UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL APROVECHAMIENTO DEL SUERO DE LECHE PARA LA OBTENCIÓN DE ETANOL

AUTOR(ES):

Slendy Katherine Arce Chiguango

Ingrid Heather Condo Villegas

DOCENTE - TUTOR:

Dra. Paulina Echeverría Guevara, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol Sí Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Sí cumple Los nombres científicos están escritos de forma incorrecta en el resumen, en el desarrollo del artículo están correctos
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Sí cumple Ha acogido favorablemente las recomendaciones
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Sí Cumple
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Sí cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Sí cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Sí cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Sí cumple
VALORACIÓN TOTAL	100	Es un trabajo muy bien logrado, felicitaciones a los estudiantes y a su tutor Se han ejecutado las pequeñas recomendaciones y correcciones hechas

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA DEL CARMEN CASTELO NAVEDA

María del Carmen Castelo N
docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 9 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con los criterios
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple con los criterios
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con los criterios
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple con los criterios

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Cumple con los criterios
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple con los criterios
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con los criterios
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ESTELA GUARDADO

Estela Guardado Yordi
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 06 días del mes de agosto de 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIAS

Puyo, 03 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **ARCE CHIGUANGO SLENDY KATHERINE**, con C.I. 1600650459, con el Tema: "**Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol.**", de la carrera de Agroindustrias. Docente-tutora del Trabajo de Integración Curricular, Dra. Mónica Paulina Echeverría Guevara, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del **2%**. Informe generado con fecha 03 de agosto del 2022 por parte de la tutora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA
ECHEVERRIA
GUEVARA

Dra. Paulina Echeverría Guevara, PhD.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtenci ón de etanol_V1 (2).docx (D142638700)
Submitted	8/3/2022 8:40:00 PM
Submitted by	
Submitter email	mecheverria@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	mecheverria.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **ALCOHO DE LACTOSUERO.docx** 2
Document ALCOHO DE LACTOSUERO.docx (D42446803)

SA **ante final.docx** 2
Document ante final.docx (D29473856)

Entire Document

Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol
Autor 11 autor1@uea.edu.ec
Autor 21 autor2@uea.edu.ec
Autor 31 autor3@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)
Resumen
El suero de leche es un producto rico en lactosa, proteína, vitaminas, agua, minerales entre otros nutrientes benéficos para el consumo del ser humano, pero por falta de conocimiento no ha sido aprovechado de la mejor manera y aún peor se ha venido contaminando ríos y lagos ya que el lactosuero incrementa el proceso de descomposición orgánica, disminución del oxigeno y en casos extremos la muerte de los peces y otros seres vivos acuáticos. En la revisión bibliográfica: aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol se evidenció el aporte nutricional del mismo. La investigación fue de carácter descriptivo-documental, la cual permitió estudiar, analizar e interpretar con información de varias tesis, artículos científicos y otras fuentes de información de relevancia de los diferentes productos que se pueden obtener a partir de este subproducto en especial de la fermentación del lactosuero enfocada en la producción de etanol. De acuerdo a la información recopilada de diversas fuentes se obtuvo diferentes resultados, el INEC (2021) indica que en el Ecuador se produce aproximadamente 5 millones de lt/día de leche, dividido en la región Costa con el 18%, Sierra 77% y Amazonía 5%. El suero de la leche es utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas, para la fermentación se aplican levaduras fermentativas como KLUYVEROMYCES marxianus var. Marxianus o kluyveromyces fragilis. En Ecuador la producción diaria de alcohol rodea los 157.000 lt/día que son destinados a diferentes sectores como: estético, farmacológico, combustibles representando el 30% y en la industria alimentaria el 70%. El procesamiento para obtener el etanol a partir del lacto suero podría beneficiar y mejorar la economía a muchos productores pecuarios e industriales, además sería importante concientizar a los productores de leche a que puedan darle un tratamiento correcto al lacto suero y así no contaminar la naturaleza.
Palabras Clave: Leche, suero de leche, etanol, levaduras, fermentación.
Abstract

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIAS

Puyo, 03 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **CONDO VILLEGAS INGRID HEATHER,** con C.I. 1600607814, con el Tema: "**Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol.**", de la carrera de Agroindustrias. Docente-tutora del Trabajo de Integración Curricular, Dra. Mónica Paulina Echeverría Guevara, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del **2%**. Informe generado con fecha 03 de agosto del 2022 por parte de la tutora conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA
ECHEVERRIA
GUEVARA

Dra. Paulina Echeverría Guevara, PhD.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtenci ón de etanol_V1 (2).docx (D142638700)
Submitted	8/3/2022 8:40:00 PM
Submitted by	
Submitter email	mecheverria@uea.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	mecheverria.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **ALCOHO DE LACTOSUERO.docx** 2
Document ALCOHO DE LACTOSUERO.docx (D42446803)

SA **ante final.docx** 2
Document ante final.docx (D29473856)

