., Harvard Business School Press.

Kim, L. (1999). Building technological capability for industrialization: analytical frameworks and Korea's experience. *Industrial and Change*, 8, 111-136

Kim, L., & Dahlman, C. J. (1985). Technology policy for industrialization: An integrative framework and Korea's experience. *Research Policy*, 14(3), 259-275.

Kuhlman T. and Farrington J. (2010): *What is sustainability? Sustainability*. 2010.

Kumar, R. (2011). *Research methodology: A step-by-step guide for beginners (3rd ed.)*. SAGE Publications.

- Lall, S. (1987).** Learning to industrialize: The acquisition of technological capability by India. Macmillan.
- Lall, S. (1992).** "Technological Capabilities and Industrialization".
- López, S., Calderón, M., & De las Huertas, J. (2015).** Gestión y tratamiento de aguas residuales en México: Retos y desarrollos. Editorial Ambiental.
- Martínez Carazo, P. C. (2006).** El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. Pensamiento & Gestión, (20), 165-193.
- Martínez Miguélez, M. (2004).** Ciencia y arte en la metodología cualitativa. Editorial Trillas.
- Martínez-Alier, J. (2002).** The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation. Edward Elgar Publishing.
- Maxwell, I. (1981).** Technology transfer and the economic development of developing countries. Westview Press.
- Naciones Unidas. (1992).** Agenda 21: Programa de acción para el desarrollo sostenible. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil. Naciones Unidas.
- Naderi M., (2021):** An integrated methodology based on sustainability concepts for assessment production processes efficiency: "Implementation Procedure". Universidad de Vigo.
- Naredo, J. M. (2011).** Fundamentos de la economía ecológica. CIP-Ecosocial.
- Nelson, R. R. (1968).** A "diffusion" model of international productivity differences in manufacturing industry. The American Economic Review, 58(5), 1219-1248.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental (2014).** "Fiscalización Ambiental en aguas residuales."
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018).** El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2018. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020).** El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2020. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019).** El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021).** El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo

2021: Transformación de los sistemas alimentarios para que las dietas favorezcan una mejor salud y nutrición a precios accesibles. Roma: FAO.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Food safety.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Pesticides and health.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (1997). Manual de Oslo: Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica (2ª ed.). OCDE.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2005). Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación (3ª ed.). OCDE.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). Perspectivas Ambientales de la OCDE hacia 2050. Consecuencias de la inacción.

Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE). (2019). Economic growth and sustainability. OCDE Publishing.

Ostrom, E. (2009). "A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems"

Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). Economics of Natural Resources and the Environment. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Pérez Underwood, J. (2022). Entrevista realizada a la Lic. Jimena Pérez Underwood, Coordinadora de Sustentabilidad Corporativa en Grupo Herdez.

Picado, W. 2017. "El desarrollo sustentable como ficción. Una crítica conceptual desde la perspectiva de la historia". En: Revista Perspectivas: Estudios Sociales y Educación Cívica - No. 12. Enero-Julio 2017. pp.21-37

Rendón Trejo, A., & Morales Alquicira, A. (2008). Grupos económicos en la industria de alimentos: Las estrategias de Gruma.

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.

Rushton, K. (2002). Business ethics: A sustainable approach. Business Ethics: A European Review, 11(2), 137–139.

Schumpeter, J. (1944). Teoría del Desarrollo Económico. México: Fondo de Cultura Económica.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2019). Informe anual de actividades 2019. SADER.

Sotomayor, O., Ramírez, E., & Martínez, H. (2020). Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina. Publicación de las Naciones Unidas.

- Torres, A. (2006).** “Aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas”, Journal of Technology, Management & Innovation, vol. 1, n. 5, pp. 12-24.
- Tschandl, M., & Zingsheim, H. P. (2004).** How to become sustainable considering ethical aspects. International Summer Academy on Technology Studies – Corporate Sustainability.
- Valdivia-Cabral, J. J., Ortiz-Medina, I., & Hernández-Ortiz, M. (2024).** Hacia una gestión sostenible del agua en México: Innovación agroecológica y gobernanza policéntrica. Scientia et PRAXIS, 4(8), 1-31.
- Vegara, J. M. (1989).** Ensayos económicos sobre innovación tecnológica. Alianza Editorial.
- Vera-Cruz, J. A. O. (2004).** Cultura de la empresa y comportamiento tecnológico: cómo aprenden las cerveceras mexicanas. Ciudad de México: Porrúa.
- Wallace-Wells, D. (2019).** The uninhabitable earth: Life after warming. Tim Duggan Books.
- Wilson, M. (2003).** Corporate sustainability: What is it and where does it come from? Ivey Business Journal, Marzo, 1-6.
- Yin, R. K. (2003).** Case study research: Design and methods (3rd ed.). SAGE Publications.
- Yin, Robert K. (1994).** Case Study Research: Design and Methods. SAGE Publications, USA.

