

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL VERTIMIENTO DE
LACTOSUERO DE LA MICROEMPRESA LÁCTEOS BELÉN.



ROXANNA AGUDELO ÑUSTES



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2023

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR EL VERTIMIENTO DE
LACTOSUERO DE LA MICROEMPRESA LÁCTEOS BELÉN.

ROXANNA AGUDELO ÑUSTES

Informe final de auxiliar de investigación presentado como requisito para optar por el título
profesional en Ingeniería Ambiental.

Director

Beatriz Alejandra Ortega Sánchez

Ingeniera Agroindustrial, PhD en nutrición humana.

Codirector

Alberto Cortes Santos

Ingeniero Ambiental, Mgtr en gestión ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2023

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. EDUARDO GÓNZALEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Seccional Villavicencio

P. RODRIGO GARCIA JARA, O. P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mgtr. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de Seccional Villavicencio

Mgtr. WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de ingeniería ambiental

Contenido

	Pág.
Resumen.....	5
Abstract	6
Introducción	7
Justificación	8
Objetivos del macroproyecto	9
Título del macroproyecto	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
Objetivos de la auxiliatura	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	10
Metodología	10
Análisis de resultados	15
Fase 1. Caracterización de la microempresa.....	15
Fase 2. Análisis de los impactos ambientales.	15
Fase 3. Estrategia de aprovechamiento del lactosuero para generar valor agregado.....	23
Discusión de impacto social y humanístico	26
Conclusiones	27
Recomendaciones	27
Referencias bibliográficas.....	28

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Resultados primera fase, horarios y días de producción.</i>	15
Tabla 2 <i>Balance de materia, volúmenes producidos.</i>	16
Tabla 3 <i>Análisis fisicoquímicos.</i>	16
Tabla 4 <i>Análisis microbiológicos de las muestras de lactosuero.</i>	18

Tabla 5 <i>ASPI identificadas durante la fase de operación y mantenimiento.</i>	19
Tabla 6 <i>FARI identificadas durante la fase de operación y mantenimiento</i>	20
Tabla 7 <i>Parámetros de evaluación para la matriz Arboleda</i>	21
Tabla 8 <i>Matriz Arboleda de impacto ambiental de la microempresa Lácteos Belén.</i>	22
Tabla 9 <i>Escala de volumen potencial e ingreso bruto de distintas opciones de utilización del lactosuero</i>	24
Tabla 10 <i>Entrevista realizada en la empresa</i>	30

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Metodología</i>	10
Figura 2 <i>Toma de muestras de lactosuero en el punto de fábrica.</i>	11
Figura 3 <i>Equipos de laboratorio</i>	12
Figura 4 <i>Materiales para análisis microbiológicos</i>	13
Figura 5 <i>Diagrama de alternativas de valorización del lactosuero.</i>	23
Figura 6 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de bebidas lácteas no fermentadas.</i>	25
Figura 7 <i>Diagrama de flujo para la elaboración de bebidas lácteas fermentadas saborizadas.</i> 26	

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Entrevista	30

Resumen

El lactosuero es la fase transparente que se separa durante la elaboración del queso, es un líquido de color amarillo verdoso con un alto valor nutritivo, el vertimiento de 1L de lactosuero a las fuentes de agua puede generar la muerte de todos los peces en 10 toneladas de agua. El proyecto evaluó el nivel de impacto generado por la empresa Lácteos Belén, a su vez se estableció una

estrategia de aprovechamiento del lactosuero para generar valor agregado sugiriendo a la empresa crear bebidas fermentadas y no fermentadas, siendo productos diferentes al clásico queso ricotta que es el producto que generalmente se elabora con el lactosuero, para llegar a esta conclusión fue necesario conocer los parámetros fisicoquímicos y en especial los microbiológicos del lactosuero, debido a la presencia de *E.coli* y coliformes totales en las muestras de lactosuero, se establece que este no es apto para consumo y no puede ser usado fácilmente para la elaboración de alimentos, además fue necesario conocer los volúmenes de producción en el balance de materia para así establecer la mejor alternativa de uso. Todos estos datos fueron necesarios también para la elaboración de la matriz de impacto ambiental del método Arboleda, en donde se estableció un impacto neto de -4,0666, siendo un impacto moderado, pero que su principal afectación son las aguas residuales que generan especialmente por la limpieza de equipos, lo que afecta a la biota y a los cuerpos hídricos.

Palabras claves: Lactosuero, Valor agregado, impacto ambiental.

Abstract

Whey is the transparent phase that separates during cheese making, it is a greenish-yellow liquid with a high nutritional value, pouring 1L of whey into water sources can cause the death of all fish in 10 tons. of water. The project evaluated the level of impact generated by the company Lácteos Belén, in turn a strategy for the use of whey was established to generate added value, suggesting that the company create fermented and non-fermented beverages, being different products from the classic ricotta cheese that is the product that is generally made with whey, to reach this conclusion it was necessary to know the physicochemical parameters and especially the microbiological ones of the whey, due to the presence of *E.coli* and total coliforms in the whey samples, it is established that this is not It is suitable for consumption and cannot be easily used for food processing. In addition, it was necessary to know the production volumes in the material balance in order to establish the best alternative for use. All these data were also necessary for the elaboration of the environmental impact matrix of the Arboleda method, where a net impact of 4.0666 was established, being a moderate impact, but its main affectation is the residual waters generated, especially by cleaning equipment, which affects biota and water bodies.

Keywords: Whey, added value, environmental impact.

Introducción

La industria láctea es considerada uno de los sectores económicos más importantes para la economía de los países productores a nivel mundial debido a su constante crecimiento, la leche y sus derivados, en especial el queso, son relevantes por ser uno de los alimentos más importantes por su alto valor nutritivo; se estima que esta industria aumentará un 36% entre 2014 y 2024 (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021). El suero o lactosuero es la fase acuosa que se separa durante el proceso de elaboración del queso, es un líquido de color amarillo verdoso con un alto valor nutritivo ya que posee un importante contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, contiene de media un 5 % de lactosa, un 93 % de agua, un 0,85 % de proteínas, un 0,53 % de minerales y un 0,36 % de grasas. De 100 kg de leche utilizada para hacer queso, se obtienen alrededor de 90,7 kg de lactosuero y únicamente 9,3 kg de queso fresco (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021) (Gómez Soto & Sánchez Toro, 2019) (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017) (Parra Huertas, 2009).

En Colombia la producción de lactosuero es de más de dos millones de toneladas diarias, en 2016 se estimó en 827.596 toneladas y solo una pequeña parte es destina a la producción de dulces en polvo (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021) (Gómez Soto & Sánchez Toro, 2019). El vertimiento de lactosuero crea un grave problema de contaminación porque por cada 1000 litros de suero se generan aproximadamente 35 kg de demanda biológica de oxígeno y aproximadamente 68 kg de demanda química de oxígeno. El impacto ambiental producto de estos vertimientos se puede comparar con las aguas residuales producidas por 450 personas en un día (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021) (Parra Huertas, 2009).

