

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO TÉCNICO-AMBIENTAL, LEGAL Y DE COSTOS PARA EL MANEJO DE
SUERO DE LA LECHE DE UNA PLANTA DE LÁCTEOS

Trabajo final de investigación sometido a la consideración de la Comisión del
Programa de Estudios de Posgrado en Gerencia Agroempresarial para optar
al grado y título de Maestría Profesional en Gerencia Agroempresarial

MARIA ANTONIETA FLORES ROJAS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2021

Dedicatoria y agradecimientos

El presente trabajo se lo dedico a mi mamá y mis hermanos que siempre han confiado en mi y me han apoyado en mis proyectos.

Además, quiero agradecer a todas las personas que me ayudaron a terminar este trabajo, tanto a la empresa que me brindó su confianza como a los colegas y amigos que me aportaron, ya fuera su conocimiento o su tiempo, para que pudiera finalizar este proyecto.

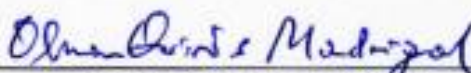
También agradecer a mis compañeros Esteban, Adolfo, David y Roiner que nos apoyamos mutuamente para poder terminar.

Y, sobre todo, agradecer a Dios que siempre me ha guiado.

Este trabajo final de investigación fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Gerencia Agroempresarial de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gerencia Agroempresarial.



Dr. Víctor Rodríguez Lizano
Representante del Decano
Sistema de Estudios de Posgrado



Dr. Olman Quirós Madrigal
Profesor Guía



MGA. Enrique Montenegro Hidalgo
Lector



Dr. Rafael Salas Camacho
Lector



MAE. Carlos Díaz Gutiérrez
Director Programa de Posgrado
en Gerencia Agroempresarial



María Antonieta Flores Rojas
Sustentante

Tabla de Contenidos

Portada.....	i
Dedicatoria y agradecimientos	ii
Hoja aprobación	¡Error! Marcador no definido.
Resumen	vi
Lista de Cuadros.....	vii
Lista de Imágenes	viii
Lista de Gráficos.....	viii
1. Introducción.....	1
2. Justificación.....	6
3. Objetivos.....	7
3.1. Objetivo General.....	7
3.2. Objetivos Específicos	7
3.2.1. Caracterizar el estudio técnico-ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos. 7	
3.2.2. Evaluar la viabilidad legal y ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos. 7	
3.2.3. Desarrollar un análisis comparativo de la estructura de costos entre aplicar el suero de la leche vs aplicar fertilizante químico a los pastos. 7	
3.2.4. Realizar un análisis beneficio/costo en los pastos y productividad de la leche cuando se aplica el suero a los forrajes. 7	
4. Marco Teórico.....	8
4.1. Referencias agronómicas	8
4.2. Referencias beneficio/costo.....	17
4.3. Referencias ambientales	18
4.4. Referencias económicas	21
4.5. Referencias de costos	23
4.6. Referencias legales	24
5. Metodología	27
5.1. Tipo de Investigación.....	27
5.2. Clase de investigación propuesta.....	27
5.3. Cuadro de variables	30
6. Estudio Técnico-Ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos	31

6.1.	Estudio Técnico	31
6.1.1.	Descripción de procesos	32
6.1.2.	Aplicación del suero en los pastos	36
6.2.	Estudio ambiental	40
6.2.1.	Ubicación del proyecto	40
6.2.2.	Evaluación de Impacto Ambiental	45
7.	Viabilidad legal y ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.	55
7.1.	Legislación vigente en Costa Rica	56
7.2.	Propuestas legales	58
8.	Análisis comparativo de la estructura de costos entre aplicar el suero de la leche vs aplicar fertilizante químico a los pastos.	60
9.	Análisis beneficio/costo en los pastos y productividad de la leche cuando se aplica el suero a los forrajes.	66
10.	Conclusiones y Recomendaciones	74
11.	Bibliografía	79
12.	Anexos	86
1.	Cálculo de la tasa de descuento	86
2.	Análisis Químico Foliar N° 73841	87

Resumen

El suero de la leche es un subproducto de la producción del queso, es altamente contaminante si se vierte en cuerpos de agua, esto por los altos niveles de DBO y DQO. En Costa Rica, para el 2016, se dedicaban 466 millones de litros anuales de leche a la producción de queso.

La empresa en estudio produce 90 000 kilos de suero diarios, el cual es entregado a chancheras en varias zonas del país, esto significa ₡ 64,740,000.00 anuales que se deben cancelar para disponer de una manera adecuada el suero de la leche.

Por lo que se busca una alternativa para tratar el suero, la cual es la de aplicarla en los pastos que consume el ganado lechero y así cerrar la agrocadena de producción de lácteos.

Se realizó un estudio de bloques donde se aplicó diferentes dosificaciones de suero de leche en los pastos, en total fueron 8 tratamientos en donde se seleccionó el número 7 que consiste en aplicaciones mensuales de 60m³/Ha. Con esta aplicación, el productor estará ahorrando en la compra de ciertos fertilizantes, los cuales son sustituidos por el suero de la leche y obtendrá un beneficio/costo de 1,28, lo que significa que por cada colón invertido estará recibiendo 28 colones adicionales.

Este trabajo pretende ser la base para lograr la realización de un reglamento que permita la aplicación del suero de la leche en los pastos y así lograr beneficios a los productores del país, donde se logre una competitividad en los costos y dejar de depender de la importación de algunos fertilizantes y tener una estabilidad en los precios de los mismos, ya que no tendría tanta afectación con la fluctuación de los precios internacionales de los agroquímicos.

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Principales países productores de leche, en miles de millones de kilos, 2017.	2
Cuadro 2. Centroamérica: producción de leche año 2015	2
Cuadro 3. Consumo per cápita de lácteos, 2018	2
Cuadro 4. Composición química del permeado de suero	15
Cuadro 5. Políticas ambientales como impulsadoras de la revalorización del suero de la leche en Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay.	26
Cuadro 6. Cuadro de variables	30
Cuadro 7. Tratamiento, dosis aplicadas y frecuencia de aplicación del suero de la leche en el ensayo.	37
Cuadro 8. Tipos de clima de la Región Valle Central Occidental por subregión	43
Cuadro 9. Resumen sinóptico-climático de la Región del Valle Central Occidental por subregión..	43
Cuadro 10. Resumen de los tipos de vegetación de la Región Valle Central Occidental	44
Cuadro 11. Tipo de suelo y su ubicación en la subregión VC2	45
Cuadro 12. Valoración para identificar el impacto ambiental de la aplicación del suero de la leche en los pastos.....	47
Cuadro 13. Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.....	50
Cuadro 14. Costos anuales de la Finca Ganadería La Bendición en el mantenimiento de los pastos.	61
Cuadro 15. Porcentaje de inflación en Costa Rica, 2016 al 2019.....	62
Cuadro 16. Porcentaje de crecimiento de salarios mínimos, 2016 al 2019.	62
Cuadro 17. Flujo de caja de la situación actual (sin proyecto) de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, 2020.....	63
Cuadro 18. Flujo de caja de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, aplicando el suero de la leche, 2020	64
Cuadro 19. Comparación de los FNE de no aplicar el suero de la leche en los pastos (sin proyecto) vs aplicar el suero de la leche en los pastos (con proyecto), 2020.	65
Cuadro 20. Flujo de caja de los beneficios de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, aplicando el suero de la leche, 2020.	72

Lista de Imágenes

Imagen 1. Área de recibo de leche.....	32
Imagen 2. Silo de almacenamiento de leche.	33
Imagen 3. Flujo de proceso de la realización de queso tipo Turrialba.....	34
Imagen 4. Tanques de almacenamiento de suero de la leche.....	35
Imagen 5. Transporte de suero de la leche.....	36
Imagen 6. Preparación del terreno para realizar el ensayo	38
Imagen 7. Distribución de los bloques en el campo de ensayo	39
Imagen 8. Propiedad de la empresa en estudio ubicada en Oreamuno de Cartago	40
Imagen 9. Ubicación del terreno donde se realizaron las pruebas de aplicación de suero de leche.	41
Imagen 10. Ubicación del Valle Central de Costa Rica	42

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Producción de materia seca por kg/Ha según cada tratamiento.....	68
Gráfico 2. Absorción de Nitrógeno por Kg/Ha según tratamiento.	69
Gráfico 3. Absorción de Fósforo por K/Ha según tratamiento.	69
Gráfico 4. Absorción de Calcio por Kg/Ha según tratamiento.	70
Gráfico 5. Absorción de Magnesio por Kg/Ha según tratamiento.....	70
Gráfico 6. Absorción de Potasio por Kg/Ha según tratamiento.....	71



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

SEP Sistema de
Estudios de Posgrado

Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, María Antonieta Flores Rojas, con cédula de identidad 1-1230-0962, en mi condición de autor del TFG titulado Estudio técnico-ambiental, legal y de costos para el manejo de suero de la leche de una planta de lácteos

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI NO *

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

FIRMA ESTUDIANTE

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

1. Introducción

Uno de los principales productos en la alimentación humana es la leche, que según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO):

La leche es un alimento nutritivo de inestimable valor que tiene un reducido tiempo de conservación que exige una cuidadosa manipulación. Se trata de un alimento altamente perecedero porque es un medio excelente para el crecimiento de microorganismos, especialmente de patógenos bacterianos, que pueden provocar el deterioro del producto y enfermedades en los consumidores. El procesamiento de la leche permite conservarla durante días, semanas o meses y contribuye a reducir las enfermedades transmitidas por los alimentos (FAO, 2018).

Según FAO (2018), más de 6 000 millones de personas en el mundo consumen leche y productos lácteos, la mayoría de estas personas viven en países en desarrollo.

La producción mundial de leche debe llegar a 833,5 millones de toneladas en 2017, un 1,4% más que en 2016. Gran parte del aumento anticipado se producirá en Asia y las Américas, mientras que el sector puede estancarse en Europa y África y posiblemente enfrentar una declinación en Oceanía (Cámara Nacional de Productores de Leche [CNPL], 2017).

En el cuadro 1 tenemos los principales países productores de leche, de bovino, para el año 2017 (EUROVACAS, 2017).

En Centroamérica, para el año 2015, la producción de leche alcanzó los 3,73 millones de kilos de leche, siendo Costa Rica el mayor productor de leche en la región, con 1,11 millones de leche, representando el 30% de la producción total de Centroamérica, como lo podemos observar en el cuadro 2.

Cuadro 1. Principales países productores de leche, en miles de millones de kilos, 2017.

País	Kilos de leche
Estados Unidos	91,3
La India*	60,6
China	39,7
Brasil	34,3
Alemania	31,1
Rusia	30,3
Francia	23,7
Nueva Zelanda	18,9
Turquía	16,7
Reino Unido	13,9

Si se suma la leche de búfala sería el principal país productor de leche.

Fuente: Elaboración propia con datos de EUROVACAS, 2017.

Cuadro 2. Centroamérica: producción de leche año 2015.

País	Producción	Porcentaje
Costa Rica	1,113,708,987.44	30%
Nicaragua	841,867,260.69	23%
Honduras	758,851,325.47	20%
Guatemala	518,081,513.76	14%
El Salvador	502,537,601.68	13%
TOTAL	3,735,046,689.04	100%

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNPL, 2018.

Con respecto al consumo per cápita, la FAO (2018) hace una división entre los países que tienen un consumo elevado, medio y bajo, el cual se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Consumo per cápita de lácteos, 2018.

Categoría	Consumo per cápita anual	Países
Elevado	Mayor a 150 kilos	América del Norte, Argentina, Armenia, Australia, Costa Rica, Europa, Israel, Kirguistán y Pakistán
Medio	De 30 a 150 kilos	India, Japón, Kenia, México, Mongolia, Nueva Zelanda, la República Islámica de Irán, África septentrional y meridional, la mayoría del Oriente Próximo y la mayor parte de América Latina y el Caribe
Bajo	Menor de 30 kilos	Vietnam, Senegal, la mayoría de África central y la mayor parte de Asia oriental y sudoriental

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO, 2018.

Gracias a la leche se pueden producir muchos productos, los cuales son llamados productos lácteos, según la Norma General del Codex Alimentarius para el uso de términos lecheros, podemos definir lácteos como “producto obtenido mediante cualquier elaboración de la leche, que puede contener aditivos alimentarios y otros ingredientes funcionalmente necesarios para la elaboración”.

Entre los productos lácteos podemos citar los siguientes:

- Leche líquida.
- Leches fermentadas (yogurt).
- Quesos (fresco y maduro).
- Mantequilla.
- Leche condensada.
- Leches evaporadas.
- Leche en polvo.
- Nata.
- Sueros.
- Caseína.

Como se señaló en el cuadro 3, Costa Rica está entre los países, a nivel mundial, con un alto consumo per cápita de lácteos, para el 2016 este consumo fue de 217.11 kilos, según los datos de la Cámara Nacional de Productores de Leche.

En Costa Rica, se destinan 466 millones de litros anuales de leche en la elaboración de quesos. Un 80% (355 millones de litros anuales) de la leche que llega a las pequeñas y medianas empresas (pymes) procesadoras se hace en quesos. En el caso de las grandes industrias, se calcula que un 10% de la leche que procesan (111 millones de litros anuales) se utiliza para elaborar quesos (La Nación, 2016).

De la producción de queso, se genera un subproducto llamado suero, que lo podemos definir, según la Norma del Codex para Sueros en Polvo, como:

El producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo. (FAO, 2018).

Hernández y Vélez (2014), afirman que, para producir un kilo de queso, se necesitan 10 litros de leche, de los cuales 9 litros se convierten en suero.

El suero o lactosuero, es un producto altamente contaminante para el ambiente, como lo señala Guerreiro, Gómez, González y Castro (2009):

Aproximadamente 47% de los 115 millones de toneladas de lactosuero producido anualmente a nivel mundial son desechados al medio ambiente (...) el problema de la disposición del lactosuero ha ido empeorando. La continua descarga de este subproducto en la tierra pone en peligro la estructura física y química de los suelos, reduciendo los rendimientos de cultivos y provocando serios problemas de contaminación de agua subterránea.

Entre los usos que se le puede dar al suero, Granados (2010) señala:

Una parte de la producción de este líquido (suero), es incluida en las raciones alimenticias diarias de cerdos y gallinas para reducir costos de alimentación, otra parte es utilizada a nivel industrial para la elaboración de alimentos o como medio de cultivo en la producción de levaduras, además se encuentra el porcentaje de dicha producción nacional que se desecha.

También se puede utilizar el suero en la industria farmacéutica y en otras relacionadas con la alimentación, así lo señala Araya (2013):

(...) en los últimos años se ha descubierto que el suero provee numerosos beneficios funcionales y nutricionales, y se ha incrementado el interés por utilizar subproductos del suero como ingredientes tanto en la industria alimentaria como farmacéutica. Actualmente se utiliza en una gran variedad de productos alimenticios, como, por ejemplo, en fórmulas infantiles, repostería, bebidas para deportistas, entre otros.

Otro uso que se le puede dar al suero de la leche o lactosuero es para ensilados y como suero en polvo, según Valencia (2008):

- Uso de Ensilados: la incorporación de un 1% de suero en polvo a un ensilado de maíz condujo a un incremento en el rendimiento de la leche del 6,5%, y a una ganancia en peso del 7% en becerras.
- Producción de suero en polvo: es común que, si el uso al que se pretende destinar este producto es como sustituto de leche en polvo para panificación o para queso procesado o aderezo para botanas, entonces se haga una desmineralización del mismo.

El presente trabajo de investigación aplicada pretende darle otro uso al suero de la leche, el cual es poder aplicarlo a los pastos que sirven de alimento al ganado lechero, en donde se va a demostrar si es apto para los suelos, el costo que se estarán ahorrando los productores aplicando el suero en lugar de fertilizante químico y la viabilidad legal y ambiental para poder hacer este tipo de aplicaciones.

2. Justificación

Debido a los problemas, tanto ambientales como para las empresas, que se generan al tratar el subproducto que se produce de la elaboración de queso, como lo es el suero de la leche, es que se plantea el siguiente trabajo.

Con el mismo se pretende darle un adecuado manejo al suero de la leche, que a la vez sea ambientalmente favorable y que, además, no genere altos costos para la empresa. Como se podrá observar a lo largo del trabajo, el suero es uno de los principales contaminantes de las fuentes de agua, si no se le da un adecuado manejo, pero este manejo tiene un costo muy alto para las empresas.

A través del tiempo, los productores y las grandes compañías han encontrado diferentes maneras de darle un uso a este subproducto, pero en ocasiones es insuficiente y no se puede tratar de la misma manera el 100% del suero que se genera. Con la opción que se va a plantear, se pretende aprovechar el 100% del suero, en donde se obtendrán los siguientes beneficios:

- Aprovecha el 100% del suero que se genera en la planta de quesos.
- Disminuir la contaminación ambiental que se pueda estar generando con el suero.
- Disminuir los costos que tiene la empresa con el manejo que actualmente se le da al suero de la leche.
- Generar beneficios económicos para los productores de leche, principalmente con el ahorro que se tendría en fertilizantes y concentrados.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Realizar un estudio técnico-ambiental, legal y de costos para determinar la viabilidad de aplicar el suero de la leche en los pastos.

3.2. Objetivos Específicos

- 3.2.1. Caracterizar el estudio técnico-ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.
- 3.2.2. Evaluar la viabilidad legal y ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.
- 3.2.3. Desarrollar un análisis comparativo de la estructura de costos entre aplicar el suero de la leche vs aplicar fertilizante químico a los pastos.
- 3.2.4. Realizar un análisis beneficio/costo en los pastos y productividad de la leche cuando se aplica el suero a los forrajes.

4. Marco Teórico

Según la revisión bibliográfica realizada, no se han encontrado estudios en América donde se indique la aplicación del suero en los pastos directamente, pero si hay estudios que muestran los diferentes usos que se le otorgan a este subproducto, algunos de los cuales se mencionaron anteriormente. En este apartado se estará mostrando lo más relevante de los documentos consultados.

4.1. Referencias agronómicas

Un aspecto que vamos a considerar, como ya se mencionó, son los pastos para consumo de los animales dedicados a la actividad lechera, por lo que podemos definir pasto como un “término utilizado para designar a todo material vegetal que es consumido por el animal directamente del suelo” (Vargas, 2015).

Vargas (2015), también señala la importancia que tienen los pastos en la alimentación de animales de ganado bobino, ovino, caprino, entre otros. Entre las razones de importancia señala las siguientes:

- Constituye la dieta básica más económica en la alimentación de los rumiantes (bovinos, caprinos, ovinos).
- Proporciona materia orgánica al suelo, lo que ayuda a su conservación. El material que se desprenden de las plantas se incorporan al suelo (hoja, tallo, semilla).
- Protege a los suelos de la erosión y conservan la humedad. El sistema radicular favorece la aireación e infiltración del agua en el suelo y el crecimiento en terrenos con topografía accidentada evita el arrastre del suelo.
- Restauración de la fertilidad del suelo.

Entre los estudios revisados, tenemos el de Montero, Juárez y García (2009), en Veracruz México, llamado “Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico”, donde podemos observar que el consumo de suero de la leche, por

parte de los becerros, es beneficioso para el animal, además de que significa un ahorro importante de concentrado por parte del productor. En este estudio se señala:

El suero de leche (SL), un subproducto de la industria quesera, tiene lactosa y proteínas de alto valor biológico (lactoglobulinas y albúminas) y gran potencial como alimento para rumiantes. En México las queserías artesanales procesan 2000 a 10 000 L de leche d^{-1} ; en Veracruz, 56% de la producción de leche se usa para producir quesos. La mayor parte del SL es desechado a los mantos acuíferos o al suelo; no ha sido un subproducto útil debido principalmente a su alto contenido acuoso y rápida descomposición. Por tal motivo, el SL fresco tiene poco uso en la alimentación de becerros.

