UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE ECONOMÍA

Maestría en Economía Ambiental y Ecológica

Universidad Veracruzana

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE LACTOSUERO EN LA LOCALIDAD DE MIAHUATLÁN, VERACRUZ

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

QUE PRESENTA:
QUETZALLY TORRES MARTINEZ

DIRECTOR
MTRA. KATIA ROMERO LEÓN

CODIRECTOR
DR. RABINDRANARTH ROMERO LÓPEZ

XALAPA, VER. 27 NOVIEMBRE 2019

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia de crecimiento y aprendizaje personal; por guiar mi camino espiritualmente y darme fortaleza para enfrentar cada uno de los obstáculos de mi día a día en mi estancia de la maestría.

Esta tesis la dedico a mis padres Antonio Torres Franco y Gregoria Martínez Escobar, por darme su apoyo incondicional y por confiar siempre en mí y mis proyectos; si no caminara de su mano no habría llegado tan lejos.

Agradezco a mis hermanos Antonio y Sandra, por todo su amor y cariño que me dieron durante este proceso de trabajo; y por toda la ayuda que me brindaron para cubrir mis labores en casa cuando yo no tenía tiempo de hacerlos.

Quiero agradecerle a Yair, por todo su infinito amor y ayuda que me brindó; por las horas que pasaste enseñándome matemáticas, recogiéndome de la escuela y escuchando mis miedos y alegrías cada día. Te dedico la tesis con mucho amor y cariño porque eres una persona muy especial en mi vida y sé que sin ti no hubiera logrado todo este proceso.

A mi directora la maestra Katia Romero, quiero darle las gracias por todos los conocimientos que me compartió, por su paciencia y disposición a trabajar conmigo, así como la confianza que deposito en mí durante estos dos años como estudiante, tesista y amiga.

También doy las gracias al Dr. Rabindranath Romero mi codirector de tesis, por hacerme parte de su trabajo, y tener la confianza para guiar mi camino con su sabiduría sobre el tema de mi tesis. Al Dr. Edgar Saucedo le agradezco por haberme dado todas las herramientas necesarias para ser un buen investigador y escritor de artículos de investigación de alto impacto. A la Dra. Clementina Barrera, doy las gracias por brindarme toda su experiencia y colaboración de trabajo para fortalecer mi tesis.

A la Dr. Ana Cecilia y al Mtro. David Rebolledo quiero agradecerles por ser mis lectores de tesis y compartir sus conocimientos para mi crecimiento académico. Dr. Isabel, le agradezco por escucharme y darme consejos sobre la preparación de mi tesis.

Finalmente quiero dar las gracias a mis compañeros Gaby, Carmen, Ángel y Juan, por todo el trabajo y aventuras juntos; sin ustedes la MEAE hubiera sido muy aburrida.

Índice

Introducción 7
Planteamiento del problema 9
Justificación 11
Objetivo general 13
Objetivos específicos 13
Hipótesis 13
1. Capítulo: Desarrollo rural sostenible: percepción de los productores de queso sobre las restricciones socioeconómicas en la producción artesanal para disminuir los residuos lácteos 14
Resumen 14
ABSTRACT 14
1.1 Introducción 15
1.2 Metodología 20
1.3 Resultados y discusión 27
1.4 Conclusiones 37
1.5 Referencias 38
2. Capítulo: Alternativas tecnológicas de tratamiento de lactosuero: valorización económica de residuos. 44
Resumen 44
ABSTRACT 45
2.1 Introducción 45
2.2 Metodología 50
2.3 Resultados 62
2.4 Discusión 64
2.5 Conclusiones 67
2.6 Recomendaciones 68
2.7 Referencias 69
3. Capítulo: Manejo de residuos por la industria quesera artesanal en Miahuatlán, Veracruz 74
3.1 Introducción 74
3.2 Manejo de residuos lácteos en Miahuatlán, Veracruz 76
3.3 Resultados 79

3.4 Conclusiones 85
3.5 Referencias 86
Conclusiones 89
Recomendaciones 91
Referencias 92
Anexos 94

Índice de cuadros

Cuadro 1.1 Proceso de codificación de la información obtenida en las entrevistas a productores de queso de la localidad de Miahuatlán. 25
Cuadro 2.1 Componentes del suero dulce y ácido..... 47
Cuadro 2.2 Alternativas de tratamiento de manejo del suero de queso..... 48
Cuadro 2.3 Parámetros económicos para la elaboración del CBA 58
Cuadro 2.4 Escenario I: venta de lactosuero a Nestlé 62
Cuadro 2.5 Escenario II: alternativas de uso de lactosuero 63
Cuadro 2.6 Escenario III: alternativas de uso de lactosuero y venta a empresa63
Cuadro 3.1 Parámetros del efluente de una quesería de Miahuatlán y su comparación con la NOM-001 y la NOM-002 de la SEMARNAT-1996 76
Cuadro 3.2 Matriz de intereses de los productores de queso para el manejo por residuos lácteos en Miahuatlán, Veracruz..... 79
Cuadro 3.3 Inversión y costos para una planta pequeña de secado de suero (costos de equipo e instalación) 81
Cuadro 3.4 Análisis costo beneficio de la planta de secado de suero 82

Índice de figuras

Figura 1.1 Ubicación del municipio de Miahuatlán, Veracruz 21
Figura 1.2 Microcuenca del río Naolinco 22
Figura 1.3 Etapas del proceso de entrevista profunda. 24
Figura 1.4 Matriz de cuatro cuadrantes 27
Figura 1.4 Matriz de restricciones en la producción de queso por contaminación de residuos de lactosuero en la localidad de Miahuatlán, Ver. 35
Figura 2.1 Alternativas tecnológicas para el uso de suero de queso y productos finales 49
Figura 2.2 Escenario I: venta de lactosuero a empresa Nestlé 59
Figura 2.3 Escenario II: alternativas tecnológicas de uso de lactosuero 60
Figura 2.4 Escenario III: alternativas tecnológicas + venta de lactosuero 61
Figura 3.1. Proceso de desarrollo ACB ascendente..... 78

Introducción

El lactosuero es un residuo que se produce en la industria quesera, el cual representa entre el 80% y 90% del volumen total de la leche procesada. Este subproducto se caracteriza por tener 50% de los nutrientes de la leche y una elevada cantidad de proteínas hidrosolubles (Silva y Bermúdez, 2013). El manejo del suero de queso se ha convertido en un tema importante; porque actualmente el lactosuero es tratado a través de diversas tecnologías, que permiten tener un amplio uso en la industria alimentaria.

El suero de queso es un líquido de coloración amarilla que se obtiene por la precipitación y eliminación de la caseína de la leche en la fabricación del queso. Se estima que, para poder producir 1 kg de queso se producen 9 kg de lactosuero de leche como subproducto. Anualmente se produce un promedio de 5 millones de toneladas de suero en todo el mundo; con una composición típica de lactosa, proteínas, minerales, ácido láctico, grasas y agua.

La localidad de Miahuatlán ubicada en el Estado de Veracruz, es un ejemplo de la producción de queso artesanal en zonas rurales, donde esta actividad productiva es la más importante para el sector económico de la región (SEFIPLAN, 2016). La producción de queso, se lleva a cabo por 12 queserías; dos de las cuales, mantienen un volumen de producción diaria de 1000 kg de queso y el resto de 500 kg. Aunque esta actividad representa la principal fuente ingresos y trabajo para las familias productoras; genera problemas ambientales por la derrama de residuos lácteos sin algún tratamiento previo sobre el suelo y los cuerpos de agua pertenecientes a la microcuenca del río Naolinco.

Las microempresas se han enfrentado a multas por parte del gobierno, causando el cierre temporal de sus instalaciones por no tener una solución concreta en la disposición final del suero. Motivo por el cual, esta investigación evalúa las estrategias para el manejo de residuos por lactosuero en la localidad de Miahuatlán, Veracruz, por medio de la implementación de diferentes alternativas que aprovechan las propiedades físico-químicas del lactosuero.

El trabajo está integrado por tres capítulos; el primero se titula “Desarrollo rural sostenible: percepción de los productores de queso sobre las restricciones socioeconómicas en la producción artesanal para disminuir los residuos lácteos”, describe el contexto actual de la problemática de contaminación en la localidad de Miahuatlán; así como la percepción y respuesta de los productores de queso frente a las restricciones socioeconómicas en la producción artesanal que impiden disminuir los residuos lácteos.

El segundo capítulo “Alternativas tecnológicas de tratamiento de lactosuero: valorización económica de residuos.”, analiza una posible solución al problema de contaminación, a través de tres escenarios compuestos por distintas alternativas para el uso y tratamiento del suero. Estas alternativas son evaluadas mediante parámetros de rentabilidad económica para determinar la viabilidad de su aplicación, tomando en cuenta aspectos como el acceso a la tecnología, inversiones, costos y beneficios a los que pueden incurrir los productores artesanales.

El tercer capítulo es una discusión general del manejo de residuos por la industria quesera artesanal en Miahuatlán, Veracruz, que estudia las estrategias consideradas por los productores de queso de la localidad de estudio para disminuir los residuos por lactosuero. Con el fin de tener una panorámica completa de las opciones para valorizar el suero y así exponer la estrategia más adecuada, que contribuya en la toma de decisiones futuras por parte de los involucrados para disminuir la contaminación por suero en la comunidad

Planteamiento del problema

Las aguas residuales son el mayor tipo de contaminación que existe en la industria láctea; causando repercusiones directas en los cuerpos de agua por la contaminación de desechos como azúcares, disueltos, proteínas, grasas, entre otros. Mientras que, de forma indirecta los procesos de lavado y circuitos de limpieza generan residuos de aditivos, detergentes y desinfectantes (Arango et al., 2008). Gran parte de los residuos en la industria láctea, obstruyen las tuberías de las plantas de tratamiento de agua alterando su correcta función, como consecuencia del alto contenido orgánico que genera el cultivo de microorganimos propiciando la acidez y fermentación.

El lactosuero es el desecho que se produce en mayor volumen por parte de las aguas residuales de la industria láctea. El suero se distingue por tener una elevada carga orgánica en sus niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (Ghasemi et al., 2009), motivo por el cual se considera un residuo altamente contaminante. Cuando el lactosuero se libera en el agua, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto y la vida acuática de las especies donde se deposita (Dragone et al., 2009).

La producción artesanal de queso en zonas rurales, tiene como característica la contaminación y degradación de los ecosistemas, debido a la explotación de recursos naturales y a procesos de producción poco sostenibles con la naturaleza. La localidad de Miahuatlán ubicada en el estado de Veracruz, es un ejemplo de la producción artesanal de queso, que enfrenta problemas de contaminación ambiental por un mal manejo en la disposición final del lactosuero.

Aunque el desarrollo de esta actividad productiva, es importante para el sector económico de la localidad por la creación de empleo en las familias que forman parte de la cadena de producción del queso, las estrategias que se implementaron para el manejo de los residuos por lactosuero no han logrado ser eficientes; lo que ha generado repercusiones en la naturaleza, por causa de la derrama de lactosuero sin algún tratamiento previo (Martínez, 2010).

El lactosuero ejerce una considerable demanda de oxígeno y su eliminación o utilización económica es de suma importancia para los productores, debido al incremento en el volumen de la producción y a la regulación de la contaminación por parte del gobierno, que ha incentivado el cierre de las queserías y el cambio de actividad productiva por parte de algunos productores, con el fin de evitar las multas y sanciones a las que puedan incurrir por el mal manejo de sus residuos.

Justificación

La localidad de estudio, ubicada en Miahuatlán, Veracruz, posee características de desarrollo rural, donde la producción de queso representa la principal fuente de empleo y sustento económico de las familias. Motivo por el cual, es indispensable la búsqueda de soluciones que disminuyan los niveles de contaminación sin afectar las actividades productivas de las familias. La evaluación económica será una herramienta clave que permitirá conocer algunas estrategias de manejo de residuos por lactosuero, para la reducción de contaminación.

Ambiental

La presente investigación, se enfocará en el estudio de escenarios de alternativas tecnológicas para valorizar los residuos por lactosuero, con el fin de crear subproductos y reducir el volumen de descarga directo en los efluentes de agua que forman parte de la microcuenca del río Naolinco. El análisis de las diferentes alternativas que se pueden implementar por medio de escenarios, tendrá un impacto positivo en el medio ambiente, porque se podrán generar propuestas para las estrategias de manejo de residuos que contribuyan a disminuir la contaminación y degradación del agua, suelo y medio ambiente en general.

Social

En el ámbito social, encontrar una solución para el manejo de residuos lácteos es indispensable para disminuir el riesgo de que las queserías cierren por la regulación ambiental del gobierno. Analizar diferentes alternativas para uso del lactosuero, dará pauta a la protección en la calidad del agua, y disminuirá la vulnerabilidad de la población de problemas por acceso al agua y daños en su salud. Así como también, se contribuirá en tener acceso a una fuente de empleo segura que contribuya en el desarrollo social de los habitantes de la localidad de Miahuatlán.

Económica

En el sector económico la investigación es importante, porque a través de la implementación de alternativas tecnológicas de bajo costo, ofrece elementos para la eventual solución del problema de estudio, que favorecerá a los productores de

queso artesanal de la región, porque creará beneficios económicos por medio de la elaboración de subproductos del lactosuero. Al obtener una compensación económica los productores de queso podrán considerar estas alternativas como una opción viable para mejorar sus procesos de producción y disminuir el riesgo de contaminar.

De igual forma, aunque existen estudios previos sobre la valorización del lactosuero, la mayoría son diseñados con la implementación de un solo tipo de estrategia donde el acceso a la tecnología posee un alto costo de inversión, que es inviable para pequeños productores de zonas rurales. Razón por la cual, esta investigación se enfoca en la aplicación de alternativas tecnológicas domésticas, que además de tener un bajo costo de elaboración, contribuirán en la innovación tecnológica de las zonas rurales con escasos recursos, donde el acceso a los procesos tecnológicos no representará una limitante para las actividades productivas con prácticas sostenibles en la elaboración de sus productos.

Tecnológica

Las alternativas propuestas para la valorización del lactosuero, contribuyen a mejorar los procesos de producción de queso, mediante la aplicación de tecnología innovadora con el uso de energías renovables. Motivo por el cual, introducir avances tecnológicos a favor de la conservación del medio ambiente representa una oportunidad para el desarrollo sostenible de los productores de queso en la localidad de Miahuatlán.

Objetivo general

Evaluar las estrategias de reutilización de los residuos por lactosuero desde la perspectiva social, ambiental y económica que reduzcan la contaminación en la localidad de Miahuatlán, Veracruz.

Objetivos específicos

- Determinar las restricciones socioeconómicas en la producción de queso para identificar los retos del desarrollo rural sostenible en la localidad de Miahuatlán, Veracruz.
- Analizar las alternativas tecnológicas de tratamiento de lactosuero que disminuyen la contaminación del agua en la localidad de Miahuatlán, Veracruz para determinar la opción más rentable.
- Exponer las estrategias de manejo de residuos lácteos propuesta por los productores artesanales de queso para el control de la contaminación de la localidad de Miahuatlán, Veracruz.

Hipótesis

El manejo de residuos de lactosuero de los pequeños productores de queso en Miahuatlan, Ver. es rentable económica y ambientalmente cuando se diversifican las estrategias de reutilización del suero para la elaboración de subproductos como el biogás, biofertilizante, alimento para ganado y alimento humano, que la implementación de una sola estrategia.

1. Capítulo: Desarrollo rural sostenible: percepción de los productores de queso sobre las restricciones socioeconómicas en la producción artesanal para disminuir los residuos lácteos

Resumen

La teoría del desarrollo rural sostenible establece que si se logra el equilibrio entre la economía, sociedad y ambiente se puede trascender hacia la sostenibilidad a través de factores como cualificación de la mano de obra, incremento en las fuentes de empleo, cuidado de recursos naturales, acceso a la tecnología, ventaja comparativa en productos agrícolas de calidad, entre otros. Sin embargo, existen elementos como los incentivos económicos, que condicionan las decisiones de los microempresarios para trascender hacia la sostenibilidad. El objetivo de este artículo de investigación es determinar las restricciones socioeconómicas de la producción de queso que impiden a los productores lograr trascender a un desarrollo rural sostenible para la elaboración de productos artesanales menos contaminantes. El método que se utilizó para analizar las restricciones socioeconómicas fue la entrevista profunda, que se aplicó a nueve productores de queso de la localidad rural de Miahuatlán, Veracruz. Con la información recabada se construyó una matriz de cuatro cuadrantes, para exponer los elementos más relevantes del análisis cualitativo. Como resultado se encontró que la actividad económica de producción de queso en el área de estudio, impulsa la economía a través del empleo. No obstante, el manejo de los residuos por lactosuero en la elaboración de queso es ineficiente como consecuencia del escaso acceso a una correcta cualificación en la mano de obra y tecnología; lo cuales generan poca disposición por parte de los productores de queso para implementar prácticas sostenibles en su proceso de elaboración del queso.

Palabras clave: desarrollo sostenible, economía rural, productores de queso, lactosuero, contaminación.