Entire Document

Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol
Autor 11 autor1@uea.edu.ec
Autor 21 autor2@uea.edu.ec
Autor 31 autor3@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)
Resumen
El suero de leche es un producto rico en lactosa, proteína, vitaminas, agua, minerales entre otros nutrientes benéficos para el consumo del ser humano, pero por falta de conocimiento no ha sido aprovechado de la mejor manera y aún peor se ha venido contaminando ríos y lagos ya que el lactosuero incrementa el proceso de descomposición orgánica, disminución del oxigeno y en casos extremos la muerte de los peces y otros seres vivos acuáticos. En la revisión bibliográfica: aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol se evidenció el aporte nutricional del mismo. La investigación fue de carácter descriptivo-documental, la cual permitió estudiar, analizar e interpretar con información de varias tesis, artículos científicos y otras fuentes de información de relevancia de los diferentes productos que se pueden obtener a partir de este subproducto en especial de la fermentación del lactosuero enfocada en la producción de etanol. De acuerdo a la información recopilada de diversas fuentes se obtuvo diferentes resultados, el INEC (2021) indica que en el Ecuador se produce aproximadamente 5 millones de lt/día de leche, dividido en la región Costa con el 18%, Sierra 77% y Amazonía 5%. El suero de la leche es utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas, para la fermentación se aplican levaduras fermentativas como KLUYVEROMYCES marxianus var. Marxianus o kluyveromyces fragilis. En Ecuador la producción diaria de alcohol rodea los 157.000 lt/día que son destinados a diferentes sectores como: estético, farmacológico, combustibles representando el 30% y en la industria alimentaria el 70%. El procesamiento para obtener el etanol a partir del lacto suero podría beneficiar y mejorar la economía a muchos productores pecuarios e industriales, además sería importante concientizar a los productores de leche a que puedan darle un tratamiento correcto al lacto suero y así no contaminar la naturaleza.
Palabras Clave: Leche, suero de leche, etanol, levaduras, fermentación.
Abstract

Revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol

Slendy Katherine Arce Chiguango[1]
agi2017007@uea.edu.ec

Ingrid Heather Condo Villegas[1]
agi2017105@uea.edu.ec

Dra. Paulina Echeverría Guevara, PhD.[1]
mcheverria@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)

Resumen

El suero de leche es un producto rico en lactosa, proteína, vitaminas, agua, minerales entre otros nutrientes benéficos para el consumo del ser humano, pero por falta de conocimiento no ha sido aprovechado de la mejor manera y aún peor se ha venido contaminando ríos y lagos ya que el lactosuero incrementa el proceso de descomposición orgánica, disminución del oxígeno y en casos extremos la muerte de los peces y otros seres vivos acuáticos. En la revisión bibliográfica: aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol se evidenció el aporte nutricional del mismo. La investigación fue de carácter descriptivo-documental, la cual permitió estudiar, analizar e interpretar con información de varias tesis, artículos científicos y otras fuentes de información de relevancia de los diferentes productos que se pueden obtener a partir de este subproducto en especial de la fermentación del lactosuero enfocada en la producción de etanol. De acuerdo con la información recopilada de diversas fuentes se obtuvo diferentes resultados, el INEC (2021) indica que en el Ecuador se produce aproximadamente 5 millones de lt/día de leche, dividido en la región Costa con el 18%, Sierra 77% y Amazonía 5%. El suero de la leche es utilizado para la elaboración de bebidas alcohólicas, para la fermentación se aplican levaduras fermentativas como *Kluyveromyces marxianus var. Marxianus* o *Kluyveromyces fragilis*. En Ecuador la producción diaria de alcohol rodea los 157.000 lt/día que son destinados a diferentes sectores como: estético, farmacológico, combustibles representando el 30% y en la industria alimentaria el 70%. El procesamiento para obtener el etanol a partir del lacto suero podría beneficiar y mejorar la economía a muchos productores pecuarios e industriales, además sería importante concientizar a los productores de leche a que puedan darle un tratamiento correcto al lacto suero y así no contaminar la naturaleza.

Palabras Clave: Leche, suero de leche, etanol, levaduras, fermentación.

Abstract

Whey is a product rich in lactose, proteins, vitamins, water, minerals and other nutrients beneficial for human consumption, but due to ignorance it has not been used in the best way and what is worse, it has been contaminating rivers and lakes since whey increases the process of organic decomposition, the reduction of oxygen and in the extreme case, the death of fish and other aquatic living beings. In the bibliographic review: use of whey to obtain ethanol, its nutritional contribution is evidenced. The research was of a descriptive-documentary nature, which allowed to study, analyze and interpret information from several theses, scientific articles and other sources of information on the relevance or importance of the different products that can be obtained from this by-product, especially from whey fermentation focused on the production of ethanol. According to the information gathered from different sources, we obtained different results. INEC (2021) indicates that Ecuador produces approximately 5 million liters of milk per day, divided into the coastal region with 18%, the highlands with 77%, and the Amazon region with 5%. Whey is used for the production of alcoholic beverages; fermenting yeasts such as *Kluyveromyces marxianus var. Marxianus* or *Kluyveromyces fragilis* are used for fermentation. In Ecuador, the daily production of alcohol is around 157,000 lt/day, which are destined to different sectors such as: aesthetics, pharmacological, fuels, representing 30%, and in the food industry 70%. The processing to obtain ethanol from whey could benefit and improve the economy of many livestock and industrial producers, and it would also be important to raise awareness among milk producers so that they can give the correct treatment to whey and thus not contaminate the nature.

Key words: Milk, whey, ethanol, yeast, fermentation.

1. INTRODUCCIÓN

La leche y sus subproductos son considerados alimentos de primera necesidad y de gran demanda a nivel mundial, puesto a que es un alimento básico en la dieta humana durante todas las etapas de la vida (Fernández et al., 2015). Asas et al., (2021) manifiesta que, existirá un incremento del 36% a nivel mundial en la producción de leche, quesos y manteca fresca entre los años 2014 y 2024. En el Ecuador la generación de suero de leche que deja la industria láctea es de 1800.000 litros diarios provenientes de 4.500 queseras de todo el país (Flores & Reyes, 2021). Por cada kg de queso que se elabora produce 9 litros de suero que por lo general se desecha (Robalino, 2017). Pérez et al., (2014) mencionan que otro uso que se da al lactosuero es como complemento alimenticio de cerdos, sin embargo, la mayoría es desechado a los ríos provocando una contaminación que genera cambios significativos en el agua debido a los componentes que contiene el lactosuero.