Para poder realizar el estudio descrito, se realizó la siguiente metodología:

Se recolectó suero de leche fresco de nueve queserías de los municipios de Cotaxtla y Medellín de Bravo (Veracruz, México), cada 7 días durante dos meses (total, 72 muestras). Para la caracterización química se determinó (base húmeda): pH, proteína total, grasa, sólidos totales, y cuenta total viable de lactobacilos y coliformes. Se determinaron los promedios y los coeficientes de variación de cada variable (Montero, Juárez y García, 2009).

Entre las conclusiones relevantes del estudio de Montero, Juárez y García (2009), tenemos:

Al inocular el suero de leche con lactobacilos se prolonga su estabilidad aeróbica y potencia la temperatura ambiente hasta por 24 horas.

En la fase predestete, el suero de la leche o el suero de la leche fermentado, ahorra 40% del consumo de concentrado sin afectar la ganancia diaria de peso. Además, se puede sustituir 1 L de leche por 3 L de suero de leche fermentado sin cambiar la ganancia diaria de leche, mientras que el consumo de suero de la leche o suero de la leche fermentado no mejora la ganancia diaria de peso.

No se detectaron diferencias entre suero de la leche o suero de leche fermentado respecto al comportamiento productivo de los becerros del nacimiento a los seis meses de edad. Por tanto, sería posible producir becerros HolsteinxCebú de 140 kg de peso a los seis meses de edad en crianza artificial en el sistema de lechería tropical.

Otro de los estudios consultados, demostró que es favorable utilizar el suero de la leche para ensilar y utilizarlo para la alimentación animal, este estudio nos permite valorar la importancia del suero de la leche aplicada a los pastos, aunque no de manera directa, pero si es una fuente de energía, nutrientes y proteínas que se le puede agregar a los mismos para contar con sustitutos a los concentrados.

El estudio mencionado se llama “Ensilado de suero de quesería para la alimentación animal” y se desarrolló en el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias por los investigadores Sergio Álvarez, Pilar Méndez y Marichu Fresno, en dicho estudio se señala la problemática que también se presenta en España por la disposición de dicho subproducto:

El suero de quesería o lactosuero, es un líquido resultante del proceso de coagulación de la leche. La leche utilizada procede de rumiantes en lactación, principalmente de ganado caprino, vacuno y ovino. Este líquido, constituido por componentes de enorme interés nutritivo, se puede convertir en un residuo altamente contaminante al ser vertido al medio ambiente. La normativa no permite el vertido del lactosuero y exige al queso su gestión.

Este estudio señala la problemática del uso del suero, como lo es la cantidad de agua que presenta, lo que encarece el transporte y el secado del mismo, como se indica a continuación:

Uno de los principales problemas para la utilización del lactosuro estriba en su alto contenido en agua (93-95%), que encarece el costo del transporte y el proceso de concentración o secado. El suero puede tener múltiples usos, unos relacionados con

el ámbito alimentario y otros con el industrial. La alimentación animal, sobre todo la del ganado porcino, ha sido, tradicionalmente, el primer destino de este valioso líquido residual (Álvarez, Méndez y Fresno).

En este estudio se realizaron muestras con paja y con pastos secos, solo analizaremos la parte de los pastos, ya que es la de interés de este trabajo. Se analizaron 3 muestras para el pasto seco, a las cuales se le añadió melaza de caña (para determinar la calidad fermentativa y nutricional), además del lactosuero, por lo que las muestras fueron las siguientes:

- Pasto seco sin lactosuero.
- Pasto seco más lactosuero en proporción 1/1 (1 kilo de pasto seco por 1 kilo de suero), con 150gr de melaza/kg de muestra.
- Pasto seco más lactosuero en proporción 2/1 (2 kilos de pasto seco por 1 kilo de suero), 200gr de melaza/kg de muestra.

A las muestras señaladas se les determinó el valor nutritivo y el proceso de fermentación a los 35 y 70 días a partir de los metabolitos finales en los jugos de ensilado, donde se determinó:

- El pasto seco con lactosuero fermentó correctamente en las dos combinaciones estudiadas. Al adicionar más suero se consiguen mejores calores de fermentación con un buen pH de estabilización. Sin embargo también se generan más efluentes con capacidad contaminante.
- El silo de pasto seco más lactosuero mejoró su contenido en materia seca y su contenido en fibra detergente ácido (FDA), aunque empeoró otros parámetros de calidad, a disminuir ligeramente su aporte energético e incrementar la fracción del forraje que se corresponde a las paredes celulares o fibra detergente neutro (FND).

Otro de los usos, que más comúnmente se le da al suero de la leche, es para alimentación de cerdos, como lo demuestra un estudio realizado por el Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza (CATIE) en 1986, llamado “Observaciones preliminares sobre el uso de alimentos no tradicionales en cerdos, en fincas pequeñas”. Entre los experimentos realizados en este estudio, se tiene el de “Suero de leche y torta de soya como suplemento para cerdos alimentados con fruto de banano verde”, la metodología fue la siguiente:

El experimento se realizó con un total de 36 cerdos, hembras y machos castrados del cruce Yorkshire x Landrace con 2,5 meses de edad y 16kg de peso vivo promedio (...), el suero ad-lib fue suministrado en un bebedero de concreto, el banano ad-lib más la torta de soya restringida, fueron ofrecidas en un comedero de madera.

Entre las conclusiones del estudio del CATIE (1986), tenemos:

- Cerdos de cría y engorde, alimentados con banano verde ad-lib y distintos niveles de suero de queso y torta de soya tienen ganancias que se acercan a los 500gr/día sin que se presenten diferencias significativas entre los niveles de suero y torta de soya utilizados.
- Al usar suero de queso ad-lib como único suplemento de una dieta a base de banano verde, se producen ganancias de peso significativamente menores ($P < 0.01$), ya que a pesar de los altos consumos de suero no se alcanza cubrir los requerimientos de proteína cruda de los cerdos.
- En el sistema de alimentación suero ad-lib, banano verde ad-lib y torta de soya, al aumentar el suministro de suero se produce una disminución lineal en el consumo de banano verde, indicando que los cerdos prefieren consumir suero antes que banano verde.
- Las características de canal mostraron que la alimentación con banano-suero-torta de soya, producen canales de excelente calidad, particularmente en cuanto su bajo contenido de grasa.

Como ya se ha comentado anteriormente, el principal uso del suero de la leche es para alimentación de otro animales, este suero se puede industrializar para generar proteínas concentradas y utilizarlas como complemento para la alimentación animal, pero de este

proceso se genera otro subproducto llamado permeado, como lo señala Gallardo et al. (2001). Este estudio se realizó en Argentina, y señala:

De la industrialización del suero de leche, para uso humano, se obtiene un subproducto, denominado "permeado", que podría ser utilizado como un suplemento energético para ganado lechero. (...) si el suero se destina a la producción de proteínas concentradas se obtendría nuevamente un subproducto, denominado "permeado", que debería ser nuevamente reciclado. Una forma es utilizar el permeado es la alimentación animal. (...) El permeado residual, rico en agua, lactosa y minerales, sería destinado principalmente a la alimentación de vacas lecheras (Gallardo et al. 2001).

La metodología utilizada en esta investigación (Utilización de permeado de suero como suplemento alternativo al grano de maíz en vacas lecheras bajo condiciones de pastoreo), de Gallardo et al. (2001), fue la siguiente:

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Agropecuaria INTA-Rafaela (Provincia de Santa Fe, Argentina, 31°18' latitud sur, 61°55' longitud oeste) desde el 01/02 hasta el 03/04/2000. Se utilizaron 42 vacas Holando argentino (incluyendo 6 vacas provistas de cánulas ruminales), múltiparas, en ordeño, de $541 \pm 10,5$ kg de peso vivo; $3,05 \pm 0,7$ lactancias; 175 ± 37 días en lactancia al inicio del experimento y 5.700 ± 245 litros/vaca en la lactancia previa. Las vacas se dividieron aleatoriamente en dos grupos de igual número, para los tratamientos: Tmaíz y Tpermeado. Con una duración total de 61 días, los primeros 34 fueron destinados a establecer el nivel máximo de permeado que las vacas podían beber, sin afectar su desempeño, los 20 días posteriores fueron de acostumbamiento a los tratamientos y los 7 restantes para las mediciones.

Entre los resultados del estudio anterior, se determinó que la cantidad de ingesta de permeado se estabilizó en 20/litros/vaca/día. También se señala que desde que se estableció esta cantidad, las vacas bebieron la totalidad del permeado. Además significó un

ahorro en el agua consumida por los animales, debido a que el grupo Tpermeado bebió 56,7 litros de agua por día, mientras que el grupo Tmaíz debió 63,4 litros de agua al día. Otro resultado fue que las vacas de Tpermeado ganaron más peso vivo que el tratamiento con maíz y la grasa butirosa de la leche fue mayor en Tpermeado que en Tmaíz.

La conclusión de este trabajo fue que:

Bajo las condiciones del presente ensayo, sobre la base de los análisis realizados, se concluye que el permeado de suero es un subproducto alternativo que puede reemplazar al grano de maíz en las dietas de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa, hasta un nivel equivalente a 3,6 kg de MS (20 litros/vaca/día). (Gallardo et al. 2001).

El anterior estudio nos mostró que la utilización de productos de suero de la leche tienen beneficios sobre los animales, en este caso las vacas, además de que representa un ahorro en suplementos y agua.

Abate (2017) también validó la utilización del permeado de suero para la alimentación animal, el cual lo define de la siguiente manera:

Desde la perspectiva Industrial, el significado sería “líquido obtenido del Suero de Queso, luego de ser desnatado y filtrado para obtener Concentrado de Proteínas de Suero “.

Desde el punto de vista Nutricional, “Alimento puramente Energético, rico en Lactosa y Minerales, como Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio y Cloro “.

Abate (2017) también señala los objetivos principales de la utilización de este subproducto, que como señaló en el estudio anterior de Gallardo et al. (2001), significa una reducción de costos en concentrados y suplementos para los productores:

Los objetivos principales de su utilización es reducir los costos de las dietas, al sustituir en forma parcial cereales como el maíz, trigo, cebada, sorgo y avena;

mejorar el balance Energía:Proteína a nivel Ruminal, incrementar la digestibilidad y palatabilidad de la raciones, acrecentar la conversión alimenticia (kg de alimento consumido/kg de carne producido) desarrollando las condiciones corporales óptimas para recría y terminación de animales (Abate, 2017).

Entre las características físicas de este subproducto tenemos (Abate, 2017):

- Color verde amarillento
- Olor sui generis, ligeramente ácido
- Sabor similar al yogurt ácido
- pH 6 (recién elaborado) - pH de 4,5 (cinco días, a temperatura ambiente)

En el cuadro 4 podemos observar la composición química del permeado.

Cuadro 4. Composición química del permeado de suero.

Parámetro	Unidad
Materia Seca	16-20%
Lactosa	85%
Proteína bruta	3%
Grasa	0.15%
Cenizas	10.25%
Calcio	0.98%
Fósforo	0.82%
Sodio	1.20%
Magnesio	0.15%
Potasio	2.10%
EM (Mcal/kg de MS)	3.6

Fuente: Utilización del Permeado de Suero en la Alimentación Bovina (Abate, 2017).

Este alimento se combina con forraje para darle más energía a la alimentación del ganado, ya sea para carne o para leche, por lo que podemos determinar las ventajas que tiene este tipo de combinación en la alimentación y es una buena opción para evitar la contaminación ambiental por el suero de la leche, Abate (2017) menciona las siguientes ventajas del permeado:

- Desde la fisiología, cuando el alimento ingresa refinado al aparato digestivo, mejor es su digestión y aprovechamiento.
- Nutricionalmente, el Permeado de Suero se caracteriza por tener una alta concentración de Lactosa, un carbohidrato de alta fermentación ruminal. Cuando éste ingresa al rumen, al no estar cubierto por mallas de glucoproteínas, como es el caso de los cereales, la lactosa es rápidamente utilizada como fuente de Energía por los microorganismos.
- Los excedentes de Carbohidratos fermentecibles, generan altas concentraciones de ácidos orgánicos que modifican el entorno ruminal, provocando un descenso del pH y consecuentemente mortandad de una fracción importante de la flora microbiana. Este cuadro, en Clínica Veterinaria, recibe el nombre de Acidosis Ruminal, que en su gravedad puede transformarse en sistémica y llevar a la mortandad. Por eso, rige la importancia de utilizar forrajes de calidad.
- Desde el punto de vista económico, se observó:
 - ✓ Reducción del **costo** alimenticio. Se sustituyó hasta el 40% del grano de maíz en la dieta.
 - ✓ Incremento en la Conversión Alimenticia en Ganadería de Carne, por mayor aprovechamiento de nutrientes, debido al aporte energético rápido que dispone la flora ruminal y síntesis de Ácidos Grasos Volátiles, precursores de la formación de grasa.
 - ✓ No se registró alteración organoléptica en las medias reses, ni tampoco en las características macroscópicas de la grasa.
 - ✓ Leve incremento en la producción de leche y sólidos (proteína y grasa), en ambos.
 - ✓ Reducción en los niveles de urea en leche.
 - ✓ Aporte de humedad y nutrientes a fuentes forrajeras de elevada concentración de materia seca.

Otro de los estudios revisados, señala el beneficio de aplicar el suero de la leche en el ensilaje, debido a que el suministro de ensilaje, biológicamente activado con suero de leche,

mejora la ganancia de peso, además de mitigar la contaminación ambiental (Díaz, Elías y Valiño, 2013).

Este estudio llamado “Eficiencia alimentaria y económica de tres tipos de bioensilajes de residuos agroindustriales en bovinos de carne”, tenía como objetivo:

(...) aprovechar los residuos orgánicos contaminantes de bagazo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar), fruta no comercializable de *Psidium guajava* (guayaba) y follaje de *Musa sp.* (plátano), mediante la aplicación de FES (Fermentación en Estado Sólido) y preparados microbianos a partir del suero de leche y excretas de ganado, para alimentar bovinos de engorde. Se pretende además con esta aplicación, mitigar la contaminación ambiental (Díaz, Elías y Valiño, 2013).

Según Díaz, Elías y Valiño (2013), sostienen que el ensilaje de mejor olor, palatabilidad y aceptación por parte de los animales es el elaborado con adición de prefermento basado en suero de leche; le sigue el mixto (suero de leche y estiércol), y finalmente el adicionado con prefermento basado en estiércol bovino. Además, se concluyó que el mejor tratamiento correspondió al bioensilaje elaborado con adición de prefermento basado en suero de leche, por haber generado mayor ganancia de peso (0.50 kg), mejor conversión alimentaria (6.76) y más alta rentabilidad (37%).

4.2. Referencias beneficio/costo

Uno de los objetivos de este trabajo es la de evaluar el costo beneficio de aplicar el suero de la leche en los pastos vs aplicar agroquímicos para fertilizar los pastos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2019), indica:

El análisis costo beneficio (ACB) es una herramienta de soporte para la asignación eficiente de recursos para la sociedad. Consiste en la cuantificación de los costos y beneficios asociados a la implementación de un proyecto o política para el inversor y/o la sociedad a lo largo de un período de tiempo, y la comparación de estos frente

a un escenario alternativo de acuerdo al concepto de eficiencia económica, (...). Es decir, el objetivo del ACB es identificar si el proyecto evaluado genera una asignación de recursos más eficiente en relación con otros proyectos alternativos o el statu quo.

Reyna (2018), muestra un concepto similar al anterior, al definir el análisis costo beneficio de la siguiente manera:

El análisis beneficio-costos (ABC), es una metodología para evaluar los beneficios y costos de un proyecto y así determinar su rentabilidad mediante la utilización adecuada de los recursos, desde el punto de vista económico y de bienestar social. Para realizar un ABC privado, únicamente se necesitan los costos y los ingresos del proyecto; un ABC social, por su parte, debe considerar las externalidades positivas y negativas, asignarles un precio e incluirlas en el análisis. Usualmente se utiliza en la evaluación ex ante para seleccionar entre diferentes alternativas de proyecto para compararlas con un escenario sin proyecto y poder tomar decisiones.

4.3. Referencias ambientales

Otro de los aspectos que se van a tratar en este Proyecto es el impacto ambiental que genera el suero de la leche, como lo señala Yáñez y Montalvo (2013):

Uno de los grandes problemas que tiene la industria láctea de la quesería es la de buscar métodos eficientes y económicos para procesar ésta gran cantidad de suero líquido, ya que el vertido directo en ríos y lagunas, es una forma de polución muy importante y un gran despilfarro de alimento. Cada 1000 litros de lactosuero generan cerca de 35kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68kg de demanda química de oxígeno (DQO). Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas.

Entre las fuentes que sufre mayor contaminación es el agua, debido a la alta demanda de oxígeno que se genera en el agua debido a la concentración de suero, como lo señala Yáñez y Maldonado (2013):

La incorporación de suero lácteo a las corrientes fluviales, y siempre de acuerdo con el caudal de sus aguas, produce un enriquecimiento de materia orgánica, que en pequeñas concentraciones estimulan la producción primaria de peces, bacteria, algas, crustáceos, entre otros, pero cuando la contaminación es avanzada por una gran concentración de materia orgánica, el consumo de oxígeno está elevado, existe un desmesurado crecimiento de seres microscópicos con una demanda enorme de oxígeno en concentraciones mayores que la que es capaz de disolverse en el agua.

Es importante definir que es un estudio de impacto ambiental, este se puede definir como un procedimiento científico-técnico que se utiliza para analizar aspectos físico-químicos, biológicos, socio-económicos y culturales del ambiente en que se desarrolle una acción, actividad, obra o proyecto (UNED, 2016).

La Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA), define el estudio de impacto ambiental como un procedimiento administrativo científico-técnico que permite identificar y predecir cuáles efectos ejercerá sobre el ambiente, una actividad, obra o proyecto, cuantificándolos y ponderándolos para conducir a la toma de decisiones (SETENA, 2016).

Para poder determinar los efectos que se ejercerá sobre el ambiente, se utilizó la matriz de Leopold (Curso Economía de los Recursos Naturales AE-4204, UCR, 2008), esta metodología fue desarrollada por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de Estados Unidos, nos permite establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo (acciones proyectadas y factores ambientales susceptibles). Entre las ventajas y desventajas de este método se tienen:

Ventajas:

- Fuerza a considerar los posibles impactos de acciones proyectuales sobre diferentes factores ambientales.
- Incorpora la consideración de magnitud e importancia de un impacto ambiental.

- Permite la comparación de alternativas, desarrollando una matriz para cada opción.
- Sirve como resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental.

Desventajas:

- Difícil reproducibilidad, debido al carácter subjetivo del proceso de evaluación, pues no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia del impacto.
- No tiene en consideración las interacciones entre diferentes factores ambientales.
- No distingue entre efectos a corto y largo plazo, aunque puede realizarse dos matrices según dos escalas de tiempo.
- Los efectos no son exclusivos o finales, existe la posibilidad de considerar un efecto dos o más veces.

El propósito del estudio de impacto ambiental es detectar las consecuencias benéficas y adversas de una acción propuesta, para que a la hora de tomar decisiones se cuente con información científico-técnica. Entre los requisitos que se deben cumplir para realizar un estudio de impacto ambiental, la UNED (2016), señala los siguiente:

- Garantizar que los factores ambientales relacionados con el proyecto o acción hayan sido considerados.
- Determinar impactos ambientales adversos significativos de manera que se propongan las medidas correctivas o de mitigación.
- Elección de la mejor alternativa a la acción propuesta.
- Establecer un programa de control y fiscalización una vez implementado el proyecto, de tal forma que se puedan incorporar nuevas medidas correctivas o de mitigación.
- Elaborar un programa de recuperación ambiental.

4.4. Referencias económicas

Como se vio anteriormente, el suero es comúnmente consumido en la alimentación animal, principalmente en cerdos y en el mismo ganado, al utilizar el suero en la alimentación animal, se puede tener un ahorro en el consumo de concentrados y algunas proteínas, lo que significa un ahorro en costos, aumentando así la rentabilidad de la producción.