Normalmente el lactosuero se vierte al alcantarillado y, debido a su alto valor energético, es consumido por bacterias y microorganismos que requieren oxígeno (la demanda biológica de oxígeno para el suero es de 40.000-50.000 O_2 mg/L) esto se traduce en que el vertimiento de un solo litro de lactosuero puede generar la muerte de todos los peces en 10 toneladas de agua (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021). Cuando se vierte en suelos, se afecta física y químicamente la estructura de este, lo que afecta la calidad del suelo dificultando el rendimiento de cultivos

agrícolas (Gómez Soto & Sánchez Toro, 2019) (Araujo Guerra, Monsalve Castro, & Quintero Tovar, 2013) (Kim, y otros, 2013) (Palmieri, Bonaventura Forleo, & Salimei, 2017).

Debido a su alto impacto que genera un vertimiento de lactosuero según los registros en diferentes documentos bibliográficos citados anteriormente, se estableció el objetivo de realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos que permitan conocer las características propias que posee el lactosuero producido por la empresa, puesto que dependiendo de sus características se pueden sugerir alternativas de uso, a su vez, se considera importante conocer el grado de impacto que genera esta microempresa, entendiendo por impacto ambiental “el cambio que se ocasiona sobre una condición o característica del ambiente por efecto de un proyecto, obra o actividad...” (Arboleda González, 2008) para así poder hacer uso de la evaluación de impacto ambiental que se considera un instrumento de gestión para la aplicación de las políticas ambientales ya que permite conocer el estado real del área influenciada por la actividad humana (Weitzenfeld, 1996), en este caso se emplea el método Arboleda o EPM ya que es de fácil comprensión, muy versátil, utilizable con cualquier nivel de información y aplicable a todo tipo de proyectos, haciéndola apropiada para este trabajo ya que facilita la comprensión por parte del personal de la microempresa (Arboleda González, 2008). Posteriormente se procede a buscar alternativas para el uso del lactosuero según sus características y volumen producido.

Justificación

La industria láctea suele ser considerada una de las mayores productoras de aguas residuales con un alto impacto ambiental debido a las características propias de sus desechos (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021), es gracias a esto que la medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos es de gran importancia, ya que conociendo los valores de estos parámetros se puede inferir el grado de contaminación que puede llegar a ocasionar un vertimiento directo, así mismo, el conocer si el lactosuero tiene presencia de *E. coli*, Coliformes totales y mesófilos, permite idear estrategias óptimas para su aprovechamiento. De esta forma se busca proporcionar datos que favorezcan al macroproyecto y que permitan a la microempresa tener una opción para emplear el lactosuero y generar un valor agregado reincorporándolo a la economía.

Objetivos del macroproyecto

Título del macroproyecto

Aprovechamiento del lactosuero para la generación de valor agregado en la cadena productiva de leche en veredas tunjanas.

Objetivo general

Desarrollar un protocolo para dar valor agregado al lactosuero en la producción láctea de la zona rural del municipio de Tunja.

Objetivos específicos

- Obtener y caracterizar el lactosuero de la leche de vaca obtenida de las veredas Tunjanas.
- Establecer un protocolo para la liofilización del lactosuero.
- Determinar las propiedades nutricionales del lactosuero liofilizado.
- Determinar la calidad microbiológica del lactosuero liofilizado.
- Realizar capacitaciones a productores lecheros tunjanos para el aprovechamiento de subproductos lácteos.

Objetivos de la auxiliatura

Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental generado por el vertimiento de lactosuero de la microempresa Lácteos Belén. (Relacionado con el primer objetivo específico del macroproyecto)

Objetivos específicos

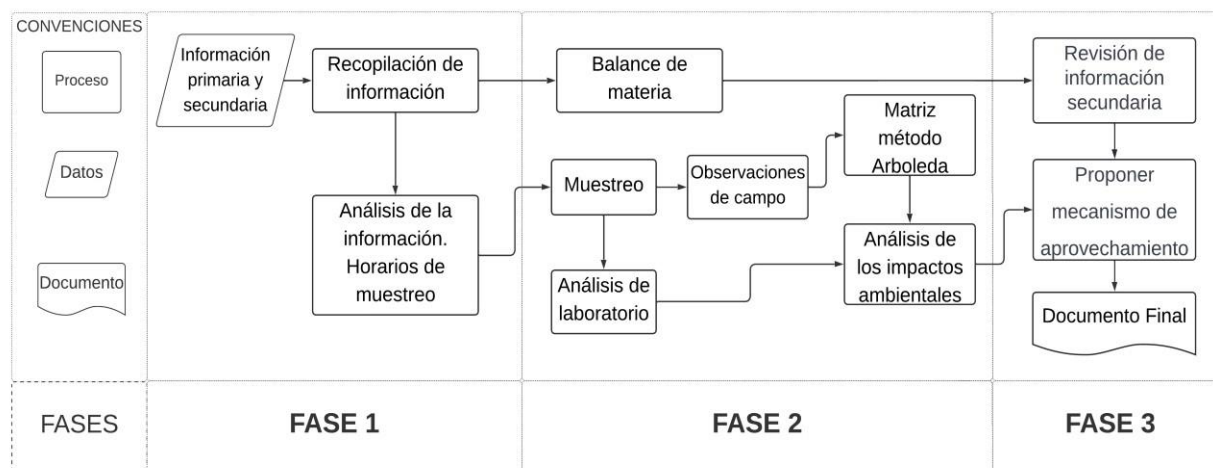
- Caracterizar la microempresa Lácteos Belén y sus residuos de lactosuero. (horarios, cantidades, procesos e historia)
- Determinar los impactos ambientales producidos por el vertimiento de lactosuero.
- Proponer una estrategia de aprovechamiento del lactosuero para la generación de valor agregado.

Metodología

El proyecto fue realizado en 3 fases las cuales se llevaron a cabo durante 20 semanas de trabajo. A continuación, se describe la metodología empleada, realizando una descripción de las actividades desarrolladas.

Figura 1

Metodología.



Fase 1. Caracterizar la microempresa Lácteos Belén y sus residuos de lactosuero mediante levantamiento de información primaria y secundaria.

Actividad 1.1: Recopilación de información primaria (Anexo 1) y secundaria de la microempresa Lácteos Belén.

Actividad 1.2: Análisis de la información obtenida para la identificación de los días y horas de muestreo. Se establecieron los días 24, 28 y 29 de noviembre para la toma de muestras en horas de la mañana, ya que la sede Tunja de la Universidad Santo Tomas proporcionó los laboratorios para el análisis de muestras únicamente los días 24, 25, 28, 29, 30 de noviembre y 1 de diciembre. El muestreo fue de tipo puntual.