El suero de leche es un subproducto que se obtiene durante el proceso de elaboración de quesos, representa un 80-90% del volumen total de la leche procesada, considerado uno de los residuos con más abundancia dentro de la industria láctea (Chimbo & Sánchez, 2015). Chimbo & Sánchez (2015) y Motta & Mosquera (2015) idican que el lactosuero contiene un 50% de solidos totales de la leche, proteínas 25%, lactosa 7%, minerales y vitaminas 50%, y altas cantidades de la proteína hidrosoluble Beta-lactoglobulina.

La búsqueda de nuevos productos y tecnologías para incorporarlas a procesos agroindustriales y lograr así una reducción en costes de producción es cada vez más creciente. Esto se debe también a que existe la preocupación de reducir los residuos que en su mayoría son arrojados a ríos, quebradas generando perjuicios al medio ambiente (Cury et al., 2017). Tal es el caso de la industria quesera que con el propósito de disminuir la cantidad de residuos (suero de leche) busca aprovechar este subproducto y generar valor agregado, logrando así evitar un problema ambiental (Cury et al., 2017).

Por todo esto surgue la necesidad de darle un nuevo uso al lactosuero otorgandole valor no solo como fuente alimenticia para animales, sino con muchos otros usos en la alimentacion humana debido a la cantidad de nutrientes que posee. Dentro de los diversos usos se encuentran los siguientes: alimentación animal, producción de ácidos orgánicos,

obtención de prebióticos y obtención de etanol (Asas et al., 2021).

El lactosuero presenta un amplio panorama para diferentes industrias entre ellas, la industria de extracción y transformación, esto se debe a que contiene un alto valor en sus componentes ya antes mencionados. Gracias a ello existen varias opciones para lograr productos derivados del suero de leche (Cury et al., 2017).

El objetivo de este artículo es realizar una revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol, por lo tanto, mediante un análisis de información documental dando a conocer como este subproducto mediante procesos agroindustriales puede convertirse en un nuevo producto, generando valor agregado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

2.1.1 Enfoque de la investigación

a) Mixto

En el enfoque mixto se trata de utilizar datos verbales, textuales, visuales, simbólicos, numéricos entre otros, con el fin de dar una explicación a problemas (Hernández & Mendoza, 2018). Un enfoque mixto o híbrido está basado en rutas de procesos empíricos, sistemáticos y críticos todo esto implica el estudio de datos cualitativos y cuantitativos, así como también la discusión de toda la información recopilada permitiendo un entendimiento del tema de estudio (Hernández & Mendoza, 2018).

El enfoque mixto encajó perfectamente con el tipo de investigación que realizó ya que la información que se obtuvo empieza con la investigación de los antecedentes relacionados con el desaprovechamiento del suero de leche y la contaminación que éste provoca a fuentes hídricas. Con una recolección de datos e información se muestra una muy buena alternativa que se le puede dar a este subproducto de la industria quesera, es decir, la obtención de etanol. De igual manera, se presenta las características, usos y proceso de obtención del etanol a partir del lactosuero.

2.1.2 Alcance de la investigación

a) **Descriptiva:** La investigación descriptiva se trata de explicar y analizar las diferentes características, atributos de personas, grupos, comunidades, procesos u objetos. Lo que quiere decir es que, la investigación recoge información de todos los aspectos posibles referente al problema a investigar (Hernández & Mendoza, 2018).

La presente investigación se considera descriptiva porque se procedió a analizar, reflexionar e interpretar información. Se describen las características del suero de leche, los requerimientos físico-químicos y las diferentes alternativas para el proceso de obtención de etanol.

a) **Explicativa:** La investigación explicativa se basa en responder las causas generadas por cualquier evento, fenómeno o índole (Hernández & Mendoza, 2018).

Una vez analizado cada uno de los diferentes métodos para la obtención de etanol a partir del suero de leche, se procedió a detallar y explicar cada etapa del proceso de producción.

2.2 Técnicas de recolección de datos

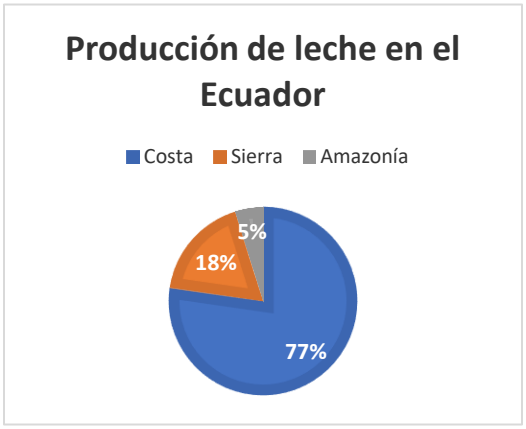
La búsqueda de información fue en base a datos provenientes de revistas científicas, trabajos de tesis, artículos científicos y páginas confiables como Redalyc, Scielo. Todo esto fue seleccionado en criterio a que todas las referencias estén entre los años 2012 y 2021. Recolectando un total de dos libros, trece artículos y doce tesis.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Ecuador la producción de leche es considerada una de las actividades pecuarias más importantes, su producción está alrededor de los 5,1 millones L/día proveniente de las tres regiones del país Costa, Sierra y Amazonía (Contero et al., 2021). Según datos de la INEC (datos 2021) la región con más producción de leche en el Ecuador es la Sierra con un 77,2%, seguido de seguido de la Costa con el 17.9% y teniendo como último la Amazonía con el 4.8%.

Figura 1

Producción de la leche por regiones en el Ecuador



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Producción de suero de leche líquido

Según datos de un estudio de mercado en el sector lácteo la producción de suero líquido de las empresas en el periodo 2012-2019, representa el 46% de la participación nacional. De acuerdo con la información enviada por las diferentes empresas industriales, la producción observada por litro de suero la leche líquida del sector formal es de 88 millones de litros en 2015, el punto más bajo en 2012 fue de 49,5 millones de litros (Campaña & Aguilar, 2021)

Tabla 1.