JEL: O18, Q57, R58

ABSTRACT

The theory of sustainable rural development argues that if there is a balance between economy, society and the environment it can be transcended towards sustainability through factors such as the qualification of the workforce, an increase in sources of employment, care of natural resources, access to technology, and comparative advantage in quality agricultural products, among others. However, there are elements such as the economic incentives that condition the decisions of micro-entrepreneurs to transcend towards sustainability. The aim of this research article is to analyze the socioeconomic restrictions of cheese production that prevents micro-entrepreneurs from achieving a sustainable rural development for the production of less polluting artisanal products. The method used for the data collection was the in-depth interview applied to nine cheese producing microenterprises in the rural town of Miahuatlán, Veracruz; along with the literature review. As a result, it was found that the economic activity of cheese production in the study area drives the economy through employment. Nevertheless, the incorrect handling of cheese whey waste in cheese production is a limitation to maintain the balance between economic, social and environmental well-being. The limited access to a correct qualification in the workforce, technology and other elements to take advantage of the cheese whey waste in the transformation of by-products, creates few economic incentives in the willingness of the cheese producers to implement sustainable practices in their process of cheese making.

Keywords: sustainable development, rural economy, producers of cheese, cheese whey, pollution

1.1 Introducción

La producción de queso en áreas rurales, representa una fuente de empleo local que impulsa el desarrollo económico, porque crea una cadena de producción que beneficia a los fabricantes de queso y a los empleados de actividades relacionadas con este sector, generando bienestar a la comunidad y a las localidades aledañas (Bayer y Bayer, 1992). La producción de leche como una actividad previa al proceso de producción de queso, es una de las actividades económicas más importantes a nivel mundial. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la

Alimentación y la Agricultura (FAO) más del 80 por ciento de la leche que se produce en países en vías de desarrollo proviene de productores a pequeña escala; lo que permite el acceso a la seguridad alimentaria y a la creación de beneficios económicos a través de subproductos lácteos, que generan una fuente de ingresos para las familias (FAO, 2018).

El mercado del queso se caracteriza por la participación de empresas trasnacionales, nacionales y familiares; las cuales tienen distintos procesos de producción, tecnologías y estrategias. Aunque las empresas de producción familiar son generalmente de pequeña escala, en establecimientos con un nivel de subsistencia mínimo de poca posibilidad de reproducción del capital (Cesin et al., 2007); tienen una participación importante en el mercado como el caso de Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay, donde el 50% de la producción de queso proviene de empresas queseras pequeñas y medianas conocidas como PYMES con un procesamiento de menos de 10 mil litros de leche al día, constituyendo una importante fuente nutricional (Castells et al., 2017).

En México, la elaboración de queso es una de las actividades más significativas del mercado de la leche y sus derivados a nivel nacional, con una producción de 65 mil 942 toneladas y un valor en el mercado de 3 mil 322 millones de pesos MDP (SAGARPA, 2018). (**Agregar información del estado)**

Bettencourt et al. (2015), señalan que el sector ganadero en las zonas rurales, desempeña un papel fundamental en las funciones económicas y sociales, porque incentiva el bienestar en los hogares, suministra alimentos, crea una fuente de ingresos, ahorro de activos y contribuye a la diversificación y producción agrícola sostenible. Todas estas funciones económicas y sociales tienen como resultado el impulso del desarrollo económico.

Consecuencias de la producción de queso

Durante el proceso de elaboración de queso se producen diferentes tipos de residuos; no obstante, existe uno de mayor relevancia que se conoce como lactosuero, suero lácteo o suero de queso; el cual se define como el residuo líquido

que se adquiere cuando la caseína y la grasa se separan por coagulación de la leche (Frigon et al., 2009). El suero de queso posee un elevado contenido orgánico (Hublin y Zelić, 2013); se estima que 9 litros de suero lácteo son producidos a partir de 1 kg de queso, convirtiéndose en un residuo con alto grado de contaminación ambiental por sus niveles 3.5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6.8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido (Ghasemi et al., 2009; Parra, 2009).

Cuando el suero se deposita en la tierra afecta la estructura física y química del suelo, disminuyendo el rendimiento en los cultivos debido al fenómeno de lixiviación que incrementa las cantidades de nitrógeno soluble en el agua, las cuales se filtran por las diversas capas hacia los mantos freáticos, transformándose en un peligro para la salud de animales y humanos (Valencia y Ramírez, 2009). Por otra parte, cuando se libera en los cuerpos de agua, la vida acuática disminuye por la poca disponibilidad de oxígeno disuelto (Dragone et al., 2009). En México, el suero que se produce es aproximadamente de 1 millón de toneladas y contiene 50 mil toneladas de lactosa y 5 mil toneladas de proteína verdadera; sin embargo, no existen datos concretos de la utilización del suero, se estima que sólo se aprovecha el 10% (Valencia y Ramírez, 2009).

Aunque el lactosuero constituye un residuo altamente contaminante, conserva un alto contenido de nutrientes orgánicos como lactosa (45g/L a 50 g/L), proteínas solubles (6 g/L a 8 g/L), lípidos (4g/L a 5 g/L) y sales minerales (8-10% de extracto seco) (Dragone et al., 2009). Motivo por el cual, se ha propiciado el desarrollo de diferentes estudios para buscar alternativas de transformación en un subproducto del mercado con el fin de darle un valor agregado. De acuerdo con Carvalho, Prazeres, y Rivas (2013), podemos distinguir tratamientos biológicos como la digestión anaeróbica o aeróbica; tratamientos físico-químico conocidos como la coagulación, floculación y precipitación, procesos de oxidación, humedales construidos y reutilización agrícola. Mientras que, Dragone et al. (2009), recomienda la producción de bebidas alcohólicas por bioconversión de suero, entre otras.

Las investigaciones sobre el lactosuero se han concentrado en acciones unitarias, algunas complejas e incluso costosas para ser implementadas en el medio rural. Autores como Lara Utama (2017), argumentan que el suero de queso se ha transformado en una amenaza para la sostenibilidad del proceso de producción en pequeñas y medianas empresas (PYMES), ya que los productores siguen depositando los residuos en los cuerpos de agua o en el suelo. La creciente preocupación por producir alimentos de forma ecológica, representa una oportunidad para reactivar los procesos de transformación del lactosuero, que fueron abandonados por la no viabilidad económica (Ramírez, 2012). En algunos países del sur de América la experiencia reconoce que la producción de queso a pequeña escala transforma entre 50 y 500 litros de suero al día, por medio de alternativas sencillas y de bajo costo con el objetivo de crear incentivos para poder implementar dichas técnicas (Castells et al., 2017). La ejecución de acciones diversificadas en el uso de residuos contaminantes para la creación de subproductos, contribuye a disminuir los efectos negativos al ambiente, y al mismo tiempo a mantener el equilibrio entre la economía y sociedad.

Revisión de la literatura

Hoy en día, cada vez más investigadores están interesados en solucionar los problemas ambientales y el desarrollo económico en zonas rurales. En particular, algunos estudios enfatizan que el desarrollo rural sostenible implica lograr un equilibrio entre los rubros de la economía, ecología y la sociedad dentro de una comunidad. El desarrollo sostenible, se puede definir como un tipo de desarrollo de un complejo sistema, que tiene como fin mantener un equilibrio dinámico y hacer un cambio directo, desde un enfoque científico y tecnológico; es un concepto conformado por distintitas disciplinas que influyen en cómo se formulan y proponen acciones para cada rubro específico (Giddings et al., 2002). En este sentido, para poder cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible, es indispensable buscar la seguridad en la alimentación y resolución de problemas en la sociedad; así como el impulso de la economía de mercado y la corrección de los problemas ambientales en las áreas rurales (Kulchii, 2018).

El desarrollo rural puede analizarse mediante un enfoque de economía regional, así como de los estudios rurales multidisciplinarios; y no sólo de las teorías básicas del desarrollo económico (Kacar et al., 2016). Para autores como Ji et al. (2019), la pobreza y los problemas ambientales en las áreas rurales están interconectados, debido a que los servicios ambientales básicos son el principal sustento de la población en estas áreas; por lo que la disminución de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente hacen crucial el panorama para las personas en condiciones de pobreza. Las áreas rurales con altos grados de marginación no cuentan con tecnología suficiente, y mucho menos con mecanismos que les permitan enfrentar la degradación ambiental; razón por la cual, el desarrollo sostenible debe enfocarse en la preservación del medio ambiente.

Algunos autores como Lucica y Marioara (2018), describen el desarrollo en las localidades rurales como el proceso donde la población participa activamente en acciones para valoración de los recursos propios en el beneficio social y económico de la zona; mediante la competitividad de los sectores agrícolas, y el impulso de instrumentos financieros como las inversiones, con el objetivo de revelar nuevas oportunidades de mercado. Mientras que, para otros investigadores, la naturaleza del desarrollo rural requiere tener un enfoque integrador y transversal, donde se combinen acciones y políticas económicas, sociales y ambientales, con la idea básica de que los recursos deben estar disponibles para las generaciones futuras (Tulla et al., 2017). En este sentido, la planificación y la gestión en las zonas rurales buscan detectar los problemas territoriales, donde conjuntamente se promuevan actividades sostenibles para el desarrollo rural, por medio de la ventaja comparativa en relación a ciertos productos y servicios. Un ejemplo de esta perspectiva, es el caso en zonas montañosas rurales donde se procesan y comercializan productos lácteos que crean valor agregado, a través de productos que poseen calidad y contribuyen en la preservación del medio ambiente. Por su parte, Aceleanu et al. (2018), se enfocan en el potencial económico de las áreas rurales a través de factores como el capital humano y los recursos naturales; señalando que estos elementos presentan limitantes correspondientes a una mala cualificación de la

mano de obra y a la cantidad finita de recursos disponibles en estas zonas; razón por la cual se deben implementar acciones para corregir estos problemas.

El artículo analiza las restricciones que existen en las actividades productivas para lograr trascender a la sostenibilidad en microempresas ubicadas en zonas rurales, basadas en la experiencia de los productores y el manejo de sus residuos. La disposición a mejorar los procesos de producción para que cumplan con las necesidades actuales del mercado y con los requisitos de un desarrollo sostenible encuentra limitantes entre el sector económico y la esfera ambiental. Aunque existen distintos elementos para lograr la sostenibilidad a través del cuidado de los recursos naturales, la mejora del capital humano por medio de la cualificación de la mano de obra y acceso a la tecnología; se ha descuidado la aplicación de acciones coherentes entre el cuidado del ambiente y el impulso de la economía. Debido a que implementar una opción ecológica puede ir en contra de los beneficios económicos del sector productivo en localidades rurales, causando repercusiones al medio ambiente y a la sociedad en general.

1.2 Metodología

Área de estudio

La localidad de estudio corresponde a la cabecera municipal de Miahuatlán, la cual se encuentra ubicada en la zona central montañosa del Estado de Veracruz, perteneciente a las estribaciones de la Sierra de Chiconquiaco, en los paralelos 19° 42’ y 19° 46’ de latitud norte; los meridianos 96° 51’ y 96° 55’ de longitud oeste; con una altitud entre 900 y 2,100 msnm. Colinda con los municipios de Landero y Coss al norte, Acatlán al este, Naolinco al sur y Tonayán al oeste; y representa el 0.04% de la superficie del estado (INEGI, 2010). Su clima se caracteriza por ser semicálido húmedo con lluvia durante todo el año (100%); su rango de temperatura esta entre 18°-22° C, mientras que su rango de precipitación es de 1,500 – 2,000 mm (SEFIPLAN, 2016).

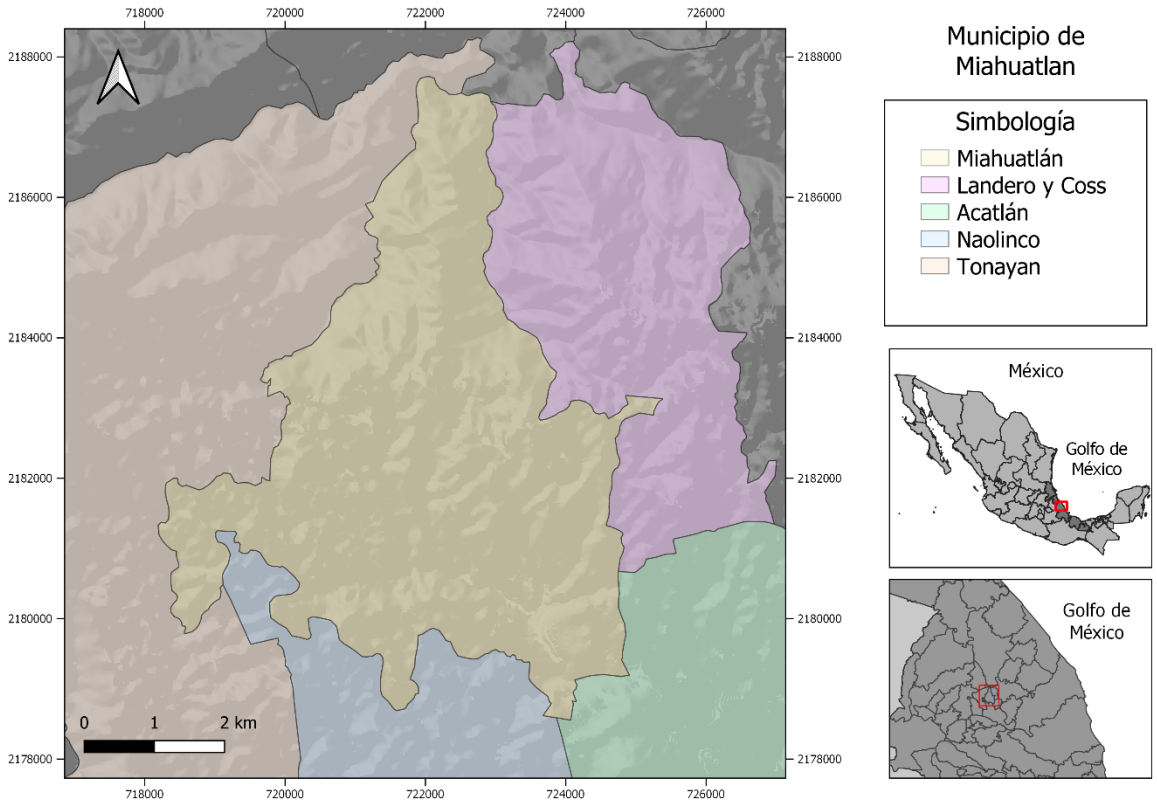

Figura 1.1 Ubicación del municipio de Miahuatlán, Veracruz
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

La localidad de Miahuatlán forma parte de la microcuenca del río Naolinco, que a su vez pertenece a la subcuenca del río Sedeño en un 70.6% y río Misantla en un 29.4%; y en la región hidrológica Papaloapan (70.6%) y Tuxpan-Nautla (29.4%) (INEGI, 2010). La microcuenca del río Naolinco, está compuesta por los municipios de Acatlán con un 4.42% del territorio ocupado en la microcuenca, Landero y Coss con 5.68%, Tonayán con 5.22%, Naolinco con 32.4% y finalmente Miahuatlán con 52.9%, representando en consecuencia el municipio con mayor extensión del territorio de la microcuenca (Martínez, 2010).

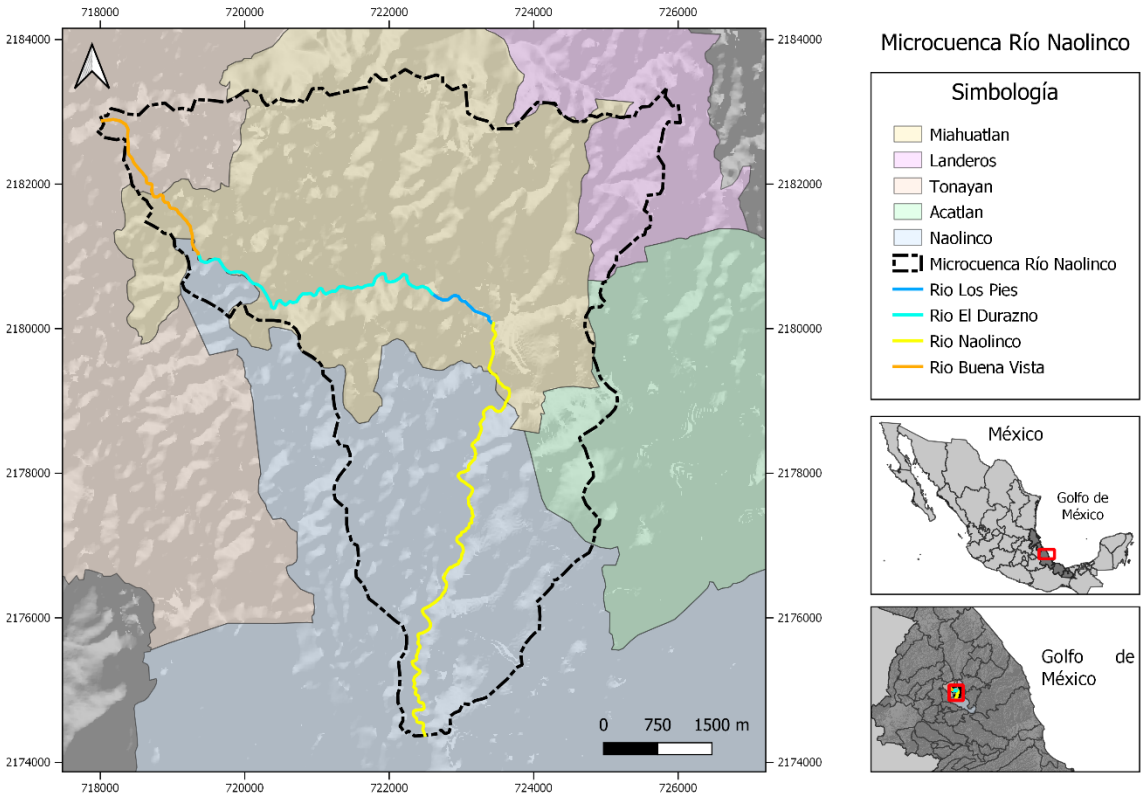

Figura 1.2 Microcuenca del río Naolinco
Fuente: Elaboración propia con datos Sosa (2015).