Fase 2. Determinar los impactos ambientales producidos por el vertimiento de lactosuero mediante balance de materia, evaluación con el método Arboleda y análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Actividad 2.1: Una vez identificados los días para la obtención de muestras, se procedió a campo a realizar el muestreo en la microempresa, las muestras de tipo puntual se tomaron a las 10 de la mañana ya que por cuestiones de transporte de la muestra, este era el único horario posible. Para la toma de muestras se siguen los pasos establecidos por el manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio de 2011 del instituto nacional de salud. La temperatura fue el único dato que se tomó in situ.

Figura 2

Toma de muestras de lactosuero en el punto de fábrica.



Actividad 2.2: Se realizaron análisis en laboratorio de las características fisicoquímicas:

pH y Conductividad mediante técnicas analíticas de tipo electroquímicas, Temperatura mediante análisis térmico, Oxígeno disuelto por medio del método electrométrico, Demanda química de oxígeno por el método de reflujo cerrado - colorimétrico, Turbidez a través de nefelometría, Color por el método espectrofotométrico, Salinidad, y solidos suspendidos. Se realizó también la prueba de Demanda biológica de oxígeno (DBO) para una de las muestras, ya que su periodo de incubación es de 5 días solo se pudo realizar a la primera muestra.

Se emplearon un multiparámetro HANNA HI98194 para la toma de pH, conductividad, OD, y salinidad, un espectrofotómetro visible MACHEREY-NAGEL para turbidez y color (por onda longitudinal), un termoreactor HANNA HI839800 para DQO, una bomba de vacío para solidos suspendidos, un fotómetro multiparámetro HANNA HI83399 para leer DQO, y una incubadora BINDER para DBO. Para el DBO5 se empleó el método Winkler, donde se usó cloruro de calcio (CaCl_2), Cloruro de hierro (FeCl_3), Sulfato de magnesio (MgSO_4), un buffer fosfato y un inoculo.

Figura 3

Equipos de laboratorio.



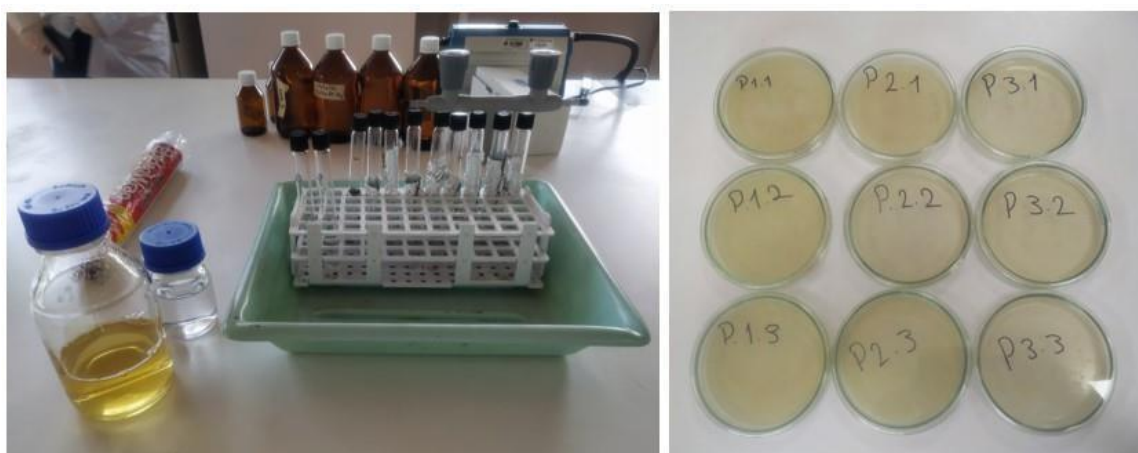
Actividad 2.3: Se realizaron análisis en laboratorio de las características microbiológicas (Coliformes totales y mesófilos, *E. coli*) para todas las muestras. Para estos análisis se emplearon 2 medios de cultivo, el primero, agar nutritivo, se empleó para el conteo de mesófilos, el segundo, fluorocult, que permitió la identificación de la presencia de *E. coli* y coliformes. Para las muestras se realizaron 3 réplicas para así aplicar el promedio de estas ya que no se encontraron valores muy

distantes entre sí y de esta forma también se reduce la probabilidad de error en los resultados, ara el caso de mesófilos, se realizó una prueba de ausencia/presencia, la preparación del cultivo según las especificaciones del agar (43g/L), después de auto clavar y se procedió a sembrar la muestra, para esto se empleó la técnica de siembra profunda, se realizaron 3 diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} , de la dilución se agregó un mililitro a la caja de Petri, después se añadió el medio de cultivo (15 a 20ml), se hicieron suaves movimientos para que todo el contenido quedara de manera uniforme, se repitió el proceso hasta dejar 3 siembras por cada dilución y se lleva a incubar por 24h a 37°C , pasadas las 24h se procedió a contar colonias, para esto se dividió en 4 cuadrantes la caja de Petri y se multiplico el resultado del primer cuadrante.

Para los coliformes y *E. coli*, se realizó una prueba de ausencia/presencia, preparando el fluorocult según las indicaciones (17g/L), se preparan 10 tubos de ensayo, 9 para las diluciones y 1 para el blanco, se autoclavo, al igual que en el caso de los mesófilos, solo se agrega un mililitro de la disoluciones, dejando 3 siembras por cada dilución, se llevó a incubar por 24h a 37°C , pasadas las 24h se procedió a leer la muestra, para leer coliformes se observó la coloración ya que cambia a color azul si hay presencia, y para leer *E. coli* se leyó bajo luz UV, donde se evidencia un brillo azulado si hay presencia.

Figura 4

Materiales para análisis microbiológicos.



Actividad 2.4: Con los resultados obtenidos en la fase anterior se inició el balance de materia, donde se estableció el volumen de producción de lactosuero diario, semanal y anual (50 semanas) el anexo 1es importante ya que con él se determinaron los valores de producción.

Actividad 2.5: Para la evaluación de los impactos ambientales se implementó el método Arboleda o EPM, que facilito la identificación de esta información. El método Arboleda hace parte de los métodos directos, los cuales requieren la aplicación inicial del procedimiento para identificar los impactos, dando como resultado una lista de impactos que son evaluados de manera individual para así determinar su significancia. Este método está aprobado por las autoridades ambientales colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID (Arboleda González, 2008).

Se realizó para la etapa de producción que es la de interés y únicamente con la producción de queso ya que es el producto principal y de continua fabricación. Para esto se identifican las ASPI (acciones del proyecto susceptibles de producir impactos) y FARI (factores ambientales receptores de impactos) para poder desarrollar la matriz de impacto.

