

Análisis de excedentes de producción y comercialización en la empresa Experiencia San Sebastián

Analysis of surplus production and marketing
in the company Experience San Sebastián

Autores Principales:

Daniela Pinzón Franco

Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Católica de Oriente
daniela.pinzon0330@uco.net.co

Diego Leandro Cuellar Martínez

Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Oriente
diegoleandrocuellar@gmail.com

Coautor Corresponsal:

Diego Andrés Aguirre Cardona Msc.

Docente e Investigador, Universidad Católica de Oriente
Grupo de Investigación en Ingeniería Multidisciplinar (UCO)
daguirre@uco.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8725-1181>

Resumen

La presente investigación, fundamentada en la responsabilidad social empresarial, pretende definir un método sustentable de aprovechamiento del suero de la elaboración de queso y, al mismo tiempo, de los residuos plásticos y algunos cartones que se generan en el proceso de entrega y distribución. Para ello, se realizaron análisis de pH y DBO5 para el suero; caracterización de residuos sólidos de producción, con metodología de *Sakurai*; y análisis estadístico no paramétrico, bajo la prueba de *Kruskal-Wallis*, para determinar si existían diferencias estadísticas significativas en la generación de residuos plásticos y de cartón en postventa durante un año de seguimiento. Se encontraron tres alternativas de manejo directo mediante la metodología de las 3Rs: *reducir* gran parte de sus residuos plásticos, mediante la implementación de empaques herméticamente retornables que irán dirigidos al cliente final; *reutilizar* el suero, fabricando otro tipo de producto y elaborando una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR); y *reciclar* los residuos sólidos mediante la actualización de la colorimetría de las canecas o recipientes, modificando su tamaño. Todo esto con el fin de remediar, en gran medida, los temas ambientales.

Palabras clave

Residuos sólidos; Residuos líquidos; Excedentes; Reducir; Reutilizar; Reciclar.

Abstract

The present research, based on corporate social responsibility, aims to define a sustainable method of using the whey, plastic waste and cardboard that are generated in the making and distribution process of cheese. For this, pH and BOD5 analyzes were performed for the serum; characterization of solid production waste with Sakurai methodology and non-parametric statistical analysis, under the Kruskal-Wallis test to determine if there are significant statistical differences in the generation of plastic and cardboard waste in post-sale. Three direct management alternatives were found through the 3Rs methodology: Reduce a large part of plastic waste through the implementation of hermetically returnable packaging that will be directed to the final customer; reuse the whey by manufacturing another type of product and developing a wastewater treatment plant (WWTP); and, finally, recycle solid waste by updating the colorimetry of the solid waste containers, changing their size.

Key words

Solid waste; Liquid waste; Surplus; Reduce; Reuse; Recycle;

Introducción

El sistema de producción actual en Colombia se ha trasladado desde la agricultura hacia la industrialización, generando lo que hoy en día se conoce como “economías de escala” y, a su vez, los impactos ambientales relacionados (Valdés López et al., 2019). La industria se conecta con los recursos naturales a través de la adquisición y el consumo de materias primas, energía y agua, que son extraídas del medio, causando sobreexplotación de los hábitats (Balomenos et al., 2011). En pocas palabras, dicha contaminación está relacionada con la calidad de los insumos o productos intermedios, las tecnologías del proceso productivo, los envases, embalajes, y las propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas.

Como consecuencia, en el mundo se producen, al año, alrededor de 1,3 billones de toneladas de residuos, dentro de las actividades industriales, y se espera que aumente a 2.2 billones para el año 2025 (Valdés López et al., 2019). Los residuos son materiales desechados después de haber cumplido su vida útil, y que por lo general no representan un valor económico; también, se generan en actividades domiciliarias y comerciales (Ibrahim & Mohamed, 2016). Asimismo, a causa del crecimiento de la población, las industrias han in-

crementado la generación de residuos, por lo que uno de sus mayores desafíos es lograr un desarrollo sostenible a mediano y largo plazo. Por otro lado, la industria láctea colombiana juega un papel importante para la economía nacional, debido a su participación en el producto interno bruto —PIB—, pues aporta un 24,3 % del agro, lo que se traduce en 1,23 % del PIB total nacional (Vega, 2018). Sin embargo, esta industria es generadora de impactos ambientales, produciendo diariamente volúmenes significativos de aguas residuales (incluyendo el suero), que oscilan de 4 a 10 litros de agua por 1 litro de leche tratada. La mayor parte de estas aguas contienen restos de productos químicos y lácteos, ya sean detergentes, ácidos, álcalis, desinfectantes, entre otros, que afectan las propiedades bióticas y físicas de los hábitats naturales (Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas, 2021).

Además, desde lo local, la producción de leche y derivados lácteos en Antioquia hace que en esta subregión haya una presión importante sobre los recursos hídricos, tanto en el consumo como en la carga contaminante. Se estima que solo la producción de queso, debido a la generación de sueros, aporta 1.044 kg/

día de demanda química de oxígeno —DBO—. Estas cifras inducen al uso racional del recurso hídrico, dado que la sostenibilidad de esta industria depende de la calidad y cantidad del agua (Corantioquia, 2016), pues el suero contiene grandes concentraciones de grasas, sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal y aceites, fluctuaciones de pH y temperatura, alta carga orgánica y altos niveles de fósforo y nitrógeno (Isaza Vargas, 2012).

Asimismo, los residuos de empaques de quesos aumentan la huella ambiental, estimada en un 44 % de plástico procedente de materiales de empaque, 34 % de empaques de alimentos duraderos y 22 % de empaques de alimentos no duraderos (Sarria-Villa y Gallo-Corredor, 2016). Los impactos que se generan por su inadecuado manejo son la contaminación del suelo, olores en rellenos sanitarios, contaminación de aguas, —ya sean superficiales o subterráneas—, contaminación del aire, liberación excesiva de metano, entre otros (Nguyen Ngoc y Schnitzer, 2009). De hecho, por razones ambientales, económicas y como desafío industrial, se ha planteado realizar procesos productivos con todo tipo de residuos que ayuden a mitigar, de cierta forma, dichos impactos. El concepto surge a partir del término “sostenibilidad”, la cual es una estrategia diferenciadora de gestión de los residuos sólidos, con el objetivo principal de reducir al mínimo las cargas ambientales para futuras generaciones (Tsui & Wong, 2019).

Atendiendo a lo dicho, existen diversas opciones para realizar un sistema de gestión de los residuos. Ibrahim y Mohamed (2016) desta-

can la recuperación, ya sea por reutilización o reciclaje, la reducción de fuentes o vertederos y el tratamiento de residuos, tanto de forma térmica como biológica. Por otra parte, Nguyen Ngoc y Schnitzer (2009) resaltan otro método de prevención de desecho que consiste en la reutilización de estos como materias primas del proceso, con el fin de crear una economía circular sostenible de dichos materiales; esto se logra mediante actividades principales como: la visualización de residuos, la manipulación, la clasificación y el almacenamiento en origen, la recolección, el transporte, el procesamiento, la transformación y la eliminación. Para ello se requiere de la responsabilidad de todas las partes involucradas en el proceso, bajo la planificación estratégica, diversos mecanismos de financiamiento, coordinación de autoridades gubernamentales, estrategias de infraestructura y la sociedad en general (Valdés López et al., 2019).

También, existen varias opciones relacionadas con la cadena de suministros de lácteos y de elaboración de quesos (conjunto de actividades, instalaciones y medios de distribución que son necesarios para el proceso de venta de un producto) para lograr una buena implementación de un sistema de gestión de residuos. Por ejemplo, Santibáñez-Aguilar et al. (2013) proponen, mediante un modelo de programación matemática, realizar una planificación adecuada de la cadena de suministro que se encuentra asociada con dichos sistemas de gestión, para lograr así maximizar en su totalidad el beneficio económico, en función de los aspectos técnicos y ambientales. De esta forma, la conclusión clave de la mencionada

investigación está basada en la utilización integrada de los residuos sólidos para generar ventajas económicas, ambientales y sociales.