La producción de queso representa una de las principales actividades productivas para el desarrollo económico de la región (INEGI, 2016). Esta localidad, tiene una población total de 4,734 personas distribuidas en catorce localidades, de las cuales sólo una es urbana y el resto rural. La Población Económicamente Activa (PEA) es de 1,476 habitantes; donde el empleo se concentra mayormente en el sector primario con un 55% de la población, seguido del sector terciario con un 23%. En las actividades agrícolas, los principales cultivos son el maíz de grano, café cereza y la papa; en la ganadería los principales volúmenes de producción en pie los tiene el ganado bovino, porcino y ovino (SEFIPLAN, 2016). La actividad ganadera tiene 273 hectáreas (representa el 60% del uso de suelo); mientras que la actividad agrícola solo cuenta con 129 hectáreas (35% del uso de suelo); sólo el 10% es para uso habitacional y el resto para la actividad comercial (INAFED, 2010; INEGI, 2016).

Empresas de producción de queso en Miahuatlán, Veracruz

La elaboración de queso en la localidad de Miahuatlán corresponde a un promedio de 24 queserías, donde 50% son de tipo formal y el resto de tipo informal. La mayor parte de productores se caracterizan por tener microempresas con un número de empleados entre uno y diez trabajadores; mientras que dos empresas son de pequeña escala con un promedio entre 11 y 50 empleados. El total de producción de queso para el primer grupo corresponde aproximadamente a 500 kg de queso diario y 1000 kg de queso al día para el segundo grupo (Sosa, 2015).

En el año 2010 la producción de leche que se procesaba diariamente era de un total de 20 mil litros; los residuos lácteos se depositaban en el drenaje de las viviendas de los productores, los cuales desembocaban sobre el río Naolinco afectando el equilibrio de la microcuenca por el alto grado de contaminación, como consecuencia del abandono y falta de operación en el sistema de tratamiento que se instaló en los años noventa (Escalón, 2010).

Las evaluaciones que se han llevado a cabo sobre el río Naolinco de la microcuenca en la localidad de Naolinco y Miahuatlán para analizar la calidad del agua, tuvieron como resultado la existencia de coliformes fecales, nitratos y residuos de materia orgánica; este último hace referencia al suero de queso (Romano, 2014). El río Naolinco es la principal fuente de abastecimiento de agua para la localidad de Miahuatlán; por lo que constantemente existe una fuerte presión ambiental por parte de los habitantes para la extracción de agua en la producción ganadera, quesera, agrícola, comercial y uso doméstico (Martínez, 2010).

El lactosuero ejerce una considerable demanda de oxígeno; su eliminación o reutilización es de suma importancia para los productores debido al incremento en el volumen de la producción de queso, y al establecimiento de leyes más estrictas en materia de protección ambiental por parte del Estado. Motivo por el que la industria láctea debe intentar alcanzar una posición donde el manejo de sus residuos no sea un factor que impida a este sector productivo satisfacer la demanda del mercado (Ghaly y Kamal, 2004); ni disminuir los beneficios que proporciona a la sociedad a través de la creación de empleo.

Método de entrevista profunda

Para analizar las restricciones socioeconómicas en la producción de queso por contaminación de los residuos lácteos, se desarrolló un estudio de caso a través de la metodología cualitativa de entrevista profunda. La entrevista profunda es una metodología utilizada ampliamente en investigaciones relacionadas con la conservación ambiental; se caracteriza por ser flexible lo que permite un análisis profundo en un tamaño de población pequeño, ubicando el enfoque de la investigación en proporcionar información de contexto y brindar información detallada sobre las opiniones, perspectivas y motivaciones de cada participante (Newing, 2010). El método de entrevista que se eligió fue el propuesto por Young et al (2018), que se puede observar en la Figura 1.3 donde muestra las etapas del proceso de la entrevista aplicada a los productores de queso de la localidad de Miahuatlán, Veracruz.

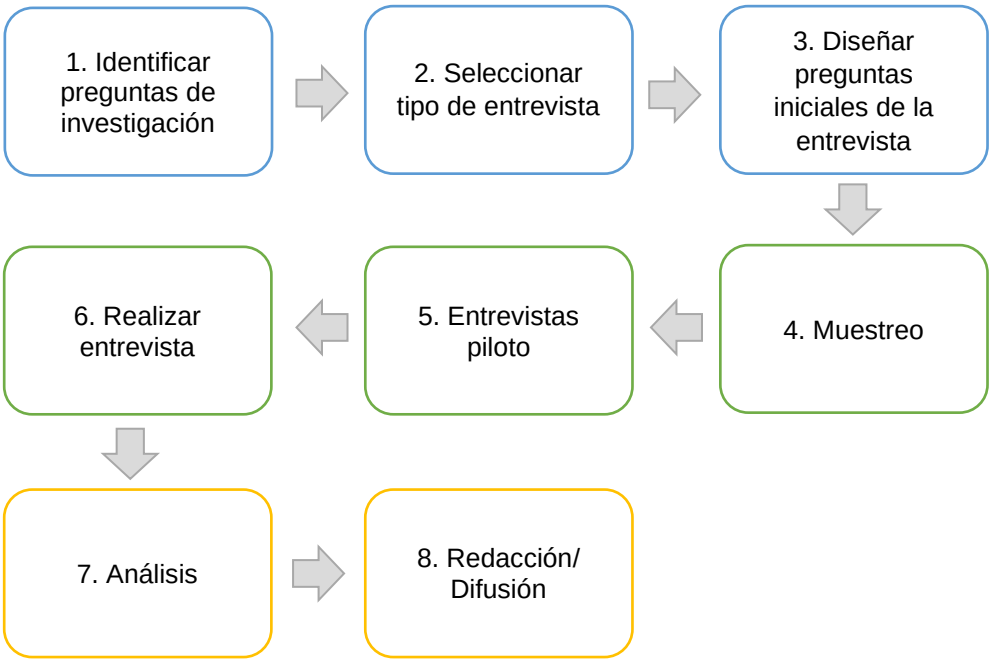

Figura 1.3 Etapas del proceso de entrevista profunda.
Diseño inicial del proyecto (etapas 1-3), recopilación de datos (etapas 4-6), análisis y redacción (etapas 7-8).
Fuente: tomado y modificado de Young et al. (2018).

En la primera etapa: se identificaron las preguntas de investigación desde un enfoque correspondiente a la visión individual y colectiva, sobre las restricciones

socioeconómicas para disminuir los residuos lácteos; la cual incluyó preguntas enfocadas a la percepción de tipo económico, ambiental y social. Con el fin de obtener información de contexto, generar ideas y brindar información detallada sobre las opiniones, perspectivas y motivaciones de cada participante. Para la segunda etapa correspondiente a la selección del tipo de entrevista, se eligió la entrevista de tipo semiestructurada, basada en Newing (2010); que consistió en una lista de preguntas para asegurarse de que todos los puntos clave de interés se discutieran de la mejor forma. En la tercera etapa se diseñaron las preguntas y posteriormente en la etapa cuatro se seleccionó la técnica de muestreo de informantes clave, dirigida a los productores de queso que mantienen sus negocios de manera formal (registrados en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público); los cuales fueron identificados por la investigación documental de estudios previos del proyecto FOMIX-Veracruz- 2008-01 94211, titulado “Programa para la restauración integral de la microcuenca del río Naolinco, Veracruz”. En la quinta etapa, se realizó una prueba piloto con dos productores de queso con empresas de tipo informal de la localidad de Miahuatlán, que se caracterizan por tener una producción de 50 kg de queso a la semana. En la sexta etapa, se aplicó la entrevista final a nueve productores de un total de doce (la guía de preguntas puede ser consultada en el Anexo 1.1). Finalmente, para poder analizar la información de las entrevistas, se llevó a cabo un proceso de codificación. El código puede describirse como etiquetas para conferir unidades de significado a la información descriptiva o inferencial compilada durante el estudio; los cuales pueden ser asignados a palabras individuales, frases, oraciones o párrafos completos en cada transcripción para ayudar a la interpretación del significado.

Cuadro 1.1 Proceso de codificación de la información obtenida en las entrevistas a productores de queso de la localidad de Miahuatlán.

Categorías	Códigos	Descripción
Acciones individuales	*Perspectiva personal *Factores económicos	- Visión personal sobre realizar esta actividad. - Contexto económico del productor como parte de la localidad.

	*Problemas por contaminación *Disposición al cambio	- Problemáticas en el proceso de elaboración de queso. - Disposición a cambiar sus procesos de producción y tratar el lactosuero.
Acciones colectivas	*Perspectiva como organización *Factores económicos *Problemas por contaminación	- Visión del productor como parte de una asociación. - Contexto económico del productor como parte de una asociación - Actividades como organización de productores para disminuir sus residuos lácteos

Fuente: Elaboración propia con datos de Newing (2010).

Para la etapa final de redacción y difusión se elaboró una matriz de cuatro cuadrantes desarrollada por Wilber (2000); donde de acuerdo a la teoría integral de los cuadrantes existen al menos cuatro perspectivas imprescindibles (subjetiva, intersubjetiva, objetiva e interobjetiva) que deben consultarse cuando se quiere comprender un tema o aspecto de la realidad (Esbjörn-Hargens, 2010). En el Figura 1.1 se puede observar la descripción de la matriz que se implementó como herramienta clave para estudiar las restricciones socioeconómicas en la producción de queso para disminuir los residuos lácteos.

	INTERIOR **Yo**	EXTERIOR **Ello**
INDIVIDUAL	***Consulta psicológica:*** Intencional (subjetivo) - Emociones - Identidad propia - Creencias Arriba a la izquierda	***Análisis conductual:*** Comportamiento (objetivo) - Empírico - Químico - Biológico Arriba a la derecha

	Inferior izquierda	Inferior derecha
COLECTIVO	***Investigaciones culturales y de cosmovisión:*** Cultural (intersubjetivo) - Filosófico - Ético - Religioso **Nosotros**	***Evaluaciones ecológicas y sociales:*** Social (interobjetivo) - Ambiental - Político - Educativo - Legal - Económico **Ellos**

Figura 1.4 Matriz de cuatro cuadrantes
Fuente: Tomado y modificado de Esbjörn-Hargens (2010).

Los cuatro cuadrantes expresan distintas dimensiones de la realidad, donde los individuos tienen experiencia subjetiva e intencionalidad; así como diferentes comportamientos que pueden ser observados como componentes fisiológicos y exteriores. De igual forma, los individuos no están solos, sino que son parte de grupos o colectivos; tal como los productores de queso en la localidad de Miahuatlán, que tienen un papel individual y colectivo en el desarrollo rural económico, social y ambiental.

1.3 Resultados y discusión

Acción individual

La producción de queso en el municipio de Miahuatlán, surgió como una actividad familiar de autoempleo, debido a la poca oferta de trabajo en el mercado laboral de la región. La quesería con mayor tiempo de producción en la localidad, expuso que su negocio quesero se fundó mediante la recolección de leche a ganaderos locales hace más de 40 años; estos productores vendían la leche a una empresa del municipio de Xalapa. Sin embargo, la empresa quebró y los ganaderos pidieron al actual productor que hiciera algo para que la leche no se desperdiciara; motivo por el que decidió iniciar la producción de queso a través de la difusión de conocimientos tradicionales de queseros del municipio de la Joya, Veracruz, fundándose así la

actividad quesera en la región. El objetivo de iniciar con esta actividad productiva, se enfocó en adquirir ingresos extra, como consecuencia de la baja remuneración que obtenían de trabajos como la venta de leche, agricultura, albañilería, entre otros.

Los entrevistados señalaron que lo más importante para los productores, es conservar este negocio, porque representa bienestar en sus familias y lo consideran como una herencia familiar que es parte de su patrimonio. Es una actividad exigente en todos los sentidos, desde la elección de las materias primas hasta la venta y tratamiento de residuos; motivo por el cual seguir activo en este oficio es un trabajo complejo. La elaboración de queso tiene un impacto positivo social y económico que favorece a muchas personas de manera directa e indirecta mediante la creación de empleo. Aproximadamente, existe un total de 6200 familias que se benefician de la producción de queso, las cuales no sólo corresponden a la comunidad de Miahuatlán, sino que incluye a familias de municipios aledaños como Naolinco, Tonayán, Acatlán, Landero y Coss, Chiconquiaco y Tepetlán. Los municipios antes mencionados forman parte de la cadena de producción, principalmente por ser proveedores de leche o intermediarios en la venta de productos queseros.

Los productores de queso en la localidad de Miahuatlán, se enfrentan constantemente a problemas como el tratamiento de residuos, el traslado del agua; así como de la compra correcta de materias primas (como el caso de la leche) y la competencia del mercado frente a empresas nacionales y trasnacionales para la venta de sus productos. El aumento en la producción de queso por parte de las procesadoras más grandes de la zona, implica un incremento en los residuos producidos como el lactosuero. La mayoría de los queseros deposita sus desechos en el único drenaje que existe en la localidad causando daños en los cuerpos de agua de la localidad y localidades aledañas como el municipio de Naolinco, Ver. La razón principal de contaminación es que los residuos se vierten a una distancia de 5 kilómetros río abajo, sin tener un tratamiento previo o bien el sistema de una planta tratadora para sus desechos. El tipo de lactosuero que se produce en mayor cantidad proviene del queso tipo Oaxaca representa el 71.3% del total de la producción; este tipo de suero se caracteriza por tener un alto grado de acidez en

comparación con los otros tipos de queso. Algunos productores declararon, que los residuos de suero que producen son dados a sus animales (cerdos) como alimento y en muchas ocasiones lo regalan para criaderos de cerdos; no obstante, no todos los residuos pueden usarse para esta acción.

Por otra parte, cuando se preguntó a los productores si el uso del agua representa un problema en el proceso de producción, las respuestas tuvieron dos comportamientos distintos. El 22% de los productores entrevistados respondió que no tenían problemas en el uso del agua, porque cambiaron sus técnicas de producción para reducir el consumo. Sin embargo, el 78% del resto de los queseros mencionaron que habían adaptado instalaciones en sus microempresas para trasladar el agua de las tomas de abastecimiento de agua para la población, lo que implicó gastos económicos. De igual forma, el segundo grupo mencionó que las actividades por parte de los productores de leche y queso ejercen una fuerte presión sobre la demanda de agua. Los queseros expresaron que una sola vaca necesita en promedio 80 litros diarios de agua para su ingesta; con una producción de 20 a 25 litros de leche. En Miahuatlán, diariamente se producen alrededor de 70,000 a 80, 000 litros de leche; el agua que consume el ganado es mayor que la producción de leche, lo que ha causado problemas de abastecimiento en la población, así como la disminución en el flujo de agua del río.

La calidad de la leche es otro elemento importante para la producción de queso. Los productores argumentaron que no cuentan con algún equipo para determinar el grado de acidez; así como para saber si la leche contiene antibiótico o incluso si presenta algún tipo de contaminante. El principal problema que presentan los queseros con los proveedores de leche es que aplican antibiótico a las vacas en periodo de lactancia, el cual es un componente difícil de identificar si no cuentas con los instrumentos adecuados. La presencia de estos componentes inhibe los procesos de fermentación para la producción de derivados lácteos como el queso, generando pérdidas económicas y en ocasiones multas con el gobierno por parte de salubridad cuando encuentran estos componentes en sus productos.

Los antibióticos son el grupo de fármacos más usados en la industria pecuaria, para el tratamiento de agentes antimicrobianos en enfermedades infecciones, especialmente en la mastitis. El uso incorrecto de estas sustancias genera residuos contaminantes en la leche, que representan un serio problema para la salud de las personas. Los residuos de antibióticos en la leche causan el desencadenamiento de procesos alérgico, el origen de microorganismos patógenos resistentes y cambios en el comportamiento de la flora gastrointestinal, entre otros efectos tóxicos directos (Ramírez et al, 2001).

El alcance que genera esta actividad productiva, es de suma importancia para el desarrollo social y económico de la región; razón por la cual, los productores están dispuestos a llevar a cabo acciones que solucionen los problemas de contaminación por lactosuero de los que actualmente forman parte. En un periodo aproximado de cinco años, la estrategia para evitar daños al medio ambiente fue la venta del suero de queso a la empresa Nestlé; debido a que la empresa contaba con la tecnología suficiente para reutilizar el suero lácteo. Durante este tiempo, el único problema al que se enfrentaban los productores de queso era a la recolección de leche con buena calidad; la empresa producía fórmulas lácteas a partir del secado de suero. Sin embargo, en diciembre del año 2018 dejaron de comprar el lactosuero de la localidad de Miahuatlán; lo que causó el retorno de los problemas ambientales y multas a la procesadora que tenían un mayor volumen de producción. Las multas estipuladas por el gobierno, terminaron en la clausura de la quesería con mayor producción y antigüedad.

La empresa Nestlé, exigía el cumplimiento de parámetros físico-químicos a los productores de queso para aprobar la compra del lactosuero, los cuales eran el nivel de acidez en un rango de 14° a 16°, así como el rechazo al uso de conservadores químicos, antibióticos, almidón y dióxido de cloro en la composición del suero. Un productor de lactosuero expresó que cuando se obtiene la cuajada para elaborar queso, debe mantenerse en un proceso de maduración de un promedio de 3 horas, alcanzando un grado de acidez entre 26°-28°. Si el tiempo de madurez del queso excede el tiempo antes señalado, entonces se puede obtener el grado de acidez

entre 14°-16°; cuando el suero lácteo obtiene estos niveles de acidez la calidad del queso disminuye, teniendo como resultado un producto con menor aceptación en el mercado.