Este ahorro en el costo del concentrado puede llegar hasta el 50%, debido al reemplazo que se puede lograr, como se señala en el compilado realizado por Graciela Muset y María Laura Castells del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), de Argentina en el 2017:

El lactosuero líquido puede mezclarse con residuos de molinería, se recomiendan 15 litros en la fase de levante y 21 litros en la fase de ceba. Niveles de reemplazo de lactosuero líquido del 50% con relación a fuentes proteicas, como la harina de soya o pescado, disminuyen la ganancia de peso en cerdos, sin embargo, en cerdos en fase de crecimiento, el lactosuero puede reemplazar entre el 40 y el 50% el consumo de concentrado, lo que aumenta la rentabilidad en el engorde.

Además, el uso del suero de la leche o lactosuero se puede utilizar para disminuir el uso de antibióticos, como lo señala Muset y Castells (2017):

(...). Este recurso puede considerarse como un aditivo modulador del tracto gastrointestinal, por su contenido de bacterias lácticas y ácido láctico, lo que permite una disminución en el uso de antibióticos promotores de crecimiento y con ello el precio de las dietas.

Uno de los objetivos del trabajo es brindar una reducción de costos para el productor, con la utilización del suero de la leche, por lo que, según Polimeni, Fabozzi, Adelberg y Kole (1997), costo se define como el "valor" sacrificado para adquirir bienes o servicios.

Según García (2008), costo se puede definir como el valor monetario de los recursos que se entregan o prometen entregar a cambio de bienes o servicios que se adquieren.

Los costos que se van a recuperar en este trabajo son los considerados como costos de producción, los cuales se pueden definir, según García (2008), como:

Los costos relacionados con la función de producción; es decir, de materia prima directa, de mano de obra directa y de cargos indirectos. Estos costos se incorporan a los inventarios de materias primas, producción en proceso y artículos terminados, y se reflejan como activo circulante dentro del balance general.

Como se señala en la definición de costos de producción, se necesita conocer las materias primas o materiales, la mano de obra y los costos indirectos, según Polimeni, Fabozzi, Adelberg y Kole (1997), podemos definir los conceptos anteriores de la siguiente manera:

Materiales: Son los principales recursos que se usan en la producción; éstos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. El costo de los materiales puede dividirse en materiales directos e indirectos, de la siguiente manera:

- Materiales directos. Son todos los que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración del producto.
- Materiales indirectos. Son aquellos involucrados en la elaboración de un producto, pero no son materiales directos. Estos se incluyen como parte de los costos indirectos de fabricación.

Mano de obra: Es el esfuerzo físico o mental empleados en la fabricación de un producto. Los costos de mano de obra pueden dividirse en mano de obra directa y mano de obra indirecta, como sigue:

- Mano de obra directa. Es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto terminado que puede asociarse con éste con facilidad y que representa un importante costo de mano de obra en la elaboración del producto. El trabajo de los operadores de una máquina en una empresa de manufactura se considera mano de obra directa.
- Mano de obra indirecta. Es aquella involucrada en la fabricación de un producto que no se considera mano de obra directa. La mano de obra indirecta se incluye como parte de los costos indirectos de fabricación.

4.5. Referencias de costos

Los costos también son importantes en los proyectos, ya que se usan como herramientas de análisis, por ejemplo, el costo anual uniforme equivalente, conocido como CAUE por sus iniciales, según Meoño y Jara (2016), este método es un criterio de evaluación que en algunas circunstancias resulta insustituible. Las aplicaciones del CAUE en el mundo de los negocios son amplísimas e importantes tanto para el sector público como privado, ya que su relevancia radica en definir la mejor opción para implementar un proyecto que sea necesario o rentable. (...). El CAUE no es exclusivo para considerarlo solo anualmente, puede referirse a períodos mensuales, bimensuales, trimestrales, entre otros.

Este estudio también se realiza para aumentar la competitividad de la empresa, debido a que si el suero se vende o se le da al productor para que lo aplique en los pastos, la empresa en estudio no tendría que incurrir en el gasto que se genera por tener que disponer de este subproducto, generando una reducción en los costos.

En esto se basan las ventajas competitivas, las cuales se crean a partir de la diferenciación del producto, gestión en la calidad y de la reducción de costos (Sistemas Productivos Agroalimentarios, 2020).

Tomando en cuenta lo anterior, es donde se vuelve fundamental ser competitivos en el mercado y lograr una diferenciación que permita generar una ventaja ante los

competidores, actualmente se encuentra en auge ser responsables con el medio ambiente y disminuir la huella ecológica, por lo que este proyecto permite cumplir con esas primicias logrando ser una empresa más competitiva, además de que permite empezar y terminar la agrocadena de producción de queso.

En este punto es donde se establecen las estrategias de competitividad, las cuales, según Lundy, Gottret, Cifuentes, Ostertag y Best (2004), señalan:

Una estrategia de competitividad es un conjunto de actividades que se planean y ejecutan con la participación de los diversos actores de una cadena para el logro de objetivos comunes, alrededor de las cuales se articulan una o más organizaciones empresariales y grupos de interés, con un enfoque ampliado de cadena productiva.

Tomando como referencia lo anterior, se está integrando la empresa productora del queso junto con los actores que son los proveedores de la leche, debido a que el suero se les entregaría a estos para seguir produciendo más leche.

4.6. Referencias legales

Referente a las políticas ambientales que controlan el uso del suero, se tienen las del cuadro 5, las cuales son un resumen de las políticas que se tienen en Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay, para impulsar la valorización del suero de la leche.

En nuestro país contamos con el Reglamento de Vertido y Reuso de Agua Residuales, decreto N° 33601-MINAE-S.

También se cuenta con la Ley Orgánica del Medio Ambiente, decreto N° 7554, la cual indica, en el artículo 2, los principios que rigen la ley, los cuáles son:

- a) El ambiente es patrimonio común de todos los habitantes de la Nación, con las excepciones que establezcan la Constitución Política, los convenios internacionales y las leyes. El Estado y los particulares deben participar en su conservación y utilización sostenibles, que son de utilidad pública e interés social.

- b) Todos tienen derecho a disfrutar de un ambiente sano y ecológicamente sostenible para desarrollarse, así como el deber de conservarlo, según el artículo 50 de nuestra Constitución Política.
- c) El Estado velará por la utilización racional de los elementos ambientales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida de los habitantes del territorio nacional. Asimismo, está obligado a propiciar un desarrollo económico y ambientalmente sostenible, entendido como el desarrollo que satisface las necesidades humanas básicas, sin comprometer las opciones de las generaciones futuras.
- d) Quien contamine el ambiente o le ocasione daño será responsable, conforme lo establezcan las leyes de la República y los convenios internacionales vigentes.
- e) El daño al ambiente constituye un delito de carácter social, pues afecta las bases de la existencia de la sociedad; económico, porque atenta contra las materias y los recursos indispensables para las actividades productivas; cultural, en tanto pone en peligro la forma de vida de las comunidades, y ético, porque atenta contra la existencia misma de las generaciones presentes y futuras.

Esta ley también señala en el artículo 4 los fines por lo cual fue creada, los cuales son:

- a) Fomentar y lograr la armonía entre el ser humano y su medio.
- b) Satisfacer las necesidades humanas básicas, sin limitar las opciones de las generaciones futuras.
- c) Promover los esfuerzos necesarios para prevenir y minimizar los daños que pueden causarse al ambiente.
- d) Regular la conducta humana, individual o colectiva, y la actividad pública o privada respecto del ambiente, así como las relaciones y las acciones que surjan del aprovechamiento y la conservación ambiental.
- e) Establecer los principios que orienten las actividades de la Administración Pública en materia ambiental, incluyendo los mecanismos de coordinación para una labor eficiente y eficaz.

Cuadro 5. Políticas ambientales como impulsadoras de la revalorización del suero de la leche en Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay.

POLÍTICA AMBIENTAL COMO IMPULSORA DE LA REVALORIZACIÓN DEL LACTOSUERO	
ARGENTINA	BRASIL
<ul style="list-style-type: none"> – La provincia de Buenos Aires cuenta con la Ley 12257 que reglamenta el Código de Aguas, en el cual se establece el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico de la provincia. – La Resolución 336/2003 establece los valores de los parámetros para el vuelco de los efluentes, en el 2008 se complementó con la Resolución 335 por la necesidad de normativas que permitan abordar en tiempo y forma la recuperación ambiental de un área contaminada, afectando el recurso hídrico subterráneo. – En Santa Fe, la Resolución 1089/82, Reglamenta el Control del Vertimiento de Líquidos Residuales, especifica parámetros límites para las descargas y la obligatoriedad de una Autorización Condicional de Volcamiento. – En Córdoba, la Ley 7343 prohíbe el vuelco o inyección de efluentes contaminantes a las masas superficiales y subterráneas de agua cuando superen los valores máximos permitidos o alteren las normas de calidad fijadas. – De acuerdo a las categorías establecidas para el tipo de vertimiento como resultado de la actividad industrial (categoría I: Muy contaminante, II: Contaminante y III: Poco contaminante), los productos lácteos se encuentra entre la categoría I, es decir, muy contaminante. 	<ul style="list-style-type: none"> – El Ministerio del Medio Ambiente cuenta con el Consejo Nacional del Medio Ambiente, que establece las normas y criterios para el licenciamiento de actividades potencialmente contaminantes. – En Minas Gerais, el control de los efluentes que pueden dañar el ambiente, producido por las industrias quesera, está determinada en las instrucciones normativas de las entidades siguientes: <ul style="list-style-type: none"> – Fundación Estadual del Medio Ambiente (FEAM): ejecuta las políticas de protección, conservación y mejora de la calidad ambiental con la prevención y corrección de polución o degradación ambiental. – Instituto Minero de Gestión de las Aguas (IGAM): es responsable por planear y promover acciones direccionadas a la preservación de la cantidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas. – Instituto Estadual de Floresta (IEF): orienta, desarrolla, promueve y tiene la supervisión de la ejecución de las acciones de mantenimiento del equilibrio ecológico y protección de la biodiversidad.
COLOMBIA	URUGUAY
<ul style="list-style-type: none"> – Decreto 2667/2012, reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones. – Resolución 372/98, establece el valor de la tarifa mínima de las tasas retributivas por vertimientos líquidos. La tarifa tiene un incremento anual de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor (IPC). – Ley 1333/2009, reglamenta el procedimiento sancionatorio ambiental. – Decreto 3930/2010, reglamenta los usos del agua y los residuos líquidos y establece el control para su vertido, prohibiendo realizar vertimientos sin tratamientos. – Resolución 631/2015, establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. 	<ul style="list-style-type: none"> – Decreto 253/79 rige las normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas. – El INALE con el respaldo de la Comisión de Efluentes, el MGAP, conjuntamente con la DINAMA, establecen los lineamientos que permitan implementar el Plan para la Autorización y Control Ambiental de los tambos. – Decreto 62/002 faculta a la Autoridad Sanitaria Oficial (ASO.) la elaboración del Programa de Monitoreo del agua potable en plantas lácteas, también se plantean la necesidad de desarrollar una Matriz de Riesgo geográfico y predial para la explotación lechera. – Resolución 1479/2013: establece que los tambos ubicados en la cuenca del río Santa Lucía, con un total de más de 500 vacas en ordeño en una misma sala, deberán contar con autorización de desagüe de conformidad con el Decreto 253/979.

Fuente: Valorización del lactosuero, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina, 2017.

5. Metodología

5.1. Tipo de Investigación

Para este caso se estará utilizando la estadística descriptiva, debido a que, según Gómez (2005), nos permite recoger y resumir un conjunto de datos de tal manera que las características y relaciones de ese conjunto sean fácilmente comprensibles (...), el interés se limita exclusivamente al conjunto de datos que se analizan y la preocupación básica es lograr una descripción o caracterización apropiada de ese conjunto.

Para este estudio, los datos no están disponibles, por lo cual se va a definir un procedimiento para obtenerlos. Entre las técnicas que se estarán utilizando se tienen, según Gómez (2005):

- La observación: los datos son recogidos por el investigador observando lo que le interesa y utilizando algún procedimiento para recopilar sus observaciones.
- Entrevista: un entrevistador visita a la persona que tiene la información y la obtiene de ella a través de una serie de preguntas que vienen planteadas en un cuestionario o boleta, en la cual se anotan las respuestas.

5.2. Clase de investigación propuesta

Se realizará un análisis del uso que se le da al suero actualmente, en una empresa que elabora productos lácteos, con el fin de determinar las implicaciones que este tiene para el medio ambiente, además se realizará una propuesta de un uso alternativo que sea de beneficio para el productor y un ahorro económico para la empresa, debido a que la manipulación actual tiene un alto costo.

También se realizará un estudio económico, en donde se analizarán los costos del mantenimiento y desecho del suero para la empresa, como un análisis de costos para el

productor, en donde se determinarán los costos de fertilización de los pastos, de una manera convencional, en donde se utilizan agroquímicos para tal fin vs la aplicación del suero en los pastos. Para poder realizar este estudio se estará aplicando la estructura del valor actual de los costos (VAC).

Debido a que se estarán analizando dos alternativas, la tradicional con fertilizante vs el uso del suero, es fundamental calcular los costos diferenciales, los cuales:

(...), expresan el incremento o la disminución de los costos totales que implicaría la implementación de cada una de las alternativas, en términos comparativos, respecto a una situación tomada como base y que usualmente es la vigente. En consecuencia, los costos diferenciales son los que en definitiva deberán utilizarse para tomar una decisión que involucre algún incremento o decrecimiento en los resultados económicos esperados de cada curso de acción que se estudie. (Sapag y Sapag, 2008).

Con los costos diferenciales se podrán identificar las diferencias inherentes a las alternativas, debido a que se deben establecer las funciones de costos de cada una de las mismas.

Con la determinación de los costos diferenciales se podrá realizar la estructura del VAC, este indicador nos permite evaluar proyectos que presentan beneficios similares, su fórmula es:

Fórmula 1. Valor Actual de los Costos

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

IO: Inversión inicial

n: Horizonte de evaluación

Ct: Costos incurridos durante el periodo t

r: Tasa de descuento

Además, se estará realizando un estudio técnico-ambiental, el estudio técnico, según Sapag y Sapag (2008), tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área. También señala que una de las conclusiones de este estudio es que se deberá definir la función de producción que optimice el empleo de los recursos disponibles en la producción del bien o servicio del proyecto.

Como parte del estudio técnico que se realiza son análisis de laboratorio para determinar la afectación que tiene el suero en los suelos y los nutrientes que le están aportando al pasto que al final se convierten en el alimento del ganado, estos nutrientes deben reflejarse en la calidad de la leche que está produciendo la vaca.

Se realizaron cinco ensayos, que comprende un testigo y 4 aplicaciones con diferentes cantidades de suero. Con esto se podrá determinar la función o dosificación, adecuada que permita tener la mínima o ninguna afectación al suelo y que brinde los nutrientes necesarios a la planta.

Los análisis se efectuaron en el laboratorio de suelos y foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), de la Universidad de Costa Rica (UCR).

En referencia al estudio ambiental, el mismo ayuda a determinar si el proyecto o actividad se hace cargo de los efectos ambientales que genera, mediante la aplicación de medidas de mitigación, reparación y/o compensación (Gestión de Recursos Naturales, 2019).

Con el fin de determinar las variables de la matriz de Leopold se realizaron visitas a las instalaciones de la empresa, específicamente donde se tiene almacenado el suero de la leche y se valoró el estado de los equipos y el impacto que los mismos presentan, también se realizó una visita al productor seleccionado para el estudio, para valorar el impacto que pueda causar la aplicación del suero directamente en las plantaciones de pasto.

Para la parte legal que implica el estudio, se realizó entrevistas a las diferentes organizaciones relacionadas con la valoración de impacto ambiental y con temas legales que permitan la aplicación del suero en los pastos esto con el fin de tener el horizonte que se

debe seguir para que la actividad sea legal, esto no implica que sea ilegal, pero de momento no existe una legislación que avala la aplicación del suero directamente en los pastos, lo que puede implicar afectación en los suelos.

Con respecto al análisis costo beneficio que se realizó en este trabajo, se desarrolló una comparación de las actividades culturales de la finca de estudio y el cambio que tendría con la aplicación del suero, además se utilizó la comparación de los costos y el tratamiento seleccionado para valorar el beneficio, tanto agronómico como económico de aplicar el suero en los pastos.

5.3. Cuadro de variables

Con el fin de poder determinar las acciones que se van a tomar, y contar con una guía a la hora de desarrollar los capítulos de este estudio, se determina un cuadro de variables, el cual se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Cuadro de variables

Objetivos Específicos	Variabes de Estudio	Indicadores	Interpretación del Indicador	Fuentes de Información
Caracterizar el estudio técnico-ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.	Nutrientes del suelo	Nivel de nutrientes en el suelo	Cuántos nutrientes presenta el suelo	Análisis de laboratorio
	Nutrientes del pasto	Nivel de nutrientes en el pasto	Cuántos nutrientes presenta el pasto	
	Impacto ambiental	Contaminantes ambientales	Nivel de contaminación	Matriz Leopold
	Características del suero	Componentes del suero	Cuántos componentes presenta el suero	Análisis de laboratorio
Evaluar la viabilidad legal y ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.	Viabilidad de aplicación del suero en los pastos	Medidas de control ambiental	Que sea factible aplicar el suero directamente en los pastos	Legislación existente y entrevista con abogados
Desarrollar un análisis comparativo de la estructura de costos entre aplicar el suero de la leche vs aplicar fertilizante químico a los pastos.	Costo de aplicar el suero	Valor Actual de los Costos (VAC)	Realizar un análisis comparativo de costos	Entrevista con productores
	Costo de los fertilizantes			
	Comparación de costos	Beneficio vs costo		
Realizar un análisis beneficio/costo en los pastos y productividad de la leche cuando se aplicar el suero a los forrajes.	Composición de los pastos Composición de la leche	Nivel de nutrientes de los pastos y la leche Niveles mínimos permitidos	Determinar el costo económico de aplicar suero de la leche en los pastos vs el uso de fertilizantes	Análisis de laboratorio

Fuente: Elaboración propia.

6. Estudio Técnico-Ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos

6.1. Estudio Técnico

La empresa en estudio se ubica en Cartago y se dedica a la producción de quesos frescos y madurados, natillas, yogurt, dulce de leche, queso crema y dips.

Tienen más de 15 años de estar en el mercado, tanto costarricense como de exportación. Al día se ingresa un promedio de 100 000 kilos de leche, de esos kilos de leche que ingresan se generan 90 000 kilos de suero diarios, propios de la realización del queso, por lo que, del total de la leche, se aprovecha el 10%. Si se le suman los demás componentes que se generan de las incorporaciones que se les hacen a los productos, se puede estar generando 120 000 kilos de suero diarios.

Entre las zonas que proveen leche a la planta, se tienen:

- Turrialba
- Pacayas
- Santa Rosa
- Cartago norte y central
- Rancho Redondo
- Coronado
- Vara Blanca
- Cariari
- Siquirres
- Río Frío
- Puerto Viejo de Sarapiquí
- Aguas Zarcas
- Venecia
- La Fortuna
- Monterrey
- Guatuso
- Upala
- Miravalles
- Guayabo de Bagaces
- Fortuna de Bagaces
- Bijagua
- Tilarán
- Abangares
- Nicoya
- Santa Cruz
- Hojancha
- Nandayure

Esta leche es transportada hasta la planta en 7 cisternas propios de la empresa y 6 cisternas en outsourcing, estos últimos son los que visitan las zonas más alejadas de Cartago.

6.1.1. Descripción de procesos

Según Sapag y Sapag (2008), el proceso de producción se define de la siguiente manera como:

La forma en que una serie de insumos se transforman en productos mediante la participación de una determinada tecnología (combinación de mano de obra, maquinaria, métodos y procedimientos de operación, entre otros).