Cantidad en litros de suero de leche producidos (En litros)

Empresa	Cantidad de litros de suero de leche producidos							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Empresa 1	29.468	32.867	31.604	33.060	28.772	28.883	27.824	16.453
Empresa 2	7.903	8.615	9.579	9.261	10.089	12.788	15.914	8.383
Empresa 3	6.908	6.034	5.503	5.686	7.136	8.502	5.522	4.054
Empresa 4	-	-	3.724	3.558	3.422	3.382	3.254	1.739
Empresa 5	846	1.425	1.904	1.918	2.152	2.207	2.795	1.434
Empresa 6	1.845	1.749	1.694	1.447	1.782	2.296	2.395	1.485
Empresa 7	385	981	1.204	96	108	196	1.143	465
Empresa 8	460	340	425	590	600	601	602	283
Empresa 9	-	-	-	133	280	452	474	254
Empresa 10	-	-	-	-	-	-	422	-
Empresa 11	1.415	1.334	361	383	369	280	268	286
Empresa 12	-	-	-	-	28	17	9	-
Empresa 13	241	182	201	320	338	332	-	-
Empresa 14	-	-	-	190	42	-	-	-
Total	49.471	53.617	56.199	56.642	55.117	59.936	60.621	34.835

Fuente: (Campaña & Aguilar, 2021)

Características del suero de leche

El suero de leche es un subproducto líquido que se obtiene mediante el proceso de coagulación de la leche durante la elaboración del queso. La composición del suero de leche depende del proceso de elaboración y el tipo de queso, en general se obtiene los componentes detallados en la Tabla 2 (Montesdeoca & Piloso, 2020). Uno de los componentes principales del suero de leche es la lactosa, que mediante una fermentación se logra transformar a etanol (UNESCO, 2017).

Tabla 2.

Componentes del lactosuero

Componente	%
Agua	93
Lactosa	4,9 – 5-1
Proteína total	0,9
Cenizas o sustancias minerales	0,6
Solidos totales	7
Materia grasa	0,3
Proteínas y materiales nitrogenadas no coagulables	0,4

Fuente: (Támara Castro, 2015).

Es importante mencionar que el suero de leche se divide en suero dulce y suero ácido, la principal diferencia es la acidez que contiene (Motta & Mosquera, 2015), es importante realizar un estudio fisicoquímico para el tipo de suero que se vaya a utilizar y comparar con los rangos en la normativa pertinente, en este caso las Normas INEN detallado en la Tabla 3.

Tabla 3.
Requisitos fisicoquímicos del suero de leche líquido (INEN 2594

Requisitos	Suero de leche dulce		Suero de leche ácido	
	Min.	Max.	Max.	Min.
Lactosa (%)	--	5,0	--	4,3
Proteína láctea (%)	0,8	--	0,8	--
Grasa láctea (%)	--	0,3	--	0,3
Ceniza (%)	--	0,7	--	0,7
Acidez titulable	--	0,16	0,35	--
pH	6,8	6,4	5,5	4,8

Fuente: Normas INEN 2594: 2011

Como se conoce el lactosuero se obtiene del proceso de producción de quesos, este subproducto es considerado desde hace un par de décadas como un derivado de la industria láctea con altos contaminantes (Támara, 2015). Si se botan estos residuos a ríos, arroyos o lagos hará que el agua se quede sin oxígeno, por la acción microbiana que hace que la materia orgánica se transforme en compuestos que lograrán disminuir el pH del agua, lo cual generará la muerte de los organismos que habitan en los ríos y malos olores (Araujo et al., 2013).

Por otro lado el suero de leche posee propiedades alimenticias por su contenido en lactosa, proteínas, vitaminas y sales minerales (Támara, 2015). Se estima que la producción total de suero en el mundo es de 211.734 t, el 30% de ese suero es destinado como fertilizante para el suelo o a su vez como alimento para animales domésticos, mientras que el otro 70% del suero de leche si es industrializado en su mayoría en países desarrollados (Guevara & León, 2019).

El suero procesado tiene varios usos como, por ejemplo, aditivo en alimentos de niños, productos farmacéuticos y en bebidas (Gómez & Sánchez, 2019). El suero de leche es utilizado también en la elaboración de bebidas alcohólicas, para la fermentación se empelean levaduras fermentativas tales como *Kluyveromyces marxianus var. Marxianus* o *Kluyveromyces fragilis* (Guevara & León, 2019).

El uso del etanol en diferentes industrias va a depender del grado de concentración que posee, entonces tenemos el alcohol etanol industrial al 92-96%, el alcohol etanol de grado alimenticio al 96%. En la industria de alimentos el etanol es usado en la producción de bebidas alcohólicas (Bucheli, 2021), la utilización de este subproducto es una alternativa de

mucho interés. Existen muchas destilerías en Nueva Zelanda, Irlanda y en Estados Unidos que generan alcohol a partir del lactosuero (Araujo et al., 2013).

En el Ecuador la producción diaria de alcohol está aproximadamente en los 157.000 litros diarios, estos están destinados a diferentes usos como: estético, farmacológico, combustibles todo esto en un 30%, en cuanto a la industria alimentaria el uso es de un 70% siendo así el mayor productor (Bucheli, 2021).