El entorno, situó en desventaja la producción de los queseros obligándolos a tomar una decisión entre producir un queso de calidad u obtener suero con las propiedades correctas para su venta. Del mismo modo, para poder cumplir con las reglas de la empresa, los queseros podían haber elegido fabricar queso fresco; sin embargo, su demanda en el mercado es muy baja en comparación con el queso tipo Oaxaca, que es el queso con mayor volumen de producción. Otro factor que también incentivó la pérdida de interés por vender los residuos, se debió a los bajos ingresos que obtenían de la venta del suero, ya que un litro de suero tenía un valor de ocho a diez centavos; lo que causó poco interés por parte de los productores para continuar produciendo.

Acción colectiva de los productores de queso

Como parte de la problemática causada por los residuos de lactosuero al medio ambiente, los productores locales crearon una asociación llamada Unión de queseros y derivados lácteos de Miahuatlán S.A de C. V., que fue promovida por los productores de las queserías con el mayor volumen de producción. Esta asociación se conformó en 2008 con el objetivo de reducir los daños ambientales a los cuerpos de agua de Miahuatlán que son vertidos por medio del drenaje. Los cuerpos de agua afectados forman parte de la Microcuenca del río Naolinco; razón por la que los productores trabajan en colaboración con el gobierno, específicamente con la Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA), ahora conocida como Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

La asociación de queseros desempeña sus actividades a través de juntas, donde se manejan tres temas principales que son la disposición final de los residuos por el suero lácteo, la compra de leche con proveedores seguros y la asignación de precios homogéneos para la venta del queso producido.

En 2012 con recursos del proyecto FOMIX 2008[1] los productores de queso tuvieron un enlace con el Instituto Tecnológico de Orizaba a través del Dr. Alejandro Alvarado Lassman catedrático e investigador de esta institución, así como la participación del Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET) donde se envió el lactosuero para verificar su degradabilidad en un prototipo de biodigestor para la creación de gas y energía eléctrica. Una vez obtenidos los resultados, se le informó a la asociación quesera, que necesitaban una inversión de alrededor de 9 millones de pesos, o incluso 16 millones de pesos incluyendo los costos de mantenimiento. Algunos queseros, estaban dispuestos a dar parte de su capital; sin embargo, el dinero aportado era insuficiente para implementar el biodigestor y cubrir los costos de mantenimiento de la planta.

Entre las actividades más recientes que han llevado a cabo, fue la presentación de un oficio de pliego petitorio en el mes de abril del año 2019, dirigido al secretario de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), donde expusieron su interés por participar en la búsqueda conjunta de alternativas para el uso del suero, así como su oposición a una planta de tratamiento, debido a los altos costos de mantenimiento. Finalmente, expresaron que la solución más adecuada para detener la contaminación, era tener acceso a la tecnología de la empresa encargada de recolectar el lactosuero que se vendía a la Nestlé. Generalmente, cuando algún productor está en problemas los queseros se unen para apoyarse mutuamente; tal como ocurrió con la clausura de procesadora más grandes de la comunidad, donde tuvieron que manifestarse en conjunto ante instancias de la ciudad de Veracruz.

Los productores de queso, trabajaron en conjunto para buscar alternativas que detengan la contaminación; no obstante, expresan que los proyectos emitidos por el gobierno nunca les favorecieron, porque son una comunidad pequeña de queseros. Los queseros de la localidad de Miahuatlán señalaron que además de trabajar con el gobierno, la Universidad Veracruzana y el Instituto Tecnológico de

[1] Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACYT-Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Resultados del 2º Periodo de la Convocatoria FOMIX-Veracruz- 2008-01. Recuperado de file:///C:/Users/key_1/Downloads/FOMIX-Veracruz_Resultados-2o_Periodo_2008-01.pdf

Orizaba, han buscado ayuda como con otras asociaciones nacionales, conformadas por productores de Estados como Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, el Valle de México, así como otros productores del Estado de Veracruz, con el fin de dar una solución rotunda de la disposición final de sus residuos. No obstante, los queseros sólo participaron algunos meses, porque expresaron que nunca llegaron a una solución.

Aunque los productores de queso de la localidad de Miahuatlán están dispuestos a implementar acciones para detener la contaminación, existe desconfianza en que realmente logren llegar a una solución, ya que no cuentan con la tecnología adecuada ni con financiamiento suficiente. De igual manera, entre los propios productores existen conflictos en los procesos de producción, ya que uno de los queseros declaró haber adaptado sus procesos productivos para cumplir los parámetros establecidos por la empresa, mientras que algunos fabricantes optaron por no cambiar sus procesos productivos, propiciando la disminución de la cantidad de suero que oscilaba entre los 35,000 y 40,000 litros de suero diarios para la compra.

Los problemas de contaminación están empezando a tener repercusiones económicas, sociales y ambientales; por una parte, el miedo de los queseros a ser multados por el gobierno causó que algunos dejaran de elaborar queso para producir yogurt, con el objetivo de evitar la producción de lactosuero. Mientras que otros productores, argumentaron que dejarán de producir queso, por todos los problemas que implica elaborarlo y por las pérdidas que representa la compra de leche con antibiótico, que impide que el queso llegue a su correcta maduración.

Perspectiva general de los productores de queso

Las queserías de la localidad de Miahuatlán, Veracruz, son un elemento clave en el desarrollo económico de la región, porque representan una cadena de producción que impulsa el empleo no sólo de la actividad quesera, sino también de lecheros e intermediarios que venden sus productos finales. El cierre de estas microempresas reduciría los beneficios de la sociedad, causando factores como la migración hacia áreas con mayor oportunidad de empleo. En cuanto a los problemas ambientales, la contaminación se ha disparado por las grandes cantidades de suero que son

depositadas al drenaje sin algún tratamiento previo; un productor declaró que estaba depositando el suero en un terreno grande con graba, para filtrar los contenidos orgánicos y reducir los daños de depositar el suero directo, esta medida fue recomendada por parte del gobierno. Mientras que otros productores de queso a pequeña escala, optan por darles a sus cerdos el lactosuero como alimento.

Se necesitan acciones con una visión multidisciplinar para lograr llegar a una solución enfocada en el desarrollo rural sostenible, sin omitir ni sobrevalorar alguna de las esferas económicas, sociales y ambientales. Las lecciones que se derivan al respecto, forman parte de la actual problemática entre el sistema económico y el medio ambiente; este estudio de caso, es un claro ejemplo de la brecha que existe en las condiciones de desarrollo de las economías rurales, donde el acceso a nueva tecnología, la explotación de recursos, la falta de regulación por parte del gobierno y los incentivos económicos para la disposición a cambiar por parte de los productores se convierten en restricciones de las actividades productivas en las zonas rurales, que les impiden trascender a la sostenibilidad.

En la Figura 1.2 se pueden observar los datos de una matriz general de los productores de queso que toma los aspectos más relevantes para los componentes de cada cuadrante; en la primera parte donde se encuentra la consulta psicológica los resultados obtenidos fueron el sentido de pertenencia de esta actividad productiva como una herencia. En el segundo cuadrante el análisis conductual muestra que, aunque se han creado acciones para cambiar las técnicas de producción con el fin de disminuir la contaminación, las acciones aún son insuficientes, pues los productores están buscando nuevos mercados e incluso algunos cerraron sus microempresas. Finalmente, en los últimos cuadrantes los resultados mostraron la unión de los productores como organización para el trabajo colectivo. El principal objetivo es encontrar alternativas para disposición final del lactosuero que contribuyan a disminuir la contaminación; finalmente en el último cuadrante, muestra los aspectos ecológicos y ambientales, donde el gobierno y los elementos territoriales poseen un papel importante.

	Interior	Exterior
INDIVIDUAL	***Consulta psicológica:*** - Microempresas son una herencia familiar - Miedo de perder su trabajo por multas de gobierno - Escepticismo en generar una solución para tratar el lactosuero	***Análisis conductual:*** - Trabajo para cambiar técnicas en la forma de producción - Conocimiento de otras empresas con tratamiento de residuos - Cambio de producción de queso por yogurt - Cierre de microempresas
	Arriba a la izquierda	Arriba a la derecha
	Inferior izquierda	Inferior derecha
COLECTIVO	***Investigaciones culturales y de cosmovisión*:** - Creación de asociación de fabricantes de queso - Disposición a aprender opciones para reutilizar el suero lácteo. - Trabajo conjunto en la solución de problemas.	***Evaluaciones ecológicas y sociales*:** - Fuente de ingreso y empleo - Aumento en la demanda de agua - Contaminación por lactosuero - Problemas con municipios aledaños por contaminación - Sanciones y multas ante el gobierno

Figura 1.4 Matriz de restricciones en la producción de queso por contaminación de residuos de lactosuero en la localidad de Miahuatlán, Ver.
Fuente: Elaboración propia

La matriz de restricciones socioeconómicas en la producción de queso representa las dimensiones de la realidad en la problemática de la disposición final de los residuos por lactosuero. Todos los queseros, tienen alguna forma de experiencia subjetiva e intencional, la cual se ve reflejada en el primer cuadrante donde se observa que existe desconfianza por parte de los productores de queso para llegar a una solución, debido a que las estrategias de control de residuos no han funcionado para trascender a una solución. En el cuadrante de análisis conductual se observa que no existen incentivos para llevar a cabo el cambio en sus procesos productivos, ya que los queseros optarían por abandonar sus negocios o cambiar el giro de su actividad económica.

En los cuadrantes inferiores se representa a los queseros como parte de un colectivo; los individuos en general nunca están solos, por lo que forman parte de grupos o colectivos. La realidad particular que muestran los cuadrantes son los desafíos que enfrentan los productores de queso en el manejo y tratamiento de sus residuos por lactosuero para transcender a la sostenibilidad. Como una sociedad colectiva, existe mayor disposición por parte de los productores de queso a crear soluciones. En el último cuadrante se puede ver el panorama final de la problemática: primero están los aspectos económicos de la elaboración de queso, después están los problemas del medio ambiente y la contaminación que repercuten a la sociedad; y finalmente se encuentran los problemas relacionados al sector público.

El desarrollo rural sostenible implica lograr el equilibrio entre la economía, sociedad y medio ambiente, a través de distintos factores enfocados en el capital humano, conservación de los recursos naturales, acceso de conocimiento y nuevas tecnologías. Sin embargo, existen otros elementos que limitan el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible; como en el caso de las actividades productivas, donde implementar alternativas ecológicas puede ir en contra de los beneficios económicos en el sector productivo.

Generalmente, las zonas rurales enfrentan problemas en la transición a una economía más verde, debido a las restricciones sistemáticas internas, como consecuencia de una base económica débil y de un nivel deficiente en el conocimiento para implementar tecnología (Ji et al, 2019). La marginación que existe en las áreas rurales, impide que los productores puedan llevar a cabo prácticas ecológicas que no afecten su producción. En el caso de la elaboración del queso, sólo contaban con una única alternativa ambiental; sin embargo, el interés entre los productores sólo duró algunos años, al determinar que los requerimientos en los estándares de calidad de la empresa recolectora, causaba una disminución en la calidad de sus productos y en consecuencia el decremento en la venta de queso.

Un hallazgo relevante del estudio, fue que existe acceso a información sobre las distintas alternativas tecnológicas para el uso del lactosuero por parte de los productores. No obstante, este elemento no simboliza un factor determinante para generar procesos sostenibles, debido a que no existe financiamiento por parte del gobierno y empresas; así como la cualificación en la mano de obra por parte de expertos para implementar alternativas sostenibles en el tratamiento de residuos. En este contexto, para promover el desarrollo sostenible en el uso del suero de queso, algunos autores como Panghal et al. (2018), señalan que la valorización del suero con distintas tecnologías para la creación de diferentes productos, es el aspecto más importante para el desarrollo de las tres dimensiones de la sostenibilidad. Si no existe diversificación en las alternativas de uso del lactosuero; es probable que los problemas de contaminación sigan formando parte del proceso de elaboración de queso.

La producción de queso como una actividad derivada del sector agropecuario en zonas rurales, enfrenta distintos desafíos que sugieren establecer una nueva forma de cooperación sostenible. Si bien es cierto que los productores enfrentan restricciones en el acceso a la tecnología, la realidad en estos sectores es que los productores de queso, no van a cambiar sus métodos de producción, a menos que encuentren un equilibrio entre sus beneficios económicos y llevar a cabo alguna alternativa ecológica. Midmore y Whittaker (2000), sugieren que, en el entorno rural, la economía puede contribuir en el diseño de formas de vida sostenible, a través del esfuerzo activo para obtener apoyo en tecnología y financiamiento por parte del gobierno; mientras, que el gobierno debe apoyar o compensar las áreas rurales con el fin de cultivar una economía verde. Aceleanu et al. (2018) expresa que para poder frenar las restricciones que existen en la producción de zonas rurales, se pueden implementar algunas formas de intervención, a través del mercado laboral o mercado de recursos; incluso mediante políticas económicas enfocadas a la protección de los recursos y regulación en los desperdicios, así como el fomento de tecnologías verdes.

1.4 Conclusiones

Las restricciones socioeconómicas que se presentan en la producción de queso en zonas rurales por un mal manejo en la disposición final de sus residuos como la localidad de Miahuatlán, han generado una constante variación en el sector productivo, por la rápida creación y desaparición de microempresas en el área de estudio. Es importante que exista a la brevedad alguna estrategia de manejo y control de residuos, que además de reducir la contaminación, disminuya la vulnerabilidad del sector económico por un aumento en la tasa de desempleo.

De igual forma, si desaparecieran las microempresas queseras en la localidad de Miahuatlán, se convertiría en un factor detonante para incentivar el aumento de problemas sociales, al reducir la calidad de vida en la sociedad por un menor acceso al sector salud, educación y al mismo tiempo impulsaría la migración por parte de los habitantes de dicha localidad, para buscar nuevas fuentes de ingreso.

La constante descarga de residuos lácteos a los cuerpos de agua y suelo, también contribuye en la disminución de la calidad de vida de la población, debido a que reduce el acceso de la calidad de agua, causando un impacto directo en la salud de la población en general. Mientras que, en el ecosistema la derrama de desechos lácteos crea una fuerte degradación a la microcuenca del río Naolinco

En conclusión, las restricciones de la producción a pequeña escala necesitan mecanismos de corrección, que trabajen desde una perspectiva multidisciplinar, donde la economía, sociedad y medio ambiente estén en equilibrio. Es importante que las acciones propuestas en el futuro para dar solución a las problemáticas de contaminación, sean a través de medidas coherentes que, si bien se preocupen por la degradación del ambiente, no se conviertan en una barrera para el desarrollo económico de las actividades productivas. Trascender a la sostenibilidad en las zonas rurales, es una oportunidad para generar beneficios económicos y sociales, con prácticas ecológicas que creen valor en el mercado de subproductos provenientes de residuos.

1.5 Referencias

Aceleanu, M. I., Șerban, A. C., Țîrcă, D. M., y Badea, L. (2018). The rural sustainable development through renewable energy. The case of Romania. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(4), 1408-1434. https://doi.org/10.3846/20294913.2017.1303650

Bayer, A. W., y Bayer, W. (1992). The role of livestock in rural economy. *Nomadic Peoples*, (31), 3-18. https://www.jstor.org/stable/43123370

Bettencourt, E. M. V., Tilman, M., Narciso, V., Carvalho, M. L. da S., y Henriques, P. D. de S. (2015). The livestock roles in the wellbeing of rural communities of Timor-Leste. *Revista de economia e Sociologia Rural*, 53 (1), 63-80. https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790053s01005

Carvalho, F., Prazeres, A. R., y Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48-68. doi:10.1016/j.jenvman.2012.05.018

Castells, M. L., González, C.M., Mattos, C., Juliano, P., Silva, C.M., Sepulveda, J.U.... López, T. (2017). Alternativas de valorización de sueros de quesería. En G. Muset. (Ed.), *Valorización del lactosuero*. (23-44). San Martín, Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Cesin, A., Aliphat, M., Ramírez, B., Herrera, J. G., y Martínez, D. (2007). Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México. *Técnica Pecuaria en México*, 45(1), 61-76.

Dragone, G., Mussatto, S. I., Oliveira, J. M., y Teixeira, J. A. (2009). Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Food Chemistry*, 112, 929-935. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.005

Esbjörn-Hargens, S. (2010). An overview of integral theory: an all-inclusive framework for the twenty-first century. In S. Esbjörn-Hargens (Ed.), *Integral theory in action: applied, theoretical, and constructive perspectives on the AQAL model* (pp. 33-54). New York: SUNY Prees.