Actividad 2.6: Ya realizada la matriz, se procedió al análisis de la información. Se tuvieron en cuenta los resultados de laboratorio, tanto los parámetros fisicoquímicos como los microbiológicos.

Fase 3. Proponer una estrategia de aprovechamiento del lactosuero para la generación de valor agregado.

Actividad 3.1: Se realizo una revisión de información secundaria con los datos proporcionados por el balance de materia.

Actividad 3.2: Se propuso una estrategia de aprovechamiento del lactosuero según la información secundaria que más se acomodara a la situación de la microempresa.

Análisis de resultados

Fase 1. Caracterización de la microempresa

En la tabla 1 se puede observar los horarios y días de producción por tipo de queso, de acuerdo con esta información se estableció el horario de muestreo a las 10 a.m. Lácteos belén produce únicamente dos tipos de queso, queso doble crema y queso pera, de igual forma producen mantequilla y tienen proyección para realizar la producción de yogurt; la limpieza de equipos se realiza 2 veces al día, ya que en los horarios de la mañana se elabora únicamente queso doble crema que posee un pH ácido y en la tarde fabrican queso pera que posee un pH más alcalino, también se aclara que aproximadamente el 70% de la leche empleada para los quesos se queda como lactosuero (unas 20 cantinas) el cual en su mayoría es vendido a otras empresas que lo utilizan para elaborar requesón, dejando un aproximado del 20% para la alimentación de animales y el resto se vierte.

Tabla 1

Resultados primera fase, horarios y días de producción.

QUESO DOBLE CREMA				QUESO PERA			
Días de producción	Lunes	Horas de descarga	9:30	Días de producción	Lunes	14:00	
	Martes				Martes		
	Miércoles		11:00		Miércoles	15:00	
	Jueves				Jueves		
	Viernes				Viernes		
	Sábado		12:00		Sábado	16:30	
	Domingo				Domingo		

:

Fase 2. Análisis de los impactos ambientales.

Balance de materia.

Como resultado del balance de materia obtenido de la recopilación de información de producción de la empresa, se da la siguiente tabla, donde se aclaran las cantidades de producción diarias, semanales y anuales (50 semanas) de la empresa.

Tabla 2*Balance de materia, volúmenes producidos.*

QUESO DOBLE CREMA		QUESO PERA	
Cantidad diaria de queso producido (Kg)	400	Cantidad diaria de queso producido (Kg)	400
Cantidad de Lactosuero por kg de queso (L)	10	Cantidad de Lactosuero por kg de queso (L)	11
Lactosuero total diario (L)	4.000	Lactosuero total diario (L)	4,400
Lactosuero semanal (L)	28.000	Lactosuero semanal (L)	30.800
Lactosuero anual (L)	1'400.000	Lactosuero anual (L)	1'540.000

Análisis fisicoquímicos

De los diferentes análisis fisicoquímicos se obtuvieron los siguientes datos correspondientes al lactosuero del queso doble crema. Para las pruebas de sólidos suspendidos se realizó con 5ml, y para el DBO5 fue de 2×10^{-2} (0,02; 0,5%) con el método winkler, la temperatura se midió en campo.

Tabla 3*Análisis fisicoquímicos.*

PARÁMETROS	MUESTRA 1 (24/NOV/22)			MUESTRA 2 (28/NOV/22)	MUESTRA 3 (29/NOV/22)
pH	4,64			4,62	4,72
DQO (mg/L)	2824			-	3185
Temperatura (°C)	37,8			37,4	37,6
OD (mg/L)	3,18			4,28	0,82
Conductividad (µS/cm)	6053			5981	5375
Salinidad (PSU)	3,77			3,69	3,27
Color (1/m)	242,1			-	179
Turbidez (NTU)	1025,2			-	1297,4
Sólidos suspendidos (mg/L)	8,54			-	0,0767
DBO5	Inicial	Final	Resultado	-	-
DBO Blanco (mg/L)	6,83	6,66	-	-	-
DBO Inoculo (mg/L)	6,74	5,07	75	-	-
DBO 0,5 ml (mg/L)	6,72	4,11	122	-	-
DBO 1ml (mg/L)	6,69	3,57	147,5	-	-
DBO 2ml (mg/L)	6,67	2,68	191	-	-

Se puede evidenciar valores muy cercanos entre las muestras, lo que confirma la veracidad de los datos, de esta forma podemos emplear la información para la selección del método de aprovechamiento para la creación de un nuevo producto a base de lactosuero. La discrepancia en la cantidad de sólidos suspendidos la atribuimos a que la última muestra se realizó en un horario diferente y es posible que la hayan diluido. Debido a los componentes del lactosuero (lactosa, proteínas y grasas) se presenta una turbidez bastante alta y un alto grado de sólidos suspendidos en la primera muestra.

Los altos valores de DQO y DBO demuestran el peligro que puede ocasionar un vertimiento ya que valores superiores a 50 mg/L es donde se suelen considerar aguas industriales (Induanalisis, 2019) y según la bibliografía, un solo litro de lactosuero puede llegar a matar todos los peces presentes en 10 toneladas de agua (Asas, Llanos, Matavaca, & Verdezoto, 2021).

Análisis microbiológicos

De los diferentes análisis microbiológicos se obtuvieron los siguientes datos donde se evidencia que en todas las muestras analizadas se encontró presencia de *E. coli* y coliformes Totales y el hecho de que en todas las diluciones estén presentes, indica una alta carga contaminante, al compararse con la resolución 1407 de 2022 donde se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los derivados lácteos, específicamente el queso fresco para consumo humano, para el caso de *E. coli* se identifica como peligro escaso e indirecto siempre que no se supere la presencia en una muestra de 5 muestras mínimas a realizar., vemos que la norma aclara que la alta presencia de *E. coli* hace que este lactosuero sea apropiado para consumo humano sin llevarse a cabo algún tipo de tratamiento, esto también significa que hay una falla en la cadena de producción siendo posible que no se esté haciendo la pasteurización de la leche y esta se emplea contaminada o hay una fuente de contaminación y se introduce por mala manipulación.

Respecto a la alta presencia de mesófilos se atribuye al alto contenido lácteo presente en el suero.