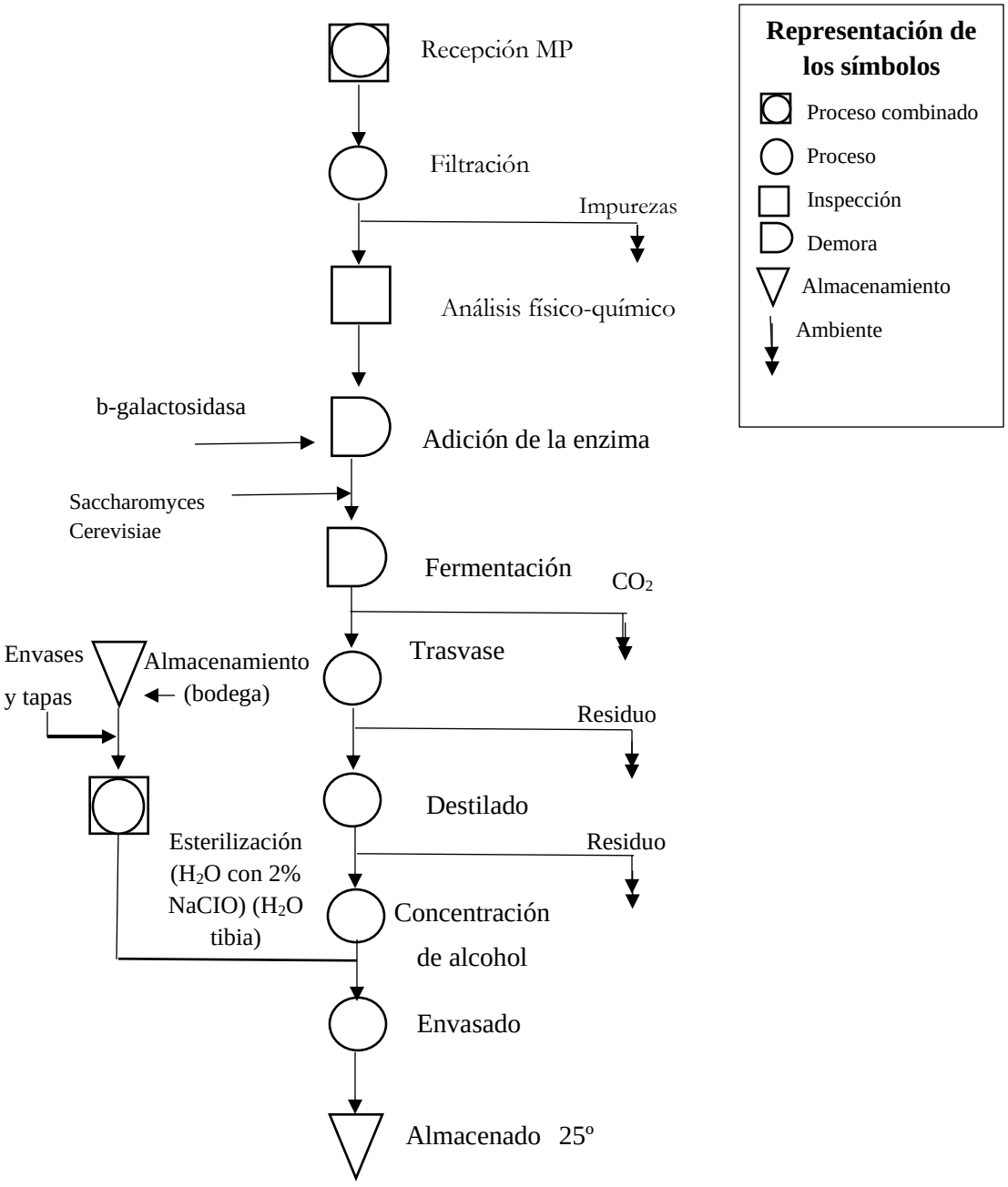
Tabla 4.

Proceso para la obtención de etanol a partir de suero de leche

N.	Referencia	Procesos
1	Arroyo & Coox (2018)	Recepción, Análisis de laboratorio, Adición de la enzima lactasa, Activación del fermento (*Saccharomyces Cerevisiae* S-04; US-05 a 35 °C por 5 minutos), Adición del fermento (*Saccharomyces Cerevisiae* S-04; US-05), Fermentación (22 días), Trasvase, Destilado, Rendimiento de alcohol, Concentración de alcohol, Envasado, Almacenado.
2	López & Prado (2015)	Inoculación de la levadura en el suero, fermentación, culminación de la fermentación, extracción y purificación del etanol, cuantificación del etanol.
3	Bucheli (2021)	Recepción del suero de leche, Análisis físico -químico del suero de leche, Pretratamiento (primero a 72 °C por 15 segundos, inoculación de la enzima b-galactosidasa por dos horas y media a 40°C), Fermentación, Desarrollo del grado alcohólico, Disolución del alcohol en agua, Envasado y almacenado, Distribución y comercialización.

Fuente: Arroyo & Coox (2018): López & Prado (2015): Bucheli (2021)

Una vez analizado los pasos para obtener etanol usando lactosuero mencionados en la Tabla 4 por los diferentes autores, se plantea considerar lo citado por los autores (Arroyo & Coox, 2018) y (Bucheli 2021) que a continuación se detalla mediante un diagrama de flujo:



Fuente: Adaptado de (Arroyo & Coox, 2018: Bucheli, 2021)

Descripción del proceso de obtención de etanol a partir del suero de leche:

- **Recepción de la materia prima**

  Se recepta la materia prima es decir el suero de leche verificando un ambiente apropiado.

- **Filtración**

  El fin de esta etapa es eliminar cualquier tipo de sustancias o impurezas que puedan estar presentes en el líquido.

- **Análisis físico-químico**

  Se debe verificar que el suero de leche contenga las características que indican la norma INEN NTE 2594: 2011 (Bucheli, 2021). Los aspectos por analizar serían: el porcentaje de lactosa esto se realiza mediante la disminución del punto de congelación. La acidez para identificar la cantidad de ácido láctico presente en la muestra. Se debe evaluar también el porcentaje de glucosa. Y por último, con un potenciómetro podremos tener determinación de pH inicial (Bucheli, 2021).

- **Adición de la enzima**

  Posteriormente se procede a adición de la enzima b-galactosidasa a una temperatura de 40ºC durante un tiempo de 2 horas y media, el resultado final de este proceso será la obtención de suero hidrolizado.