En este caso, vamos a analizar el proceso de producción de queso, no se van a considerar las demás actividades que se realizan en la planta, debido a que solo de la producción de queso se genera el suero. Estos son los pasos:

1. Recepción de leche

El proceso inicia con el recibo o recepción de la leche en la planta, como se mencionó anteriormente, se procesan 100 000 kilos de leche, provenientes de 27 zonas en todo el país. De la leche recibida, el 90% es para producción de queso y el 10% restante es para la producción de los demás productos que se elaboran en la planta. En la imagen 1 se observa el lugar donde se recibe la leche.

Imagen 1. Área de recibo de leche



Fuente: Autora, 2019.

El área de recibo de leche cuenta con 2 silos, para almacenar leche, con capacidad de 120 000 kilos de leche, para un total de 240 000 kilos de leche, pero los dos silos no se pueden utilizar al mismo tiempo, debido a que todos los equipos se deben lavar diariamente, por lo

que se turnan los silos para almacenar leche, estos lavados se realizan de manera automática y tienen una duración de 2 horas aproximadamente, en la imagen 2 se observan los silos.

Imagen 2. Silo de almacenamiento de leche.



Fuente: Autora, 2019.

Las cisternas, antes de ingresar a descargar la leche, deben ser desinfectados por fuera, quitar toda la suciedad que traigan de las lecherías, con el fin de no contaminar la leche a la hora de la descarga, esta desinfección es manual. Después de descargados se deben lavar internamente, este lavado tarda 1 hora y 15 minutos aproximadamente y se realiza de manera automática. Esta disposición es dictada por el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA).

La leche recibida se clasifica en Premium, Excelente, Grado A, Grado B y Grado C, antes de realizar la descarga, se realizan análisis a la leche (cada chofer debe tomar una muestra de la leche de cada productor y entregarla en el departamento de calidad de la planta), en donde el departamento de calidad indica que tipo de leche es, esto debido a que la leche de grado B y C no se puede mezclar con la leche Premium, Excelente y Grado A, para evitar contaminaciones. Cuando algún análisis detecta que la leche está contaminada, la leche es eliminada, esta leche también se considera en el suero para su eventual manejo, debido a que no puede ser usada para elaborar ningún producto, en este caso se penaliza al productor que entregó leche contaminada.

2. Proceso elaboración de queso

Luego del recibo de leche, se empieza el proceso de realización del queso, donde se tienen varios subprocesos, como lo son, el descremado, pasteurización, adición de ingredientes, corte de la cuajada, moldeo e ingreso a las cámaras refrigeradas.

En la siguiente imagen se muestra el flujo de proceso de la realización del queso Turrialba que se realiza en la empresa en estudio.

Imagen 3. Flujo de proceso de la realización de queso tipo Turrialba.



Fuente: Empresa en estudio, 2019.

Todo el suero que se genera de la elaboración del queso, en promedio se generan 70mil litros de suero, se recolecta en tinas de acero inoxidable, el mismo es bombeado a una tubería aérea que se tiene en la planta y es transportado a los tanques de almacenamiento

de suero. En la imagen 4 se observan los tanques de almacenamiento del suero. Estos tanques tienen una capacidad de 70mil litros (un tanque de 20mil litros y el otro de 50mil litros).

Imagen 4. Tanques de almacenamiento de suero de la leche.



Fuente: Autora, 2019.

Este suero es utilizado, en su mayoría, para alimentación animal, es entregado en tres chancheras, una ubicada en Coris de Cartago, en este caso la empresa en estudio cancela el transporte, realizan dos viajes por semana. La otra está ubicada en San Ramón de Alajuela, se realizan 3 viajes por semana, en este caso, debido a la lejanía, la chanchera cancela el 50% del transporte y la tercera chanchera se ubica en La Venecia de San Carlos, también se realizan 3 viajes por semana, en este caso el transporte es asumido por la empresa en estudio. También se tiene otra empresa que se lleva el suero que lo utiliza para la realización de biodisel, biogás y abono orgánico. En la imagen 5 se observa la manera en que se carga el suero en los transportes.

Imagen 5. Transporte de suero de la leche.

Fuente: Autora, 2019.

En total la empresa debe cancelar ₡ 1,245,000.00 semanales para la disposición del suero, teniendo que devengar un total, anual, de ₡ 64,740,000.00, es por esta razón que se está buscando otra opción para la disposición del suero y dejar de cancelar ese dinero, el cual no puede ser tomado como una inversión.

6.1.2. Aplicación del suero en los pastos

Para poder hacer las pruebas de la aplicación del suero en los pastos, se realizó utilizando el diseño de bloques completos al azar, este método es muy utilizado en agricultura ya que incluye los tres principios de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. En este diseño las unidades experimentales se distribuyen en grupos homogéneos. Cada uno de estos grupos es llamado bloque. El número de unidades experimentales dentro de cada bloque es igual al número de tratamientos incluidos en el experimento (López, 2008).

Según López (2008) los tratamientos son distribuidos en las unidades experimentales dentro de cada bloque aleatoriamente, así, cada bloque irá a construir una repetición. Este

tipo de experimento es seleccionado cuando se tienen dudas acerca de la homogeneidad del ambiente o cuando, por experiencia, se sabe de su heterogeneidad.

En este estudio se tienen ocho tratamientos con tres repeticiones, se contó con 24 parcelas de 25m² sembrados con pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) cada una en 3 bloques, en cada bloque se tiene una parcela testigo, una con fertilizante químico y las demás con dosificaciones de suero de la leche. En el cuadro 7 se observan los 8 tratamientos.

Cuadro 7. Tratamiento, dosis aplicadas y frecuencia de aplicación del suero de la leche en el ensayo.

Tratamiento	m ³ /Ha	L/parcela	Frecuencia
1. Testigo	0	0	
2. Fertilizante Químico*			Mensual (309g/parcela)
3. Suero	20	50	Mensual
4. Suero	20	50	Cada tres meses
5. Suero	40	100	Mensual
6. Suero	40	100	Cada tres meses
7. Suero	60	150	Mensual
8. Suero	60	150	Cada cuatro meses

*Se utilizó el fertilizante Ferticrop de pastos.

Fuente: Empresa en estudio, 2020.

Como se mencionó, se realizaron tres bloques, esto debido a que, según López (2008), este diseño es conveniente cuando se logra determinar una gradiente de variabilidad en un sentido, que esté influyendo sobre los tratamientos, por ejemplo: grado de inclinación del terreno donde se realizará el experimento, dirección del viento, gradiente de temperatura, entre otros. Los bloques se construyen perpendicularmente a la gradiente de variabilidad.

Los tratamientos se realizaron aleatoriamente de forma independiente dentro de cada bloque. A continuación, se muestra como quedaron los 8 tratamientos dentro de cada bloque.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
1	8	5
8	6	2
7	3	1
4	2	6
2	1	8
5	4	3
3	5	4
6	7	7

En la imagen 6 se muestra como estaba la pastura y como quedó después de la corta para poder realizar el ensayo.

Imagen 6. Preparación del terreno para realizar el ensayo.



Fuente: Empresa en estudio, 2018.

En la imagen 7 se observan los bloques que se realizaron para el ensayo.

Imagen 7. Distribución de los bloques en el campo de ensayo.



Fuente: Autora, 2019.

Este ensayo se realizó por 12 meses, en el año 2018 donde se contempló empezar en época lluviosa, pasar por la época seca y finalizar en época lluviosa, y así valorar el comportamiento que iba a tener el pasto con los diferentes tratamientos. Se realizaron dos tipos de análisis, los cuales fueron del suelo y foliar. En cuanto al análisis de suelo se realizó al iniciar el ensayo y luego cada 3 meses para un total de 5 muestreos, el foliar se realizó cada 2 meses tomando muestra de la biomasa de 0,25m² (marco de 0.50 x 0.50 m), se determinó peso fresco y peso seco. Los mismos se realizaron en el laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica.

6.2. Estudio ambiental

Dada la naturaleza de este proyecto se hace necesario realizar un estudio de impacto ambiental para evaluar los impactos que tiene el mismo en la zona y con mayor importancia en la empresa donde se realiza dicho estudio, debido a que se quiere mitigar los impactos negativos que se puedan tener.

Además, en la gestión del impacto ambiental se tiende a la búsqueda de un proceso continuo de mejoramiento ambiental de toda la cadena de producción, desde el proveedor hasta el distribuidor final que lo entrega al cliente (Sapag y Sapag, 2008), de ahí la importancia de realizar el estudio de impacto ambiental.

El estudio de impacto ambiental que se desarrolló se basa en el Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) No. 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC publicado en el diario oficial La Gaceta N° 217 del 5 de noviembre del 2004.

6.2.1. Ubicación del proyecto

El proyecto se ubica en la provincia de Cartago, cantón Oreamuno en el distrito primero llamado San Rafael, específicamente en el barrio Cuesta Chinchilla, ubicado a 1 453 m.s.n.m. En la imagen 8 se observa el mapa donde está ubicada la planta.

Imagen 8. Propiedad de la empresa en estudio ubicada en Oreamuno de Cartago.



Fuente: Google Earth, 2020.

Las pruebas para el proyecto se realizaron en una finca cercana a la planta, también ubicada en Cuesta la Chinchilla, esta finca tiene sembrado pasto Estrella Africana, en la imagen 9 se observa dicha propiedad.

En la imagen 9 se señala la ubicación exacta donde se realizaron las pruebas, la misma señalada con amarillo, también se observa que se realizaron muy cerca de la planta de producción de queso con la que se realizó el estudio. Específicamente la finca se ubica a 590m de distancia.

Imagen 9. Ubicación del terreno donde se realizaron las pruebas de aplicación de suero de leche.



Fuente: Google Earth, 2020.

Entre las características de la zona se tiene que pertenece, según el documento Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), a la Región Valle Central Occidental, la cual tiene como límite norte la Cordillera Volcánica Central, al sur estribaciones de la Cordillera de Talamanca, al este es el límite político de Heredia y Cartago con Limón y al oeste es el límite político de San José y Alajuela con Puntarenas. Esta región comprende 45 cantones que son los de San José menos Pérez Zeledón, todos los cantones de Cartago, los de Heredia menos Sarapiquí y Alajuela menos Orotina, San Mateo, San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso. En la imagen 10 se observa la ubicación de la región en mención.

Imagen 10. Ubicación del Valle Central de Costa Rica.



Fuente: <http://misfantasticosestudiosocales.blogspot.com/2013/04/region-central-de-costa-rica.html>

Según el documento del IMN esta región es afectada por condiciones meteorológicas del Pacífico (vientos ecuatoriales y la Zona de Confluencia Intertropical (ZCI)), y condiciones del Caribe (vientos alisios del noreste, con derrame de nubosidad y lluvias débiles). La ubicación geográfica y su climatología mixta Caribe y Pacífica, enlazan varios tipos de clima que sobresalen en áreas pequeñas como son: climas de las faldas del Caribe, clima de las faldas del Pacífico, áreas en donde se reduce el período seco a un mes, y pequeñas áreas de clima templado.

La región del Valle Central Occidental se clasifica en varias subregiones, las cuales son:

- VC1: Situado entre el Alto de Ochomogo (al Este) y los Montes del Aguacate (al Oeste). Al Norte limita con la Cordillera Volcánica Central y al sur con los Cerros del Tablazo, Candelaria y Puriscal.
- VC2: Del Alto de Ochomogo hacia el Este, hasta Juan Viñas. Comprende los Valles del Guarco y de Ujarrás o de Orosí. El macizo del Irazú limita a esta Subregión por el Norte, y por el Sur limita con las estribaciones de la Cordillera de Talamanca.

- VC3: Desde los 1500 msnm hasta la divisoria de aguas de la Cordillera Central; desde Tapasco o Zarcero hasta el Volcán Irazú, Rancho Redondo.

En el cuadro 8 se observa el tipo de clima por subregión que comprende el Valle Central Occidental, por lo que el clima que afecta la zona de estudio es de lluvioso de altura, por las condiciones anteriormente explicadas, donde se da la influencia principalmente del Caribe.

Cuadro 8. Tipos de clima de la Región Valle Central Occidental por subregión.

Subregión	Tipo de Clima	Ubicación Geográfica
VC1	De sequía	En el sector de Atenas
	De meseta central	En el resto de la subregión
VC2	De meseta central	En toda la subregión
VC3	Seco de altura	Al norte de Heredia (Monte la Cruz, Santa Bárbara), al norte de Alajuela (Frajanes, Bajos del Toro)
	Lluvioso de altura	Al noroeste de Heredia (Coronado, parte de Rancho Redondo, Alrededores de Pacayas, Oreamuno y Tierra Blanca)

Fuente: Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

En cuanto a las condiciones sinóptico-climáticas de la región en el cuadro 9 se tiene un resumen de estas.

Cuadro 9. Resumen sinóptico-climático de la Región del Valle Central Occidental por subregión.

Parámetro	VC1	VC2	VC3
Lluvia Media Anual (mm)	1950	2016	2820
Temp. Máxima Media Anual (°C)	27	26	21
Temp. Mínima Media Anual (°C)	18	15	10
Temp. Media Anual (°C)	22	20	15
Promedio de días con lluvia	129	128	1500msnm 126 >1600msnm 147
Duración del período seco (meses)	5	1	sps

Fuente: Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

En el cuadro 10 se observa el resumen del tipo de vegetación de la región del Valle Central Occidental por subregión.

Cuadro 10. Resumen de los tipos de vegetación de la Región Valle Central Occidental.

Subregiones	Formación Forestal	Ubicación Geográfica
VC1	Bosque húmedo subtropical: La temperatura es igual a la biotemperatura, esta oscila entre 17°C y 24°C, es semideciduo, poco denso.	Sobre la parte sur de Heredia, Alajuela, al sureste del Valle Central
	Bosque muy húmedo subtropical: El rango de la biotemperatura es de 17°C y 24°C, bosque de media altura, siempreverde, de dos o tres estratos.	Sobre la parte este del Valle Occidental (Curridabat, Tres Ríos, Guadalupe y Moravia)
VC2	Bosque muy húmedo subtropical: El rango de la biotemperatura es de 17°C y 24°C, bosque de media altura, siempreverde, de dos o tres estratos.	En una pequeña franja que se extiende desde Aserrí hasta Tres Ríos y en toda la parte este de Cartago Juan Viñas
	Bosque húmedo montano bajo: Alta humedad, la biotemperatura media anual varía de 12°C a 17°C, presencia de neblina, bosque no alterado, siempreverde, de dos estratos.	Al norte de la subregión sobre Oreamuno y alrededores
	Bosque húmedo subtropical: La temperatura es igual a la biotemperatura, esta oscila entre 17°C y 24°C, es semideciduo, poco denso.	Al sur de Cartago, Tejar del Guarco y La Cangreja.
VC3	Bosque muy húmedo montano bajo: Alta humedad, la biotemperatura media anual varía de 12°C a 17°C, presencia de neblina, bosque no alterado, siempreverde y de dos estratos.	Sobre faldas del lado Pacífico de la Cordillera Volcánica Central, desde Zarcero a Pacayas.

Fuente: Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

En el cuadro anterior se puede inferir que la zona en estudio tiene una vegetación de bosque húmedo montano bajo, con respecto al tipo de suelo, se tiene que son andosoles, ya que son suelos de origen volcánicos, poco evolucionados, son aptos para la agricultura por su cantidad de material orgánico, como se observa en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tipo de suelo y su ubicación en la subregión VC2.

Tipo de suelo	Características	Ubicación geográfica
Andosol	Poco evolucionados, de cenizas volcánicas, pesados y poco profundos y compactos	En un área pequeña al noroeste de Paraíso, sobre Cot, Oreamuno y en la parte sur de Cartago
Litosol	De montaña, pedregosidad y poco desarrollados	Sobre Paraíso y el sector sureste de Cartago
Latosol	Poco húmus, poca sílice, de color rojo, café y amarillo	En una pequeña franja sobre el sector sur de San José

Fuente: Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica del Instituto Meteorológico Nacional (IMN)

6.2.2. Evaluación de Impacto Ambiental

La importancia de realizar una evaluación de impacto ambiental es poder determinar si el proyecto es viable desde un punto de vista ambiental y así garantizar que se estarán mitigando los efectos negativos que pueda tener un proyecto. Según Reglamento General 31849, publicado en la Gaceta N° 125 del 28 de junio del 2004, sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) indica que:

Por su naturaleza y finalidad, el trámite de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) debe haberse completado y aprobado de previo al inicio de actividades del proyecto, obra o actividad. Esto es particularmente relevante cuando se trate de la aprobación de anteproyectos, proyectos y segregaciones con fines urbanísticos o industriales, trámites pertinentes al uso del suelo, permisos constructivos y aprovechamientos de recursos naturales.

En este reglamento se define el estudio de impacto ambiental de la siguiente manera:

Es un instrumento técnico de la evaluación de impacto ambiental, cuya finalidad es la de analizar la actividad, obra o proyecto propuesto, respecto a la condición ambiental del espacio geográfico en que se propone y, sobre esta base, predecir, identificar y valorar los impactos ambientales significativos que determinadas acciones puedan causar sobre ese ambiente y a definir el conjunto de medidas ambientales que permitan su prevención, corrección, mitigación, o en su defecto

compensación, a fin de lograr la inserción más armoniosa y equilibrada posible entre la actividad, obra o proyecto propuesto y el ambiente en que se localizará.

6.2.2.1. Clasificación Inicial del Proyecto

Este proyecto busca evaluar el impacto ambiental potencial, el cual se define como el efecto ambiental positivo o negativo latente que ocasionaría la ejecución de una actividad, obra o proyecto sobre el ambiente. Puede ser preestablecido, tomando como base de referencia el impacto ambiental causado por la generalidad de actividades, obras o proyectos similares, que ya se encuentran en operación.

Esto debido a que el proyecto quiere evaluar el impacto negativo y positivo que va a tener la ejecución de la actividad de utilizar el suero de la leche en los pastos, donde se quiere determinar si es beneficio para los pastos que se utilizan para el pastoreo de las vacas lecheras, evaluando los nutrientes que tendrá el pasto como los residuos que quedan en el suelo.

Para realizar la evaluación de impacto ambiental se realizará una inspección ambiental, la cual se define como el procedimiento técnico y formal de verificación y recolección de datos e información ambiental que se realiza en el sitio en el que se desarrollará una actividad, obra o proyecto (SETENA, Reglamento N° 31849, publicado en la Gaceta N° 125 del 28 de junio del 2004).

Este trabajo se realiza para mitigar las acciones negativas que tenga aplicar el suero de la leche en los pastos, donde se entiende por medidas de mitigación, según SETENA en su Reglamento N° 31849, como aquellas acciones destinadas a disminuir los impactos ambientales y sociales negativos, de tipo significativo, ocasionados por la ejecución y operación de una actividad, obra o proyecto y que deben ser aplicadas al área del proyecto total de la actividad, obra o proyecto y dependiendo de su magnitud, podrá ser aplicable a su área de influencia directa o indirecta.

6.2.2.2. Matriz de Leopold

La otra herramienta que se utilizó es la opinión de expertos, el cual también puede ser referido como Dictamen Profesional, representa un tipo ampliamente usado de métodos dentro del proceso de evaluación de impacto ambiental. Este método se utiliza normalmente para señalar los impactos específicos de un proyecto sobre los diferentes componentes ambientales (Economía de los Recursos Naturales, 2008).

- Caracterización de la matriz de Leopold

Para poder identificar el impacto ambiental que se genera de la aplicación del suero de la leche en los pastos se realizó la valoración que se muestra en el cuadro 12. Esta valoración se elaboró según el curso de Economía de los Recursos Naturales (AE-4204, 2018) de la Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios de la Universidad de Costa Rica).

Cuadro 12. Valoración para identificar el impacto ambiental de la aplicación del suero de la leche en los pastos.