De forma similar, Balomenos et al. (2011) analizan herramientas clave que se deben utilizar para medir el grado de sostenibilidad de un proceso, como lo es el balance de masas, energía y exergía, para lo cual se concluye que estas herramientas novedosas de alto impacto pueden generar beneficios con sostenibilidad ambiental. Del mismo modo, Torres-Ávalos y Lozano-González (2018) describen en su trabajo estrategias para la creación de nuevos productos a partir de residuos sólidos, con el fin de darle valor agregado a la empresa, maximizar el consumo de recursos y contribuir con la disminución de los impactos al medio ambiente.

Cabe aclarar que cuando se mencionan los residuos en la industria láctea se toman tanto los sólidos como los líquidos, por el impacto hacia el ambiente en las diferentes etapas del proceso (Villena, 1995); por ejemplo, la recepción de la materia prima, estandarización de la leche, proceso productivo, envases y embalajes y tratamientos térmicos. Como evidencia, Latinoamérica es generadora de 900 a 1000 ton/día de residuos combinados por empresa, por lo que es de suma importancia que los mercados del sector lácteo cuenten con estrategias para cumplir con los indicadores de sostenibilidad y controlar los vertimientos, además de minimizar o reutilizar los residuos directamente en el proceso productivo (Luque González et al., 2018).

Dicho todo lo anterior, y desde un caso en particular, Experiencia San Sebastián es una

empresa láctea que se encuentra ubicada en el Km 1 vía la Ceja-San Antonio, Antioquia. Fue fundada en febrero de 2019 por Jacobo Moreno Posada, y su actividad principal es la elaboración de quesos artesanales, libres de químicos artificiales, teniendo como principal objetivo rendir un homenaje al campo, y creando la primera escuela de maestros queseros en Colombia. La empresa cuenta con nueve referencias de quesos, en las cuales se incluyen: Quesito, Cuajada, *Mozzarella*, Parrilla, Curado, *Ricotta* (cuya elaboración es a base del suero o residuo líquido de la leche), *Cheddar* (proviene de la fundición de diferentes tipos de quesos, en su mayoría de sobrantes de otras referencias), *Feta* y *Camembert*, además de tener una línea de yogurt griego y de mantequilla (Moreno, como se citó en CCM Televisión, 2021).

La problemática de esta empresa se relaciona con inadecuadas prácticas y manejos de la gestión de residuos líquidos y sólidos. Las causas que están generando este problema tienen que ver con la disposición del suero producido en el proceso y el uso inadecuado de sus empaques plásticos por los consumidores finales, entendiéndose como un problema de responsabilidad social empresarial, no ligado al proceso productivo en planta.

En efecto, la investigación de la que trata este artículo buscó saber cómo gestionar adecuadamente el excedente líquido del queso en el proceso de pasteurización y los residuos asociados al empaque y distribución del producto terminado en la empresa, por lo que el objetivo de este proyecto de investigación es

proponer su adecuado manejo para el producto terminado, mediante la identificación de los procesos de la empresa y sus puntos críticos de generación de residuos; un diagnóstico de la situación actual, respecto a los desechos generados; y la determinación de las medidas de acción sustentable, con el fin de reducir, reutilizar o reciclar dichos residuos.

Materiales y métodos

Los materiales y métodos utilizados para abarcar los propósitos del presente estudio se plantearon bajo un esquema de paso a paso, donde se inició con las actividades del primer objetivo específico hasta llegar a los resultados esperados del objetivo final, tal como se presenta a continuación.

Para identificar los procesos en la empresa y sus puntos críticos de generación de residuos, se realizó un acercamiento al proceso mediante visitas periódicas, con el fin de identificar los principales factores críticos, elaborando un mapa de procesos; técnica cuya finalidad es esquematizar las diferentes etapas, de manera que se evidencie en ella el flujo de cada una (Pico, 2006). Esto se asemeja también a esquemas relacionados con la teoría general de sistemas, que como lo define López Montiel (2008): permite por medio de diagramas interpretar y construir explicaciones sobre un conjunto de elementos que se forman, interaccionan, se relacionan y se conectan con el ambiente y contexto de una empresa. Es así como para la elaboración del mapa de procesos se realizaron actividades de observación directa, reconociendo el proceso y sus diferentes etapas.

Posteriormente, se determinaron las actividades críticas donde se generan más residuos, y en qué parte del proceso se encuentran, por medio de observaciones directas y comunicación con los empleados de la planta. Para ello, se agruparon las actividades en procesos estratégicos, operativos y de apoyo. En esta parte, los procesos estratégicos sirven para dar soporte a la planeación y políticas de la organización, y ofrecen dirección para el desarrollo empresarial; en los operativos se encuentra la secuencia de valor añadido, desde la necesidad del cliente y la competencia de mercado, hasta el producto final; y, por último, el apoyo se ejecuta para ofrecer soporte al área productiva. Todos estos procesos se unieron secuencial y sinérgicamente en un mapa de procesos (Pepper Bergholz, 2011).

En la identificación de los factores se definen las causas principales del problema que genera la empresa, bajo el método de diagrama de *Ishikawa* que se elabora por medio de las 6M (las M, son las iniciales de categorías: mano de obra, maquinaria, métodos, medición, materia prima y medio ambiente), lo cual permite graficar la interacción de los diferentes problemas de un sistema con los factores que posiblemente lo generan (Kambhampati, 2017); con esto se buscó focalizar en el proceso las problemáticas de residuos líquidos y sólidos. Por otro lado, se realizaron encuestas con las personas encargadas de la producción del queso.

Las encuestas se realizaron a cada una de las personas que trabajan en la elaboración del queso, quienes son las encargadas de darle forma, cuajar y empacar el producto termina-

do. Al ser el proceso artesanal, la empresa solo cuenta con cinco trabajadores, en este caso particular, todas mujeres. Su turno laboral empieza desde las 6 a. m. y termina a las 3 p. m., todos los días, exceptuando los domingos. Es importante aclarar que cada colaboradora tiene conceptos similares referente al suero y sus características, por lo que las preguntas fueron enfocadas a la problemática más relevante que tiene la empresa, que es la gestión que se le realiza actualmente al suero.

Subsiguientemente, para realizar un diagnóstico de la situación actual respecto a los desechos generados, se realizaron tres actividades: caracterización fisicoquímica de los sueros, caracterización de residuos sólidos en producción y un análisis estadístico de datos de producción de ventas desde junio de 2020 hasta julio de 2021.

La primera actividad se realizó para obtener datos de las características y componentes que tienen los vertimientos de suero de cuatro referencias, las cuales fueron: Curado, *Mozzarella*, Parrilla y *Camembert*, debido a que son los productos que forman el suero en el proceso de elaboración. Para las muestras recogidas se realizó una medición de oxígeno disuelto, por medio de un multiparámetro (prot. hq40d), además de el pH, porcentaje de oxígeno y la temperatura. Posteriormente, se calculó la DBO5 para identificar la cantidad de oxígeno disuelto (mg/L) que se requiere en un tiempo determinado para la degradación biológica de las sustancias orgánicas contenidas en el agua residual. Este parámetro valora el grado de carga que tiene el vertimiento (Raffo Lecca y Ruiz Lizama, 2014).

Además, dicho análisis se realiza cuando se quiere entender el tipo de composición de aquellas sustancias que intervienen en un proceso de producción como este. Son pruebas de laboratorio que se le aplican a una muestra para determinar dichas características y ver más a detalle su composición (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016), permitiendo la toma de decisiones acerca de su manejo.