- **Fermentación**

  Para empezar la fermentación se procede a agregar la levadura *Saccharomyces cerevisiae* hay que activarla, esto en un tiempo de 4 horas, y con una temperatura no más de 40ºC. Posteriormente se añade al suero de leche para dejarlo fermentar durante 22 días.

- **Trasvase**

  Con el fin de detener la fermentación del suero de leche es mejor realizar un trasvase.

- **Destilado**

  La destilación dura 3 horas a una temperatura de 75ºC, con el fin de purificar y obtener una solución más pura. Esto se lo realiza en un evaporador rotatorio con un controlador de vacío.

- **Concentración de alcohol**

  Con la ayuda de un alcoholímetro se puede determinar la concentración de alcohol. Se debe introducir el alcoholímetro en la muestra de alcohol y luego verificar cual es el grado de alcohol.

- **Envasado**

Una de las etapas finales es ya la obtención del alcohol etanol (de grado alimenticio), lo que resta es envasarlo en botellas de plástico previamente esterilizados, dichos envases deben ser elaborados con Tereftalato de Polietileno.

- **Almacenado**

  Es recomendable almacenarlo a una temperatura ambiente de 22ºC.

DISCUSIÓN

Referente a los resultados obtenidos mediante la revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol, se obtuvo información valiosa que ayudó al desarrollo de la investigación del presente artículo, como se puede observar en la Tabla 2 la composición del lactosuero con sus diferentes componentes como el agua con un 93,1%, lactosa 4,9%, proteína 0,9%, minerales 0,6%, grasa 0,3% y vitaminas hidrosolubles 0,2%.

Araujo et al., (2013) indica cada uno de los elementos que contiene el suero, lactosa 4,5-5%, proteínas solubles 0,6-0,8%, lípidos 0,4-0,5% y sales minerales 8-10% de extracto seco, además contiene importantes minerales como el potasio, calcio, fósforo, sodio y magnesio y también vitaminas del grupo B como la tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina y ácido ascórbico.

En la Tabla 3 se puede observar los requeriminetos físico-químicos para el suero de leche líquido presentado por la Norma INEN 2594: 2011 en donde nos indica los límites máximos y mínimos para cada componente del suero de leche (ácido y dulce). Los autores Chimbo & Sánchez (2015) coinciden y concuerdan con estás caracteristicas de las normas INEN.

De acuerdo con la información documental obtenida, el suero de leche procesado tiene diferentes usos como aditivo en alimentos de niños, productos farmaceúticos y en bebidas energizantes y alcohólicas. Por otro lado Mazorra & Moreno (2020) mencionan varias opciones que le puede dar al procesado del suero, entre ellas están: confitería, requesón (suero desproteinizado), bebidas carbonatadas (bebidas refrescantes y bebidas energéticas), bebidas fermentadas (cerveza de suero artesanal y bebidas probióticas), cultivo de kéfir (bebidas probióticas), mantequilla de suero, biomasa microbiana (consumo humano), cultivos iniciadores (maduración y producción de queso), bebidas funcionales (antihipertensivas, antidiabéticas y inmunoestimulantes), fórmulas lácteas y ácido láctico.

4. CONCLUSIONES

- Se concluye que la posibilidad de obtener etanol a partir de la fermentación del suero de leche se presenta como una opción o alternativa de valorización de este, generando economía y evitando el desperdicio de este subproducto.
- El proceso de producción de etanol a partir de suero de leche consta de diez etapas las cuales se presentan en el diagrama de flujo. En estas etapas se encuentran parámetros muy importantes como las características físico-químicas, temperatura de activación de las levaduras, temperatura y tiempo de fermentación del suero de leche, todos estos parámetros deben desarrollarse de manera correcta para asegurar que nuestro producto final (etanol) sea de calidad.
- El desdoblamiento de la lactosa en dos monosacáridos es un factor importante para aquellas levaduras que no son capaces de fermentarla como disacárido, es por ello que a través de la utilización de la enzima lactasa facilita el proceso de fermentación.
- La levadura "no convencional" *Kluyveromyces lactis* es considerada muy importante dentro de la industria biotecnológica debido a su gran capacidad de metabolizar la lactosa, es por ello que este microorganismo se utiliza para la fermentación del suero de leche, así como la levadura *Saccharomyces cerevisiae* que contiene propiedades fermentativas siendo capaz de sintetizar la lactosa usando como fuente de energía a la glucosa para su crecimiento produciendo de esta manera el etanol.

REFERENCIAS

Araujo, Á., Monsalve, L., & Quintero, A. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *4*(2), 55–65. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344986

Araúz, M. (2020). *Fermentación de lactosuero para la obtención de etanol y su uso en cervezas y bebidas saborizadas. Revisión de Literatura.* (Tesis de grado, Zamorano). Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dac4a18a-1b49-41ed-b8d3-bdf98ec7e58f/content

Arroyo, M., & Coox, J. (2018). *Dosificación de lactasa en la fermentación con saccharomyces cerevisiae para la obtención de alcohol utilizando lactosuero.* (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). Recuperado de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/887/1/TTAI6.pdf

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. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085141

Bucheli, A. P. (2021). *Propuesta para elaborar un prototipo de bebida alcohólica utilizando suero de leche como materia prima en alianza con la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) y la industria alimenticia.* (Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito). Recuperado de http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10406

Campaña, X., & Aguilar, P. (2021). *Estudio de Mercado Nº SCPM-IGT-INAC-002-2019 "Sector lácteo" Versión pública*. Recuperado de https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2021/04/estudio_de_mercado_sector_lacteo_SCPM-IGT-INAC-002-2019.pdf

Chimbo, V., & Sánchez, C. (2015). *Producción de etanol a partir de suero de leche hidrolizado.* (Tesis de grado, Universidad del Azuay). Recuperado de http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5070

Contero, R., Requelme, N., Cachipuendo, C., & Acurio, D. (2021). Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el ecuador. *Granja*, *33*(1), 31–43. doi: 10.17163/LGR.N33.2021.03