Tipología	Impacto	Símbolo
Efecto de Calidad Ambiental	Negativo	-
	Positivo	+
Grado de Incidencia	Bajo	B
	Medio	M
	Alto	A
Magnitud de Extensión	Puntuales	P
	Medios	Me
	Extensos	E
Momento en que se Produce	Corto Plazo	CP
	Mediano Plazo	MP
	Largo Plazo	LP
Persistencia	Mitigable	Mi
	Temporal	T
	Permanente	Pe
Capacidad de Recuperación	Irreversible	I
	Reversible	R
Relación Causa-Efecto	Directo	D
	Indirecto	Id
Interacciones de Acciones y Efectos	Simple	S
	Acumulativo	Ac
	Sinérgico	Si

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se considera esta tipología porque es la que mejor identifica los impactos que se puedan manifestar con la aplicación del suero de la leche en los pastos, las características de esta tipología son las siguientes:

- ✓ Efecto de calidad ambiental: se clasifica en negativo (-) y positivo (+); el positivo es el admitido como tal para la comunidad técnica y científica, y la población en general en el contexto de un análisis costo-beneficio y las externalidades de la actuación prevista. El impacto negativo es el que se produce por la pérdida de valor naturalísimo, estético-cultural. Paisajístico, productividad ecológica. Prejuicios de contaminación, erosión y otros riesgos que afectan al carácter social no deseado por la población.
- ✓ Grado de incidencia: se divide en impacto bajo (B), medio (M) y alto (A); el impacto alto es el efecto que se manifiesta como modificación importante del medio ambiente, de los recursos naturales o sus procesos fundamentales, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables, expresa destrucción grande del factor considerado; el impacto bajo es cuando el efecto expresa escasa alteración o incidencia mínima del factor considerado y el impacto medio es cuando los efectos se sitúan entre los niveles anteriores y que pueden ser admisibles con medidas correctoras.
- ✓ Magnitud de extensión: se clasifica según la superficie ocupada en puntuales (P), medios (Me) y extensos (E).
- ✓ Momento en que se produce: se clasifica en impactos a corto plazo (CP), mediano plazo (MP) y largo plazo (LP). Los de corto plazo suelen producirse en el momento de la aplicación y los de mediano y largo plazo se manifiestan al cado de cierto tiempo por la aportación progresiva de los agentes en cantidad admisible, pero cuya acumulación llega a superar límites que pueden dar origen a problemas o efectos acumulativos.
- ✓ Persistencia: puede ser mitigable (Mi), temporal (T) y permanente (Pe). El impacto mitigable es el que se puede disminuir con acciones correctoras, el impacto temporal es el que supone una alteración no permanente en el

tiempo que puede determinarse y ser o no recuperable, también son los que tienen recuperación inmediata al cesar la actividad y no precisan medidas correctoras; y el impacto permanente es cuando el efecto supone una alteración que permanece indefinidamente en el tiempo.

- ✓ Capacidad de recuperación: se clasifica en irreversible (I) y reversible (R). El impacto irreversible es cuando el efecto supone la imposibilidad de retomar por medios naturales a la situación anterior y el impacto reversible es la alteración que puede ser asimilada de forma medible por los procesos naturales en un plazo determinado.
- ✓ Relación causa-efecto: se clasifica en directo (D) e indirecto (Id), el impacto directo es cuando el efecto tiene incidencia inmediata en algún factor ambiental y el indirecto es cuando el efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia o la relación de un factor ambiental con otro.
- ✓ Interacciones de acciones y efectos: se divide en impacto simple (S), acumulado (Ac) y sinérgico (Si). El simple es cuando el efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental o es de acción individualizada sin nuevos efectos; el acumulado es cuando el efecto se incrementa al prolongarse en el tiempo el agente inductor por carecer de mecanismos de eliminación; y el sinérgico es cuando el efecto conjunto por la presencia de varios agentes es mayor que la suma de cada uno individualmente.

En el cuadro 13 se observa la matriz de Leopold que se realizó para evaluar el impacto ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.

6.2.2.3. *Análisis matriz de Leopold*

Al aplicar la matriz de Leopold se pudo determinar que los aspectos negativos que se tendrían en este proyecto son en el caso que se presentara algún derramamiento o alguna fuga en los sistemas de captación del suero o en las fincas donde se aplicará el mismo.

Cuadro 13. Matriz de Leopold para evaluar el impacto ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.

FACTORES			Elaboración de queso		Almacenaje del suero			Traslado del suero		Aplicación del suero		
			Separación de la cuajada	Drenar el suero	Suero en tinas de acero inoxidable	Bombear suero a tubería	Trasladar suero de tubería a tanque de captación	Bombear suero del tanque a una tanqueta	Trasladar suero al campo	Passar suero de la tanqueta a bomba fumigar	Aplicar suero en los pastos	
Medio	Componente	Parámetro										
Medio Geofísico	Atmósfera	Calidad del aire							-A,Me,LP, Mi,R,D,S			
		Clima									-M,Me,CP, Pe,R,D,Ac	
	Agua	Superficiales		-M,P,CP, T,R,D,S							-M,P,CP, T,R,D,S	
		Subterráneas									-A,E,LP, Pe,I,D,Ac	
		Calidad del agua		-M,P,CP, T,R,D,S							-A,E,LP, Pe,I,D,Ac	
	Suelo	Regeneración									+A,E,LP, Pe,R,D,Si	
		Contaminación						-M,P,CP, T,R,D,S	-M,P,CP, T,R,D,S	-M,P,CP, T,R,D,S		
	Residuos	Erosión									-M,P,CP, T,R,D,S	
		Deposición									-M,P,CP, T,R,D,S	
		Compactación y asentamiento									-M,P,CP, T,R,D,S	
Medio Biótico	Flora	Biodiversidad									+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	
	Fauna	Biodiversidad									+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	
	Ecosistemas	Terrestres									+B,P,LP, Mi,R,D,S	
		Acuáticos									+B,P,LP, Mi,R,D,S	
Factores Culturales	Uso del suelo	Pastoreo									+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	
		Agricultura									+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	
		Industrial	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac					
	Sociocultural	Patrimonio cultural y costumbres	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac								+A,E,LP, Pe,R,D,Ac
		Salud										+A,E,LP, Pe,R,D,Ac
	Socioeconómico	Sector primario									+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac
		Sector secundario	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac			
Empleo		+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	+A,E,LP, Pe,R,D,Ac	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

A continuación, se presenta el análisis de cada componente:

- Atmósfera:
 - ✓ La calidad del aire: si tendría un impacto negativo, debido a que el transporte del suero de debe hacer por medio de un vehículo que trasporte la tanqueta, por lo que estaría contaminando el aire con las emanaciones que hace el mismo, este aspecto es mitigable, porque se puede solicitar que el vehículo que se utilice cumpla con las especificaciones de la Revisión Técnica Vehicular (RTV), además se podría hacer con vehículos eléctricos, los cuales no tendrían emanaciones.
 - ✓ Clima: podría tener un impacto negativo cuando es época lluviosa esto debido a que el agua podría hacer que el suero sea transportado a otros terrenos donde no se deba aplicar el suero, o también concentrarlo en un solo lugar esto en caso de que el mismo sea transportado por el agua y no permita que penetre en el suelo y fertilice los mismos.
- Agua:
 - ✓ Superficiales: se podría ver perjudicado a la hora de drenar el suero a las tuberías que transportan el suero y que por error el mismo se drene en la tubería normal y caiga en alguna alcantarilla, aunque este desastre sería poco probable en la empresa en estudio, debido a que la misma cuenta con una planta de tratamiento, en donde todas las aguas que genera la planta van a dar a esta planta para su debida purificación que permita ser devuelta al medio ambiente sin que genere contaminación; pero es importante considerarla en las posibles implicaciones. También se podría ver afectada a la hora de aplicar el suero en los pastos, debido a que se presente algún derrame de la tanqueta cuando esté en las fincas y el mismo llegue a alguna fuente de agua provocando la contaminación de esta.
 - ✓ Subterráneas: podría presentarse en caso de que se produzca un derrame en la finca y penetre el suelo llegando a aguas subterráneas donde se

presentaría contaminación de estas aguas, afectando a parte de la población donde se encuentre la finca.

- ✓ Calidad del agua: sería en el caso de que se presente alguna de las situaciones anteriores, ya que contaminarían el agua, afectando su calidad para el consumo humano y animal, lo que puede generar intoxicaciones o enfermedades.
- Suelo:
 - ✓ Regeneración: se tiene un impacto positivo en este aspecto, debido a que al aplicar el suero de la leche directamente a los pastos, se estarían aplicando nutrientes naturales al mismo y no sintéticos, lo que estaría beneficiando el suelo y sus componentes al tener una regeneración natural.
 - ✓ Contaminación: se estaría contaminando el suelo en caso de que se genere algún derrame cuando se traslada el suero de los tanques de captación a la tanqueta, cuando se traslada de la planta al campo y a la hora de colocarlo en las bombas de fumigar, esto debido a que una gran cantidad de suero se concentraría en un solo lugar y esto afectaría los nutrientes del suelo.
- Residuos:
 - ✓ Erosión: tendría un impacto negativo en la aplicación del suero en los pastos, esto debido a que muchas de las fincas utilizadas para pastoreo tienen pendientes pronunciadas por lo que el suero podría erosionar y acumularse en un solo lugar, lo que no estaría fertilizando los suelos, esto también es provocado por el paso del ganado por las laderas.
 - ✓ Deposición: en cuando a la deposición podría presentarse por la sedimentación que se puede provocar por el paso del ganado al igual que la erosión, por lo que tendría un impacto negativo.
 - ✓ Compactación y asentamiento: al igual que los casos anteriores, se puede presentar por el constante paso del ganado por los diferentes lotes de pastoreo, por lo que podría provocar compactación del suelo que no permita

la penetración del suero en el suelo, por lo que sería innecesaria la aplicación de este y no se verían los resultados esperados.

- Flora:
 - ✓ Biodiversidad: tendría un impacto positivo, ya que permitiría que el pasto o forraje crezca con mayores nutrientes que provoquen una mejora en la calidad de la leche a un bajo costo.
- Fauna:
 - ✓ Biodiversidad: al igual que en la flora, se tendría un impacto positivo permitiendo que la fauna presente en los suelos no se vea perjudicada por fertilización con agroquímicos, claro, siempre que se apliquen las cantidades recomendadas de suero, como se verá más adelante, con el fin de no afectar de una manera negativa los microorganismos beneficiosos presentes en los suelos.
- Ecosistemas:
 - ✓ Terrestres: se tendría un impacto positivo, como se explicó con el impacto que se tendría en la flora y la fauna.
 - ✓ Acuáticos: de igual manera se tendría un impacto positivo, como se explicó en los puntos anteriores.
- Uso del suelo:
 - ✓ Pastoreo: tiene un impacto positivo, ya que los suelos en estudio son destinados para esta actividad, lo cual es permitido en el plan regulador de la zona en estudio y como se ha comentado, la aplicación del suero sería beneficiosa para esta actividad en específico, proporcionando mayor cantidad de nutrientes a los pastos, lo que se convertiría en leche de mayor calidad.
 - ✓ Agricultura: la zona se dedica a estas actividades agrícolas lo cual está avalada por el plan regulador, por lo que los suelos pueden dedicarse a la agricultura o al pastoreo.
 - ✓ Industria: de igual manera la actividad de producción del queso, de donde se deriva el suero, tienen el aval del plan regulador para dedicarse a esta labor,

por lo que en este aspecto no se tendrían problemas en cuanto al uso del suelo.

- Sociocultural:

- ✓ Patrimonio cultural y costumbres: tanto la elaboración del queso como las lecherías son actividades típicas de la zona, por lo que no se estaría teniendo una alteración de estas costumbres, se estaría agregando la de fertilizar los suelos de pastoreo con el suero en lugar de agroquímicos lo cual tiene un impacto positivo debido a que se cierra el ciclo de producción y se le estaría dando un uso positivo a este subproducto considerado como desecho.
- ✓ Salud: tiene un impacto positivo debido a que no se estaría manipulando agroquímicos en su lugar se da una manipulación de suero de leche.

- Socioeconómico:

- ✓ Sector primario: al tener la actividad de lechería se está dentro del sector primario, lo cual es la principal fuente de empleo de la zona.
- ✓ Sector secundario: al tener la elaboración del queso de una manera industrializada se está dentro del sector secundario, la cual también es una buena fuente de empleo en la zona, principalmente al ser la planta procesadora de lácteos más importante de la zona, con mayor razón es que se tiene la responsabilidad social de mitigar la contaminación y de generar mayores beneficios a los productores de la zona.
- ✓ Empleo: ambos sectores, tanto el primario como el secundario generan empleos de calidad en la zona, por lo que este proyecto puede beneficiar a ambos sectores, al primario porque le estaría dando un mayor beneficio económico a los productores estimulándolos a no abandonar la actividad y al secundario ya que estaría presentando una solución al tratamiento del suero el cual es un problema a la hora de disponer del mismo.

7. Viabilidad legal y ambiental de aplicar el suero de la leche en los pastos.

En la actualidad las empresas han tenido que adaptar sus sistemas productivos, así como los materiales de empaque, para que sean sostenibles con el ambiente y se genere la menor contaminación posible. La industria de los lácteos no ha sido la excepción, por lo que cada día se generan nuevas ideas en estas áreas, como materiales de empaque que se puedan reutilizar, que sean biodegradables o que se puedan reciclar. También se busca que las empresas contaminen lo menos posible al ambiente, y en la industria de los lácteos, principalmente en la elaboración de quesos, se genera un residuo que es altamente contaminante y que no es sencilla su disposición, este residuo es el suero de la leche.

Por este motivo se realiza este trabajo, pero para que tenga la validez necesaria se necesita que tenga una viabilidad legal y ambiental para poder disponer del mismo de una manera responsable.

Se puede definir la viabilidad ambiental en Costa Rica como la resolución emitida por la Secretaría Técnica Ambiental (SETENA) que avala el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (OSD Consultoría Integral, 2019).

También se puede tener la licencia de viabilidad ambiental la cual se define como:

La condición de armonización o equilibrio aceptable, desde el punto de vista de carga ambiental, entre el desarrollo y ejecución de una actividad, obra o proyecto y sus impactos ambientales potenciales, y el ambiente del espacio geográfico donde se desea implementar. Desde el punto de vista administrativo y jurídico, corresponde al acto en que se aprueba el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, ya sea en su fase de Evaluación Ambiental Inicial, o de Estudio de Impacto Ambiental o de otro documento de estudio de impacto ambiental.

Por lo anterior es que este trabajo toma importancia, debido a que no existe en Costa Rica una legislación que avale el uso del suero de la leche en los pastos. El suero de la leche es considerado, en la legislación de Costa Rica, como un vertido y como tal se debe dar otro

tratamiento, distinto al de usarlos en los pastos, esto aunque se ha demostrado en otros estudios que es rico en minerales y proteínas que pueden favorecer a la alimentación del ganado, pero en los estudios que se han realizado se ha demostrado que se puede aplicar directamente a los pastos, ya que se ha aplicado en ensilajes, ya cuando el pasto está cortado.

7.1. Legislación vigente en Costa Rica

Como ya se mencionó, en Costa Rica el suero de la leche es considerado como un desecho de la producción de queso, por lo que se rige por el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601. En el cual se mencionan las siguientes consideraciones:

1. Que proteger el recurso hídrico es proteger la salud del hombre y la vida sobre La Tierra, y es un elemento sustancial para alcanzar el desarrollo sostenible del país.
2. Que siendo la contaminación de las aguas uno de los problemas de mayor incidencia negativa en nuestro entorno ambiental, resulta prioritario adoptar medidas de control para el vertido de agentes contaminantes en manantiales, zonas de recarga, ríos, quebradas, arroyos permanentes o no permanentes, lagos, lagunas, marismas, embalses naturales o artificiales, estuarios, manglares, turberas, pantanos, aguas dulces, salobres o saladas, y en general en las aguas nacionales.
3. Que la contaminación de los cuerpos de agua favorece la proliferación de enfermedades de transmisión hídrica, reduce el número de fuentes disponibles, eleva los costos para el abastecimiento de agua para consumo humano, y pone en peligro de extinción a muchas especies de nuestra flora y fauna.

En este reglamento también se establecen los parámetros que deben tener las aguas residuales especiales para poder ser vertidas en cuerpos receptores. En el caso de la manufactura de productos lácteos se establecen los siguientes límites máximos:

BDO: 200 mg/L

DQO: 500 mg/L

SST: 100 mg/L

Mientras que el suero de la leche, según Guerreo, Gómez, González y Castro (2009) indican que el BDO oscila entre 40 000 y 60 000 mg/L y el DQO oscila entre 50 000 y 80 000 mg/L, por lo que no puede ser vertido en ningún cuerpo receptor. Con estos parámetros el suero de la leche es una materia peligrosa.

En el artículo 64 de dicho reglamento, se prohíbe el vertido de materias peligrosas:

Artículo 64.-**Del vertido de materias peligrosas.** Se prohíbe el vertido en cuerpos de agua o en cualquier sistema de alcantarillado, de materia que pudiera obstaculizar en forma significativa el flujo libre del agua, formar vapores o gases peligrosos, o que pudieran deteriorar los materiales y equipos que conforman dicho sistema. Se prohíbe también la inyección de gases.

Otra de las leyes que toman en cuenta el vertido de residuos industriales es la Ley General de Salud N°5395, la cual señala en su artículo 292 lo siguiente:

Toda persona natural o jurídica está obligada a contribuir a la promoción y mantenimiento de las condiciones del medio ambiente natural y de los ambientes artificiales que permitan llenar las necesidades vitales y de salud de la población.

Esta ley también señala en su artículo 263 lo siguiente:

Queda prohibida toda acción, práctica y operación que deteriore el medio ambiente natural o que, alterando la composición o características intrínsecas de sus elementos básicos, especialmente el aire, el agua y el suelo, produzcan una disminución de su calidad y estética, haga tales bienes inservibles para algunos de los usos a que están destinados o cree éstos para la salud humana o para la fauna o la flora inofensiva al hombre. Toda persona queda obligada a cumplir diligentemente las acciones, prácticas u obras establecidas en la ley y reglamentos destinadas a eliminar o a controlar los elementos y factores del ambiente natural, físico o biológico del ambiente artificial, perjudiciales para la salud humana.

Es por esto por lo que se hace necesario contar con una ley o reglamento que permita el uso del suero en los pastos, ya que no hay ningún permiso legal que permita este uso.

En el siguiente apartado se ahondará en algunas propuestas legales que se pueden implementar para poder usar el suero de la leche en los pastos.

7.2. Propuestas legales

Como se ha mencionado anteriormente, no existe un reglamento o ley que avale el uso del suero en los pastos, el uso más común es como alimentación de los cerdos y darle otro uso es muy difícil debido a las altas concentraciones de DBO y DQO que contiene este subproducto.

La propuesta de este trabajo es contar con las bases para que en un futuro se pueda tener un reglamento para poder aplicar el suero de la leche en los pastos que utilizan las vacas lecheras para alimentarse. Pero se pueden explorar algunas opciones que permitan la actualización del suero para este fin.

En entrevista con el señor Pablo Andrés Chacón Hernández (2020), encargado de la Agencia de Extensión Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Turrialba indicó que el principal problema con el uso del suero es que las instituciones públicas no han llegado a un acuerdo de cuál es la que debería ser responsable de hacer los estudios. Además, indicó que muchos productores de queso lo que hacen es presentar un plan de manejo ante el Servicio Nacional de Salud Ambiental (SENASA) del uso que se le va a dar a dicho producto, que por lo general es para alimentación de animales o como insumo para un biodigestor, esto en caso de que el productor tenga la capacidad de contar con uno.