Tabla 4*Análisis microbiológicos de las muestras de lactosuero.*

MUESTRA 1 (24/NOV/22)												
DILUCIONES												
PARÁMETROS	10 ⁻¹			Promedio	10 ⁻²			Promedio	10 ⁻³			Promedio
Mesófilos	653	650	543	615	125	134	117	125	78	76	182	112
<i>E. coli</i>	Presencia				Presencia				Presencia			
Coliformes Totales	Presencia				Presencia				Presencia			
MUESTRA 2 (28/Nov/22)												
Mesófilos	932	1648	1040	1207	447	316	272	345	83	180	149	137
<i>E. coli</i>	Presencia				Presencia				Presencia			
Coliformes Totales	Presencia				Presencia				Presencia			
MUESTRA 3 (29/Nov/22)												
Mesófilos	1632	1408	1544	1528	736	932	808	825	672	840	528	680
<i>E. coli</i>	Presencia				Presencia				Presencia			
Coliformes Totales	Presencia				Presencia				Presencia			

Método Arboleda o EPM

Inicialmente se identifican las acciones susceptibles de producir impacto (ASPI), presentes en la tabla 5 y los factores ambientales representativos del impacto (FARI) presentes en la tabla 6, en estas se desarrolló únicamente la etapa de operación y mantenimiento, tomando en cuenta lo visto en campo y la información proporcionada por los directivos de la empresa. Se analizaron la cadena productora de queso, sus 10 acciones y sus respectivas afectaciones a los componentes del ambiente, donde podemos ver que en su mayoría afecta la biota y las aguas, esto se debe a que la mayoría de las ASPI generan derrames, vertimientos o aguas residuales, especialmente en la limpieza de equipos, la cual se realiza 2 veces al día, donde se emplean productos químicos para limpiar las grasas residuales de la producción de queso.

Tabla 5*ASPI identificadas durante la fase de operación y mantenimiento.*

ETAPA	ACCIONES SUB ETAPA SUSCEPTIBLES DE / FASE PRODUCIR IMPACTO		DESCRIPCIÓN	ASPECTOS AMBIENTALES
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN	Recepción y almacenamiento	La leche llega en cantinas	Derrames de leche por el manejo, genera aguas residuales. consumo de energía
		Filtración y clarificación	Se elimina la suciedad que pueda tener la leche debido al ordeñado o al transporte	Generación de aguas residuales
		Descremado y homogenizado	Se separa la crema de la leche y se homogeniza el contenido graso, según el producto	Generación de lodos
		Coagulación	Se provoca la alteración de la caseína para que precipite, dejando una masa gelatinosa	Derrames de leche por el manejo, genera aguas residuales. consumo de energía
		Corte y desuerado	Corte para la separación del lactosuero	Generación de lactosuero que incrementa la carga orgánica en las aguas residuales
		Moldeado y prensado	Se vierte la cuajada en un molde	Generación de lactosuero que incrementa la carga orgánica en las aguas residuales
		Salado	Se aplica sal común según el tipo de queso	Vertimiento de salmuera
		Secado	El queso se expone a una corriente de aire para que la superficie se seque	Vertido de aguas residuales
		Limpieza de equipos	Consumo de agua, productos químicos de limpieza y energía.	Vertido de aguas residuales con carga contaminante, generación de residuos por envases de productos de limpieza
		Distribución	Distribución a los puntos de entrega final	Consumo de gasolina, Emisión de material particulado

Nota: Identificación de las acciones susceptibles de producir impacto del proceso de elaboración de queso.

Tabla 6

FARI identificas durante la fase de operación y mantenimiento

COMPONENTES DEL PROYECTO		COMPONENTES DEL AMBIENTE	FÍSICO						BIÓTICO			ANTRÓPICO				
			Clima	Geología	Geomorfología	Suelos	Agua	Aire	Paisaje	Vegetación Terrestre	Fauna Terrestre	Biota Acuática	Demográfico	Económico	Cultural	Político
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	recepción y almacenamiento					x								x		x
	Filtración y clarificación						x			x		x	x			
	Descremado y homogenizado						x			x		x	x			
	Coagulación						x			x		x	x			
	Corte y desuerado						x			x		x	x			
	Moldeado y prensado						x			x		x	x			
	Salado						x			x		x	x			
	Secado						x			x		x	x			
	Limpieza de equipos						x	x		x		x	x			
	Distribución							x						x	x	x

Nota: Identificación de los factores ambientales representativos del impacto

Para la elaboración de la matriz de impacto ambiental del método Arboleda es necesario conocer los parámetros de evaluación, que en este caso son 5, los cuales se miden de manera individual, la tabla 7 explica la forma de calificar cada uno.

Tabla 7*Parámetros de evaluación para la matriz Arboleda.*

PARÁMETROS	DEFINICIÓN	FORMA DE CALIFICAR
Clase	Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto	Positivo, si mejora la condición ambiental analizada
		Negativo, si no la mejora
Presencia	Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia	Cierta: si la probabilidad de que el impacto se presente es del 100% (1,0)
		Muy probable: si la probabilidad está entre 70 y 100 % (0,7 - 0,99)
		Probable: si la probabilidad está entre 40 y 70 % (0,4 - 0,69)
		Poco probable: si la probabilidad está entre 20 y 40 % (0,2 - 0,39)
		Muy poco probable: si la probabilidad es menor a 20 % (0,01 - 0,19)
Duración	Con este criterio se evalúa el periodo de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado.	Permanente: si la duración del impacto es mayor a 10 años (1,0)
		Larga: si la duración es entre 7 y 10 años (0,7 - 0,99)
		Media: si la duración es entre 4 y 7 años (0,4 - 0,69)
		Corta: si la duración es entre 1 y 4 años (0,2 - 0,39)
		Muy corta: si la duración es menor a 1 año (0,01 - 0,19)
Evolución	Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, Califica la rapidez con la que se presenta el impacto.	Muy rápida: cuando el impacto alcanza sus máximas consecuencias en un tiempo menor a 1 mes después de su inicio (1,0)
		Rápida: si este tiempo está entre 1 y 12 meses (0,7 - 0,99)
		Media: si este tiempo está entre 12 y 18 meses (0,4 - 0,69)
		Lenta: si este tiempo está entre 18 y 24 meses (0,2 - 0,39)
		Muy lenta: si este tiempo es mayor a 24 meses (0,01 - 0,19)
Magnitud	Este criterio califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Se expresa en términos del porcentaje de afectación o de modificación del factor	Muy alta: si la afectación del factor es mayor al 80%, o sea que se destruye o cambia casi totalmente (1,0)
		Alta: si la afectación del factor está entre 60 y 80 %, o sea una modificación parcial del factor analizado (0,7 - 0,99)
		Media: si la afectación del factor está entre 40 y 60 %, o sea una afectación media del factor analizado (0,4 - 0,69)
		Baja: si la afectación del factor está entre 20 y 40 %, o sea una afectación baja del factor analizado (0,2 - 0,39)
		Muy baja: cuando se genera una afectación o modificación mínima del factor considerado, o sea menor al 20 % (0,01 - 0,19)

Nota: Tomado del manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades.

En la tabla 8 encontramos la matriz de impacto ambiental del método Arboleda, donde se establecieron 8 impactos, 4 positivos y 4 negativos, estos impactos positivos se deben principalmente a la importancia que tiene la empresa en la región, dentro de los impactos negativos

se evidencia que la contaminación de aguas por vertimientos y aumento en la demanda de recursos naturales (energía eléctrica y agua) se clasificaron como significativo o relevante

Para la elaboración de la matriz se tuvo en cuenta la ecuación $Ca = C (P (7 \cdot E \cdot M + 3 \cdot D))$, y según el resultado se le da la importancia del impacto ambiental, si Ca no supera los 2,5 es irrelevante, si esta entre 2,6 y 5, es moderado, si esta entre 5,1 y 7,5 es relevante y si supera los 7,5 es grave.