De otro lado, para obtener los resultados, se realizaron tres montajes por muestra de suero de los cuatro productos mencionados, con el fin de desarrollar la metodología en la cual se hallaría la DBO5, minimizando el error. El montaje necesitó agua potable, agua residual (suero) y agua no potable (agua del Río Negro, en el municipio del mismo nombre). De este modo, el agua potable reposó un periodo de 24 horas mediante un proceso de aireación, para obtener una proporción alta de oxígeno. Una vez cumplido el tiempo, se añadió 6 ml de micronutrientes y macronutrientes, y 12 ml de microorganismos, los cuales se recolectaron del Río Negro. Previo a esto, se prepararon tres *winkler* por muestra, con 1 ml del suero, se agregó la solución mencionada y se trasladó a una incubadora (a 20 °C) para que la oxidación de la materia orgánica que realizan los microorganismos fuera más efectiva. Finalmente, y después de transcurrir cinco días, se procedió a tomar nuevamente los datos, en función de las características mencionadas, y así determinar la DBO5 correspondiente a cada muestra (IDEAM, 2007).

En la segunda actividad del objetivo se realizó la caracterización de residuos sólidos en la etapa de producción, lo cual propició concretar

estrategias para su manejo. Se utilizó el Método *Sakurai* (Castillo y Hardter, 2014), en el cual, bajo una muestra (para el caso 100 %), se determina peso, tipo y densidad de los residuos sólidos generados durante una semana.

La tercera actividad de este objetivo fue la recopilación de datos de producción de ventas, desde junio de 2020 hasta julio de 2021, de las diferentes referencias mencionadas. Este periodo de datos responde a los que la empresa ha podido guardar desde su inicio de operaciones, y son necesarios para calcular los residuos generados por empaques, al mes, por los clientes que adquieren los productos. Luego de obtenerlos se realizó la medición del peso y volumen de los empaques. Posteriormente, se realizó un tratamiento bajo análisis estadísticos de pruebas no paramétricas, en específico el test de *Kruskal-Wallis*, que se asemeja a las pruebas ANOVA, pero con la diferencia de que no se asume normalidad en los datos. Estas pruebas permiten determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre las medidas de tendencia central de más de dos poblaciones (Quispe Andía et al., 2019); es decir,

para el caso práctico de esta investigación se tenía como objetivo saber si existían diferencias significativas en la generación de residuos plásticos y de cartón postventa, en el año 2020 y 2021, mediante los softwares estadísticos *RWizard* y *Jamovi*.

Finalmente, y para la determinación de las medidas de acción sustentable, con el fin de reducir, reutilizar o reciclar dichos residuos, se realizó un análisis bajo metodología de las tres R (Reducir, Reciclar y Reutilizar), la cual podría ofrecer soluciones para el cumplimiento de la gestión de residuos en la empresa, por medio de la identificación de alternativas, priorización de estas y un método lógico (Fonseca y Rodas, 2018) que permita viabilizar cada alternativa para su respectivo desarrollo como proyecto.

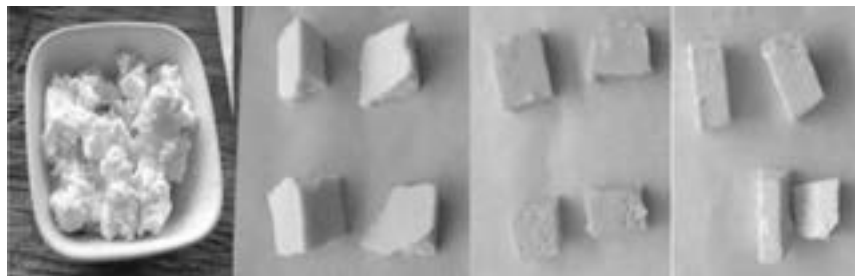
Resultados y discusión

Identificación de los procesos de la empresa y sus puntos críticos de generación de residuos

La empresa cuenta con nueve referencias de quesos, en las que se distinguen las siguientes (ver Figura 1).

Figura 1

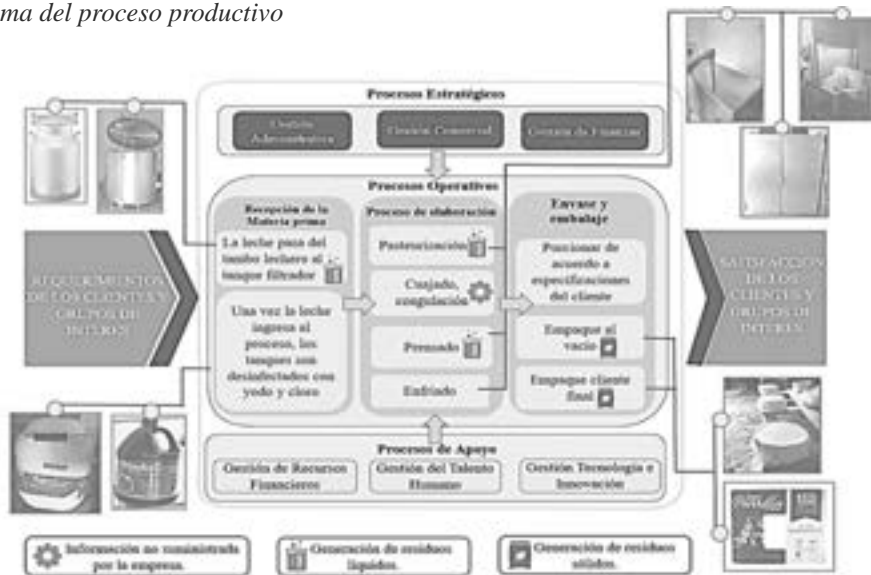
Referencias de quesos: Ricotta, Feta, Cheddar y Curado



Nota. Elaboración propia

Recorriendo la empresa, se evidenció un proceso artesanal poco estandarizado, con una amplia estrategia diferenciadora y con buenas prácticas de manufactura; sin embargo, carece de una adecuada gestión de residuos sólidos y líquidos, los cuales se muestran en su mapa de procesos (Figura 2).

Figura 2
Diagrama del proceso productivo



Nota. Elaboración propia

En la Figura 2 se identifican actividades clave para la elaboración de las diferentes referencias. Inician con la preparación de maquinaria, donde los operarios se encargan de limpiarlas, a fin de garantizar la inocuidad. Cabe resaltar que el suelo siempre está aseado con flujo constante de agua, para dar correcta limpieza al área de pasteurización, prensado y refrigeración.

La leche se obtiene de forma propia o a través de terceros certificados. También cuentan con ingredientes primordiales como la sal, los cultivos bacterianos y los empaques destinados al producto terminado. Con respecto a la recepción de la leche, la empresa opera bajo dos escenarios: la llegada de la leche de lunes a jueves, la cual se dispone para ser tratada por el proceso que supla la demanda de los clientes y, en el segundo escenario, la leche que llega los viernes es almacenada en frío para ser procesada los lunes (ver Figura 3).

Figura 3

Llegada de la materia prima (leche) a la empresa



Nota. Elaboración propia

Luego del acopio de la leche y su tratamiento, pasa de un “tambo lechero” a un tanque filtrador de 1400 litros, por el cual se hace un proceso de filtrado, donde se separan residuos en suspensión e impurezas mayores, como pelos de vaca, pasto, piedras y demás. Una vez ingresada la leche al proceso productivo, al tanque se le realiza un lavado y desinfectado con yodo y cloro (Figura 4).

Figura 4

Tanque utilizado para el proceso de filtración de la leche y desinfectantes utilizados para purificar el tanque respectivamente



Nota. Elaboración propia

Una vez la leche es filtrada, esta pasa a pasteurización, que es un tratamiento térmico para eliminar patógenos que pudieran ingresar durante el proceso de ordeño, transporte, recepción y filtrado, con el fin de prolongar la calidad de la leche, y cuya temperatura dependerá del tipo de referencia de queso a elaborar (Tirado et al., 2016). En promedio se eleva a 70 °C, donde el 70 % de la materia prima sigue productiva, y aproximadamente el 30 % se transforma en suero líquido, de un alto porcentaje de proteínas hidrosolubles, sales, vitaminas, minerales, lactosa y grasa (Figura 5).