Por lo que él sugiere llevar una propuesta ante el Ministerio de Salud donde se indique lo siguiente:

- Explicar el uso que se le va a dar al suero de la leche, que en este caso sería el de utilizarlo como fertilizante para los pastos de alimentación de ganado lechero.
- A cuántos productores, y de que zonas, se les va a entregar el suero.

- La dosificación que se estará utilizando.

Con el aval del Ministerio de Salud se puede hacer la gestión para la aprobación ante SENASA y así evitar sanciones o multas que se puedan generar ante una eventual denuncia en el Ministerio de Salud.

También se hizo la consulta en SETENA y en la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental, pero en ambos lugares indicaron que ese tema no era pertinente a esas entidades.

8. Análisis comparativo de la estructura de costos entre aplicar el suero de la leche vs aplicar fertilizante químico a los pastos.

Uno de los objetivos de este proyecto es poder brindar una nueva alternativa al productor de ganado lechero para que pueda fertilizar los pastos y así obtener un ahorro en la producción, ya que no tendría que comprar fertilizante o su compra sería menor para los pastos y así lograr una mayor rentabilidad con la venta de la leche logrando que la actividad continúe siendo atractiva para las nuevas generaciones.

Para poder demostrar que la aplicación del suero de la leche en los pastos tiene un ahorro en los costos es que se plantea la realización de un análisis comparativo, en donde se compara la aplicación del suero contra la aplicación de fertilizante sintético, siendo este último lo que se aplica actualmente.

El análisis comparativo es una herramienta muy utilizada a la hora de comparar dos o más alternativas de producción, debido a que permite verificar los costos que se tienen con la práctica actual y los nuevos costos que se van a tener con la nueva práctica, por lo general lo que se busca es una reducción de costos con la nueva práctica o hacer la misma de una manera eficiente.

En este caso se quiere tener una reducción de costos al aplicar el suero de la leche en los pastos que utilizan las vacas lecheras para su alimentación.

Para este capítulo se realizó una entrevista al señor Martín Loría, él es proveedor de leche para la empresa en estudio, su finca está situada en Cervantes en el cantón de Alvarado de Cartago, esta finca se ubica a 1 140 m.s.n.m., la finca se llama Ganadería La Bendición, cuenta con 16 hectáreas, de las cuales utiliza 15 hectáreas para repasto, cuenta con 40 cabezas de ganado en ordeño y 20 para reemplazos, todo el ganado es de la raza Jersey.

En esta finca se aplican 96 sacos de fertilizante por año en los pastos, para esto, cuando el ganado sale de un aparto se distribuye la boñiga, la cual sirve de abono orgánico, y luego se aplica el fertilizante al voleo, en esta labor tardan 30 minutos, luego se vuelve a hacer en el

mismo lugar cada 26 días que es cuando regresa el ganado a ese apartado. Cada apartado es de 600m² por lo que la finca cuenta con 25 apartos. También se aplica urea en el verano, un total de 60 sacos al año, también se aplica 10-30-10 una vez al año para fortalecer la raíz, en total son 60 sacos, y se cuenta con un peón que es el encargado de mantener los pastos, él trabaja 8 horas al día en esta labor, para un total de 2 496 horas al año.

En el siguiente cuadro se muestra los costos anuales que tiene la finca Ganadería La Bendición en el mantenimiento de esta, sin contar el área de ordeño.

Cuadro 14. Costos anuales de la Finca Ganadería La Bendición en el mantenimiento de los pastos.

Descripción	Tiempo Horas	Cantidad Sacos	Costo	Total
Urea*		60	₡ 11 700,00	₡ 702 000,00
Pasto Fertil*		96	₡ 14 000,00	₡ 1 344 000,00
10-30-10*		60	₡ 14 350,00	₡ 861 000,00
Mano de obra**	2496		₡ 10 620,62	₡ 26 509 067,52
TOTAL				₡ 29 416 067,52

*Cotizado en El Colono Agropecuario de Cervantes, 08/05/2020.

**Datos del Ministerio de Trabajo, 2020.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para realizar el flujo de los costos se va a tomar en cuenta la inflación, esto para calcular el aumento de los agroquímicos en los años, en este proyecto se va a utilizar un horizonte de 5 años, debido a que la actividad no cambia regularmente, es muy constante.

Los datos para la inflación se tomaron de los boletines de Índice de Precios al Consumidor que publica el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica, se tomaron los de los años 2016, 2017, 2018 y 2019 para poder hacer un promedio de los mismo y utilizarlo de base para realizar el aumento de precios en el estudio, en el cuadro 15 se observa este dato.

En el caso de los salarios, el aumento se calculó haciendo un promedio de los mismos años que se consideraron para calcular la inflación, los datos se tomaron la Lista de Salarios

Mínimos por ocupación del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. En el cuadro 16 se encuentran los datos.

Cuadro 15. Porcentaje de inflación en Costa Rica, 2016 al 2019.

Año	Inflación
2016	0,77
2017	2,57
2018	2,03
2019	1,52
Promedio	1,72

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC,2020.

Cuadro 16. Porcentaje de crecimiento de salarios mínimos, 2016 al 2019.

Año	Crecimiento Salarios
2016	0,5
2017	1,14
2018	2,43
2019	2,96
Promedio	1,76

Fuente: Elaboración propia con datos del MTSS,2020.

Utilizando la información anterior se realizó el flujo de caja de la situación actual (sin proyecto) de utilizar agroquímicos para fertilizar los pastos que consume el ganado en una finca lechera. Para este caso, aunque la finca ya tiene muchos años de estar en funcionamiento, se contempló como inversión inicial colocar el pasto nuevo en la finca, se toma como referencia el dato suministrado por el señor Martín Loría, dueño de la finca La Bendición, él indicó que el costo promedio, por hectárea, usando mecanización, de instalar el pasto, es de ₡ 300 000,00. También se asume un costo de transporte por traslado de los fertilizantes, el cual tiene un costo de ₡ 20 400,00 (costo suministrado en el Almacén donde el productor compra sus insumos), en este caso el costo es de un traslado una vez al mes desde Cot hasta Cervantes. En el siguiente cuadro se tiene el flujo de caja.

Cuadro 17. Flujo de caja de la situación actual (sin proyecto) de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, 2020.

Rubro	0	1	2	3	4	5
Pastos	-¢ 4 500 000,00					
Urea		¢ 702 000,00	¢ 714 091,95	¢ 726 392,18	¢ 738 904,29	¢ 751 631,92
Pasto Fertil 10-30-10		¢ 1 344 000,00	¢ 1 367 150,40	¢ 1 390 699,57	¢ 1 414 654,37	¢ 1 439 021,79
Transporte		¢ 861 000,00	¢ 875 830,73	¢ 890 916,91	¢ 906 262,95	¢ 921 873,33
Mano de obra		¢ 244 800,00	¢ 249 016,68	¢ 253 305,99	¢ 257 669,19	¢ 262 107,54
		¢ 26 509 067,52	¢ 26 974 964,38	¢ 27 449 049,38	¢ 27 931 466,42	¢ 28 422 361,95
FNE	-¢ 4 500 000,00	¢ 29 660 867,52	¢ 30 181 054,14	¢ 30 710 364,03	¢ 31 248 957,22	¢ 31 796 996,52

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para poder calcular el VAC del flujo de caja de la situación actual, se toma como referencia una tasa de descuento, según la Bolsa Nacional de Valores (2020), del 7,54%¹ (Anexo 1). Por lo que se tiene el siguiente dato de VAC.

VAC **¢128 343 278,24**

En el ensayo realizado por la empresa en estudio, se efectuaron diferentes aplicaciones según tratamiento, como ya se explicó anteriormente, por lo que para hacer el análisis comparativo se va a tomar en cuenta el tratamiento seleccionado con la mejor dosificación y cantidad de aplicaciones. El tratamiento seleccionado es el siete, esto según los análisis realizados en el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), de la Universidad de Costa Rica. El otro tratamiento que se podría aplicar es el cinco que también tiene datos muy similares, pero para realizar el análisis se selecciona el siete debido a que tiene mayor absorción de nutrientes que el tratamiento cinco, esto se desarrolla con mayor detalle en el siguiente capítulo.

Entre los supuestos que se consideran para elaborar el flujo de caja con la aplicación del suero en los pastos, considerando aplicar el tratamiento 7, tenemos que se necesitaría aplicar 18 sacos de Urea, debido a que en la Finca La Bendición aplican 4 sacos de Urea por hectárea, por lo que el suero estaría sustituyendo parte de este fertilizante, también se podría dejar de aplicar el 10-30-10 debido a que el suero cumple con esos requerimientos.

¹ Se toma el dato de los movimientos de la Bolsa Nacional de Valores de Costa Rica, considerando el cierre de setiembre del 2019, tratando de considerar el dato más cercado al periodo actual (la BNV solo tiene los valores de setiembre a la fecha).

En cuanto al transporte del suero, se asume que la empresa en estudio estará brindando este servicio y tiene un costo de ₡ 2 000,00 el kilómetro, que es el promedio de los precios de transportes en la zona. En este caso se asume la distancia de la empresa a la Finca La Bendición que son 13Km, por lo que sería un costo de ₡ 26 000,00 por transporte, considerando la aplicación del tratamiento 7, este indica que se deben realizar aplicaciones mensuales, por lo que serían 12 viajes al año.

También se considera la compra de una bomba de espalda para poder aplicar el suero de la leche en los pastos, la cual tiene una vida útil de tres años. Dicha bomba se cotizó en El Colono Agropecuario de Cervantes y tiene un costo de ₡ 54 500,00 (se cotizó el 15 de junio del 2020).

Los demás supuestos se mantienen igual, como lo son, la mano de ora, la compra del fertilizante Pasto Fértil y la colocación del pasto nuevo.

En el cuadro 18 se observa el flujo de caja de aplicar suero de la leche en los pastos.

Cuadro 18. Flujo de caja de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, aplicando el suero de la leche, 2020.

Rubro	0	1	2	3	4	5
Pastos	-₡ 4 500 000,00					
Bomba de espalda	-₡ 54 500,00			-₡ 58 353,19		
Depreciación bomba espalda		-₡ 18 166,67	-₡ 18 166,67	-₡ 18 166,67	-₡ 19 451,06	-₡ 19 451,06
Pasto Fertil		₡ 1 344 000,00	₡ 1 367 150,40	₡ 1 390 699,57	₡ 1 414 654,37	₡ 1 439 021,79
Urea		₡ 210 600,00	₡ 214 227,59	₡ 217 917,66	₡ 221 671,29	₡ 225 489,57
Transporte Suero		₡ 312 000,00	₡ 317 374,20	₡ 322 840,97	₡ 328 401,91	₡ 334 058,63
Transporte Pasto Fertil		₡ 244 800,00	₡ 249 016,68	₡ 253 305,99	₡ 257 669,19	₡ 262 107,54
Mano de obra		₡ 26 509 067,52	₡ 26 974 964,38	₡ 27 449 049,38	₡ 27 931 466,42	₡ 28 422 361,95
FNE	-₡ 4 554 500,00	₡ 28 602 300,85	₡ 29 104 566,58	₡ 29 557 293,71	₡ 30 134 412,11	₡ 30 663 588,41

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para calcular el VAC del flujo de caja aplicando el suero de la leche, se utiliza la misma tasa de retorno que se aplicó en el flujo de caja sin proyecto, la cual es de 7,54%, por lo que tenemos el siguiente resultado del VAC:

VAC **₡123 934 114,57**

Con los resultados obtenidos se observa que la aplicación del suero de la leche si puede significar un ahorro para el productor, debido a que el VAC aplicando el suero de la leche es menor vs no aplicar el suero de leche.

Si se comparan los FNE de cada uno de los proyectos se tienen los resultados que se muestran en el cuadro 19.

Cuadro 19. Comparación de los FNE de no aplicar el suero de la leche en los pastos (sin proyecto) vs aplicar el suero de la leche en los pastos (con proyecto), 2020.

Rubro	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FNE SIN PROYECTO	₡ 29 660 867,52	₡ 30 181 054,14	₡ 30 710 364,03	₡ 31 248 957,22	₡ 31 796 996,52
FNE CON PROYECTO	₡ 28 602 300,85	₡ 29 104 566,58	₡ 29 557 293,71	₡ 30 134 412,11	₡ 30 663 588,41
AHORRO	₡ 1 058 566,67	₡ 1 076 487,56	₡ 1 153 070,32	₡ 1 114 545,11	₡ 1 133 408,11

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Por lo que el productor podría tener un ahorro promedio anual de **₡ 1 107 215,55**.

Es importante señalar que solo se analizan los costos debido a que las demás condiciones no van a cambiar, como lo son la cantidad de leche que el productor le vende a la empresa, independientemente del tratamiento que utilice, por lo que el productor obtendría beneficios en el ahorro que le representa no tener que comprar los fertilizantes, generando mayores ganancias o rentabilidad al hacer la producción competitiva en costos.

9. Análisis beneficio/costo en los pastos y productividad de la leche cuando se aplica el suero a los forrajes.

La importancia de realizar un análisis beneficio costo, es que ayuda a valorar la relación que existe entre el costo y los beneficios que se va a tener en un proyecto y permite compararla con otra alternativa.

Según Bravo, 2011, el análisis de beneficio/costo consiste en cuatro pasos principales:

1. Identificación de los costos y beneficios relevantes.
2. Medición de los beneficios y los costos.
3. Comparación de los flujos de costos y beneficios procedentes durante el periodo de vida del proyecto.
4. Selección del proyecto.

Pero para Bolaños, 2017, el análisis beneficio/costo consta de 9 pasos, los cuales son:

1. Examinar las necesidades, considerar las limitaciones, y formular objetivos y metas claras.
2. Establecer el punto de vista desde el cual los costos y beneficios serán analizados.
3. Reunir datos provenientes de factores importantes con cada una de las decisiones.
4. Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos, como la mano de obra, serán exactos mientras que otros deberán de ser estimados (costos sociales, ambientales, entre otros)
5. Sumar los costos totales para cada decisión propuesta. Es importante convertir los costos y beneficios en una tasa de valor actual (factor de descuento).
6. Determinar los beneficios monetarios para cada decisión.
7. Poner las cifras de los costos y beneficios totales en la forma de una relación donde los beneficios son el numerador y los costos son el denominador: Beneficio/Costo.
8. Comparar las relaciones Beneficios a Costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros es aquella con la relación más alta de beneficios a costos.

9. El análisis Beneficio/Costo nos dice: de las soluciones propuestas, ésta es la que dará el beneficio neto más grande.

En este caso se va a comparar el beneficio de aplicar el suero de la leche vs el beneficio que se tiene en aplicar el fertilizante sintético.

Para obtener los resultados que se van a presentar, se realizaron varios muestreos los cuales se enviaron al CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica), para que fueran analizados, en el Anexo 2 se muestra el análisis final de todos los tratamientos, los mismos se detallaron en el estudio técnico.

Parte de los elementos que se analizaron fue la producción de biomasa forrajera o materia seca, donde se observó una producción mayor de biomasa con forme se aumenta la cantidad de suero por área determinada. Esto es sumamente importante para evaluar el rendimiento del consumo de la vaca por hectárea, lo que permite un menor espacio para que el ganado se pueda alimentar.

En el segundo análisis foliar que se realizó se observa que el tratamiento 7, después de 16 aplicaciones de suero ($60\text{m}^3/\text{Ha}/\text{mes}$) tuvo una producción de biomasa de 1304 Kilos de materia seca (MS) por hectárea, solo 208 kilos menos de lo que produjo el tratamiento dos que utiliza fórmula de fertilizante sintético. En este mismo aspecto de producción el tratamiento testigo (sin suero) presenta 516 kilos de materia seca por hectárea, esto se observa en el gráfico 1.

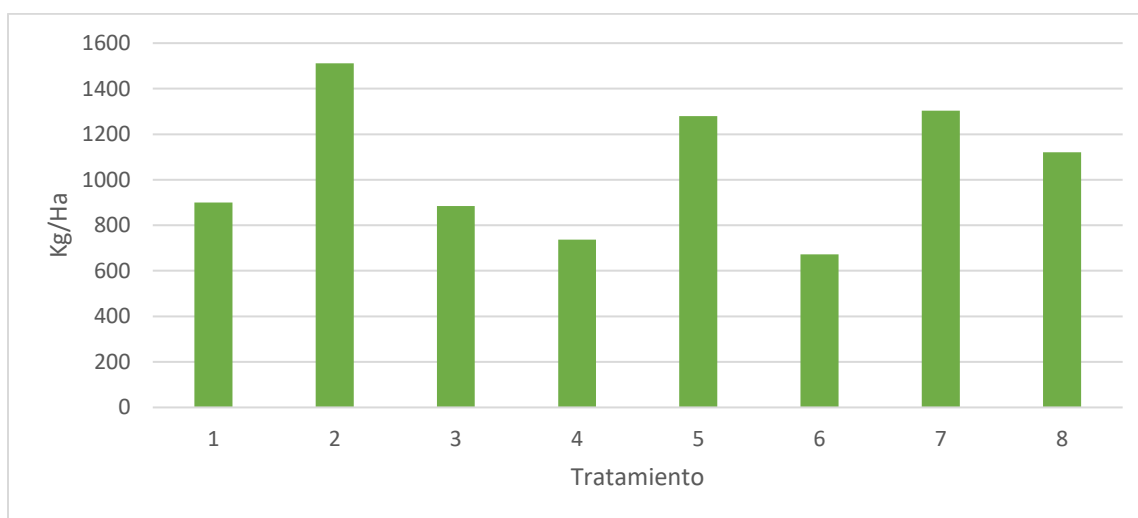
En cuanto al aporte de nutrientes a los pastos, el suero aporta macronutrientes como el Potasio, Calcio, Magnesio y Fósforo.

En los análisis se determinó que el tratamiento cinco tiene valores de Nitrógeno muy similares al tratamiento dos (aplicación de fertilizante sintético), en este caso, el tratamiento cinco aporta el 50% del total de Nitrógeno anual que necesitan los pastos, el

cuál es de 672 Kg/ha/año², por lo que para poder llegar a esa cantidad se necesitaría complementar con 14 quintales de Urea por hectárea por año.

Para el caso del tratamiento 7, este aporta el 38% del Nitrógeno que se necesita en el año, por lo que se debe complementar con 18 quintales anuales de Urea. Según los datos proporcionados por la empresa en estudio.

Gráfico 1. Producción de materia seca por kg/Ha según cada tratamiento.



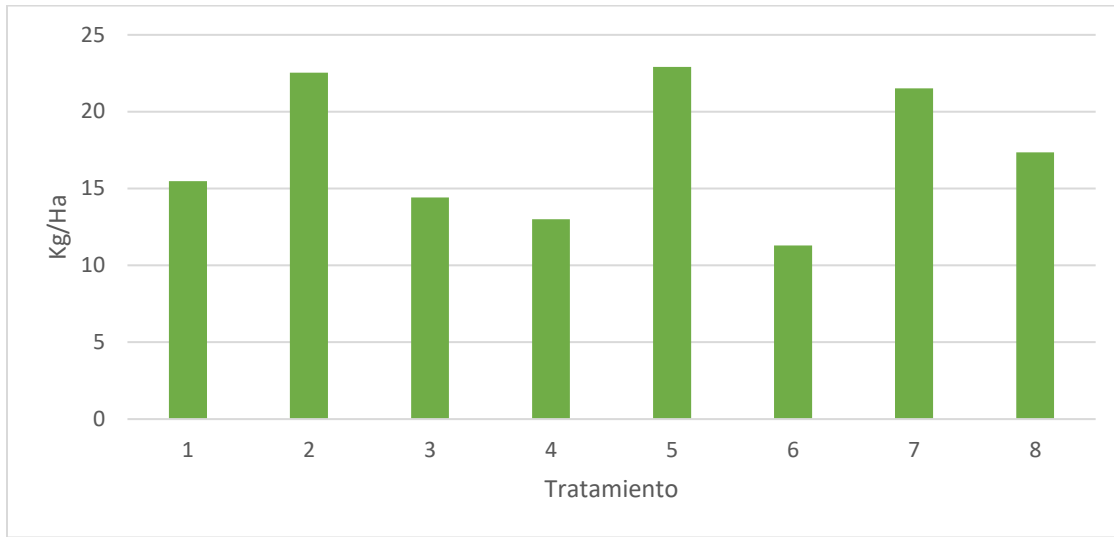
Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

Por lo que el suero se puede aplicar en las épocas secas, debido a que no se recomienda el fertilizante granulado si no existe un riego eficiente, que permita el adecuado aprovechamiento del fertilizante.