Tabla 8

Matriz Arboleda de impacto ambiental de la microempresa Lácteos Belén.

Impacto	Clase (C)	Presencia (P)	Evolución (E)	Magnitud (M)	Duración (D)	Calificación ambiental (Ca)		Impacto Ambiental
						-	+	
Contaminación del agua por vertimientos	N	1	1	0,5	1	6,5	0	Significativo o relevante
Contaminación atmosférica por material particulado	N	0,35	1	0,19	0,5	0,9905	0	Poco significativo o irrelevante
Incremento en la demanda de empleos	P	0,8	0,2	0,3	0,7	0	2,016	Poco significativo o irrelevante
Desplazamiento de especies por contaminación de cauces	N	0,35	0,2	0,19	0,5	0,6181	0	Poco significativo o irrelevante
Posicionamiento económico regional	P	1	0,3	0,75	1	0	4,575	Moderadamente significativo o moderado
Mejoramiento de calidad de vida de la comunidad	P	0,5	0,3	0,5	0,8	0	1,725	Poco significativo o irrelevante
Aumento en la demanda de recursos naturales(energía eléctrica y agua)	N	1	1	0,5	1	6,5	0	Significativo o relevante
Generación de expectativas en la comunidad	P	0,7	0,6	0,4	0,5	0	2,226	Poco significativo o irrelevante
Total absoluto						-14,6086	+10,542	
Impacto neto						-4,066		

A pesar de que el impacto neto no es muy alto, hay que tener cuidado con los dos impactos negativos que marcaron 6,5 cada uno, esto se debe principalmente a la alta demanda de recurso

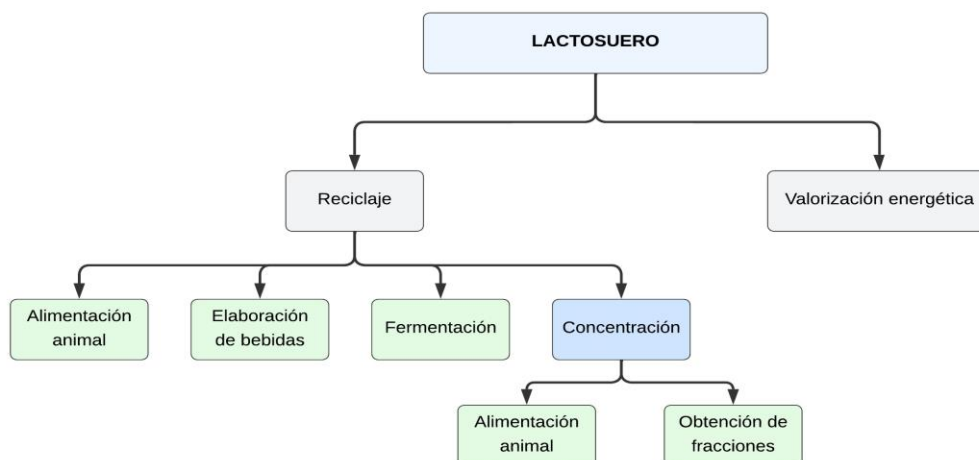
que se emplean en la producción, esto se podría reducir al hacer más eficiente la producción, ya sea con equipos más modernos o con el uso de energías alternativas, y para los vertimientos se debe principalmente por la limpieza de quipos, donde se emplean productos químicos, ya que como la empresa no hace un vertimiento de lacto suero, el que se desperdicia a la hora de manipular los equipos es muy poco en comparación con lo generado.

Fase 3. Estrategia de aprovechamiento del lactosuero para generar valor agregado

Tradicionalmente el reciclaje de lactosuero suele ser para la alimentación de animales, la obtención de fracciones de alto valor añadido como la lactosa o las proteínas, o la elaboración de bebidas, como se muestra en la figura 5. En el caso de alimentación animal, se suele destinar directamente al ganado, principalmente porcino y ovino, ya que 1 kg de cebada puede ser sustituido por 12 kg de suero, el principal inconveniente de este método es que algunos animales no toleran bien el alto contenido en lactosa, por lo que pueden presentar problemas digestivos y también el alto contenido en sustancias nitrogenadas puede llegar a generar desequilibrios nutritivos; Para la elaboración de bebidas a base de lactosuero suelen ser con bajo contenido en lactosa, ya que puede ocasionar problemas digestivos y se adicionan sabores frutales para mejorar el sabor (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002) (Cabrera Cabrera , 2014) (Cury R, Aguas M, Martinez M, Olivero V, & Chams Ch, 2017).

Figura 5

Diagrama de alternativas de valorización del lactosuero.



Nota: tomado y adaptado de (Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia, 2002).

Otras formas de aprovechar este suero son la elaboración de queso ricotta que suele ser muy producido en la región y la elaboración de suero en polvo (Vargas, 2022) (Prado Farfán, 2013). Formas más novedosas para implementar este suero son la producción de proteína de levadura a través de procesos de fermentación, utilizando como fuente el lactosuero (Araujo Guerra, Monsalve Castro, & Quintero Tovar, 2013) (Ghaly, Kamal, & Correia, 2005) (LópezBarreto & Becerra-Jiménez, 2018) (Schaller, 2017) (Brito , y otros, 2015).

En la siguiente tabla podemos ver el volumen aproximado requerido para poder desarrollar las principales opciones de valorización del lactosuero y en comparación con los datos del balance de materia, podemos escoger alguna de las 3 alternativas presentadas, pero por preferencia de la empresa se sabe que no desean agregar el queso ricotta a su inventario ya que buscan innovar y tener distinción en comparación con las empresas de la región, por esto, se sugirió la elaboración de bebidas fermentadas y no fermentadas como la mejor alternativa para este caso.

Tabla 9

Escala de volumen potencial e ingreso bruto de distintas opciones de utilización del lactosuero.

APLICACIÓN	RANGO DE VOLUMEN DE SUERO PARA LA APLICACIÓN (L/DÍA)	VALORES DE MERCADO (USD/TON)	RENDIMIENTO INDUSTRIAL APROXIMADO (KG/100KG SUERO LIQUIDO)	INGRESO BRUTO POR VENTA (USD/ TON SUERO LIQUIDO)
Alimentación animal:	Suero entregado a terceros		10	≤0
Sin animales propios				
Animales propios (agua de bebida a cerdos en fase de crecimiento u cebada)	20 L/cerdo (fase crecimiento 30-70kg) 32 L/cerdo (fase cebada 70-100kg)	No aplica	100	Ahorro equivalente al reemplazo de la alimentación suministrada por lactosuero
Queso Ricotta:				
Sin agregado de leche	Sin límite inferior, depende del acceso al mercado	3000	4	120
Con agregado de leche			6	180
Bebida fermentada y no fermentada (70% suero liquido)	Estimado > 5000	900 - 1,100	140	60-80

Nota: tomado y modificado de (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017), datos correspondientes al año 2014.