Una parte del suero resultante de la etapa de pasteurización es utilizada para fabricar otra referencia de queso: “*Ricotta*”, otra parte es destinada a los pozos sépticos, y lo restante es vertido en el pasto, como fertilizante. Es importante aclarar que, por políticas de la empresa, no se supo con exactitud sus porcentajes.

Figura 5

Proceso de pasteurización de la leche



Nota. Elaboración propia

Continuando con el proceso, a la leche se le agregan cultivos bacterianos (tipo bacilos) para lograr el cuajado y coagulación. Esto permitirá, además la acidificación, detener el desarrollo de nuevos patógenos, contribuir a la firmeza del queso, influir en la maduración y homogenizar el producto. La cantidad de cultivos a agregar y el tiempo en reposo dependerá del tipo de proceso, pero en

promedio se añaden 5 g por día de producción. Adicional a esto, se le añade sal para formar la corteza del queso, dar sabor, contribuir a detener el desarrollo de microorganismos y completar el desuerado. Se estima que durante una semana de proceso productivo se utilizan cinco bolsas de sal.

Asimismo, la refrigeración y maduración dependerá del tipo de queso: quesos frescos, cuyas características principales son su humedad, color blanco, y sabor no muy intenso; los quesos semimaduros, donde su textura es relativamente suave, el color característico es de tonos amarillos y se parte con cierta facilidad; por último, los quesos madurados.

Una vez el queso ha pasado por su proceso de elaboración, es ubicado en estanterías. El queso curado es ubicado con vistas a los clientes y el queso *Camembert* en cuartos de maduración para controlar humedad relativa, temperatura, contaminación con microorganismos e insectos, hongos y levaduras (Figura 6).

Figura 6

Refrigeración para queso curado y cuarto de maduración para Camembert



Nota. Elaboración propia

El tipo de referencia del queso se divide en porciones (Figura 7), dependiendo de las especificaciones del cliente. La empresa tiene dos tipos de clientes: en su mayoría, cuenta con clientes fijos (restaurantes y distribuidores) y clientes ocasionales.

Figura 7

Proceso de porcionar los pedidos dependiendo el tipo de cliente



Nota. Elaboración propia

La etapa de empaque al vacío se realiza mediante el requerimiento del cliente y dependiendo el tipo de referencia, puesto que los quesos más frescos son empacados directamente en envases plásticos de fácil acceso para consumir (Figura 8).

Figura 8

Proceso de empaque al vacío



Nota. Elaboración propia

El proceso culmina con el empaque al cliente final. Para los restaurantes, el producto es empacado al vacío, y para los distribuidores se maneja un empaque de cartón, como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Empaque producto terminado, referencia de queso Mozzarella, Ricotta y queso Cheddar



Nota. Elaboración propia

De otro lado, para identificar las problemáticas relevantes en el proceso productivo, se desarrolló un diagrama (*Ishikawa*), graficando desde la desinformación de los colaboradores, en cuanto a oportunidades sostenibles y falta de pertenencia, hasta procesos sin herramientas operativas que ayuden a la estandarización. Todo esto se evidencia en la Figura 10, en donde se concluye que los residuos sólidos y excedentes generados son problemáticas de insostenibilidad empresarial.

Figura 10

Diagrama de Ishikawa del proceso



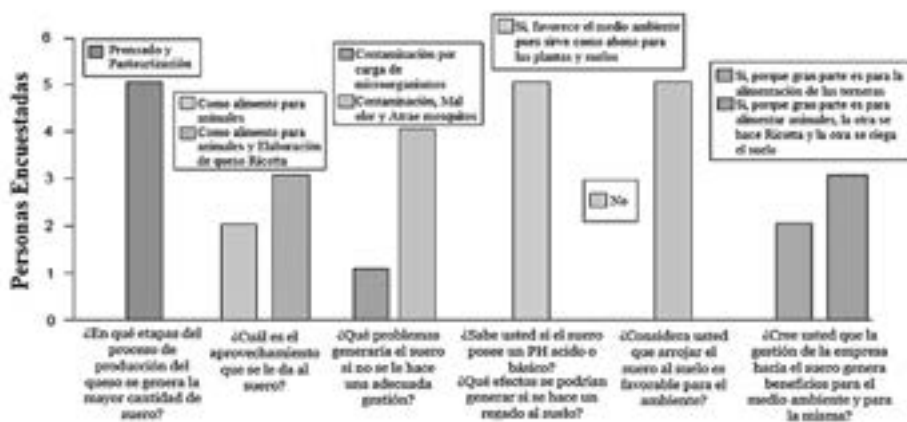
Nota. Elaboración propia

Seguido de esto, y para dar soporte a las problemáticas encontradas, con participación de los colaboradores de Experiencia San Sebastián, se realizó una encuesta indagando sobre las etapas en las que se genera la mayor cantidad de suero y su disposición; las respuestas concordaron que en las etapas de prensado y pasteurización. Por otro lado, se deseó conocer sobre el manejo sostenible del suero y cómo se disponía, para lo cual se evidenció que el 40% de las respuestas enfatizaron: “una opción de alimentos para animales”, y el otro 60% para la realización de otra referencia de queso (*Ricotta*).

Además, se indagó por el concepto que tienen los trabajadores sobre lo que puede conllevar si no se le hace una adecuada gestión sostenible a este líquido. La mayoría (60%) argumentó que si el suero no es tratado adecuadamente puede generar contaminación en las aguas, además de generar fuertes olores y atraer insectos indeseables. Asimismo, se realizaron preguntas sobre la acidez que tiene el suero y cuáles serían los efectos si se hace un riego. En general, todos afirmaron conocer su pH, y concuerdan en que este favorece al medio ambiente si es arrojado al suelo como fertilizante.

No obstante, cuando se preguntó si consideraban que realizar riego con el suero es favorable para el ambiente, el 100% estuvo de acuerdo en que no, logrando comprobar así una contradicción con las respuestas dadas a la pregunta anterior (Figura 11).

Figura 11
Respuestas de la encuesta realizadas a los colaboradores de Experiencia San Sebastián



Nota. Elaboración propia

Diagnóstico de la situación actual, respecto a los desechos generados en la empresa

Luego de identificar que el suero generado y los residuos sólidos postventa son problemáticas ambientales en Experiencia San Sebastián, se determinó, en primera instancia, el efecto del líquido como fertilizante para el suelo, caracterizándolo fisicoquímicamente, en aras de determinar si funcionaba para ese objetivo, o si, por el contrario, se estaba haciendo un daño ambiental. Los datos tomados fueron: el pH para acidez o basicidad y la DBO5, que determina la demanda biológica de oxígeno. Los datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Parámetros físico – químicos del suero de cada producto

Tabla 1	Suero curado	Suero Mozzarella	Suero Parrilla	Suero Camembert
<i>Parámetros físico – químicos del suero de cada producto</i>	0.8	1.49	0.32	2.09
Temperatura (°C)	18.6	19.5	18.2	17.9
% Oxígeno	10.9	20.7	4.3	28.2
pH	4.36	3.96	3.94	5.87

Nota. Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 1 sugieren que existe una variabilidad química en la composición del pH del suero de cada referencia de queso seleccionada, lo cual determina que si este es arrojado al suelo puede cambiar su composición. Según Mendez, Viquez y Arias (2016), los suelos con pH por debajo de 6.5 presentan elementos y solubilidad que ocasionan poca disposición de nutrientes para las plantas; por tanto, la acidificación por suero puede aumentar esta condición (Méndez Herrera et al., 2016).