Escalón E. (Agosto 16 de 2010). UV y municipios sanean el río Naolinco. Universo. Recuperado de https://www.uv.mx/universo/408/central/central.html

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2018). Gateway to dairy production and products. Smallholders in the value chain. Recuperado de http://www.fao.org/home/es/

Frigon, J. C., Breton, J., Bruneau, T., Moletta, R., y Guiot, S. R. (2009). The treatment of cheese whey wastewater by sequential anaerobic and aerobic steps in a single digester at pilot scale. *Bioresource Technology,* 100, 4156-4163. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.077

Ghaly, A. E., y Kamal, M. A. (2004). Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. *Water Research*, 38 631–644. https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.019

Ghasemi, M., Najafpour, G., Rahimnejad, M., Beigi, P. a, Sedighi, M., & Hashemiyeh, B. (2009). Effect of different media on production of lactic acid from whey by Lactobacillus bulgaricus. *African Journal of Biotechnology*, 8 (1), 081-084. ISSN 1684–5315

Giddings, B., Hopwood, B., & O'Brien, G. (2002). Environment, economy and society: Fitting them together into sustainable development. *Sustainable Development*, 10, 187-196. https://doi.org/10.1002/sd.199

Hublin, A., y Zelić, B. (2013). Modelling of the whey and cow manure co-digestion process. *Waste Management & Research*, 31(4), 353-360. https://doi.org/10.1177/0734242X12455088

INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal Miahuatlán. Recuperado de http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx

Ji, X., Ren, J., y Ulgiati, S. (2019). Towards urban-rural sustainable cooperation: Models and policy implication. *Journal of Cleaner Production*, 213, 892-898. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.097

Kacar, B., Curic, J., & Ikic, S. (2016). Local economic development in theories of regional economies and rural studies. *Ekonomika Poljoprivrede*, (63), 231-246. https://doi.org/10.5937/ekopolj1601231k

Kulchii, I. (2018). Sustainable rural development in Ukraine: Legal aspect. *Journal on Food, Agriculture and Society*, 6(2), 29-40. https://doi.org/10.17170/kobra-2018122069

Lara Utama, G. (2017). Reducing cheese-making by-product disposal through ethanol fermentation and the utilization of distillery waste for fertilizer. International *Journal of GEOMATE*, 13(37), 103-107. https://doi.org/10.21660/2017.37.2737

Lucica, A., y Marioara, I. (2018). A study of efficiency analysis and the role of agri-food markets in the rural development. *Agricultural Management*, 20(3), 297-302. ISSN: 1453-1410

Martínez, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco, Veracruz (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Midmore, P., y Whittaker, J. (2000). Economics for sustainable rural systems. *Ecological Economics*, 35, 173-189. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00195-6

Newing, H. (2010). Conducting research in conservation: A social science perspective. Abingdon, Oxon, UK: Routledge.

Panghal, A., Patidar, R., Jaglan, S., Chhikara, N., Khatkar, S. K., Gat, Y., y Sindhu, N. (2018). Whey valorization: current options and future scenario – a critical review. *Nutrition & Food Science,* 48(3), 520-535*.* https://doi.org/10.1108/NFS-01-2018-0017

Parra, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimento. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellin*, 62, pp. 4967-4982.

Ramírez A, Gutiérrez R, González C, Escobar I, Castro G, Díaz G, Noa M. (2001). Detección de antibióticos en leche comercializada en la ciudad de México. Revista Salud Animal, 23(1), 37-41.

Ramírez, J. S. (2012). Aprovechamiento industrial de lactosuero mediante procesos fermentativos. *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, 6, 69-83. https://doi.org/10.22490/25394088.1100

Romano, L.E. (noviembre 10 de 2014). Microcuenca del río Naolinco, en riesgo: Clementina Barrera. Universo. Recuperado de https://www.uv.mx/universo/581/infgral/infgral_18.html

Ruíz, A. A., y Giraldo, L. F. G. (2008). Tratamiento de aguas residuales de la industria láctea por electrocoagulación. *Ingeniería Química*, 2(2), 23-30.

SAGARPA. (2018). Panorama de la leche en México. *SAGARPA.* pp. 1-10. Recuperado de https: www.gob.mx/siap

SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación de Veracruz). (2016). Sistema de Información Municipal. Cuadernillos municipales 2016 Miahuatlán. SEFIPLAN.

Sosa, A. (2015). Implementación de una estrategia para la utilización del lactosuero como medida para la mitigación de la contaminación del río Naolinco en Miahuatlán, Veracruz (Trabajo de especialidad). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Tulla, A. F., Vera, A., Valldeperas, N., y Guirado, C. (2017). New approaches to sustainable rural development: Social farming as an opportunity in Europe? *Journal of Studies and Research in Human Geography*, 11(1). https://doi.org/10.5719/hgeo.2017.111.2

Valencia, E., y Ramírez, M. L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, (73), 27-31.

Wilber. K. (2000). *A theory of everything: an integral vision for business, politics, science and spirituality*. United States: Shambhala Publications.

Young, J. C., Rose, D. C., Mumby, H. S., Benitez-Capistros, F., Derrick, C. J., Finch, T., […] Mukherjee, N. (2018). A methodological guide to using and reporting on interviews in conservation science research. *Methods in Ecology and Evolution*, 9, 10-19. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12828

2. Capítulo: Alternativas tecnológicas de tratamiento de lactosuero: valorización económica de residuos.

Resumen

La producción de queso genera como desecho primario el suero lácteo; el cual posee un alto contenido orgánico, que representa un elemento clave para la creación de subproductos como la elaboración de bebidas, alimentos, biofertilizantes, biocombustibles, fórmulas lácteas, entre otros. No obstante, muchas de estas medidas para el aprovechamiento del lactosuero no se efectúan como consecuencia de los altos costos de inversión en la aplicación de tecnología. El objetivo de este artículo de investigación, es analizar alternativas tecnológicas de bajo costo para la creación de subproductos del lactosuero, que generen beneficios económicos y disminuyan los problemas de contaminación. El método para seleccionar las alternativas de uso del suero, fue la aplicación de cuestionarios en el área de estudio de Miahuatlán, Veracruz, y la revisión de literatura**.** Para evaluar las distintas alternativas de tratamiento se construyeron tres escenarios; el primero consideró la opción aplicada en los últimos cinco años. El segundo escenario utilizó las alternativas propuestas de bajo costo y el último tomó las alternativas del primer y segundo escenario. La rentabilidad económica de cada escenario se estimó con el método de Análisis Costo-Beneficio (ACB), para determinar la opción más viable. Los resultados mostraron, que el segundo escenario es el más eficiente para la valorización del lactosuero, porque considera la diversificación de este residuo en distintos subproductos que beneficia económicamente a los productores y reduce el riesgo de contaminación. Sin embargo, para implementar estas medidas los productores deberán cambiar sus procesos de producción, que garanticen un suero de calidad para su correcto procesamiento.

Palabras clave: valorización de subproductos, economía rural, microempresarios, externalidades, contaminación ambiental

JEL: O13, Q12, R11

ABSTRACT

Cheese production generates as a primary waste whey; which it has a high organic content, that represents a key element for the creation of by-products such as the production of beverages, food, biofertilizers, biofuels, milk formulas, among others. However, many of these measures for whey treatment are not carried out as a result of the high investment costs in the application of technology. The goal of this research article is to analyze low-cost technological alternatives in the treatment of whey, to generate economic benefits and reduce pollution problems. The method of selecting whey use alternatives was the application of questionnaires in the study area of Miahuatlán, Veracruz, and literature review. The evaluation of the different treatment alternatives was constructed with three scenarios; where the first considered the option applied in the last five years. The second scenario used the proposed low-cost alternatives and the latter took the alternatives from the first and second scenarios. The economic profitability of each scenario was estimated using the Cost-Benefit Analysis (CBA) method, to determine the most viable option. The results showed that the second scenario is the most efficient for the treatment, because it considers the diversification of the use of the whey and has an efficient allocation of the resources applied. In order to implement these measures, producers must change their production processes, which guarantees a quality serum and reduces the risk of contamination by spilling the waste into the environment without any prior treatment.

Keywords: valorization of by-products, rural economy, micro-entrepreneurs, externalities, environmental pollution

2.1 Introducción

La industria alimentaria es uno de los principales sectores en el desarrollo de la economía mundial; donde el queso representa uno de los productos más importantes del mercado, con una producción mundial de 21.3 millones de toneladas por año (Fernández et al., 2016). La producción de queso genera como principal subproducto el lactosuero, que consiste en la fracción líquida de la leche

que se obtiene tras la precipitación y recuperación de caseína. Este subproducto se caracteriza por poseer un 85-95% del volumen total de la leche empleada, y una retención de 55% de nutrientes (Shankar et al., 2015).

En México, el mercado del queso se caracteriza por la existencia de empresas tanto artesanales como trasnacionales; no obstante, el suero de leche es un subproducto poco aprovechado por los productores, razón por la que se considera un problema ambiental. Las queserías artesanales producen entre 2,000 y 10,000 litros de lactosuero; de los cuales la mayor parte del suero es desechada al suelo o mantos acuíferos sin algún tratamiento previo, como consecuencia de su contenido acuoso y rápida descomposición (Montero et al., 2009). En el Estado de Veracruz, para el año 2016 la producción de suero fue de aproximadamente 354, 227 miles de litros provenientes de leche bovina, mientras que el queso de cabra generó 989,000 miles de litros de suero (González et al., 2018).

Si la industria quesera produce una cantidad aproximada de 40 mil litros diarios de suero sin depurar, forma una contaminación equivalente a una población de 1,250, 000 habitantes (Valencia y Ramírez, 2009). De igual manera, si se producen mil litros de suero sin tratar, se generan aproximadamente 35 kg de DBO y cerca de 68 kg de DQO, equivalente a la contaminación de aguas negras causadas en un día por 500 personas (Castells et al., 2017).

Aunque el suero posee la característica de alta biodegradabilidad, representa una substancia difícil de tratar como consecuencia del exceso de contenido orgánico y la baja alcalinidad de bicarbonato (Hublin y Zelić, 2013). Existen distintos estudios enfocados en proveer alternativas para reutilizar el lactosuero; sin embargo, la diversificación de estrategias representa limitantes que de acuerdo con Palmieri, et al. (2017), corresponden a factores como la calidad y cantidad, el uso de tecnologías correctas y accesibles, así como de los costos relacionados al tratamiento y estándares locales de eliminación impuestos por la legislación ambiental.

Transformación del lactosuero en productos de valor agregado.

Las industrias que transforman alimentos, como las plantas de procesamiento de quesos, generan un gran volumen de desechos como el caso del lactosuero. De acuerdo con Remón et al. (2016), el suero lácteo es un residuo líquido que se obtiene por la fabricación de queso o durante la coagulación del proceso de caseína de la leche como un subproducto. La producción mundial del suero es aproximadamente de 180 a 190×10^6 toneladas al año, donde sólo el 50% es procesado en alimentos; la mitad del lactosuero se usa de forma líquida, 30% se convierte en suero de queso en polvo, 15% en lactosa, y lo restante en concentrados de proteína de suero (Mollea et al., 2013).

El suero de queso es un subproducto líquido de efluente, que posee un color amarillo verdoso, y se clasifica de acuerdo a su nivel de acidez en suero dulce o ácido. El suero ácido tiene un pH 5, que se obtiene después de la fermentación o adición de ácidos orgánicos o minerales. El suero dulce con un pH entre 6 y 7, se genera por la adición de enzimas proteolíticas como quimosina (Carvalho et al., 2013). En el cuadro 2.1 se puede observar la composición química de cada tipo de suero a detalle.

Cuadro 2.1 Componentes del suero dulce y ácido

Constituyentes	Suero dulce (g / L)	Suero ácido (g / L)
Sólidos totales	63.0-70.0	63.0-70.0
Lactosa	46.0-52.0	44.0-46.0
Proteína	6.0-10.0	6.0-8.0
Grasa	5.0	0.4
Lactato	2.0	6.4
Ceniza	5.0	8.0
Calcio	0.4-0.6	1.2-1.6
Fosfato	1.0-3.0	2.0-4.5
Cloruro	1.1	1.1

Fuente: Shankar et al. (2015).

El vertido de lactosuero no regulado puede causar problemas de contaminación con un grave impacto al medio ambiente; no obstante, desde el punto de vista de la valorización, la recuperación de algunas de sus propiedades permite a este subproducto encontrar su aplicación en diferentes áreas (Fernández et al., 2016; Carvalho et al., 2013). Desde la perspectiva de la valorización, existen dos opciones

diferentes para el manejo del suero de leche; la primera se basa en la aplicación de tecnologías que recuperen compuestos valiosos como la proteína y lactosa. La segunda opción se basa en la aplicación de procesos de fermentación para obtener productos como ácidos orgánicos, proteínas y aceites de células individuales, biopolímeros y bacteriocinas (Mollea et al., 2013).

Algunos autores como Prazeres, Carvalho, y Rivas (2012), plantean el manejo del suero de queso a partir de tratamientos biológicos sin valorización, tratamiento biológico con valorización, tratamientos fisicoquímicos y la aplicación directa al suelo (Cuadro 2.2). Remón et al. (2016), plantean dos tipos de métodos alternativos de gestión del suero de queso tradicionales. El primero es la aplicación de tratamientos fisicoquímicos y tecnologías de filtración, que incluye la precipitación térmica e isoeléctrica, así como la precipitación de proteínas; las tecnologías de filtración se caracterizan por el uso de membrana. La segunda opción se basa en la aplicación de tratamientos biológicos sin valorización como digestión aeróbica; y con valorización como la digestión anaeróbica, así como procesos de fermentación.

Cuadro 2.2 Alternativas de tratamiento de manejo del suero de queso

Tratamiento	Tipos de tratamiento
Biológico sin valorización	- Digestión aeróbica
Biológico con valorización	- Digestión anaeróbica - Hidrólisis de lactosa - Fermentación a etanol - Fermentación a hidrógeno - Fermentación a ácido láctico - Producción directa de electricidad a través de celdas de combustible microbianas
Fisicoquímico	- Precipitación térmica e isoeléctrica - Precipitación de proteínas con agentes coagulantes/floculantes - Separación de membrana
Aplicación directa al suelo	- Fertilizantes

Fuente: Elaboración propia con datos de Prazeres et al., (2012)

Otras opciones tecnológicas para la utilización del suero de queso son a través de la estabilización, fraccionamiento, transformación y recombinación; tal como se expone en la Figura 2.1. Anteriormente los países desarrollados destinaban el suero para la alimentación animal de forma directa. No obstante, hoy en día, una de las principales estrategias para valorizar el suero lácteo es a través de su transformación en polvo. Cuando el lactosuero se convierte en polvo, puede ser útil para la elaboración de alimentos derivados de la leche como productos de panadería, confitería y embutidos, como consecuencia de la funcionalidad y nutrición de las proteínas del suero. De igual manera, se pueden producir otro tipo de quesos como la ricota, brocciu, marrones, entre otros; así como bebidas y biogás. La alternativa de producir alimentos, puede ser viable para las pequeñas queserías y granjas familiares por los bajos costos de inversión y el gran valor agregado que puede adquirir este producto (Castells et al., 2017).

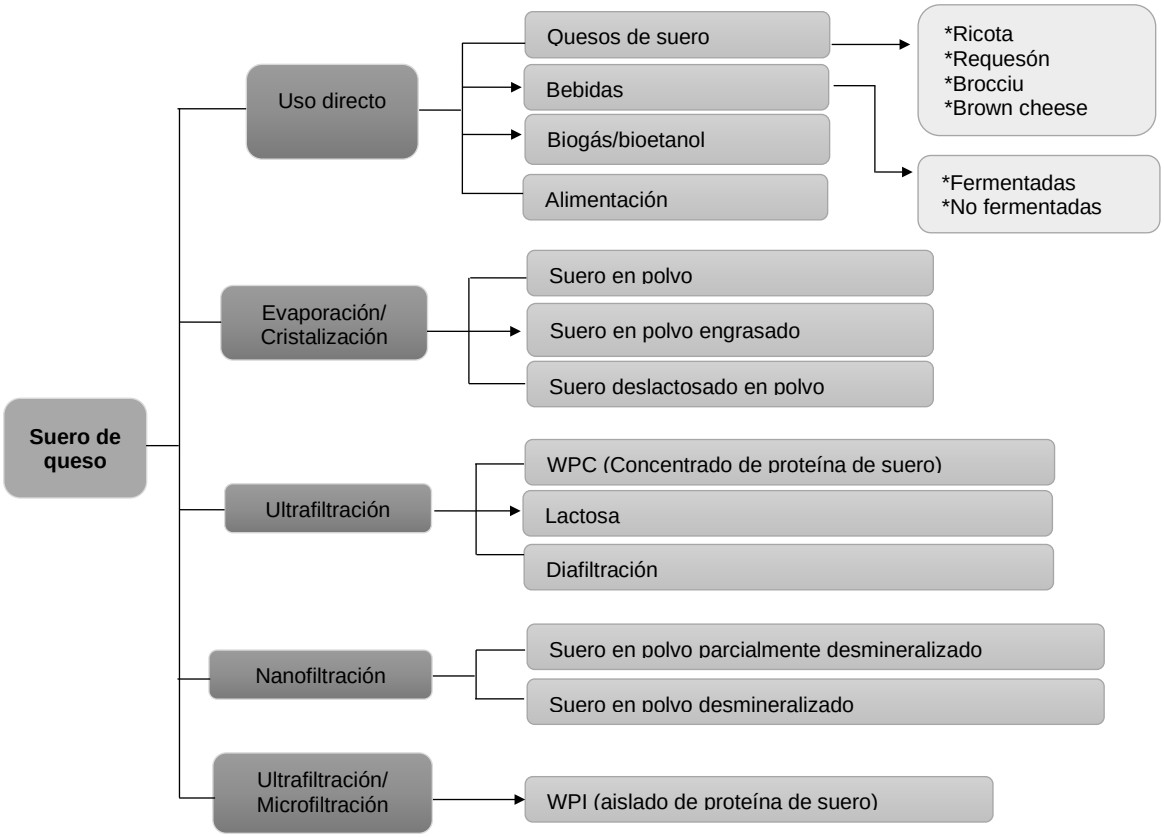

Figura 2.1 Alternativas tecnológicas para el uso de suero de queso y productos finales
Fuente: Tomado y modificado de Castells et al. (2017).

Rivas et al. (2011), señalan que la variación de los efluentes lácteos hace difícil el tratamiento del suero de queso; motivo por el cual, es indispensable un tratamiento adecuado basado en más de una opción con el objetivo de diversificar las alternativas de uso en el suero para disminuir los efectos nocivos al medio ambiente.