Cury, K., Aguas, Y., Martinez, A., Olivero, R., & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, *9*, 122–132. Recuperado de https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf

Fernández, E. F., Hernández, J. A. M., Suárez, V. M., Villares, J. M. M., Yurrita, L. R. C., Cabria, M. H., & Rey, F. J. M. (2015). Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Scielo*, *31*(1), 92–101. doi:10.3305/nh.2015.31.1.8253

Flores Rodríguez, F., & Reyes Jácome, C. (2021). *Una revisín de métodos para elaborar alcohola partir de suero de leche.* (Tesis de grado, Univiersidad San Francisco de Quito). Recuperadod de. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10054/1/122849-135750.pdf

Gómez, J., & Sánchez, Ó. (2019). Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, *37*(1), 130–158. doi: 10.14482/inde.37.1.637

Guevara, L., & León, R. (2019). *Aprovechamiento del lactosuero dulce en la elaboración de un alimento enriquecido con Hordeum vulgare y Passiflora edulis.* (Tesis de grado, Universidad de Guayaquil). Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/46769/1/BINGQ-GS-19P78.pdf

Hernández, R., & Mendoza, P. (2018). *Metodología de la investigación las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta.* (McGraw-Hill Interamericana (ed.); 1st ed.).

López, Y., & Prado, J. (2015). *Uso de lacto suero en sinergia con Saccharomyces cerevisiae como materia prima para la producción de etanol a escala piloto, en el laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Departamento de Química, UNAN-Managua, Julio 2014-Agosto 2015.* (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua). Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/53103511.pdf

Mazorra, M., & Moreno, J. (2020). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *Scielo*, *14*(1). doi: 10.29059/cienciauat.v14i1.1134

Montesdeoca, R., & Piloso, K. (2020). Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en la ESPAM "MFL." *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, *10*(1), 1–7. doi: 10.5377/elhigo.v10i1.9921

Motta, Y., & Mosquera, W. (2015). Aprovechamiento del lactosuero y sus componentes como materia prima en la industria de alimentos. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *13*(1), 81–91. Recuperado de https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/1634

Pérez, R., López, M., Bautista, E., García, A., Román, R., & Ortiz, R. (2014). Efecto del suero de leche como complemento de la dieta sobre el crecimiento de las vellosidades intestinales y el peso de los lechones en la etapa de 6 a 20 kg. *Redalyc*, *24*(4), 319–324. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/959/95931404009.pdf

Reyes, L. (2012). *Producción de etanol por fermentación de suero de quesería con levaduras del género Kluyveromyces y Saccharomyces* (Tesis de Maestría, Universidad Veracruziana). Recuperado de https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46948/ReyesAlvaradoLuisCarlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Robalino, J. (2017). *Obtención de ácido láctico a partir de suero de leche mediente unnproceso fermentativo utilizando un cultivo mesófilo homofermentativo* (Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17484/1/CD-7984.pdf

Támara, C. P. (2015). *Aprovechamiento industrial del lactosuero.* (Tesis de grado, Universidad de Córdoba). Recuperado de https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1044/APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL LACTOSUERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toala, G., Mendoza, A., & Moreira, L. (2019). Importancia de la enseñanza de la metodología de la investigación científica en las ciencias administrativas. *Dominio de Las Ciencias*, *5*(2), 56–70. doi: 10.23857/dc.v5i2.889

UNESCO. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=29AlDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=true

Vargas, X. (2017). *Evaluación de la producción de etanol a partir de lacto suero a nivel de biorreactor (bioflo 110) utilizando kluyveromyces marxianus y kluyveromyces lactis como agentes fermentativos.* (Tesis de grado, Universidad de la Salle). Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/66?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fing_alimentos%2F66&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Vela, G. (2020). *Suero de leche: Impacto nutricional, tecnologías de procesamiento, evaluación sensorial e innovación gastronómica.* Reuperado de https://www.researchgate.net/publication/341900265_Libro_de_SUERO_DE_LECHE_impacto_nutricional_tecnologia_de_procesamiento_evaluacion_sensorial_e_innovacion_gastronomica

Williams Zambrano, M. B., & Dueñas Rivadeneira, A. A. (2021). Alternativas para el aprovechamiento del lactosuero: Antecedentes investigativos y usos tradicionales. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias. ISSN 2477-8982*, *26*, 39–50. doi: 10.33936/la_tecnica.v0i26.3490

5. ANEXOS

Antecedentes

Se considera que un 90% de la leche utilizada para la producción de quesos es eliminada como residuo conocido como lactosuero, el mismo que cuenta con el 55% de los componentes de la leche, es decir, lactosa, lípidos, sales minerales y proteínas (Vargas, 2017). La producción de lactosuero a nivel mundial cada vez va en aumento sin embargo su aprovechamiento resulta ser escaso generando así impactos ambientales por ende un deterioro del medio ambiente (Gómez & Sánchez, 2019).

Dentro de la industria láctea el lactosuero es considerado uno de los residuos más abundantes que se obtiene del proceso de la elaboración de quesos (Gómez & Sánchez, 2019). Para cualquier industria es muy beneficioso el aprovechamiento de subproductos residuales que generen ciertos procesos productivos de cualquier materia prima ayudando así a en la disminución de desechos. Este es el caso de la industria láctea ya que el desperdicio proveniente del suero de leche resulta ser un contaminante que contine un alto contenido rico en lactosa (Arroyo & Coox, 2018). La lactosa es un componente considerado como serio problema ambiental, si este es desechado a fuentes hídricas generaría grandes daños ambientales a las mismas (Gómez & Sánchez, 2019).