Así pues, un suelo con pH óptimo para el uso agrícola debe variar entre 6,5 y 7,0 para obtener los mejores rendimientos de productividad, fertilidad y utilidad para el crecimiento de gran parte de plantas (Ibarra Castillo et al., 2009). Así las cosas, la variabilidad que presentan los pH en la Figura 12 (Curado: 4,36; *Mozzarella*: 3,96; Parrilla: 3,94; y *Camembert*: 4,87) son altamente restrictivos y condicionan el uso apropiado del suelo, cuando se le hace el verdedo del suero, provocando cambios bruscos en los nutrientes y ecosistemas.

Figura 12
Parámetros Físicoquímicos (pH)



Nota. Elaboración propia

Además, la normativa colombiana, específicamente la Resolución No. 0883 del 18 de mayo de 2018, establece parámetros y valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas. En el artículo 8, los límites de permisibilidad definen que el pH debe tener intervalos entre seis a nueve, dando a entender que los valores de pH, expuestos en la Figura 12, incumplen para realizar la fertilización en los suelos (Cancelado Medina & Reyes Cuellar, 2019).

Por otro lado, uno de los parámetros más importantes e indispensables que determina el estado y calidad de un cuerpo hídrico es la DBO, porque comprueba y establece la cantidad de oxígeno que necesita una muestra, que posee una mayor cantidad de materia orgánica, para oxidarla y degradarla.

Figura 13
Parámetros Físicoquímicos (DBO5)

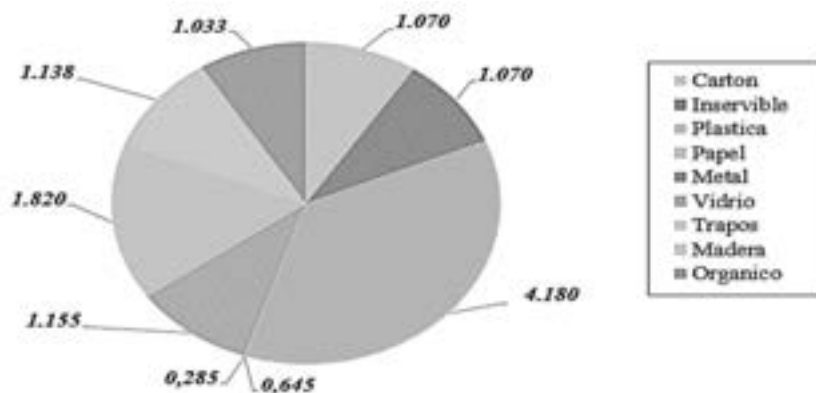


Nota. Elaboración propia

En la Figura 13 se evidencia la proporción de DBO que tienen las cuatro clases de suero muestreadas, cada una con valores entre 371 mg/L O₂, como la del *Camembert*, y 498.26 mg/L O₂, como la *Mozzarella*, lo que indica que las aguas residuales de los vertimientos de la empresa son altamente contaminantes. Esto se debe a que las muestras de la DBO₅ resultantes (Curado: 405.25 mg/L O₂; *Mozzarella*: 498.26 mg/L O₂; Parrilla: 425.76 mg/L O₂; y *Camembert*: 371.26 mg/L O₂) están muy por encima del intervalo máximo permitido, puesto que la Resolución 0883, del 18 de mayo de 2018, establece que los vertimientos deben contener una DBO₅ inferior a 70 mg/L O₂, por lo que es importante realizarles tratamientos antes de ingresar a cuerpos de agua, evitando sanciones por parte de las autoridades competentes.

Como paso siguiente, se realizó la caracterización de los residuos sólidos en la fuente, además de sus cantidades y los cambios en el tiempo.

Figura 14
Pesos de los diferentes elementos encontrados en los recipientes de basura



Nota. Elaboración propia

En la Figura 14 se observan los diferentes pesos que se obtuvieron en la medición realizada en la empresa Experiencias San Sebastián, un día antes de la recolección semanal de residuos sólidos, por medio del método *Sakurai*. En el procedimiento se evidenció que el residuo con mayor peso fue el plástico (4,18 Kg), pues es muy utilizado en el proceso productivo del queso, como insumo para bolsas de sal, bolsas plásticas de un solo uso, empaques de la referencia *Ricotta*, Quesito y Cuajada, además de botellas plásticas, vasos desechables, entre otros.

En contraste, se esperaría que el papel fuera uno de los residuos que más se genera en la empresa; sin embargo, según la Figura 14, es uno de los que no se genera en grandes cantidades a la semana (0,645 Kg), dando a entender que su utilización es bastante irrelevante para el proceso.

Por otro lado, la empresa cuenta con un déficit de cantidad de canecas para la separación en la fuente, pues posee solo tres, cerca del lugar de atención, y con desactualización colorimétrica, con canecas de color gris, azul y verde (ver figura 15). Se observó, además, la escasa importancia en la gestión ambiental debido a la poca oportunidad que promueven para reciclar correctamente.

Figura 15

Canecas de basura de la empresa

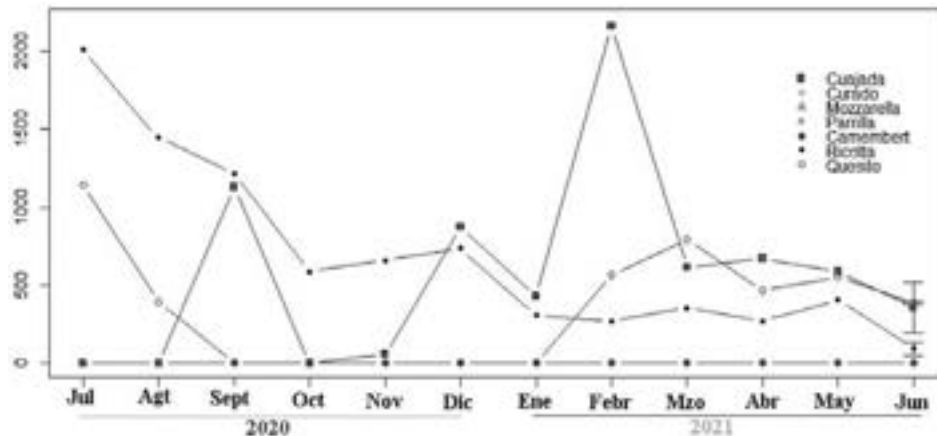


Nota. Fotografía propia.

Finalmente, se realizó un análisis descriptivo de generación de residuos plásticos y de cartón postventa de productos. Para ofrecer una medida de acción sustentable a la empresa, como lo es “reducir, reutilizar o reciclar”, fue necesario dimensionar, de manera gráfica, el consumo de plástico y cartón de los envases del producto terminado. Teniendo los datos de ventas en el periodo de 2020 y 2021, fue posible evidenciar, en la Figuras 16 y 17, la generación de plástico y cartón que la empresa obtuvo en los años mencionados.

Figura 16

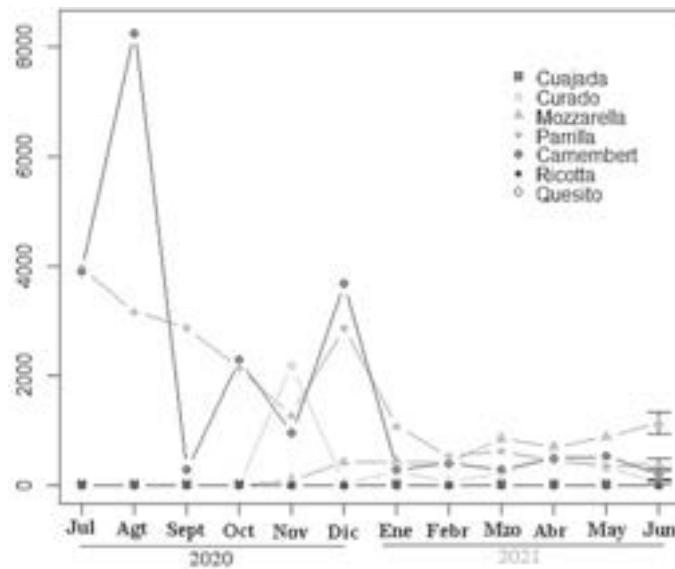
Generación de plástico en (gr) de cada uno de los productos para el año 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Generación de cartón en (gr) de cada uno de los productos para el año 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

En la Figura 16 se evidencia la disminución del consumo de plástico de la referencia *Ricotta*, generando para julio de 2020 aproximadamente 2000 gr, que con el tiempo bajó hasta generar aproximadamente 500 gr, entre enero y mayo de 2021. Esta tendencia es directamente proporcional a las ventas, por lo que aparentemente se tuvo una disminución a lo largo del periodo. Por el contrario, se observa la tendencia estable de las referencias Quesito y Cuajada, por lo que se pretendería dar solución al nivel de generación de residuos sólidos, en específico el plástico, para ambas.