El artículo analiza las diferentes alternativas que hay en el uso de lactosuero, con el objetivo de transformar este residuo en un subproducto que genere beneficios económicos y disminuya la contaminación en el ambiente. Aunque actualmente, hay una amplia variedad de trabajos con aplicaciones factibles para valorizar el suero, el costo de implementar muchas de estas estrategias aún tiene limitantes entre los productores a pequeña escala, debido a los altos montos de inversión; por lo que los tratamientos biológicos y fisicoquímicos constituyen una alternativa viable, junto con la diversificación de tratamientos (Prazeres et al., 2012).

2.2 Metodología

Área de estudio y alternativas para uso de lactosuero

La localidad de Miahuatlán, ubicada en la zona centro del Estado de Veracruz, se caracteriza por la elaboración de queso artesanal, como parte de las actividades productivas del sector económico de la región. La producción de queso corresponde a 12 queserías, de las cuales dos microempresas elaboran queso de forma industrial y el resto artesanal. La producción por parte de las queserías, es de aproximadamente más de 1000 kg para el primer grupo, y menos de 500 kg para el segundo (Martínez, 2010). Aunque la fabricación de queso es una de las actividades más importantes del sector económico en la localidad, los problemas por contaminación son persistentes debido a la falta de aprovechamiento en el uso del suero de queso y al acceso de financiamiento para la implementación de tecnología.

Por tal motivo, la selección de posibles alternativas tecnológicas viables se basó en la recomendación de expertos y la revisión de literatura relacionada; las opciones para el aprovechamiento en el uso del suero consideraron la restricción presupuestaria de los productores de queso y el acceso a la tecnología. Razón por

la que las alternativas que se eligieron para reducir el impacto por contaminación de lactosuero en el área de estudio son las siguientes:

Alternativa 1: Digestor doméstico

Producción de biogás

La producción de energía renovable junto con la reducción de desechos y prevención de la contaminación del medio ambiente, promueven la aplicación de procesos de co-digestión anaeróbica como solución para el tratamiento de los diferentes residuos agroindustriales (Hublin y Zelić, 2013). Los procesos biológicos anaerobios, se caracterizan por la transformación de la materia orgánica en productos de valor añadido como biogás o hidrógeno (Fernández et al., 2016).

El biogás es un gas combustible compuesto por metano, dióxido de carbono, oligoelementos, entre otros. La digestión anaerobia es un proceso microbiológico que surge de la descomposición de materia orgánica en ausencia de oxígeno; esta práctica es común en una gran variedad de entornos naturales y se aplica constantemente para producir biogás en tanques reactores a prueba de aire, llamados digestores (Jyothilakshmi y Prakashb, 2016). El gas que se produce en los digestores, se puede transformar en gas metano para producir electricidad, calor o biocombustible por medio de un sistema de cogeneración (Fernández et al., 2016). De acuerdo a Hublin y Zelić (2013), la co-digestión como tratamiento anaeróbico, debe tener como mínimo una mezcla de dos desechos (el lactosuero y el estiércol de vaca son los más utilizados), con el fin de mejorar la eficiencia en los procesos de digestión; motivo por el cual, se debe establecer la mejor combinación de residuos para maximizar la producción de metano y hacer que las plantas instaladas de biogás sean rentables.

Como una fuente de energía renovable, el biogás posee un papel importante en la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), porque es un combustible neutro en carbono. De igual forma, además de disminuir las emisiones de metano por el uso de estiércol de las vacas, crea beneficios en el control de la contaminación, nivel

de olor y patógenos, así como la recuperación de nutrientes y producción de energía. Algunos investigadores afirman que los procesos anaeróbicos son el único método viable del tratamiento de residuos de alta carga orgánica generada por la producción láctea (Carvalho et al, 2013).

Actualmente, existen diferentes tipos de biodigestores en todo el mundo; sin embargo, el diseño de los digestores doméstico depende de factores como el clima, tipo de desechos orgánicos disponibles, así como de los materiales locales y la capacitación de la mano de obra para su correcta instalación. De acuerdo, con Garfí et al. (2016), en América Latina el tipo de digestores anaerobios más utilizados son:

1) Digestor de domo fijo; el cual fue desarrollado en China, y representa uno de los modelos más implementados en los países en vías de desarrollo. Consiste en una cámara cilíndrica, con una entrada de alimentación y salida, construido bajo tierra totalmente. Requiere mano de obra especializada para la construcción y costos de inversión relativamente altos. La vida útil de este tipo de digestor es de aproximadamente 20 años.

2) Digestor de tambor flotante; este modelo se desarrolló en la India en 1960, consiste en un digestor cilíndrico o en forma de cúpula y tambor flotante, donde mantiene el gas. Requiere de mano de obra calificada para instalarse y costos de inversión altos, como consecuencia de los costosos materiales para su construcción. Tiene una vida útil de 15 años debido a la corrosión del tambor.

3) Digestor tubular; adaptado del modelo de lodo rojo de PVC elaborado en Taiwán; consiste en una bolsa de plástico tubular con una entrada y salida de PVC, y tubería para recolectar biogás. Generalmente, usa un techo simple para proteger la bolsa; es fácil de implementar y manejar. Cuando se utilizan bolsas de plástico tiene una vida útil menor a 5 años; no obstante, si se utilizan bolsas de PVC, polipropileno y polietileno de alta calidad puede durar entre 8 y 10 años.

Para la localidad de Miahuatlán, se consideró factible el digestor tubular porque además de las características antes señaladas, la producción de biogás como

sustituto del gas LP es viable gracias a su implementación en diferentes grados de temperatura (Garfí et al., 2016). La comunidad de estudio se caracteriza por tener un clima semicálido húmedo con lluvia durante todo el año, con un rango de temperatura entre 18°-22°C; sin embargo, en las estaciones de otoño e invierno puede registrar temperaturas entre los 11° y 7°C (SEFIPLAN, 2016). Motivo por el cual, la temperatura no será una barrera para su construcción.

Producción de Biofertilizantes

La producción de biofertilizantes, se caracteriza por ser abonos que tienen nutrientes para los cultivos y ayudan a eliminar baterías patógenas. La principal ventaja de usar un fertilizante natural, es la capacidad de sustituir a los abonos químicos (Valencia y Ramírez, 2009). De acuerdo con Prazeres et al. (2013), el uso agrícola de las aguas residuales de la fabricación de queso, es una alternativa que posee ventajas económicas y de control de la contaminación. Badino et al. (2011), señalan que el lactosuero contienen proteínas, de las cuales queda un remanente que se denomina permeado de suero, está compuesto por nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio y magnesio; estos nutrientes pueden implementarse en los cultivos y reemplazar a los abonos comerciales. *Digestate*, también conocido como biolodo es el sustrato descompuesto que se produce como fertilizante de la descomposición anaerobia del suero y se caracteriza por ser rico en nutrientes y apto para usarse como fertilizante en plantas (Garfí et al., 2016). De igual forma, Carvalho et al. (2013), expone que el contenido de materias orgánicas biodegradables y nutrientes se puede usar como un factor en el crecimiento de las plantas; lo cual, se traduce en un mejor rendimiento de los cultivos.

El uso de los componentes del suero como fertilizante, son una práctica común; sin embargo, la aplicación de este residuo en el suelo debe ser controlada para evitar daños en su estructura física y química, derivados de los contenidos de sales, sólidos y grasas (Fernández et al., 2016). Prazeres et al. (2013), exponen que las concentraciones elevadas de sal en el suelo pueden provocar sequías fisiológicas, debido a que las raíces no pueden absorber agua; por lo cual es necesario llevar a cabo procedimientos de gestión de salinidad. Además, se recomienda implementar

esta estrategia en cultivos con tolerancia a la salinidad de moderada a elevada, como el caso de las plantas de tomate que poseen una tolerancia moderada.

En este contexto, Maas y Hoffman (1977), señalan que los cultivos hortícolas que poseen una tolerancia moderada son la calabaza, lechuga, maíz dulce, maíz de grano, papa, pepino, rábano, pimiento y sandía; mientras que el algodón, cebada y remolacha azucarera son tolerantes. En cultivos cítricos el mandarino cleopatra, lima rangpur, naranjo amargo y limón rugoso, representan cultivos con tolerancia a la salinidad (López et al., 2008). Actualmente, las actividades agrícolas en la comunidad de Miahuatlán han disminuido por el cambio de uso de suelo en actividades ganaderas; no obstante, aún prevalecen cultivos como el maíz de grano, café cereza y papa (SEFIPLAN, 2016). Motivo por el cual, la elección de esta alternativa se enfoca mayormente en la venta del fertilizante orgánico como un subproducto.

Alternativa 2: Producción de alimento

Para la alimentación humana, la elaboración de queso a partir de lactosuero es una técnica, que se usa frecuentemente en países del Mediterráneo. La ricotta o requesón, son el tipo más común de producción de queso a partir del lactosuero; Italia y España, son ejemplos de países que llevan a cabo la producción de queso con suero. De igual forma, el lactosuero se usa como un aditivo durante la elaboración de yogures, helados y otro tipo de lácteos; también se utiliza en la industria cárnica, pastelera y en la fabricación de bebidas para deportistas o alimentos infantiles (Fernández et al., 2016).

Como se ha expuesto anteriormente, el suero de queso puede ser dulce o ácido; de acuerdo con Araujo et al. (2013), el primero se distingue por el denominado dulce, y se basa en la coagulación por renina con un pH de 6.5. El segundo tipo de suero ácido, se crea por el proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos. La diferenciación en el tipo de lactosuero, es indispensable para la producción de subproductos alimenticios; tal como es el caso en la producción del queso ricota**;**

este tipo de queso es una alternativa que aprovecha el suero dulce, y no requiere gasto de instalaciones o equipos para su producción. Su proceso de fabricación consiste en la precipitación de proteínas del suero a través del uso de calor o ácidos orgánicos (ácido acético, láctico, tartárico y cítrico); se puede elaborar a partir del suero de quesería o bien con una mezcla de lactosuero y leche descremada. Se define por un color blanco, sin olor, de sabor dulce; con una vida útil de 7 días aproximadamente y una temperatura de 4°C. Lo cual, la convierte en una opción de bajo costo para su fabricación en la localidad de Miahuatlán. Aunque esta opción es novedosa, no puede ser una solución completa, debido a que genera un subproducto conocido como suero de ricota, el cual sigue teniendo altos valores de contenido orgánico (Castells et al., 2017).

Alternativa 3: Producción de alimento para animales

Tradicionalmente, el suero de queso se ha destinado para la alimentación de ganado; principalmente, para el ganado de tipo porcino debido a su alta proporción de agua (Vázquez et al., 2017). Razón por la cual, el lactosuero se usa como agua de bebida para los animales. Este método es el menos costoso de suministro a los animales, cuando se encuentran cerca de alguna planta procesadora de queso. Se ha demostrado, que los rumiantes jóvenes y adultos pueden consumir grandes cantidades de lactosuero en parcial o total sustitución de agua potable. Por ejemplo, las vacas lactantes pueden ingerir entre 40 y 100 litros por día sin afectar la calidad de la leche que producen para lactancia; por su parte, los terneros en crecimiento consumen de 40 a 50 litros por día. Sin embargo, para evitar problemas de timpanismo (hinchamiento) se recomienda una ingesta de diez a doce litros de suero; en cerdos en fase de crecimiento se recomienda 20 litros diarios y cuando es para engorda pueden consumir hasta 32 litros (Castells et al., 2007).

Alternativa 4: Venta del lactosuero a empresas

La última alternativa, corresponde a la venta de lactosuero por parte de los productores de queso a la empresa Nestlé; la cual representó el modo de uso del lactosuero durante 5 años correspondiente al periodo 2013-2018. La recolección del

suero se llevó a cabo dentro de la localidad, para posteriormente trasladarse a instalaciones de la empresa, donde elaboraban distintos subproductos. El precio de venta se fijó en $0.15 pesos mexicanos por cada litro de lactosuero (Martínez, 2010).

Análisis costo-beneficio

El análisis costo-beneficio (CBA) y la valoración económica del medio ambiente, constituyen una parte indispensable en la base de información para la toma de decisiones (Nurmi y Ahtiainen, 2018). De acuerdo con Pickin (2008), gran parte de los problemas que surgen en la naturaleza, son porque los bienes ambientales se consideran externos al mercado. La privatización en los bienes proporcionados por el medio ambiente es inviable; razón por la que, el análisis costo-beneficio es un enfoque frecuentemente utilizado para la problemática ambiental, al incorporar la valoración de las externalidades ambientales. El objetivo principal del CBA es seleccionar proyectos y políticas que sean eficientes en términos de uso de recursos, para establecer la conveniencia de elegir una alternativa en relación con otra (Pearce, 1998). Cuando existen diferentes opciones para resolver el mismo problema, las alternativas deben ser ordenas conforme a algún indicador de rentabilidad (Hanley y Barbier, 2009). Para poder seleccionar el escenario de alternativas óptimas en el uso del lactosuero, a partir de indicadores de rentabilidad se eligió la metodología de Ustaoglu et al. (2016). La estimación de los costos y beneficios de cada alternativa se calculó a través de un cuestionario aplicado a los productores de queso de la comunidad de Miahuatlán, Veracruz. Se construyeron tres escenarios: el primero escenario toma en cuenta la venta de lactosuero a la empresa Nestlé, el segundo escenario se compone de las alternativas seleccionadas de la revisión bibliográfica y el último escenario considera las alternativas y la venta del lactosuero.

El primer criterio aplicado a cada escenario del CBA fue la prueba del Valor Actual Neto (VAN). Esta estimación, determina la rentabilidad de cada escenario; como se muestra en la Ecuación 1 (Hanley y Barbier, 2009).

$$VAN = \sum \mathrm{B}_t (1+i)^{-t} - \sum \mathrm{C}_t (1+i)^{-t} \quad (1)$$

Donde, B_t representa los beneficios y C_t los costos en el periodo t; la tasa de descuento corresponde a la letra i. El cálculo de la VAN establece que, si es mayor a cero el proyecto posee una asignación eficiente de los recursos, porque indica que los beneficios son mayores a los costos. Es decir, el proyecto se seleccionará si el VAN> 0; por lo tanto, si un proyecto tiene un VAN <0, no se seleccionará o no se podrá llevar a cabo.

El segundo criterio que se utilizó en el análisis de la viabilidad económica fue el propuesto por Montarcih et al. (2018), Relación Costo-Beneficio (RCB), la cual es la relación que existe entre el valor presente del beneficio bruto en algún periodo (año) y el valor presente de los costos e inversión, que se expresa:

$$RCB = \frac{Beneficio}{Costo} \tag{2}$$

La condición para determinar si el plan de inversión es factible o inviable depende del resultado; si el RCB≥1 indica que la inversión es viable, mientras que si RCB<1 la inversión es inviable.

Escenarios de alternativa tecnológicas

Para el análisis costo beneficio, primero se determinaron los costos y beneficios de cada alternativa; algunos aspectos para el diseño de la propuesta de los escenarios se establecieron con la recolección de datos obtenidos en un cuestionario a los productores de queso de la localidad de Miahuatlán. El cuestionario se diseñó de acuerdo a Newing (2010), para obtener información de los productores de queso sobre el uso del lactosuero, a través de su conocimiento abstracto, de recuerdos y experiencias. En el Anexo 2.1 se puede observar el formato del cuestionario, el cual se construyó con preguntas abiertas donde el productor respondió con sus propias palabras; así como preguntas cerradas de verificación y escala de Likert. Los cuestionarios se aplicaron a nueve productores, de un total de 12 quesero con actividades formales De igual forma, las estimaciones monetarias de los costos y beneficios para la propuesta se basaron en la revisión de diferentes estudios previos. En el Cuadro 2.3 se pueden observar los parámetros económicos para la

elaboración del análisis costo beneficio, así como la revisión bibliográfica de donde se obtuvieron los valores de cada parámetro. Para poder hacer el análisis económico se utilizó una tasa social de descuento del 10% establecida por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público (SHCP, 2019); la cual mide la tasa a la cual la sociedad está dispuesta a cambiar su consumo presente por el consumo futuro.

Cuadro 2.3 Parámetros económicos para la elaboración del CBA

	Parámetro	Valor y fuente
Escenarios	Duración del proyecto	10 años
	Tasa social de descuento	Tasa del 10% (SHCP, 2019)
	Índice Nacional de precios al consumidor (INPC)	Tasa de inflación anual 2018=100: 3.26% (INEGI, 2019). Constante
	Precios	Cambian de acuerdo con la inflación
	Tipo de cambio	19.53 $MXN/$USA (Banxico, 2019)
	Producción promedio de lactosuero para productores industriales y artesanales	7,500 -9,000 litros de suero de producción industrial diaria/ 2,000-4,500 litros de producción artesanal diaria (cuestionario)
	Costos de cada alternativa propuesta	Costos de producción Costos de materias primas Costos de mano de obra
	Beneficios económicos de subproductos de suero por alternartiva	Ahorro de combustible (gas) y biofertilizante (Garfí et al., 2016; Prazeres et al., 2013) Producción de alimentos derivados del suero: requesón (López, 2011) Producción de alimento para cerdos (entrevista)
	Precio de venta del lactosuero	Venta de biofertilizante $0.15 empresa Nestlé (entrevista)

Fuente: elaboración propia con base en las fuentes antes señaladas

El primer escenario, consideró el 100% del lactosuero para la venta a la empresa Nestlé, porque fue la alternativa que prevaleció durante cinco años aproximadamente (2013-2018). Con la información recolectada en los cuestionarios, el escenario de la venta de suero se construyó tomando en cuenta la pérdida del beneficio, con un 60% de venta de lactosuero y un 40% de suero no vendido. El proceso de vente de este escenario se puede observar en la Figura 2.2 mediante un diagrama de proceso.