Anexos

1. Descarga por tipo de agua

Descarga por tipo de agua	2016				2017				2018				2019				2020			
	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)
Aguas dulces (<5,000 mg / l de sólidos totales disueltos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otra agua (> 5,000 mg / l de sólidos totales disueltos)	722	722,000	ND	-	1,087	1,087,000	ND	-	994	994,000	993	993,000	823	823,000	702	702,000	1,042	1,042,000	898	898,000

2. Descarga por fuente

Fuente de descarga	2016		2017		2018		2019		2020	
	Ml	m3	Ml	m3	Ml	m3	Ml	m3	Ml	m3
Ríos, lagos (cuerpos federales)	218	218,000	501	501,000	513	513,000	477	477,000	509	509,000
Subterráneas (pozos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mares, océanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Red municipal (drenaje municipal)	428	428,000	516	516,000	462	462,000	286	286,000	421	421,000
Aguas pluviales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aguas descargada de otra organización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros (subsuelo)	77	77,000	70	70,000	67	67,000	60	60,000	63	63,000
Total	722	722,000	1,087	1,087,000	1042	1,042,000	823	823,000	994	994,000

3. Vertido de aguas en función de su calidad y destino

Corrientes de vertido (descargas de agua)	Volumen (m3)				
	2020	2019	2018	2017	2016
Descarga a drenaje federal	509,449	443,221	513,425.00	500,595	217,559
Descarga a red municipal	420,995	366,266	284,879.58	515,939	428,167
Descarga al subsuelo	63,366	55,128	66,514.84	70,109	76,513
Total	993,810	864,615	864,819.42	1,086,643	722,239

4. Consumo de agua

Consumo de agua	2018				2017				2016				2019				2020			
	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)	Volumen Total (Ml)	Volumen Total (m3)	Volumen en áreas con estrés hídrico	Volumen en áreas con estrés hídrico (m3)
Ríos, lagos	160.5	160500	161	161000	686.2	686200	-	-	717	717000	-	-	229	229000	229	229000	217	217000	217	217000
Subterráneas (pozos)	419.8	419800	361	361000	854.9	854900	668.7	668700	833.7	833700	649.2	649200	396	396000	355	355000	310	310000	310	310000
Mares, océanos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Red municipal	4.9	4900	-	-	10.3	10300	2.5	2500	12	12000	2.7	2700	0	0	0	0	20	20000	20	20000
Aguas residuales de otra organización	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	22.4	22400	12	12000	26.9	26900	26.9	26900	26	26000	26	26000	11	11000	11	11000	6	6000	6	6000
Total	608	608000	534	534000	1,578	1,578000	698	698000	1,589	1,589000	754	754000	637	637000	637	637000	554	554000	554	554000

5. Guías de las entrevistas

Preguntas realizadas en las entrevistas al personal de Herdez.

¿De dónde surge el área de sustentabilidad dentro de Herdez?

¿Han encontrado ustedes al momento de alinearse bajo su estrategia en términos de sustentabilidad, han tenido retos importantes a los cuales se han enfrentado?

¿Cuáles son las áreas como tal que se alinean para llevar a cabo su estrategia de sustentabilidad?

¿Cuáles son los cambios más importantes que han desarrollado en la empresa hacia la producción más limpia (P+L)?

¿Qué han necesitado aprender cómo empresa para cumplir sus objetivos de sustentabilidad?

¿Para poder alinearse con el objetivo de cumplir las metas de la empresa, han necesitado recurrir a recursos externos?

¿Cómo es el proceso de tratamiento de aguas residuales?

¿De dónde surge la atención por parte de las plantas en términos de sustentabilidad (agua)?

¿Cuáles son las áreas que se han necesitado alinear para atender el tratamiento de las aguas residuales?

¿Qué tecnologías anteriormente tenían y cuáles han utilizado actualmente en esta parte del tratamiento de aguas residuales?

¿Cuáles son los retos más importantes que han enfrentado en el proceso de aguas residuales?

¿Tres objetivos que han cumplido en relación al cuidado del recurso hídrico por medio del tratamiento de aguas residuales?

¿Cuál ha sido lo más difícil que han necesitado aprender para desarrollar este proceso de tratamiento de aguas residuales?

¿Qué tipo de habilidades y capacidades han requerido para adoptar tecnologías en el tratamiento de aguas residuales?

¿Han adoptado como tal la tecnología o han necesitado hacer modificaciones en las tecnologías que han utilizado para el tratamiento de aguas residuales?

¿De dónde surge la iniciativa como tal para atender el tema de las aguas residuales por parte de Herdez?

¿Cuáles son los retos más importantes que han enfrentado al momento de llevar a cabo los procesos de aguas residuales?

¿Tres objetivos que haya cumplido en relación al cuidado del recurso hídrico, con su proceso de aguas residuales?

¿Qué tuvieron que aprender como empresa para llevar a cabo el proceso de aguas residuales?