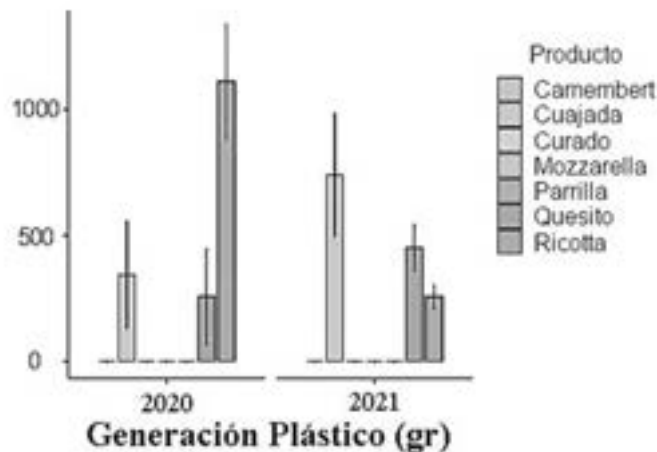
Del mismo modo, se observa en la Figura 17 la disminución del consumo de cartón del

queso Parrilla, y la tendencia de la generación de cartón del queso *Mozzarella*. Inclusive, se identifican referencias cuyo cliente final estará exento de generación de residuos: plástico y de cartón. De hecho, si se observan las referencias que no tienen plástico en su empaque, se notará que son quesos semimaduros, mientras que las referencias que no van empacadas en cartón son, en su mayoría, de quesos frescos, cuya característica principal es su humedad.

Paralelamente, se realizó un análisis comparativo de la generación de estos residuos a lo largo del tiempo, con el fin de conocer si los años 2020 y 2021 tenían diferencias significativas como se observa en las Figuras 18 y 19:

Figuras 18

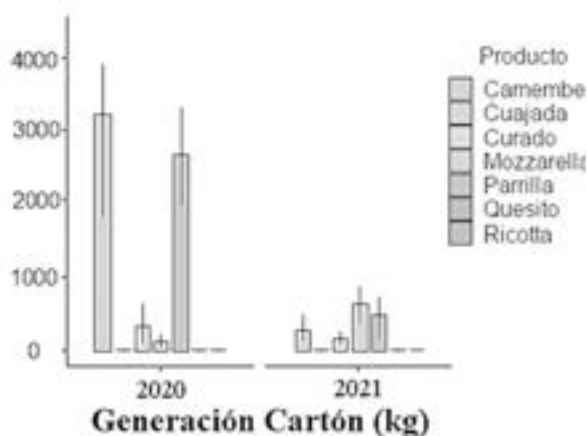
Descripción del comportamiento de la generación de residuos plásticos 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

Figuras 19

Descripción del comportamiento de la generación de residuos de cartón 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

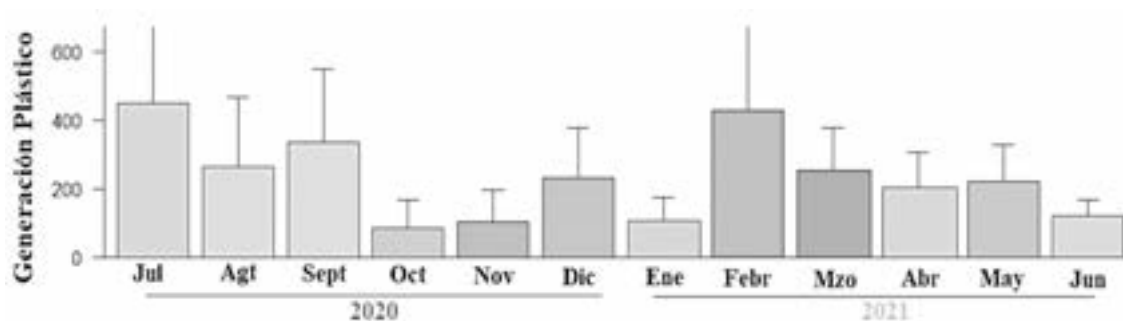
Es evidente que no existe una tendencia en cuanto a la generación de residuos plásticos y de cartón; sin embargo, cabe destacar que el Quesito es la referencia que tiende a ser más estable para la empresa. Debido a que la generación de residuos es directamente proporcional a las ventas, se aprecia que, a través del tiempo, dicha generación oscila entre un rango aproximado de 200 a 500 gr de plástico (ver Figura 18), en comparación con otras referencias. Una vez más, queda claro que la temporalidad es la protagonista de las ventas, en tanto se evidencian picos de referencias que no van a ser tan comunes en el mercado.

En este punto, y para dar soporte al análisis mencionado, se realizó una prueba ANOVA, en la cual se pretendía conocer si la gener-

ación de residuos plásticos y de cartón eran estadísticamente significativos, con respecto al tiempo; sin embargo, el análisis arrojó un modelo cuadrático ajustado en un 99,93% a la distribución de los datos. La muestra que se extrajo fue tomada de una población con una distribución de probabilidad anormal, pues el supuesto de *Kolmogorov-Smirnov*, que muestra si la distribución observada difiere de otra, y el supuesto de *Shapiro-Wilks*, que aplica en este caso particular porque se analizan muestras pequeñas (compuestas por menos de 50 elementos (Novales, 2016), no se cumplen. Es por esto por lo que se realizó una prueba no paramétrica, como el test de *Kruskal-Wallis*, en el que, igualmente, se tomó como hipótesis dos variables de respuesta que no estaban correlacionadas entre sí; por tanto, el test arrojó lo siguiente:

La generación de residuos plásticos en el tiempo, a través de una prueba de *Kruskall y Wallis* con un 95% de confianza, no mostró diferencias estadísticas significativas con un Valor-P = 0.9559; a su vez, por sí misma la generación de residuos de cartón en el tiempo, a través de la misma prueba anterior y el mismo nivel de confianza, no mostró tampoco diferencias estadísticas significativas con un Valor-P = 0.9955 (ver Figuras 20 y 21).

Figura 20
Diferencias estadísticas generación de plástico 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

En las Figuras 20 y 21 se evidencia una diferencia estadística notable, en cuanto a la generación de residuos, en 2020 y 2021, para ambos tipos de residuos, por lo que realizar predicciones de dicha información no es razonable. Sin embargo, es importante resaltar que el consumo de plástico de la empresa se destaca aún más que el de cartón, motivo por el cual se deben buscar alternativas sostenibles para la presentación de las referencias Quesito, Cujada y *Ricotta* en el mercado.

Determinación de las medidas de acción sustentable, con el fin de reducir, reutilizar o reciclar en Experiencia San Sebastián

Posterior al diagnóstico descrito, se presentaron de forma general tres propuestas de mejora basadas en la metodología de las 3Rs (Morales-Payán, 2011). Para “reducir” y evitar empaques al vacío, sin importar que tan pequeño es el producto y los residuos plásticos que este genera, específicamente a sus clientes

más relevantes: los restaurantes, quienes la mayoría de las veces realizan este tipo de especificaciones por la practicidad que demanda esta actividad, se sugirió a la empresa adoptar medidas de logística inversa, más específicamente empaques herméticamente retornables con el fin de minimizar los impactos ambientales y aumentar la competitividad del negocio en función de los costos de mano de obra, maquinaria y consumo de recursos (ver Figura 21).