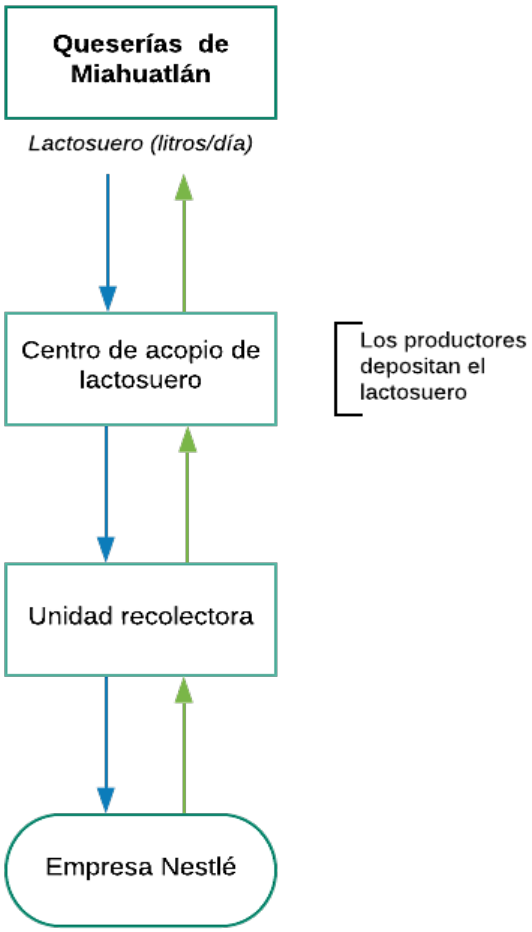

Figura 2.2 Escenario I: venta de lactosuero a empresa Nestlé
Fuente: elaboración propia con datos de cuestionarios.

En el segundo escenario, el uso de lactosuero se dividió por alternativa; para el digestor doméstico se destinó el 60% del suero, debido a la capacidad de almacenamiento del digestor entre 6-10m^3. La alternativa de alimento para animales (cerdos de engorda), se calculó con un 30% de uso de suero con el rendimiento de 32 litros de consumo diario (Castells et al., 2007); mientras que a la alternativa de alimento para producción de requesón solo se le destinó el 10%, como consecuencia de la contaminación que genera por medio del suero de requesón, lo que la convierte en una alternativa poco viable, para el aprovechamiento óptimo del suero (Figura 2.3).

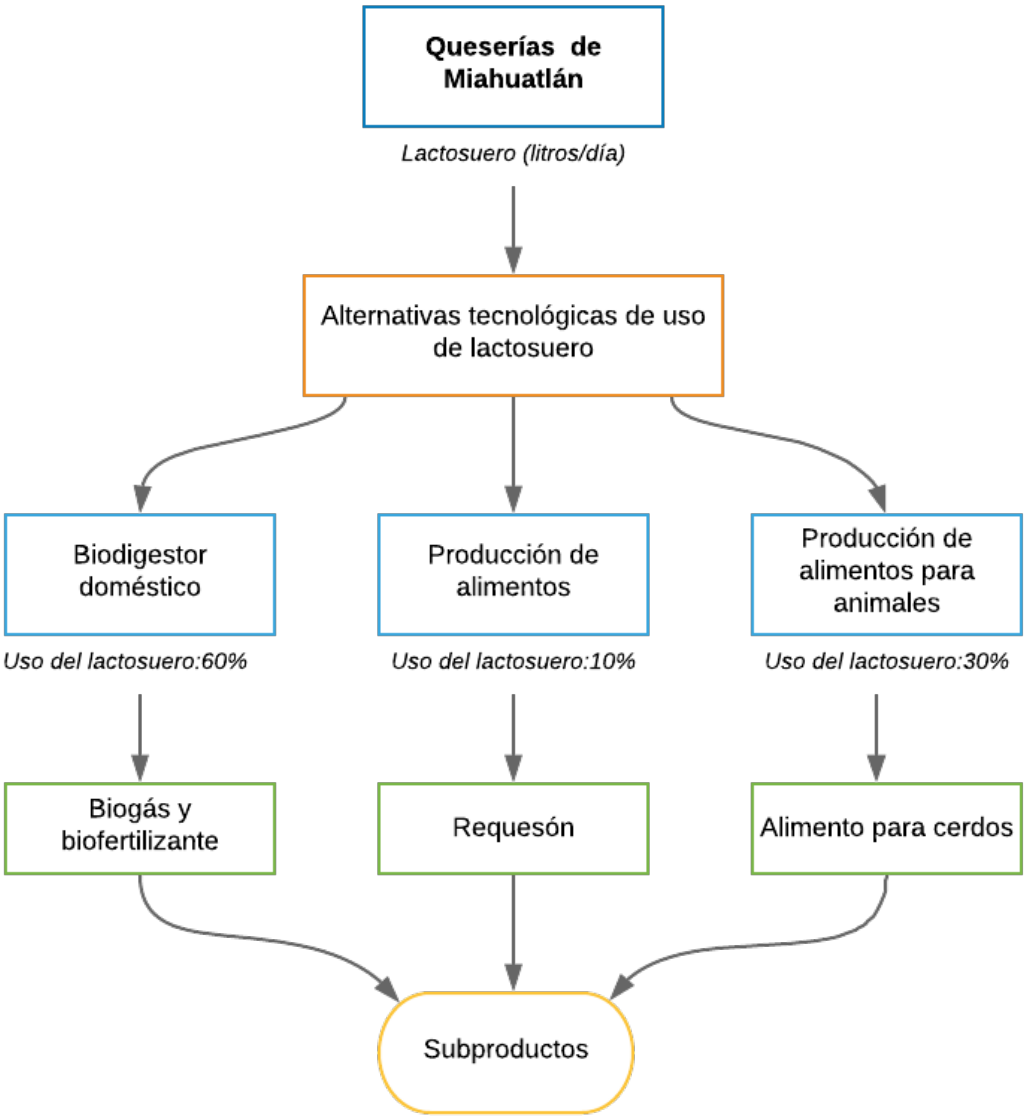

Figura 2.3 Escenario II: alternativas tecnológicas de uso de lactosuero
Fuente: elaboración propia con datos de cuestionarios.

El último escenario, también se estimó con el 60% del uso de suero para la alternativa del digestor; 15% para la venta de lactosuero y producción de alimento para animales y 10% para la producción de alimentos (Figura 2.4). El principal objetivo de modelar el último escenario, fue para analizar qué sucedería si la venta y las alternativas de distintos usos en el lactosuero se hubieran implementado simultáneamente.

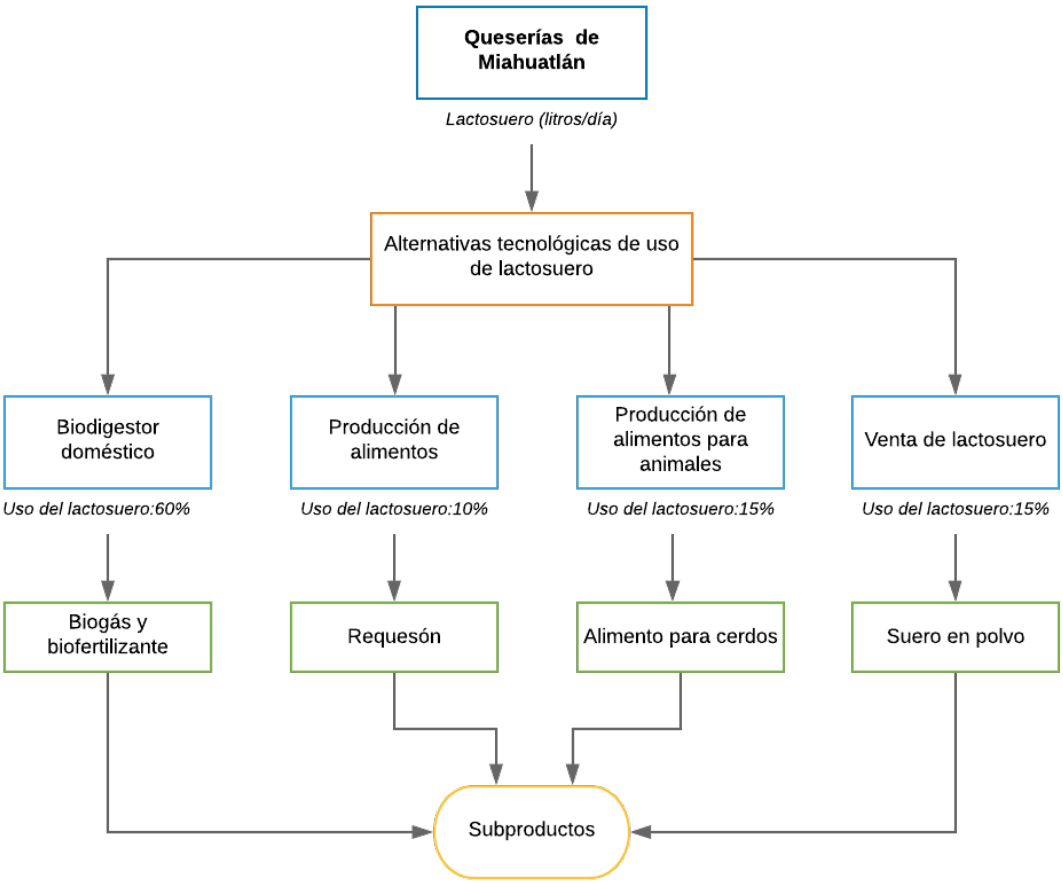

Figura 2.4 Escenario III: alternativas tecnológicas + venta de lactosuero
Fuente: elaboración propia con datos de cuestionarios.

Es importante señalar, que la dificultad de calcular los escenarios, generó el planteamiento de diferentes supuestos a partir de la información obtenida en los cuestionarios de los productores de queso; así como de la revisión de literatura. Para las queserías de tipo industrial, se usó una producción promedio de 8,250 litros, la cual representa un promedio de la elaboración diaria de queso. En las queserías artesanales, el total de suero con el que se trabajó fue de un promedio de 4,000 litros diarios. De igual forma, la capacidad de carga del digestor se creó bajo el supuesto del 50% de uso de suero y 50% de uso de estiércol de vaca para rellenarlo (Carvalho et al., 2013). En las queserías industriales se consideró viable un digestor de 10m^3 y en las artesanales un digestor de 6m^3 por el rendimiento en las cantidades que produce cada tipo de empresa (Garfí et al.,2016).

2.3 Resultados

El escenario de venta del lactosuero, corresponde a la alternativa que mantuvieron los productores de queso aproximadamente 5 años. No obstante, para poder estimar este escenario se consideraron 10 años; con el objetivo de tener una mayor certeza de los indicadores de rentabilidad. En el Cuadro 2.4, se puede observar que la alternativa de vender el lactosuero a la empresa Nestlé no es rentable para los productores, porque tiene una VAN<0 que indica que los beneficios son menores a los costos. De igual forma, la RBC<1 indica que esta opción es inviable; en ambos tipos de queserías.

Cuadro 2.4 Escenario I: venta de lactosuero a Nestlé

Especificación de escenarios utilizados para el cálculo de parámetros.	Microempresa industrial	Microempresa artesanal
Capital de inversión	$ 95,264	$ 60,557
Beneficios		
- Venta de lactosuero a empresa Nestlé	$ 222,750	$ 115,200
Costos		
- Costos de materiales	$ 20,625	$ 10,000
- Costos de operación del vehículo	$ 7,439	$ 2,557
- Costos de mano de obra	$ 67,200	$ 48,000
- Costos de lactosuero no vendido	$ 178,200	$ 86,400
Valor actual neto económico (VAN)	-$275,816	-$195,897
Relación beneficio/costo (B/C)	0.88	0.84
Tasa de descuento	10%	10%
Periodo de evaluación	10 años	10 años

Fuente: Elaboración propia

El escenario correspondiente a las alternativas de uso de lactosuero, es más rentable que el escenario anterior; porque posee mayores beneficios económicos, y tiene una relación beneficio/costo por encima de los valores antes estimados. Lo cual, lo convierte en una opción atractiva y viable para la diversificación en la disposición final del suero, por su alta rentabilidad económica. Los costos en este escenario son menores que los beneficios, razón por la cual se obtuvo para las microempresas de tipo industrial y artesanal una VAN>0; convirtiendo esta

combinación de alternativas en un proyecto de inversión factible. El Anexo 2.2 muestra los costos y beneficios desglosados del escenario II.

Cuadro 2.5 Escenario II: alternativas de uso de lactosuero

Especificación de escenarios utilizados para el cálculo de parámetros.	Microempresa industrial	Microempresa artesanal
Capital de inversión	$ 455,583	$ 258,133
Beneficios totales	$ 1,522,851	$ 745,898
- Alternativa I	$ 14,648	$ 14,648
- Alternativa II	$ 965,250	$ 468,000
- Alternativa III	$ 542,953	$ 263,250
Costos totales	$ 397,280	$ 201,031
- Alternativa I	$ 16,327	$ 16,327
- Alternativa II	$ 348,480	$ 168,960
- Alternativa III	$ 32,473	$15,744
Valor actual neto económico (VAN)	$6,460,565	$3,089,836
Relación beneficio/costo (B/C)	3.83	3.71
Tasa de descuento	10%	10%
Periodo de evaluación	10 años	10 años

Fuente: Elaboración propia

El último escenario, es una combinación entre el uso de las alternativas propuestas y la venta del suero a la empresa Nestlé. Al igual que el escenario anterior, los resultados mostraron que es rentable y viable para ser implementado en un proyecto de inversión, como consecuencia de una VAN>0 y una RBC>1. Este escenario es hipotético, ya que por el momento no podría ser una opción para tratamiento de lactosuero, debido a la cancelación de compra por parte de la empresa privada con los productores. No obstante, estimar este escenario permite identificar que la alternativa de venta de suero, no es una opción inviable, sino por el contrario, es una medida que debe acompañarse de otras opciones para las futuras toma de decisiones por parte de los interesados. El Anexo 2.3 muestra los costos y beneficios desglosados del tercer escenario.

Cuadro 2.6 Escenario III: alternativas de uso de lactosuero y venta a empresa

Especificación de escenarios utilizados para el cálculo de parámetros	Microempresa industrial	Microempresa artesanal

Capital de inversión	$ 488,090	$ 287,718
Beneficios totales	$ 1,318,199	$ 646,673
- Alternativa I	$ 14,648	$ 14,648
- Alternativa II	$ 965,250	$ 468,000
- Alternativa III	$ 271,477	$ 131,625
-Alternativa IV	$ 66,825	$ 32,400
Costos totales	$ 385,790	$ 195,656
- Alternativa I	$ 16,327	$ 16,327
- Alternativa II	$ 348,480	$ 168,960
- Alternativa III	$ 16,236	$ 7,872
- Alternativa IV	$ 4,747	$ 2,497
Valor actual neto económico (VAN)	$5,241,159	$2,483,584
Relación beneficio/costo (B/C)	3.42	3.31
Tasa de descuento	10%	10%
Periodo de evaluación	10 años	10 años

Fuente: Elaboración propia

La diversificación de las opciones en el uso de suero, surge con el fin de poder tener una salida de residuos más eficiente. Es decir, los productores de queso en la comunidad de Miahuatlán tenían como única medida la venta de sus residuos; lo cual, creo un riesgo muy alto cada vez que su lactosuero no lo aceptaban por incumplimiento con los parámetros de calidad. Si la venta de lactosuero, se hubiera implementado con otras alternativas como lo plantea este escenario, probablemente seguiría vigente en la actualidad. Sin embargo, existen muchos factores para que se garantice el éxito de cada una de las medidas propuestas. El incentivo actual que existe en los productores de queso es la elusión de multas, lo que hace más difícil encontrar medidas óptimas de baja inversión.

2.4 Discusión

Durante los últimos 50 años, el suero de queso se usó en distintas alternativas como la producción de biomasa, biogás, bioetanol, suplementos, entre muchas otras opciones; no obstante, en países en vías de desarrollo como México aún no se aprovecha de forma óptima (Mollea et al., 2013). Aunque, las microempresas queseras generalmente utilizan el lactosuero para alimentar animales rumiantes,

también gran parte de los productores optan por desechar el suero como un líquido efluente en el drenaje, provocando el aumento de los niveles de contaminación en el medio ambiente (Castells et al., 2017).

De acuerdo con Bosco et al. (2018), actualmente se ha desarrollado una amplia variedad de tecnología para el tratamiento de suero; sin embargo, la escala de muchos productores de queso es demasiado pequeña para ajustarse a esos métodos. Tal como ocurre en la localidad de Miahuatlán, que se caracteriza por ser un área rural con productores a pequeña escala y sin acceso a tecnología. El principal desafió al que se enfrentan los productores de queso en la elaboración de sus productos, es mantener los parámetros físico-químicos de un suero de buena calidad. Como mencionan Castells et al. (2017), para llevar a cabo el procesamiento del lactosuero y obtener productos de valor agregado es ineludible que las empresas trabajen en la calidad del suero que generan y en soluciones asociativas entre las microempresas queseras de una misma área.

Los queseros en la comunidad de Miahuatlán, cuentan con una asociación privada de productores de queso; sin embargo, no han encontrado los recursos suficientes para el tratamiento del suero. Pero al igual que no han encontrado opciones para el financiamiento, lo productores de esta zona no tienen incentivos económicos para buscar alternativas que reduzcan los daños ambientales.