5.1 Suero de leche

Lactosuero o suero de leche como se le llama comúnmente, es un líquido color amarillento resultado de la precipitación de la caseína durante el proceso de elaboración de queso. Está compuesto de lactosa, proteínas hidrosolubles y grasa, esta composición cambiará dependiendo del procedimiento y las condiciones al momento de la elaboración del queso (Vela, 2020). Tratar el lactosuero como agua residual resulta ser costoso, sin embargo, para la industria láctea es beneficioso debido a el valor nutricional que contiene y los productos que se pueden elaborar a partir de este (Reyes, 2012).

5.2 Tipos de suero de leche

La composición del suero de leche influye factores como la humedad del queso, el pH en el proceso de separación de la cuajada. Es así como puede existir dos tipos de suero de leche (Vela, 2020).

5.2.1 Suero dulce

Es un subproducto se obtiene de la elaboración de quesos, se da debido al uso de la renina, la cual es una enzima que hace que se precipite la caseína para la obtención del queso (Araúz, 2020). Es decir, el suero dulce se obtiene debido a la mezcla de la enzima quimosina y la caseína dando paso a una coagulación (Gómez & Sánchez, 2019).

5.2.2 Suero ácido

Tiene una composición fisicoquímica similar a la del suero dulce, su acidificación se debe a la adición de fermentación de la lactosa con bacterias acido lácticas presentes en la leche (Mazorra & Moreno, 2020). Por otro lado, Williams Zambrano & Dueñas Rivadeneira (2021) señalan que, el suero ácido se obtiene de la fermentación, adición de minerales o ácidos orgánicos logrando así la coagulación de la caseína lo cual da paso a que se genere una acidez baja (4,5pH). En la Tabla 4 presentamos la composición química de los dos tipos de lactosuero.

5.3 Componentes del suero de leche

Tabla 5.

Composición química del lactosuero (promedios por 100 g)

Nutriente	Lactosuero dulce	Lactosuero ácido
Agua	93.5	93.5
Grasa	0.3	0.1
Proteína	0.9	1.0
Lactosa	4.5	4.0
Minerales	0.6	0.8
Ácido láctico	0.2	0.6-1.0

Fuente: (Vela, 2020)

5.4 Proteínas del suero de leche

5.4.1 β -Lactoglobulina

Esta proteína contiene un 58% de las proteínas totales del suero de leche, se sintetiza en las glándulas mamarias de los rumiantes. Está compuesta por hojas plegadas de β y por 162 residuos de aminoácido (Reyes, 2012).

5.4.2 α -Lactalbúmina

Contiene 20% del total de las proteínas del suero de leche y conformada por 123 residuos de aminoácidos. Su principal función es contribuir a la digestión de la lactosa (Reyes, 2012).

5.5 Lactosa

Reyes (2012) asegura que el principal componente del lactosuero antecedido del agua. La cantidad presente de este carbohidrato en la leche oscila entre el 4,4% y el 5,2%, de media 4,8%. La producción de quesos está en crecimiento es por ello que surge la necesidad de encontrar nuevas alternativas para utilizar lactosuero, que en su mayoría significa encontrar usos para la lactosa.

5.6 Aprovechamiento del suero de leche para la obtención de etanol

Conforme a pasado el tiempo se ha observado la necesidad de darle una utilidad al suero de leche llevándola a ser una fuente de materia prima con utilización en diferentes procesos, siendo considerado como alternativas muy viables (Reyes, 2012). El suero de leche contiene ciertos componentes como lactosa, proteína, grasa y agua. Existe varias formas de aprovechar todos estos componentes mediante procesos como la hidrólisis, la filtración, la fermentación. Logrando así aumentar la economía de las industrias queseras y lo más importante disminuir la posibilidad de causar daños y contaminación ambiental (Motta & Mosquera, 2015).

5.6.1 Producción de etanol

El alcohol etílico o etanol (CH3-CH2OH) como se lo conoce comúnmente es un líquido incoloro e inflamable (punto de ebullición 78ºC), se lo considera como uno de los primeros químicos sintéticos utilizado por el hombre. Las formas de obtención de este producto pueden ser mediante fermentación que es la descomposición de azucares presentes en frutas, y también puede ser por el proceso de destilación o eliminación del agua mediante evaporación (Vargas, 2017).

Vargas (2017) afirma que los primeros procesos de producción de etanol usando suero de leche se dio hace treinta años atrás y para ello se utilizaron levaduras que fueran capaces de fermentar la lactosa, estas son, *Kluyveromyces marxianus* y *Kluyveromyces lactis*. La *Kluyveromyces marxianus* suele ser más eficiente ya que es capaz una de las levaduras que tiene gran capacidad de absorber la lactosa, permitiendo metabolizar 2.1 g de etanol por cada

litro de suero (Araúz, 2020)

Existen algunos factores que se deben tener muy en cuenta para la producción de etanol a partir del suero de leche, estos factores son temperatura (32 a 35ºC) y pH (4-5). Es importante controlar dichos factores para un buen desarrollo y trabajo de la levadura durante el proceso de fermentación (Araúz, 2020).

5.7 Levaduras utilizadas para el proceso de obtención de etanol a partir de suero de leche

- ***Kluyveromyces lactis***

  Posee una gran habilidad de metabolizar la lactosa, se debe a la presencia de la lactosa permeasa y β-galactosidasa producto de esto tenemos la hidrólisis del azúcar en glucosa y galactosa. Existe una diferencia muy importante entre la *Kluyveromyces lactis y Saccharomyces cerevisiae* y es la inhibición de catabolismo (inhibición de la glucosa) algunas cepas de *Kluyveromyces* pueden ser suprimidas por la glucosa, pero incluso cuando esto sucede, no resulta ser tan notable en cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (Reyes, 2012).

- ***Saccharomyces cerevisiae***

  Las cepas de esta levadura son utilizadas en la producción industrial de fermentos. La función de la *Saccharomyces cerevisiae* es sintetizar la glucosa para producir altas concentraciones de etanol y CO_2 (Reyes, 2012).