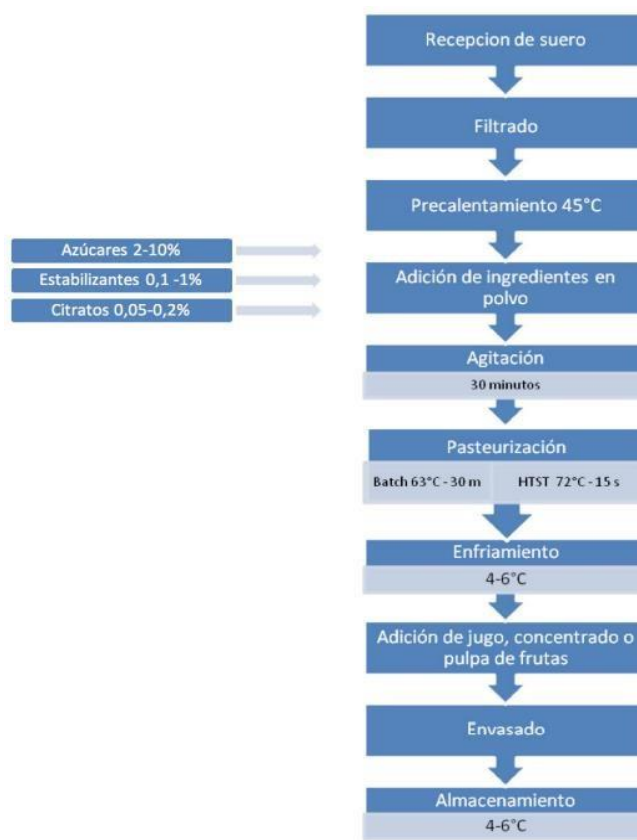
En Colombia, el suero ácido se utiliza para la elaboración de bebidas no fermentadas, mientras que el suero dulce se utiliza para las bebidas fermentadas y en general para la elaboración

de bebidas el sabor del suero ácido es más compatible con el jugo y/o la pulpa de los cítricos, razón por la cual el suero se usa en algunas bebidas como acidificante, al que se le agrega un 4-5 % de jugo de cítricos, lo que da como resultado una bebida rica en nutrientes y con un pH estable (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017). Es importante señalar que hay muchas oportunidades de innovación, ya sea en la combinación de ingredientes, en el uso de frutas exóticas o típicas de ciertas regiones, además conocer los hábitos de los consumidores locales y del grupo objetivo puede conducir al desarrollo de bebidas ampliamente aceptadas.

La pasteurización y la fermentación son los procesos tecnológicos más utilizados en la elaboración de este tipo de productos. El tratamiento térmico garantiza la inocuidad microbiológica del producto y prolonga su vida útil, mientras que la fermentación produce cambios favorables respecto a sus características sensoriales, propiedades funcionales y valor nutricional (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017). Los procedimientos básicos para la elaboración de bebidas fermentadas y no fermentadas se describen a continuación de manera general.

Figura 6

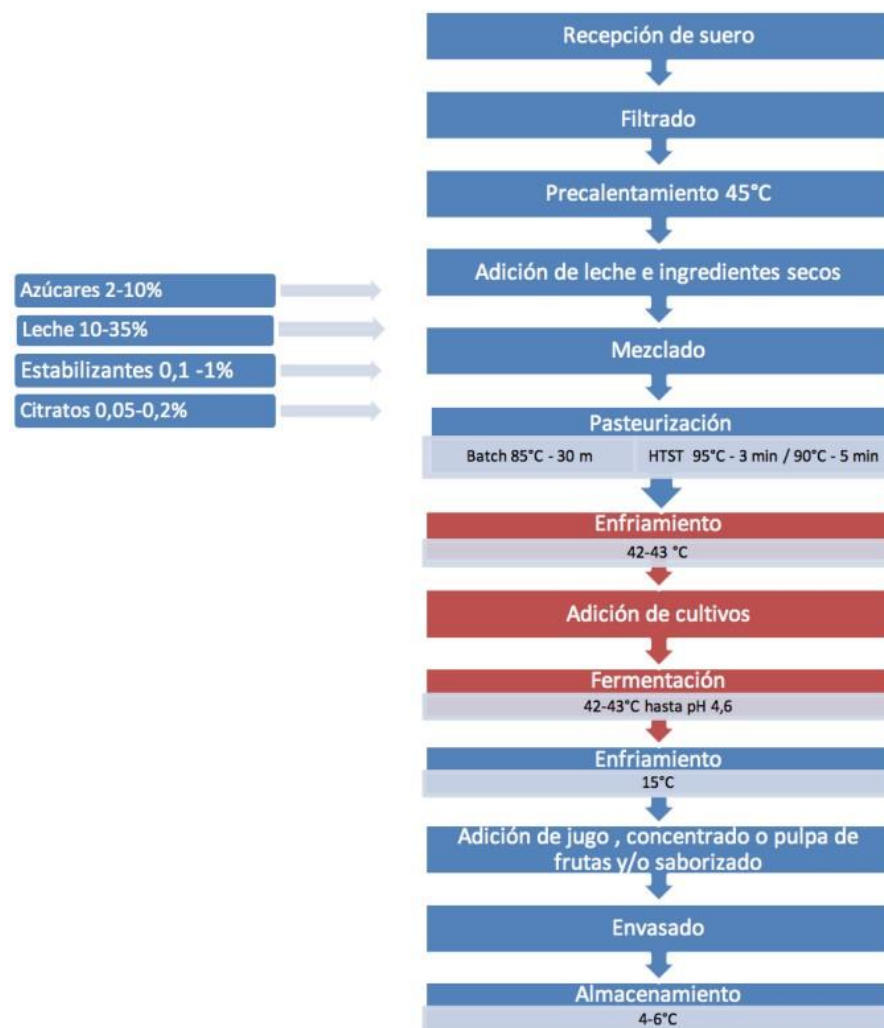
Diagrama de flujo para la elaboración de bebidas lácteas no fermentadas.



Nota: tomado de (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017).

Figura 7

Diagrama de flujo para la elaboración de bebidas lácteas fermentadas saborizadas.



Nota: tomado de (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2017).