Figura 21
Diferencias estadísticas generación de cartón 2020 y 2021



Nota. Elaboración propia

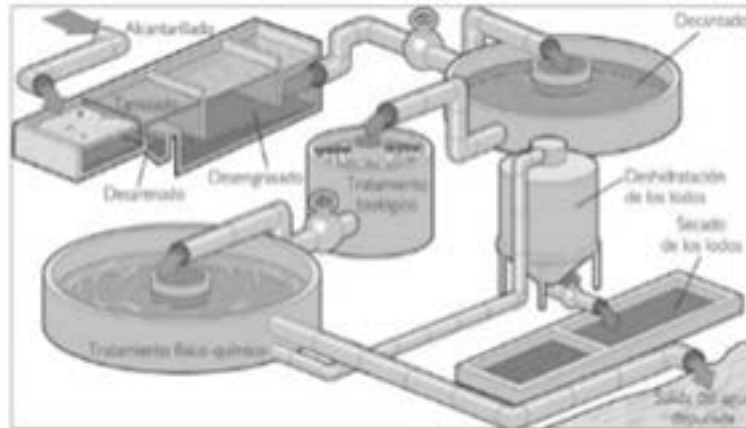
Por otro lado, y para “reutilizar” el suero que se desperdicia como vertimiento a quebradas aledañas, y como fertilizante al campo, se propuso elaborar con la misma materia prima otros tipos de productos que pueden ayudar a beneficiarse en ganancias económicas y a reducir los impactos ambientales. Basta decir que del suero se pueden producir proteínas y bebidas lácteas no fermentadas y fermentadas, que podrían tener microorganismos que combatan la flora patógena y ayuden a los procesos de digestión (Virtualpro, 2014), además de la elaboración de cremas de belleza que contengan grandes cantidades de sólidos

proteicos, como lo establecen Anaya Terrel y Salinas Alatrística (2020), además, proponen esparcibles como mantequillas, otra variedad de queso y yogures; también, en la industria cárnica se proponen embutidos, según el estudio realizado por Cruz (2013) (Anaya Terrel y Salinas Alatrística, 2020).

Es importante aclarar que, cuando no se reutiliza el residuo, se debe implementar una planta de tratamiento de agua residual —PTAR—, dando así una mejor calidad de agua en sus vertimientos y cumpliendo la normativa colombiana (ver figura 22).

Figura 22

Planta de tratamiento de agua residual sugerida



Nota. Imagen tomada de Tratamiento de aguas residuales (s.f.).

En cuanto al “reciclaje”, se recomendó a la empresa actualizar la colorimetría de las canecas, pues facilita la separación de los residuos y promueve un reciclaje más efectivo; además de ofrecerle al personal las herramientas para una separación exitosa de residuos aprovechables, no aprovechables y orgánicos (ver figura 23).

Figura 23

Actualización de colorimetría para reciclaje



Nota. Fotografía propia.

Finalmente se realizó la matriz de validación de alternativas (Tabla 2), en la cual, luego de su identificación, se efectuó la priorización de estas:

Tabla 2
Matriz de validación de Alternativas

Impacto Ambiental (10 pts)	Pts	Impacto a largo plazo (10 pts)	Pts	Viabilidad técnica operativa (10 pts)	Pts	Puntaje acumulado (se requiere más del 50% para validar)	%	Criterio de evaluación (Válido - No válido)
Beneficios ambientales totales; aunque se debe estimar qué hacer con empaques dañados.	5	Podría ser replicado por otras empresas, pero algunos clientes podrían no sostener la idea.	4	La forma actual de entrega en motocicletas puede emularse fácilmente por esta idea. Sin embargo, los clientes pueden dañar los empaques o generar retrasos.	4	60	60%	Válido
Beneficios ambientales totales; aunque se debe estimar el impacto de los residuos de la realización del nuevo producto.	8	Para alguna certificación o cumplimiento de normativas se debe contar con una PTAR.	7	Se debe validar con una investigación de mercados el impacto del nuevo producto y si tendrá acogida por el cliente.	5	67	67%	Válido
Beneficios ambientales totales; aunque se debe capacitar el personal para hacer uso correcto.	8	Para alguna certificación o cumplimiento de normativas ambientales.	8	Se puede migrar fácilmente; sin embargo, pueden existir colaboradores que se reusen al cambio.	8	82	82%	Válido

Nota. Fotografía propia.

En la Tabla 2 se validan las tres opciones, teniendo en cuenta los criterios de posibilidad de encontrar apoyo de actores relevantes, viabilidad financiera, impacto social, relación costo-beneficio, impacto ambiental a corto y largo plazo, y la viabilidad técnica. En ella se acumulan los puntajes obtenidos en cada cri-

terio, requiriendo más del 50% de este puntaje para obtener viabilidad. Se puede apreciar que la alternativa de reciclaje, a partir de canecas de colores, obtuvo la mayor validación, con un 82%, seguida de la reutilización del lactosuero en otros productos y en la fabricación de una PTAR, con un 67%; finalmente, la alternativa de los empaques herméticamente retornables obtuvo un 60%. Las tres elecciones se validaron por cumplir con el criterio de ser mayor a 50%.

Conclusiones

La situación actual de la empresa Experiencia San Sebastián se evaluó mediante diferentes herramientas que ayudaron a identificar los principales componentes que generan impactos ambientales, realizando una investigación acerca del estado ambiental de la empresa y determinando la problemática principal. Es claramente evidente que las mismas personas que hacen parte del proceso de elaboración de quesos en la empresa, aún no lo conocen con exactitud. El impacto que generan en el medio ambiente y las consecuencias de una mala gestión de sus residuos a corto, mediano y largo plazo, establecen oportunidades de mejora y planes de acción, para concientizar, entrenar, informar y desarrollar capacidades dinámicas en sus trabajadores, con el fin de generar un criterio claro y estructurado de información, y así contrarrestar en gran medida la insostenibilidad empresarial.

La determinación de las medidas de acción sustentable, con el fin de reutilizar, reducir o reciclar los residuos sólidos se dieron por medio de metodologías desarrolladas a partir

de investigaciones indagadas, tales como la caracterización de suero, la caracterización de los residuos sólidos, además de encuestas elaboradas y abordadas hacia los operarios del proceso productivo, con el fin de encontrar cada problemática; también, se abordaron los datos ofrecidos por la empresa. A partir de toda la información encontrada y analizada se ha determinado que aquellos resultantes del proceso productivo, como el suero del queso, sirve para diversas reutilizaciones, lo que a nivel comercial puede dar un ingreso extra por medio de diferentes opciones y reúso, como productos de queso o en forma de mantequilla, yogures, entre otros. Además, la caracterización de los residuos permitió estar al tanto de cómo organizar dichos residuos, de cómo reciclar efectivamente y también generar concientización sobre la distribución de los residuos en sus respectivas canecas, formando un proceso de reciclaje exitoso.

La conclusión más relevante que aporta la presente investigación se centra principalmente en las medidas de acción sustentable, con el fin de reducir los excedentes de residuos plásticos en empaque final; lo anterior, mediante: i) la implementación de empaques herméticamente retornables, en los cuales se transportará el producto terminado hacia el cliente final; ii) reutilizar el suero fabricando mediante otro tipo de producto y elaborando una PTAR; y iii) reciclar efectivamente dichos residuos sólidos mediante la actualización de la colorimetría de las canecas de basura y modificación de su tamaño, para poder, finalmente, implementar los mecanismos de evaluación y control para las acciones sustentables.