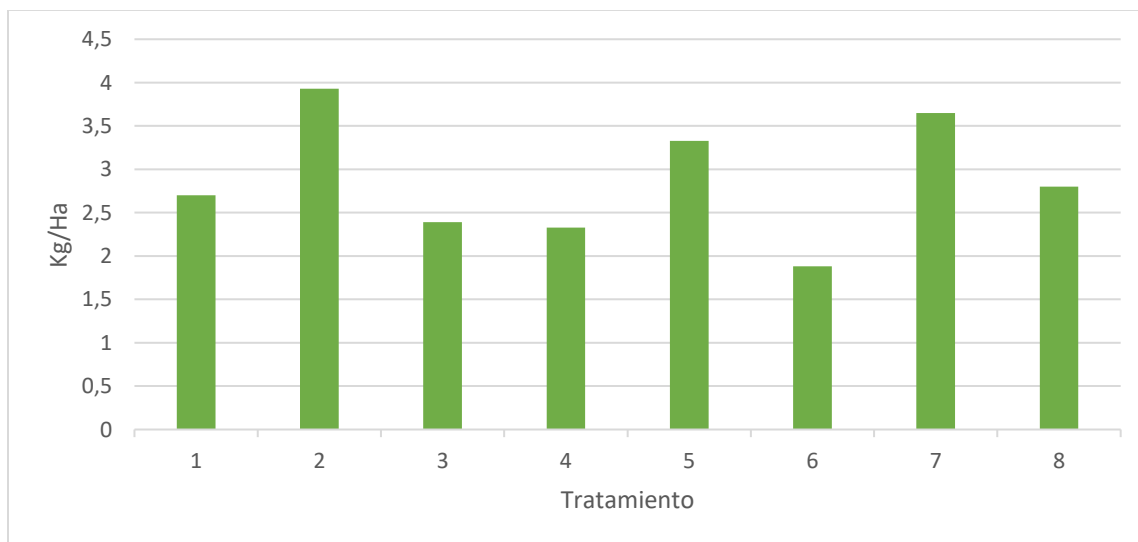
En cuanto a los demás elementos (Fósforo, Calcio y Magnesio) en el tratamiento siete se da una mayor absorción por parte del pasto. Y con respecto a la absorción de Potasio, el tratamiento cinco superó a la fertilización química.

En los siguientes gráficos se observa la absorción de cada uno de estos nutrientes.

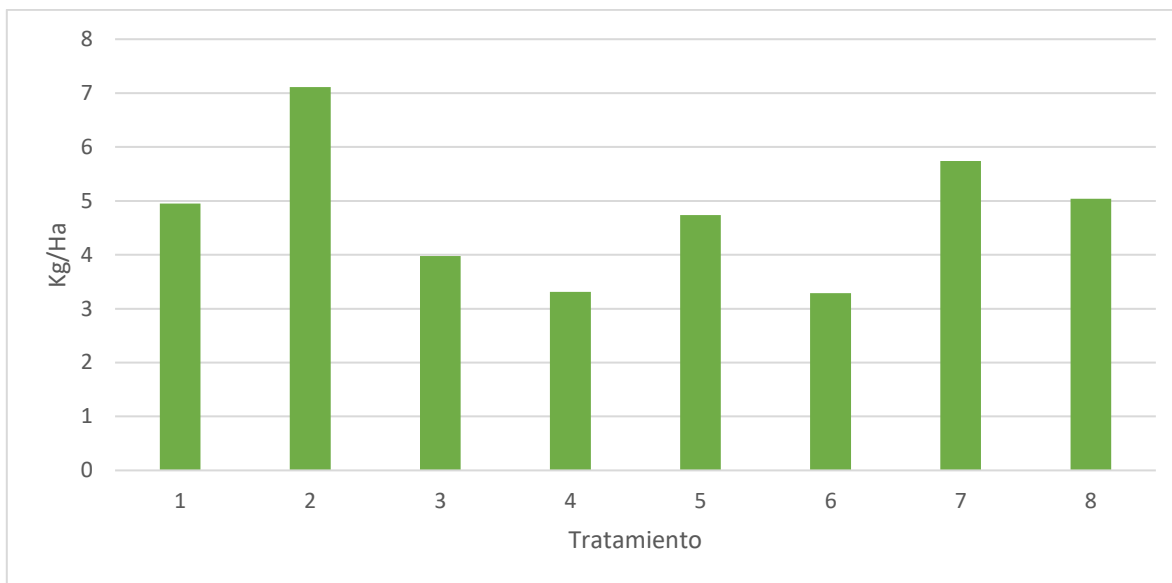
² Dato suministrado por el Doctor Rafael Salas, exdirector del Centro de Investigaciones en Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

Gráfico 2. Absorción de Nitrógeno por Kg/Ha según tratamiento.

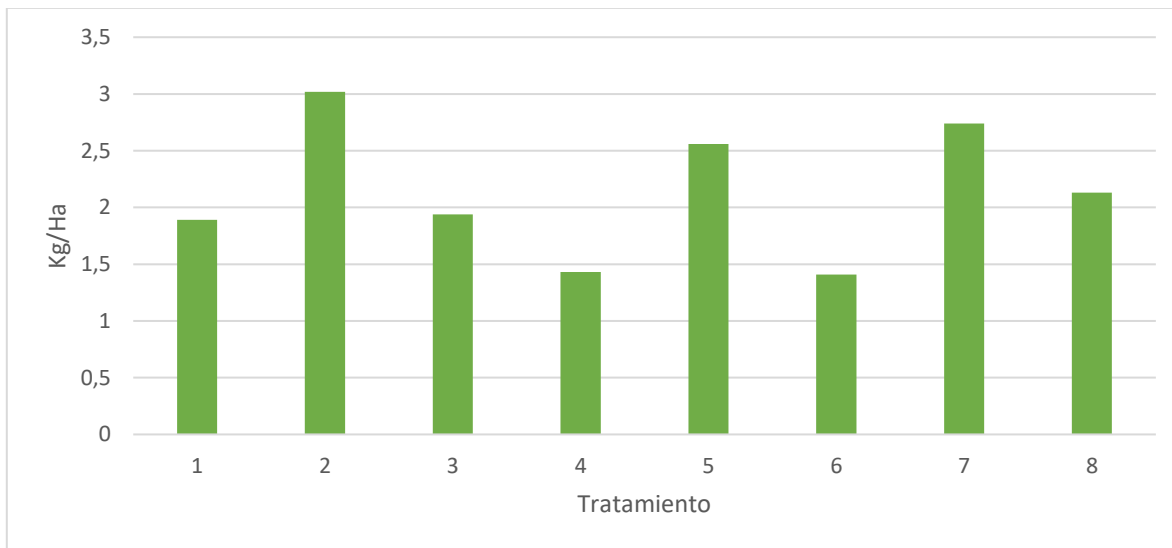
Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

Gráfico 3. Absorción de Fósforo por Kg/Ha según tratamiento.

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

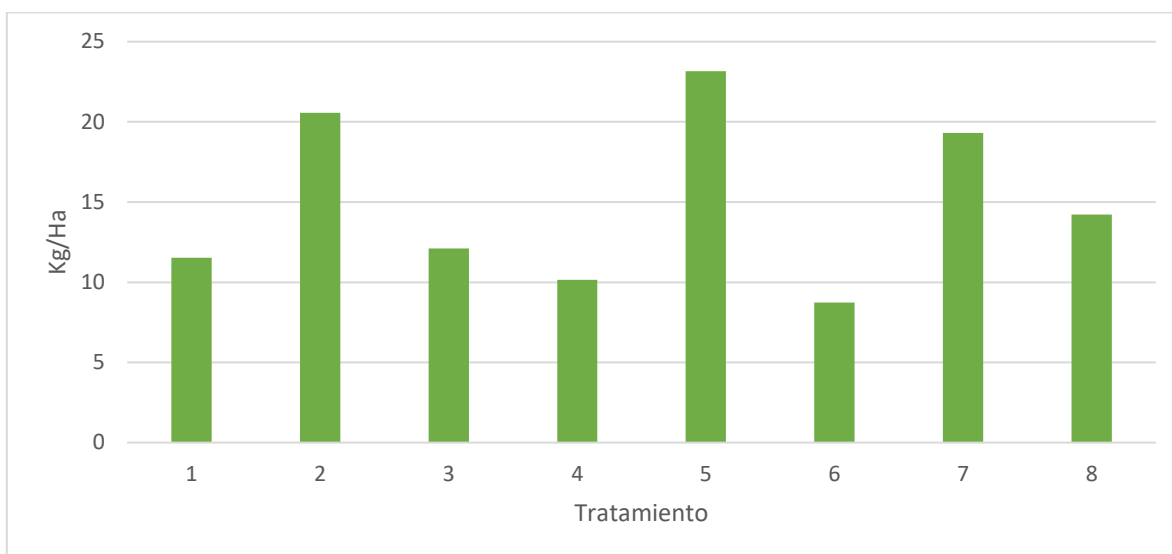
Gráfico 4. Absorción de Calcio por Kg/Ha según tratamiento.

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

Gráfico 5. Absorción de Magnesio por Kg/Ha según tratamiento.

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

Gráfico 6. Absorción de Potasio por Kg/Ha según tratamiento.



Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos del Análisis Químico Foliar N° 73841.

Revisando los resultados anteriores se puede determinar que aplicar el suero de la leche en los pastos es beneficiosos para los mismos, siempre que se haga en las dosis adecuadas para no saturar los suelos y provocar daños en estos.

Según los resultados obtenidos, aplicar el suero de la leche, en la dosis recomendada, puede ser un sustituto de los fertilizantes químicos, por lo que puede significar un ahorro para el productor, como se demostró en el capítulo anterior.

Considerando lo anterior, según lo arrojado en los análisis foliares que se realizaron que en la parte agronómica se tienen beneficios en la aplicación del suero de la leche. Con respecto a lo económico, en el capítulo anterior se analizaron los costos de la situación actual y la situación utilizando el suero, y comparando uno contra el otro se obtuvo un ahorro en costos aplicando el suero de la leche directo en los pastos. A continuación, se analizará desde la metodología de beneficio/costo.

Según Bolaños, 2017, entre los 9 pasos de la elaboración de un análisis Beneficio/Costo se debe obtener una relación entre los mismos, donde el resultado se debe comparar a 1 de la siguiente manera:

- Si $B/C > 1$ indica que los beneficios superan los costos, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado.
- Si $B/C = 1$ aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.
- Si $B/C < 1$ muestra que los costos son mayores que los beneficios, no se debe considerar.

Para el caso de estudio, se tiene un costo diferencial, que es la diferencia del VAC sin proyecto vs el VAC con proyecto, por lo que el costo diferencial es de **₡ 4 409 163,67**.

Para poder obtener los beneficios del proyecto, se consideran como beneficios el ahorro que se obtiene al no comprar los fertilizantes que se sustituyen con la aplicación del suero, esto debido a que la cantidad de leche que la empresa en estudio compra no va a aumentar.

Por lo que en el cuadro 20 se observa el flujo de los beneficios obtenidos. Recordar que para este caso se estará considerando no aplicar los 60 sacos de 10-30-10 y 42 sacos de Urea.

Cuadro 20. Flujo de caja de los beneficios de la fertilización de los pastos de ganado en ordeño en la Finca La Bendición, aplicando el suero de la leche, 2020.

Rubro	0	1	2	3	4	5
10-30-10		₡ 861 000,00	₡ 875 830,73	₡ 890 916,91	₡ 906 262,95	₡ 921 873,33
Urea		₡ 491 400,00	₡ 499 864,37	₡ 508 474,53	₡ 517 233,00	₡ 526 142,34
FNE		₡ 1 352 400,00	₡ 1 375 695,09	₡ 1 399 391,44	₡ 1 423 495,96	₡ 1 448 015,67

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Este flujo da como resultado el siguiente VAN:

VAN **₡5 643 408,33**

Si se obtiene la relación entre los beneficios (VAN) y los costos (VAC), se tiene la siguiente relación:

$$\text{₡5 643 408,33} / \text{₡4 409 163,67} = 1,28$$

Según Bolaños, 2017, al obtener un valor mayor a 1 el proyecto debe ser considerado, debido a que los beneficios superan los costos.

Para el caso de la empresa en estudio, también tiene beneficios de la aplicación del suero en los pastos, esto debido a que va a tener una alternativa a la disposición del suero de la leche, el cual es un subproducto de la producción de queso altamente contaminante. Como se mencionó, la empresa tiene que hacer desembolsos económicos para el tratamiento de este.

Tendría el ahorro que le generará no tener que pagar por ese servicio, sino que recibiría un ingreso por el pago del transporte de llevar el suero desde la planta hasta las fincas de los productores, además del reconocimiento que se le daría por buscar una alternativa a este problema que resulta en un beneficio para el productor que es proveedor de leche, significándole un ahorro en los costos de producción.

Por lo que este tipo de acciones se pueden analizar desde los agronegocios verdes, Lozano, 2016, los define de la siguiente manera: actividades económicas que generan impactos ambientales positivos y que además incorporan buenas prácticas ambientales, sociales y económicas, con enfoque de ciclo de vida, que son sostenibles.

Los cual es la tendencia actual, en donde se busca producir con el menor impacto ambiental posible y que además genera beneficios a los productores. Con este proyecto se estarían alcanzando estos objetivos, haciendo a la empresa más competitiva frente a sus competidores.

10. Conclusiones y Recomendaciones

Entre las conclusiones que se determinaron de este trabajo se tienen:

- El suero de la leche es un subproducto de la industria quesera altamente contaminante para el ambiente.
- Genera un alto costo a las empresas a la hora de disponer de una manera adecuada del mismo.
- Se han realizado varios estudios sobre los usos del suero de la leche, pero han estado dirigidos a la aplicación en ensilajes y no directamente en el suelo. En los ensilajes los resultados han sido muy favorables, aumentando el rendimiento de la producción de leche.
- El suero de la leche se ha utilizado, tradicionalmente para la alimentación de los cerdos, debido a que no se puede adicionar a los mantos acuíferos por ser altamente contaminante. Pero se ha demostrado que esto favorece a reducir los consumos de agua en los animales, además son importantes fuentes de energía y reduce los costos en concentrados.
- La planta en estudio se ubica en Cartago y procesa 100 000 kilos de leche al día, lo que genera un total de 90 000 kilos de suero diarios, lo que lo convierte en una problemática para la empresa la manera de tratar este subproducto.
- El suero que se produce es entregado a productores porcinos para la alimentación de los cerdos, en total la empresa debe cancelar \$ 64,740,000.00 anuales por el manejo del suero, debido a que en algunos casos la empresa debe pagar el transporte del suero a las chancheras.
- Se realizó un estudio con ocho tratamientos de tres repeticiones, se contó con 24 parcelas de 25m² sembrados con pasto Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) cada una en 3 bloques, en cada bloque se tiene una parcela testigo, una con fertilizante químico y las demás con dosificaciones de suero de la leche.

- Este estudio se realizó en 12 meses, comenzando en invierno y finalizando en invierno, esto para poder contemplar todas las etapas del clima que se tienen durante el año.
- El estudio se realizó en suelos andosoles.
- Para evaluar el impacto ambiental se aplicó la Matriz de Leopold, la cual dio un resultado positivo en la aplicación del suero de la leche, siempre que se haga en las cantidades recomendadas, esto con el fin de no saturar los suelos y provocar contaminación de estos y de los mantos acuíferos.
- En Costa Rica no existe una legislación que avale la aplicación del suero de la leche en los pastos.
- Según las leyes existentes en Costa Rica, referentes a este tema, indican que el suero de la leche es un desecho y altamente contaminante, por lo que se tiene que hacer un uso responsable de sus disposiciones.
- Las instituciones públicas no se quieren hacer cargo de la reglamentación para el uso del suero de la leche, por lo que es confuso a cuál institución de debe acudir para poder tener un aval de aplicar el suero en los pastos.
- Una manera de poder negociar una legislación con el Ministerio de Salud y con SETENA es el potencial de la reducción de los costos que tendría el productor de leche.
- Los costos anuales, de una finca de ganado lechero, es de ₡ 29 416 067,52.
- El VAC de la finca sin aplicar el suero de la leche es de ₡ 128 343 278,24.
- El VAC de la finca aplicando el suero de la leche es de ₡ 123 934 114,57.
- La finca, aplicando el suero de la leche, podría tener un ahorro promedio anual de ₡ 1 107 215,55.
- El mejor tratamiento para aplicar el suero es el 7, donde se realizan aplicaciones mensuales de 60m³/Ha.
- Parte de los elementos que se analizaron fue la producción de biomasa forrajera o materia seca, donde se observó una producción mayor de biomasa con forme se aumenta la cantidad de suero por área determinada. Esto es sumamente

importante para evaluar el rendimiento del consumo de la vaca por hectárea, lo que permite un menor espacio para que el ganado se pueda alimentar.

- En el segundo análisis foliar que se realizó se determinó que el tratamiento 7, después de 16 aplicaciones de suero ($60\text{m}^3/\text{Ha}/\text{mes}$) tuvo una producción de biomasa de 1304 Kilos de materia seca (MS) por hectárea, solo 208 kilos menos de lo que produjo el tratamiento dos que utiliza fórmula de fertilizante sintético. En este mismo aspecto de producción el tratamiento testigo (sin suero) presenta 516 kilos de materia seca por hectárea.
- Se determinó que el tratamiento cinco tiene valores de Nitrógeno muy similares al tratamiento dos (aplicación de fertilizante sintético), en este caso, el tratamiento cinco aporta el 50% del total de Nitrógeno anual que necesitan los pastos, el cuál es de 672 Kg/ha/año^3 , por lo que para poder llegar a esa cantidad se necesitaría complementar con 14 quintales de Urea por hectárea por año.
- En cuanto a los demás elementos (Fósforo, Calcio y Magnesio) en el tratamiento siete se da una mayor absorción por parte del pasto. Y con respecto a la absorción de Potasio, el tratamiento cuatro superó a la fertilización química.
- El análisis beneficio/costo dio como resultado un valor de 1,28, siendo este resultado positivo para que el proyecto sea considerado, debido a que implica que los beneficios son mayores que los costos. Lo que significa que por cada colón ganado el productor está recibiendo 28 colones adicionales.
- Con los resultados obtenidos, la empresa en estudio podría lograr un valor agregado para el productor de leche al entregarles el suero de la leche para fertilizar los pastos, donde el productor tiene el beneficio de ahorrar en los costos de producción y la empresa tiene la ganancia del transporte de la leche, además del ahorro que tendría en no tener que pagar por disponer del suero y la imagen positiva que tendría en el mercado al explotar el manejo que se le da a este residuo.

³ Dato suministrado por el Doctor Rafael Salas, exdirector del Centro de Investigaciones en Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

- El suero de la leche es un subproducto que no estaría generando contaminación en los suelos, debido a que las cantidades que se utilizarían son las adecuadas para que el suelo las filtre y neutralicen las cantidades de DBO y DQO que se encuentra en el suero, por lo que no estaría llegando a los mantos acuíferos subterráneos.
- Se ha demostrado que otros subproductos, considerados altamente contaminantes, se pueden aplicar en el suelo, como lo son los purines que se generan en las lecherías y chancheras y no significan una contaminación en el suelo, caso contrario, el mismo gana nutrientes que también permite un ahorro a los productores ya que no necesitan aplicar fertilizantes. Esta aplicación de purines ya cuenta con una legislación que avala su uso.
- Existe una alta dependencia en la importación de agroquímicos, en la cual los productores agrícolas están sujetos a los aumentos de precios internacionales y, además, dependen de la disponibilidad de los mismo. Con la aplicación del suero de la leche, se tendría una menor dependencia a los agroquímicos y no se verían afectados los costos de producción en caso de aumento de precios en los fertilizantes.