Discusión de impacto social y humanístico

En las empresas se hace indispensable conocer el grado de afectación que generan, ya que esto les permite realizar mejoras que buscan la eficiencia de los procesos, es por esto que los datos plasmados en este informe van a permitir una mejoría en la microempresa, corrigiendo sus fallas e incrementando su portafolio de productos con la estrategia presentada previamente en la fase 3, lo que también les traerá mejoras económicas y más visibilidad en la región. Este tipo de proyectos

es de gran importancia ya que permite una interacción con las comunidades y especialmente con los pequeños productores, mejorando los lazos de la universidad con las comunidades aledañas.

Conclusiones

- Se concluye que la microempresa produce principalmente queso pera, queso doble crema con un volumen diario de 400kg generando en conjunto un total de 8400L de lactosuero, vendiendo 5880L (70% aprox), usando 1680L (20% aprox) en alimentación y vertiendo 840L (10% aprox)
- Se concluye que la empresa genera un impacto negativo moderado, pero que su principal afectación son las aguas residuales que generan especialmente por la limpieza de equipos, lo que afecta a la biota y a los cuerpos hídricos. Con respecto a los impactos positivos, estos se pueden aumentar más al incrementar la participación de la empresa en más proyectos que les permitan ampliar su portafolio y mejorar su línea de producción.
- El hecho de que el lactosuero analizado en laboratorio arrojara presencia de *E. coli* y de coliformes totales, evidencia que no se está realizando el proceso de pasteurización de la leche o hay una fuente de contaminación dentro de la empresa y es desconocida, esto sugiere que se debe realizar una revisión detallada de los pasos a seguir para la elaboración del queso e identificar en que proceso se encuentra la contaminación.
- Debido al volumen diario generado por la microempresa Lácteos Belén, se establece que la mejor estrategia para la generación de valor agregado al lactosuero es la elaboración de bebidas, ya sean fermentadas o no, puesto que la empresa tiene residuos de lactosuero ácido y dulce.

Recomendaciones

- Se recomienda la inclusión de más empresas de la zona para poder realizar una comparación y establecer las condiciones generales de la región.
- Se recomienda la toma de muestra del lactosuero de queso pera, además de realizar análisis más detallados como DBO5 a todas las muestras, incluir el porcentaje de proteínas y lactosa, esto facilitara la implementación de estrategias para dar valor agregado al lactosuero.

Referencias bibliográficas

- Araujo Guerra, Á. V., Monsalve Castro, L. M., & Quintero Tovar, A. L. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 55-65. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/992>
- Arboleda González, J. A. (2008). *Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. <https://docplayer.es/41432935-Manual-para-la-evaluacion-de-impacto-ambiental-de-proyectos-obras-o-actividades-anexos.html>
- Asas, C. ., Llanos, C. ., Matavaca, J. ., & Verdezoto, D. . (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.13>
- Brito , H., Santillán , A., Arteaga , M., Ramos , E., Villalón , P., & Rincon , A. (2015). Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante Para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 257-268. https://www.researchgate.net/publication/315455479_APROVECHAMIENTO_DEL_SUERO_DE_LECHE_COMO_BEBIDA_ENERGIZANTE_PARA_MINIMIZAR_EL_IMPACTO_AMBIENTAL
- Cabrera Cabrera , R.& Peña González, M. (2014). *Evaluación de impactos ambientales en la microempresa “Lácteos Santa María” situado en la provincia de Morona Santiago, Cantón Limón Andanza*. [Trabajo de grado, Universidad del Azuay]. Repositorio. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3599>.
- Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (2002). *Prevención de la contaminación en la Industria láctea*. Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., y Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Ghaly, A., Kamal, M., & Correia, L. (2005). Kinetic modelling of continuous submerged fermentation of cheese whey for single cell protein production. *Bioresource Technology*, 1143-1152. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.09.027>

- Gómez Soto, J. A., & Sánchez Toro, Ó. J. (2019). Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. *Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte.*, 129-158. <https://doi.org/10.14482/inde.37.1.637>
- Induanalysis. (04 de Junio de 2019). *Induanalysis*. DBO y DQO. https://www.induanalysis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31#:~:text=La%20DQO%2020en%20aguas%20industriales,seg%C3%BAAn%20el%20tipo%20de%20industria.
- Instituto Nacional de Salud. (2011). Programa de Vigilancia por Laboratorio de la Calidad de Agua para Consumo Humano. <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2017). *Valorización del lactosuero*: <https://www.inti.gob.ar/publicaciones/descargac/16>
- Kim, D., Thoma, G., Nutter, D., Milani, F., Ulrich, R., & Norris, G. (2013). Life cycle assessment of cheese and whey production in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment volume*, 1019–1035. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0553-9>
- López-Barreto, R. E., & Becerra-Jiménez, M. L. (2018). Caracterización físico-química y microbiológica del lactosuero del queso Paipa. *Ciencia y Agricultura*, 99-106. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2292>
- Palmieri, N., Bonaventura Forleo, M., & Salimei, E. (2017). Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding: An Italian case study. *Journal of Cleaner Production*, 881-889. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.185>
- Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62(1), 4967–4982. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24892>
- Prado Farfán, D. & Chalco Quezada, D. (2013). *Valorización de impactos ambientales generados en la industria Láctea y Cárnica en la ciudad de Cuenca*. [Trabajo de grado, Universidad del Azuay]. Repositorio. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3265>
- Schaller, A. (2017). Sueros de lechería: https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/ediciones/44/cadenas/r44_06_SueroLacteo.pdf

Weitzenfeld, H. (1996). *Manual básico sobre evaluación del impacto en el ambiente y la salud de acciones proyectadas (2nd ed.)*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud.
<https://www.binasss.sa.cr/opac-ms/media/digitales/Manual%20b%C3%A1sico%20sobre%20evaluaci%C3%B3n%20del%20impacto%20en%20el%20ambiente%20y%20la%20salud%20de%20acciones%20proyectadas.pdf>

Anexos

Anexo 1. Entrevista

Tabla 10 Entrevista realizada en la empresa.

ENTREVISTA		
Nº	PREGUNTAS	RESPUESTAS
1	Nombre y cargo en la empresa	Tatiana Vargas, gerente
2	¿Qué tipo de productos elaboran?	Se elaboran de manera continua: Queso doble crema, queso pera.
3	¿Qué hacen con el lactosuero?	Se vende a un tercero
4	¿Qué producto suele elaborarse con el lactosuero en la región?	Queso ricotta
5	¿Cuál producto les gustaría que se elaborara con el lactosuero?	Algo diferente al queso ricotta
6	¿Cada cuanto producen queso?	Todos los días
7	¿Cuáles son los horarios de producción?	9:30 a.m., 11 a.m., 12 a.m., 2 p.m., 3 p.m., 4:30 p.m.
8	¿Cuánto queso producen diariamente?	400 kg de queso pera y 400 kg de queso doble crema
9	¿Cuánto lactosuero producen diariamente?	8400 L
10	¿Cuántos años tiene la empresa?	36 años