Referencias bibliográficas

- Anaya Terrel, G. P., & Salinas Alatrísta, C. E. (2020). *Aprovechamiento del suero de queso fresco en la elaboración de queso crema untable enriquecido con sólidos proteicos* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callo]. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5639/TESIS%20MAESTRO-SALINAS%20ALATRISTA-FIQ-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balomenos, E., Panias, D., & Paspaliaris, I. (2011). Energy and Exergy Analysis of the Primary Aluminum Production Processes: A Review on Current and Future Sustainability [Análisis energético y exergético de los procesos de producción de aluminio primario: una revisión sobre la sostenibilidad actual y futura]. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 32(2), 69-89. <https://doi.org/10.1080/08827508.2010.530721>
- Cancelado Medina, P. A., & Reyes Cuellar, J. C. (2019). Síntesis de Nanopartículas de Ferrita de Cobalto-Aluminio para posible remoción de iones Nitrato en muestras de agua natural. *Encuentro Facultad de Ciencias*.
- Canecas de reciclaje. (s.f.). *Canecas*. <https://www.canecasdereciclaje.com/>
- Castillo, M., & Hardter, T. (2014). *Gestión integral de residuos sólidos en regiones insulares*. WWF-Ecuador. http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/gestion_integral_de_residuos_solidos_en_regiones_insulares.pdf
- CCM Televisión. (7 de octubre 2021). *Día de Campo 141 Lácteos San Sebastián, un homenaje al campo* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=nmLW71QwdGE>
- Corantioquia. (2016). *Manual de producción y consumo sostenible. Gestión del recurso hídrico. Sector Lácteo*. <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Lacteos.pdf>
- Cruz, J. S. (Ed.). (2013). *Lácteos. Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos*. Superintendencia de Industria y Comercio. Pontificie Universidad Javeriana. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Propiedad%20Industrial/Boletines_Tecnologicos/Boletin_Suero.pdf
- Fonseca, F. Y., & Rodas, A. M. (2018). *Formulación de proyectos Bajo la metodología del marco lógico*. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- Gallo Benítez, P. A. (2021). *Propuesta de una ruta para la implementación de lo establecido en la Resolución 2184 de 2019 para la separación en la*
-

fuelle de residuos sólidos en conjuntos de propiedad horizontal. Estudio de caso: Conjunto La Sultana A, Bogotá DC.

- Ibarra Castillo, D., Ruiz Corral, J. A., González Eguiarte, D. R., Flores Garnica, J. G., & Díaz, G. (julio-septiembre, 2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. *Agricultura Técnica en México*, 35(3), 267-276. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000300003
- Ibrahim, M. I., & Mohamed, N. A. (2016). Towards sustainable management of solid waste in Egypt [Hacia la gestión sostenible de residuos sólidos en Egipto]. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 336-347. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.030>
- IDEAM. (2007). *Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y eletrometría*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Isaza Vargas, M. F. (2012). *Compromiso ambiental y sustentabilidad de la industria de alimentos lácteos en Colombia* [Trabajo de grado de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/10498/IsazaVargasMariaFernanda2013.pdf;jsessionid=EA026A1E1D91F3DD490FF5F406D76B8C?sequence=1>
- Kambhampati, V. S. (2017). Principles of Industrial Engineering [Principios de Ingeniería Industrial]. *IIE Annual Conference. Proceedings; Norcross*, 890-895. <https://www.proquest.com/docview/1951119980>
- López Montiel, Á. G. (2008). Las teorías de sistemas en el estudio de la cultura política. *Política y Cultura*, (29), 171-190. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n29/n29a8.pdf>
- Luque González, A., Caseres León, J. A., & Masaquiza, V. M. (2018). La gestión de residuos de las industrias lácteas: el caso de Ecuador. En *III Congreso: Ciencia, Sociedad e Investigación Universitaria*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/2605>
- Morales-Payán, J. V. (2011). *Guía Las 3Rs Reduce, Reusa y Recicla*. CEDAF.
- Méndez Herrera, G., Víquez Romero, G., & Arias Robles, J. (2016). *Elaboración de suero deshidratado a partir del suero resultante del queso fresco*,
-

- fabricado en la planta de lácteos de la Universidad Técnica Nacional, para caracterizarlo como materia prima en la industria alimentaria.*
- Nguyen Ngoc, U., & Schnitzer, H. (2009). Sustainable solutions for solid waste management in Southeast Asian countries [Soluciones sostenibles para la gestión de residuos sólidos en países del Sudeste Asiático]. *Waste Management*, 29(6), 1982-1995. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.031>
- Novales, A. (2016). Contrastes no paramétricos. En A. Novales, *Estimación de modelos no lineales*. Departamento de Economía Cuantitativa – Universidad Complutense de Madrid. (p. 38-41).
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Sistema de gestión de la calidad en el laboratorio (LQMS)*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/252631/9789243548272-spa.pdf;sequence=1>
- Pepper Bergholz, S. (2011). Definición de gestión por procesos. *Medwave*, 11(5), 1-3. <https://www.doi.org/10.5867/medwave.2011.05.5032>
- Pico, G. (julio-diciembre, 2006). El mapa de procesos: Elemento fundamental de un sistema de gestión de calidad para empresas de servicios en Venezuela. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 12(2), 291-309. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36412216>
- Quispe Andía, A., Calla Vásquez, K. M., Yangali Vicente, J. S., Rodríguez López, J. L., & Pumacayo Palomino, I. I. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL*. EIDEC. <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estad%C3%ADstica-no-param%C3%A9trica-aplicada.pdf>
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (enero-junio, 2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Santibañez-Aguilar, J. E., Ponce-Ortega, J. M., González-Campos, B. G., Serna-González, M., & El-Halwagi, M. M. (2013). Optimal planning for the sustainable utilization of municipal solid waste [Planificación óptima para el aprovechamiento sostenible de los residuos sólidos urbanos]. *Waste Management*, 33(12), 2607-2622. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.08.010>
- Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
-

- Ministerio de Agricultura (2022). Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas. *Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas*. URL: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pages/Nosotros.aspx> . Consultada en Julio de 2022.
- Tirado, D. F., Yacub, B., Cajal, J. V., Murillo, L., Leal, R. F., Franco, M. Y., Escobar, B. M., & Acevedo, D. (2016). Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 11(21), 36-41. <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v11n21/1909-8367-ecei-11-21-00036.pdf>
- Torres-Ávalos, G. A., & Lozano-González, E. A. (2018). Recuperación y tratamiento de residuos en la industria del calzado de Lagos de Moreno, Jalisco, México. *RA XIMHAI*, 14(3), 49-61. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/71660/63207>
- Tratamiento de aguas residuales. (s.f.). *Cómo funciona una planta de tratamiento de aguas residuales*. <https://tratamientodeaguasresiduales.net/plantas>
- Tsui, T.-H., & Wong, J. W. (2019). A critical review: emerging bioeconomy and waste-to-energy technologies for sustainable municipal solid waste management [Una revisión crítica: bioeconomía emergente y tecnologías de conversión de residuos en energía para la gestión sostenible de residuos sólidos municipales]. *Waste Disposal & Sustainable Energy*, 1, 151-167. <https://doi.org/10.1007/s42768-019-00013-z>
- Valdés López, A. V., López Bañida, E. J., & Alonso Aguilera, A. (2019). Gestión de residuos industriales y sostenibilidad. Necesidad de un enfoque de economía ecológica. *Universidad y Sociedad*, 11(4), 424-435. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000400424&script=sci_arttext&tlng=en
- Vega, J. P. (31 de mayo de 2018). Sector en alerta por incremento en importaciones. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/la-industria-del-sector-lacteo-aporta-243-del-producto-interno-bruto-agropecuario-2733713>
- Villena, L. (1995). Contaminación de industrias lácteas. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, 8, 11-38. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/3823>
- Virtualpro. (2014). *Suero de leche, de contaminante a subproducto nutritivo*. <https://www.virtualpro.co/noticias/suero-de-leche-de-contaminante-a-subproducto-nutritivo>
-