Respecto a las recomendaciones se tienen:

- Hacer más estudios respecto a la cantidad de suero que se puede acumular en el suelo si se aplica de manera constante este producto.
- Realizar los estudios en diferentes tipos de suelos, debido a que el estudio solo contempló un tipo.
- Realizar estudios en una finca de ganado lechero, donde se pueda tomar en cuenta los nutrientes que genera la boñiga del ganado, ya que la misma se esparce en los apartos y es considerada como abono orgánico, debido a que el estudio se hizo en una finca de pasto de corta donde los nutrientes que tiene el suelo son diferentes.
- Continuar con el trabajo para lograr presentar, ante el Ministerio de Salud, un plan de cómo se va a aplicar el suero y los beneficios que este tiene, con el fin de que se dé el aval de la aplicación y así lograr crear la legislación que permita a todos los

productores aplicar el suero de la leche en los pastos. Por lo que este trabajo se convierte en el primer paso para lograr dicha legislación.

- Realizar un estudio donde se determine la ganancia del ganado en cuanto a producción de leche cuando se alimentan de pastos fertilizados con suero de leche.
- Se aconseja a la empresa en estudio estimar la cantidad exacta de productores que se verían beneficiados para poder calcular las distancias y la periodicidad de entrega del suero en las fincas, esto con el fin de saber los beneficios económicos que se obtendrán al cobrar el transporte (además del beneficio de no tener que pagar para que se lleven el suero), y evaluar si necesitan ampliar la logística de las entregas, ya que actualmente solo cuentan con un pick up.

11. Bibliografía

- ABATE, L. (2017). Utilización del Permeado de Suero en la Alimentación Bovina [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://es.linkedin.com/pulse/utilizaci%C3%B3n-del-permeado-de-suero-en-la-alimentaci%C3%B3n-bovina-leandro>
- ÁLVAREZ, S., MÉNDEZ, P., Y FRESNO, M. Ensilado de suero de quesería para la alimentación animal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Recuperado de https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ensilado_Suero.pdf
- ARAYA, T. (2013). *Evaluación del efecto de la incorporación de proteína de suero dulce en un yogurt batido de fresa, bajo en grasa* (Tesis Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- BARQUERO, MARVIN. (20 de octubre del 2016). Costa Rica produce cerca de 100 tipos de quesos. *La Nación*. Recuperado de <https://www.nacion.com/economia/agro/costa-rica-produce-cerca-de-100-tipos-de-quesos/TXV5CGYTKNFVZG3YHCWVJXCOMQ/story/>
- BOLAÑOS, V. (2017). Mezcla de la Mercadotecnia, Análisis Costo-Beneficio. Recuperado de <https://www.slideshare.net/verobolanos2002/analisis-costo-beneficio-79340712>
- BOLSA NACIONAL DE VALORES DE COSTA RICA. (2020). Sesión bursátil y estadísticas. Recuperado de <https://www.bolsacr.com/agentes-puesto-bolsa/sesion-bursatil>
- BRAVO, H. (2011). CEPAL. La economía del cambio climático e impactos sociales: métodos y técnicas de análisis. Análisis de costo beneficio. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/03_analisis_costo_beneficio.pdf
- BROWN., ZIMA. (2005). *Matemáticas Financieras*. Segunda Ed. Mc Graw-Hill.

CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE. (2017). FAO proyecta que producción mundial de leche crezca 1,4% en 2017. Recuperado de <http://proleche.com/2017/11/20/fao-proyecta-que-produccion-mundial-de-leche-crezca-14-en-2017/>

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE. (1986). *Observaciones preliminares sobre el uso de alimentos no tradicionales en cerdos, en fincas pequeñas.* (66). Recuperado de https://books.google.co.cr/books?id=TWwOAQAIAAJ&pg=PA7&lpg=PA7&dq=uso+del+suero+en+pastos&source=bl&ots=2Xo9bYpwC&sig=I9CVJvclSh85xvMEO-xRfEvuHmQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjn_4HBI6LcAhXKxIkKHa5UDXkQ6AEwDnoFCAEQiAE#v=onepage&q=uso%20del%20suero%20en%20pastos&f=false

CHACÓN, P., Comunicación personal, 31 de marzo del 2020.

DÍAZ, B., ELÍAS, A. Y VALIÑO, E. (2013). Eficiencia alimentaria y económica de tres tipos de bioensilajes de residuos agroindustriales en bovinos de carne. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 47 (2), 143-150. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193028751006.pdf>

ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES, AE-4204. (2008). Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios. Universidad de Costa Rica.

EUROVACAS. (4 de abril del 2017). Los principales países productores de leche. Recuperado de <https://www.eurovacas.com/blog/192-productores-de-leche.html>

GALLARDO, M., GAGGIOTTI, M., ABDALA, A., LEVA, P., MACIEL, M., CHARLÓN, V.,...QUAINO, O. (2001). Utilización de permeado de suero como suplemento alternativo al grano de maíz en vacas lecheras bajo condiciones de pastoreo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. Recuperado de http://rafaela.inta.gov.ar/anuario2001/a2001_21.htm

GARCÍA J. (2008). *Contabilidad de costos.* Recuperado de

[https://www.academia.edu/13314015/Contabilidad de costos 3ra edicion - Juan Garcia Colin](https://www.academia.edu/13314015/Contabilidad_de_costos_3ra_edicion_-_Juan_Garcia_Colin)

GESTION DE RECURSOS NATURALES, Estudio de Impacto Ambiental, (2019). Recuperado de <https://www.grn.cl/estudio-de-impacto-ambiental.html>

GOBIERNO DE COSTA RICA. (1974). *Ley General de Salud*. Recuperado de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=6581&nValor3=96425&strTipM=TC

GOBIERNO DE COSTA RICA. (1995). *Ley Orgánica del Ambiente*. Recuperado de https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/costa_rica/costa_rica_7554.pdf

GOBIERNO DE COSTA RICA (2006). *Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales N° 33601*. Recuperado http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=59524&nValor3=83250&strTipM=TC#up

GÓMEZ, M. (2005). *Elementos de estadística descriptiva*. San José, Costa Rica: EUNED.

GRANADOS, C. (2010). *Comparación del efecto de tres mezclas de melaza y suero de leche y dos tipos de inóculo microbial sobre las características nutritivas y fermentativas del ensilaje de pasto Estrella Africana (Cynodon nlemfuensis)* (Tesis Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

HERNÁNDEZ, M., Y VÉLEZ, J. (2014). Suero de la Leche y su Aplicación en la Elaboración de Alimentos Funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8 (2), 13-22. Recuperado de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-82-Hernandez-Rojas-et-al-2014.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, INEC. (2020). Índice de Precios al Consumidor. Recuperado de <https://www.inec.cr/publicaciones>

LÓPEZ E. (2008). Diseños y Análisis de Experimentos, Fundamentos y Aplicaciones en Agronomía. Recuperado de https://issuu.com/bandontherun/docs/texto_dise_o_analisis_experimentos_ezequi_el_lopez

LORIA, M., Comunicación personal, 17 de agosto del 2019.

LOZANO, R. (2016). Agronegocios verdes. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/analisis/rodrigo-lozano-2704897/agronegocios-verdes-2622049>

LUNDY, M., GOTTRET, M., CIFUENTES, W., OSTERTAG, C Y BEST, R. (2004). Diseños de Estrategias para Aumentar la Competitividad de Cadenas Productivas con Productores de Pequeña Escala. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia.

MEOÑO M., Y JARA D. (2016). *Análisis financiero: evaluación de proyectos de inversión*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. (2020). Lista de salarios mínimos por ocupación. Recuperado de http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2020.pdf

MONTERO, M., JUÁREZ, F., Y GARCÍA, H. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. *Agrociencia*, 43 (6), 585-593. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v43n6/v43n6a4.pdf>

MUSET, G., Y CASTELLS L. (2017). Valorización del lactosuero. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191130/1/Ana-Krolow-lactosuero.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO (2019). Guía de Análisis Costo Beneficio, Aplicación para medidas de adaptación

- al cambio climático en el sector agropecuario en Uruguay. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ca2795es/ca2795es.pdf>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO (2018). Leche y productos lácteos. Recuperado de <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO (2018). Norma del Codex para Sueros en Polvo. Recuperado de <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/codex-alimentarius/es/>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO (2018). Norma General del Codex para el Uso de Términos Lecheros. Recuperado de <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/codex-alimentarius/es/>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, FAO (2018). Procesamiento de la Leche. Recuperado de <http://www.fao.org/dairy-production-products/processing/es/>
- OSD CONSULTORÍA INTEGRAL S.A. (2019). Viabilidades Ambientales. Recuperado de <http://www.osdconsultores.com/viabilidades-ambientales>
- POLIMENI, R., FABOZZI F., ADELBERG A. Y KOLE M. (1997). *Contabilidad de costos*. Recuperado de <http://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2017/01/Contabilidad-de-costos-3ra-Edici%C3%B3n-Ralph-S.-Polimeni.pdf>
- REYNA, J. (2018). *Análisis beneficio-costo y co-beneficios de la implementación de medidas de adaptación de pequeños productores de maíz (Zea mays) en Camotán, Chiquimula, Guatemala* (Tesis de Posgrado). CATIE, Turrialba, Cartago. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8786/Analisis_beneficio_costo.pdf
- SAPAG, N., SAPAG, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Recuperado de http://www.delfabro.cl/preparacinyevaluacindeproyectos_nassirsapag5edi.pdf

SECRETARIA TECNICA NACIONAL AMBIENTAL, SETENA. 2016. *Evaluación Impacto Ambiental*. Recuperado de <https://www.setena.go.cr/fag/que-es-la-evaluacion-de-impacto-ambiental/>

SETENA. *Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)* No. 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC. Recuperado de <https://www.setena.go.cr/documentos/Normativa/Decreto-31849.pdf>

SISTMAS PRODUCTIVOS AGROALIMENTARIOS, (2020). *Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios*. Universidad de Costa Rica.

SOLANO, J., VILLALOBOS, R. *Regiones y Subregiones Climáticas de Costa Rica*. Recuperado de <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica>

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA, UNED. 2016. *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental*. Recuperado de <https://www.uned.ac.cr/sindicato/notas/913-guia-para-la-evaluacion-de-impacto-ambiental>

VALENCIA, J. (Marzo/Abril, 2008). *El suero de quesería y sus posibles aplicaciones. Mundo Lácteo y Cárnico*. Recuperado de <http://studylib.es/doc/4785000/el-suero-de-queser%C3%ADa-y-sus-posibles-aplicaciones.-parte-1-3>

VARGAS, G. (2015). *Producción de pastos y forrajes. Módulo: Producción de Cultivos*. Recuperado de <https://en.calameo.com/read/004503924d8ca8fdd1f62>

WILSON, G., CARLOS, G., CÉSAR, G. Y JAVIER, C. (Agosto y Setiembre 2009). *Lactosuero y su Problemática en el Medio Ambiente*. En M. Alanís (Presidencia). *XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Llevado a cabo en Monterrey, Nuevo León, México. Recuperado de http://www.academia.edu/3743239/Lactosuero_y_su_problema%C3%A1tica_en_el_medio_ambiente

YÁNEZ, D., & MONTALVO, M. (2013). *Alimentación con suero de quesería más balanceado en las fases de crecimiento y finalización, para mejorar los parámetros productivos en cerdos*. (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. Quito Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/977/1/T-UCE-0014-26.pdf>

12. Anexos

1. Cálculo de la tasa de descuento

Se tomó en cuenta las emisiones locales con calificación mayor o igual a A con un plazo de vencimiento mayor a un año, se hizo un promedio de las tasas de dichas emisiones.

Categoría	Grupo	Emisor	Instrumento	Serie	Isin	Periodicidad	Tasa	Premio	Fecha Vencimiento	Plazo
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	AUSOL	bas\$a	2017-A-CR	CRAUSOLB0017	2	6,26	0,00	30/06/2027	2789
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BCIE	bcie3	BONOBCEIII	CRBCIE0B0265	2	7,20	0,00	08/12/2020	427
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BDAVI	bd11v	SERIE E 11	CRBDAVIB0112	4	7,18	2,15	22/03/2021	531
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BIMPR	bbs\$	SERIE2016BS	CRBIMPRB0540	4	6,50	0,00	28/06/2023	1347
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BNSCR	bn17c	SBTBC-17C	CRBNSCRB0047	4	7,18	2,15	22/03/2021	531
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BPROM	be10c	SERIE E 10	CRBPROMB1367	4	7,75	0,00	04/10/2021	723
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BPROM	bpg7c	SERIE G 7	CRBPROMB1516	4	9,50	0,00	04/03/2021	513
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BSJ	bsjcb	SERIE CB	CRBSJ00B1947	2	7,05	0,00	13/11/2020	402
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BSJ	bsjcc	SERIE CC	CRBSJ00B1954	2	7,15	0,00	24/02/2021	503
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BSJ	bsjcg	SERIE CG	CRBSJ00B1996	2	6,81	1,75	27/09/2021	716
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BSJ	bsjch	SERIE CH	CRBSJ00B2002	2	8,40	0,50	26/07/2021	655
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	BSJ	bsjci	SERIE CI	CRBSJ00B2010	2	5,35	0,00	27/10/2021	746
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	CFLUZ	bcbf2	SERIE B-2	CRCFLUZB0215	2	9,03	3,27	28/06/2023	1347
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	CFLUZ	bcbf3	SERIE B-3	CRCFLUZB0223	4	8,38	3,21	25/01/2027	2634
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	CFLUZ	bcbf4	SERIE B-4	CRCFLUZB0231	2	8,81	3,43	16/05/2033	4905
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FBISS	bfa16	SERIE A-16	CRFBISSB0040	4	8,15	0,00	08/02/2029	3367
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FBISS	bfb16	SERIE B-16	CRFBISSB0032	4	8,15	0,00	08/02/2031	4087
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FBISS	bfsa\$	SERIE A	CRFBISSB0016	4	6,25	3,25	05/10/2023	1444
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FBISS	bfsb\$	SERIE B	CRFBISSB0024	4	6,25	3,50	05/10/2026	2524
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FCRED	bfa17	FCREDA2017	CRFCREDB0025	2	11,25	0,00	13/08/2021	672
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FIFCO	bfc3c	SERIE C-3	CRFIFCOB0998	4	8,85	0,00	03/07/2023	1352
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FIFCO	bfc4c	SERIE C-4	CRFIFCOB1004	4	7,08	2,00	26/11/2023	1495
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FPTG	bpg\$	SERIE E	CRFPTG0B0039	4	9,85	0,00	17/06/2022	976
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	FTBCB	bbcb\$	SERIE E	CRFTBCB00051	4	9,20	0,00	21/10/2020	380
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic1\$	B1	CRICE00B0051	4	7,04	0,00	17/11/2021	766
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic2	A2	CRICE00B0044	4	7,04	1,75	06/11/2024	1835
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic3	SERIE A3	CRICE00B0085	4	10,50	0,00	03/11/2020	392
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic3\$	SERIE B3	CRICE00B0077	4	6,61	0,00	24/06/2022	983
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic4\$	SERIE E1	CRICE00B0093	4	5,50	0,00	12/11/2020	401
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic5	SERIE A5	CRICE00B0119	4	7,31	2,20	16/12/2025	2235
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic5\$	SERIE E2	CRICE00B0143	4	7,00	0,00	12/12/2024	1871
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bic6	SERIE A6	CRICE00B0127	4	7,31	2,15	11/08/2023	1390
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	ICE	bif4\$	SERIE F4	CRICE00B0200	4	7,00	0,00	07/09/2027	2856
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	MADAP	bmau3	SERIE U3	CRMADAPB2558	4	8,55	2,75	18/08/2021	677
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	MADAP	bmt1\$	SERIE T1	CRMADAPB2517	4	5,53	3,50	21/11/2041	7970
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	MUCAP	bci1	SERIE I1	CRMUCAPB1409	4	10,00	0,00	18/02/2023	1217
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	MUCAP	bml1\$	SERIE L1	CRMUCAPB1466	4	5,53	3,50	21/11/2041	7970
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	MUNSJ	bome	SERIE E	CRMUNSJ00059	4	8,85	3,10	17/12/2020	436
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	NACIO	bn14a	SERIE A-14	CRNACIOB0159	4	7,73	2,75	21/03/2024	1610
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	NACIO	bnb14	SERIE B-14	CRNACIOB0167	4	8,67	2,88	04/04/2025	1983
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	RECOP	bra1\$	SERIE A1	CRRECOPB0012	2	5,50	0,00	05/12/2022	1144
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	RECOP	bra2\$	SERIE A2	CRRECOPB0020	2	5,85	0,00	03/04/2028	3062
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	RECOP	bra4\$	SERIE A4	CRRECOPB0046	2	6,50	0,00	02/07/2029	3511
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	SCOTI	bs17a	SBCRCBV-17A	CRSCOTIB1391	2	6,99	1,75	01/03/2022	870
Categoría 2	Grupo a. Emisiones locales con calificación >= A	SCOTI	bs17c	SBCRCBV-17C	CRSCOTIB1417	2	6,85	1,75	30/03/2022	899
Promedio							7,54			

Fuente: <https://www.bolsacr.com/agentes-puesto-bolsa/sesion-bursatil>

2. Análisis Químico Foliar N° 73841

Tratamientos	IDLAB	% ¹ masa						mg/kg				g	
		N*	P*	Ca*	Mg*	K*	S*	Fe*	Cu*	Zn*	Mn*	B*	P.Seco**
T1 Testigo	P-17-08277	1,72	0,3	0,55	0,21	1,28	0,23	288	7	28	322	7	22,5
	kg	15,48	2,7	4,95	1,89	11,52	2,07	g	259	6,3	25,2	290	6,3
T2 Fertilizante químico	P-17-08278	1,49	0,26	0,47	0,2	1,36	0,22	196	7	27	301	6	37,8
	kg	22,53	3,93	7,11	3,02	20,56	3,33	g	296	10,6	40,8	455	9,1
T3 20 m ³ /ha	P-17-08279	1,63	0,27	0,45	0,22	1,37	0,21	233	8	29	529	6	22,1
	kg	14,41	2,39	3,98	1,94	12,11	1,86	g	206	7,1	25,6	468	5,3
T4 20 m ³ /ha	P-17-08280	1,73	0,31	0,44	0,19	1,35	0,21	276	8	25	252	6	18,8
	kg	13,01	2,33	3,31	1,43	10,15	1,58	g	208	6	18,8	190	4,5
T5 40 m ³ /ha	P-17-08281	1,79	0,26	0,37	0,2	1,81	0,19	323	7	23	387	6	32
	kg	22,91	3,33	4,74	2,56	23,17	2,43	g	413	9	29,4	495	7,7
T6 40 m ³ /ha		1,68	0,28	0,49	0,21	1,3	0,22	310	7	27	434	7	16,8
	kg	11,29	1,88	3,29	1,41	8,74	1,48	g	208	4,7	18,1	292	4,7
T7 60 m ³ /ha		1,65	0,28	0,44	0,21	1,48	0,22	183	7	23	426	6	32,6
	kg	21,52	3,65	5,74	2,74	19,3	2,87	g	239	9,1	30	556	7,8
T8 60 m ³ /ha		1,55	0,25	0,45	0,19	1,27	0,21	151	6	26	430	5	28
	kg	17,36	2,8	5,04	2,13	14,22	2,35	g	169	6,7	29,1	482	5,6

Fuente: Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidas de Costa Rica, 2019.