Vázquez et al. (2017), señalan que uno de los principales usos del lactosuero es la alimentación de cerdos y la elaboración de requesón, debido a los bajos o nulos costos que representa llevar a cabo estas prácticas. Razón por la que los productores artesanales, optaron por utilizar el lactosuero como un suplemento alimenticio en la dieta de cerdos; en respuesta, a una medida alterna a la venta del suero. No obstante, esta medida no puede llevarse a cabo por las microempresas de tipo industrial, porque su volumen de producción genera mayores cantidades de lactosuero que las queserías artesanales.

La propuesta de los escenarios se planteó con la diversificación de actividades; con el objetivo de tener más de una opción de tratamiento de suero y así disminuir el riesgo a contaminar los cuerpos de agua en la localidad de Miahuatlán. El segundo

escenario, dio como resultado parámetros de rentabilidad positivos, porque existe un superávit en los beneficios que se esperan alcanzar. Los costos por su parte, son bajos, porque los materiales con los que se construyen las alternativas no son de una gama alta de tecnología.

Las alternativas seleccionadas para su aplicación conjunta, reducen el riesgo de contaminar como resultado de tener diferentes formas de procesar el lactosuero; sin embargo, el digestor doméstico es una de las opciones más relevantes para tratamiento del suero. En África Subsahariana, de acuerdo con Rupf et al. (2017), la implementación de digestores domésticos ha contribuido a mejorar la seguridad energética, alimentaria, y al tratamiento de distintos tipos de desechos orgánicos en Kenia y Camerún; reduciendo la presión sobre el medio ambiente y creando beneficios a sus comunidades. De igual forma, la experiencia de estudios como el de Garfí et al. (2016), señalan que la mayoría de los digestores para América Latina (incluido México), se construyeron por medio de un modelo de subsidio del 100%, pero no se acompañaron de capacitación y seguimiento específico. Razón por la que, la mayor parte de las experiencias fallaron y los usuarios abandonaros los digestores. No obstante, como resultado del renovado interés, existe una mayor difusión de los digestores a escala de hogar, comunidades y granjas; a través de foros, seminarios web y bibliotecas se busca superar las barreras técnicas, ambientales, sociales y económicas que represente. Por lo cual, la producción de biogás y sus usos son procesos ambientalmente sostenibles en las comunidades rurales de América Latina; lo que convierte a la comunidad de Miahuatlán un lugar viable para implementar este tipo de tecnología como sustituto del gas LP para cocina.

El último escenario que se elaboró, fue un modelo hipotético donde convergieron las alternativas de uso de suero y la antigua opción de tratamiento. Los resultados mostraron que este escenario es tan rentable como el de implementar únicamente las alternativas de uso de suero. Sin embargo, como una alternativa individual, la venta de suero no fue rentable, como consecuencia de la calidad del lactosuero. Aunque los productores de queso recibían un pago por cada litro de suero que

vendían, el precio de 0.15 centavos no creo los incentivos suficientes, para que los productores de queso cumplieran con los estándares de calidad; lo cual generó el abandono por parte de los microempresarios y el retiro de la empresa privada.

La producción de queso en el área de estudio, es la principal actividad económica para el desarrollo económico de la zona, razón por la que, es importante establecer el trabajo conjunto entre el Estado y los productores. La responsabilidad del gobierno es ayudar a las áreas rurales a generar las condiciones requeridas para implementar acciones de innovación tecnológica en el tratamiento de sus residuos a través de programas sociales que cualifiquen la mano de obra. Mientras que la responsabilidad de los productores, es mantener los parámetros de calidad en sus productos y residuos, a través de la disposición al cambio en sus procesos de producción y la capacitación para el uso de nuevas prácticas de gestión de residuos.

Como señala Rivas et al. (2011), la industria láctea debe tener una conciencia social sobre el medio ambiente, donde es su obligación tratar sus efluentes de forma efectiva y eficiente antes de verterlos en el drenaje público. El desafío de encontrar enfoques rentables y ambientalmente sostenibles para reutilizar el agua, eliminar subproductos y gestionar los residuos; es parte de las alternativas que se han planteado para cada escenario. Sin embargo, es importante señalar que los productores de queso, deben internalizar sus externalidades como parte de sus procesos productivos; ya que de no tomar en cuenta el impacto de su producción frente al medio ambiente, jamás se podrá encontrar un equilibrio con soluciones entre la sociedad, economía y medio ambiente.

2.5 Conclusiones

Las alternativas propuestas para la valorización del lactosuero en la creación de subproductos, representan una estrategia viable para ser implementadas por parte de productores a escala pequeña que se encuentran en zonas rurales. La implementación de medidas de bajo costo y fácil acceso de materiales en la construcción de tecnología, representa una nueva forma de innovación que puede contribuir en el desarrollo económico de localidades con las mismas condiciones.

No obstantes, para que estas alternativas de aprovechamiento del lactosuero puedan tener éxito en su aplicación, es indispensable tomar en cuenta cada uno de los factores que se han discutido a lo largo de este trabajo. De igual forma, es necesario que los productores consideren sus residuos como parte de sus propios procesos de producción, y no como un efecto externo y ajeno a la actividad productiva que realizan; es decir, los productores deben ser responsables en la internalización de sus externalidades, donde ellos mismos generen los fondos económicos para la solución del manejo de residuos.

El financiamiento para llevar a cabo medidas de control y aprovechamiento de los desechos lácteos, no debe provenir solamente del sector público, sino por el contrario, los productores deben buscar otros medios de financiamiento para gestionar apoyo económico. A través de la competencia y participación de los productores de queso como una asociación para conseguir fondos económicos en los programas nacionales e internacionales se puede disminuir el impacto ambiental que generan con sus residuos, ya que de no llevar a cabo este tipo de actividades no se podrá llegar a una verdadera solución en el manejo y valorización del lactosuero. Finalmente, es importante mencionar que, para lograr un adecuado manejo de los residuos, deberá existir una visión que considere aspectos económicos, sociales y ambientales; como los que se consideraron con las alternativas tecnológicas propuestas.

2.6 Recomendaciones

Es importante señalar que existen otras alternativas tecnológicas para la elaboración de subproductos como biopolímeros y el suero en polvo; que podrían ser viables en la comunidad de Miahuatlán. No obstante, para que estas alternativas puedan ser aplicadas, es necesaria la elaboración de tecnología adaptada a las características de los pequeños productores.

De igual forma, para cada alternativa que se desee realizar, debe acompañarse de pruebas piloto, y del diseño de prototipos a escala para su correcto funcionamiento. Especialmente en el uso del biodigestor, se debe estudiar previamente la cantidad

exacta de residuos lácteos que se depositará en el digestor; así como conocer el tiempo que tarda en generarse el gas metano.

Los estudios futuros que se desarrollen para el análisis de este tipo de investigación, necesitan la participación de diferentes disciplinas con el fin de desarrollar propuestas más acertadas no sólo con una valoración económica sino ambientalmente.

Finalmente, es imprescindible que los trabajos de investigación futura que se realicen, comiencen con la implementación de foros, talleres y conferencias previas, que generen un ambiente de confianza con los productores para poder trabajar conjuntamente en la búsqueda de soluciones a nivel local.

2.7 Referencias

Araujo, A. V., Monsalve, L. M., y Quintero, A.L. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 2 (4), pp. 55-65.

Badino, O., Pilatti, M.A., Felli, O., Weidmann, P.E., y Ghiberto, P.J. (2011). Permeado de suero como abono: respuesta de maíz para silo y efectos en un argiudol de la Pampa Llana Santafesina*. Revista FAVE*, 10 (1-2), 77-85.

Bosco, F., Carletto, R. A. y Marmo, L. (2018). An integrated cheese whey valorization process. *Chemical engineering transactions*, 64, 379-384. https://doi.org/10.3303/CET1864064

Carvalho, F., Prazeres, A.R. y Rivas, J., (2013). Cheese whey wastewater: characterization and treatment. *Science of the total environment*, (445), 385–396. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.038

Castells, M. L., González, C.M., Mattos, C., Juliano, P., Silva, C.M., Sepulveda, J.U.... López, T. (2017). Alternativas de valorización de sueros de quesería. En G. Muset. (Ed.), *Valorización del lactosuero*. (23-44). San Martín, Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Fernández, C., Martínez, E.J, Morán, A., y Gómez. X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biógas e hidrógeno. *Revista ION*, 29, 47-62. http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004

Garfí, M., Martí-Herrero, J., Garwood, A. y Ferrer, I. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, (60), 599-614. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.071

González, O. et al. (2018). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en México. *Agroproductividad*, 11 (7), 101-106.

Hanley, N., y Barbier, E. (2009). *Pricing nature*. (1a ed.). Cheltenham, Reino Unido: Edward Elgar.

Hublin, A., y Zelić, B. (2013). Modelling of the whey and cow manure co-digestion process. Waste Management & Research, 31(4), 353-360. https://doi.org/10.1177/0734242X12455088

Jyothilakshmi, R., Prakashb, S.V. (2016). Design, fabrication and experimentation of a small scale anaerobic biodigester for domestic biodegradable solid waste with energy recovery and sizing calculations. Procedia environmental sciences, (35), 749-755. doi: 10.1016/j.proenv.2016.07.085

López, M. F., Arbona, V., Pérez, R.M., Gómez, A. (2008).Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. *Environmental and experimental botany*, 62 (2), 176-184. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.08.002

López, R. (Ed.). (2011). *Procesos para la elaboración de productos lácteos*. Guatemala: FAO (Food and Agriculture Organization). Recuperado de http://www.fao.org/guatemala/publicaciones-y-multimedia/publicaciones/es/

Maas, E.V. y Hoffman, G.J. (1977) Crop Salt Tolerance-Current Assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, 103 (2), 115-134.

Martínez, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco, Veracruz (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Mollea, C., Marmo, L. y Bosco, F. (2013). Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry. In Innocenzo Muzzalupo, *Food Industry* (549-588), IntechOpen. http://dx.doi.org/10.5772/53159

Montarcih, L., et al. (2018). Water economic value of fresh water system in the Tanggunggunung village, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 15(50), 113-120. https://doi.org/10.21660/2018.50.46457

Montero, M., Juárez, F. y García, H.S. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. *Agrociencia*, 43(6), 585-593.

Newing, H. (2010). Conducting research in conservation: A social science perspective. Abingdon, Oxon, UK: Routledge.

Nurmi, V. y Ahtiainen, H. (2018). Distributional Weights in Environmental Valuation and Cost-benefit Analysis: Theory and Practice. *Ecological economics*, 150, 217-228. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.021

Palmieri, N., Bonaventura, M. y Salimei, E. (2017). Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding: An Italian case study. *Journal of Cleaner Production*, (140), 881-889. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.185

Pearce, D. (1998). Cost benefit analysis and environmental policy. *Oxford review of economic policy*, 14 (4), 84–100. https://doi.org/10.1093/oxrep/14.4.84

Pickin, J. (2008). Representations of environmental concerns in cost–benefit analyses of solid waste recycling. *Resources, conservation and recycling*, 53, 79-85. doi:10.1016/j.resconrec.2008.09.003

Prazeres, A.R., Carvalho, F. y Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of environmental management*, 110, 48-68. doi:10.1016/j.jenvman.2012.05.018

Prazeres, A.R., Carvalho, F., Rivas, J., Patanita, M. y Dôres, J. (2013). Pretreated cheese whey wastewater management by agricultural reuse: chemical characterization and response of tomato plants lycopersicon esculentum Mill, under salinity conditions. *Science of the total environment*, (463-464), 943-951. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.080

Remón, J., Laseca, L., García, J. y Arauzo, J. (2016). Hydrogen production from cheese whey by catalytic steam reforming: Preliminary study using lactose as a model compound. *Energy conversion and management*, (114), 122–141. http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.009

Rivas, J., Prazeres, A.R. y Carvalho, F. (2011). Aerobic biodegradation of precoagulated cheese whey wastewater. *Journal of agricultural and food chemistry*. 59 (6), 2511-2517. https://doi.org/10.1021/jf104252w

Rupf, G., Bahri, P. A, De Boer, K., y McHenry, M. P. (2017). Development of an optimal biogas system design model for Sub-Saharan Africa with case studies from Kenya and Cameroon. *Renewable energy*, 109, 586-601. http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.048

SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación de Veracruz). (2016). Sistema de Información Municipal. Cuadernillos municipales 2016 Miahuatlán. SEFIPLAN.

Shankar, J., Yadav, S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances,* (33), 756-774. http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002

Ustaoglu, E., Williams, B. y Murphya, E. (2016). Integrating CBA and land-use development scenarios: Evaluation of planned rail investments in the Greater Dublin Area, Ireland. *Case studies on transport policy*, 4 (2), 104-121. http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2016.02.003

Valencia, E. y Ramírez, M. L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, (73), 27-31.

Vázquez, C.O., Pinto, R., Rodríguez, R., Carmona, J. y Gómez, A. (2017). Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 21(1), 65-75.

3. Capítulo: Manejo de residuos por la industria quesera artesanal en Miahuatlán, Veracruz

3.1 Introducción

En las últimas décadas, la sociedad ha adquirido una mayor conciencia sobre la degradación ambiental de los procesos de producción tradicional, como consecuencia de una disminución en la calidad de vida de las personas. Razón por la cual, la comunidad y mercados exigen prácticas y procesos que preserven los recursos naturales y a los ecosistemas; con el fin de asegurar la oferta de bienes de consumo limpio para las presentes y futuras generaciones (Guerrero y Ramírez, 2004). El manejo de residuos en las actividades productivas se enfoca en los procesos, mecanismos, acciones y medidas para el control de las actividades productivas; así como también, para establecer el compromiso de la administración sostenible de recursos naturales y humanos, donde los productos y subproductos sean de óptima calidad, con un control eficiente de los residuos.

La industria quesera en México, es una de las áreas más importantes del sector agroalimentario; no obstante, el manejo y control de residuos que genera esta industria sigue mostrando un sistema deficiente. La inviabilidad del manejo de los residuos surge como consecuencia del vertido de sus efluentes al drenaje, provocando la pérdida de nutrientes y un aumento en los niveles de contaminación. El objetivo de este capítulo es exponer las estrategias de manejo de residuos lácteos para el control de la contaminación de la localidad de Miahuatlán, Veracruz propuesta por los productores de queso de la de acuerdo a su percepción utilizando el método ascendente costo-beneficio ambiental. La información sobre la propuesta de los productores para el manejo de residuos, se recolectó de acuerdo con las respuestas que se obtuvieron de la entrevista a nueve microempresas de queso en el Anexo 1.1. Los datos del análisis ascendente costo beneficio ambiental de la planta de secado se tomaron de Peters (2005). Una vez obtenidos los resultados, se discutió la propuesta de los productores con las estrategias analizadas previamente; donde se encontró que la propuesta por parte de los productores de queso no es viable debido a los altos costos de inversión, razón por la cual es

importante discutir las estrategias que el gobierno podría promover para impulsar el desarrollo económico de la región y disminuir los problemas de contaminación al agua y suelo.

La producción de queso a nivel nacional genera alrededor de 2.4 millones de toneladas de lactosuero al año, donde solo la mitad del suero es aprovechada. La mayor producción de queso se concentra en compañías trasnacionales y nacionales; no obstante, las queserías de tipo artesanal tienen una importante participación en el mercado lácteo. En México, los pequeños productores de las queserías artesanales procesan menos de 2,000 litros de leche diaria, mientras que los medianos productores procesan entre 2,000-20,000 litros, y los de gran escala más de 20,000 litros diarios; siendo los primeros dos grupos los más representativo para la industria quesera artesanal (Mazorra y Moreno, 2019).

El lactosuero que se obtiene por la quesería artesanal mexicana se sigue considerando un residuo; ya que, se limita a la preparación de requesón y alimentación de ganado bovino o porcino. El suero lácteo, ejerce una considerable demanda de oxígeno y su eliminación o utilización económica es de suma importancia para los productores, debido al incremento en su volumen; así como de la centralización de lugares para su procesamiento y el establecimiento de leyes por parte del gobierno cada vez más estrictas vinculadas con la calidad del agua (Ghaly y Kamal, 2004). Motivo por el cual, es imprescindible determinar la estrategia de manejo y control de residuos, que disminuya el riesgo a incurrir en una multa o clausura por parte del gobierno, como consecuencia de la contaminación.

Guerrero y Ramírez (2004), argumentan que es necesario generar alternativas efectivas de actuación integral que, desde la perspectiva de la gestión y manejo ambiental incentiven la calidad de vida de los pobladores que son afectados en las distintas comunidades. Con el objetivo de reducir los factores que aportan altos niveles de contaminación sobre el medio ambiente; para crear acciones y prácticas al alcance de las administraciones gubernamentales encargadas de su implementación.

3.2 Manejo de residuos lácteos en Miahuatlán, Veracruz

El manejo de residuos lácteos como el suero de queso en la comunidad de Miahuatlán, se caracteriza por utilizarse en la dieta de ganado bovino y en la producción de alimentos como el requesón. No obstante, el volumen de producción de suero es tan alto, que las alternativas de manejo son insuficientes para poder cubrir el total producido. Como consecuencia del desabasto de uso de suero, gran parte de la producción de este residuo se vierte al drenaje, lo que provoca efectos nocivos para el medio ambiente.

En la comunidad de Miahuatlán, se han hecho estudios previos donde se analiza el efluente de una quesería, con el fin de conocer los parámetros sobre la calidad del agua. Estos parámetros se comparan con los límites máximos permitidos por las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996 y la NOM-002-ECOL-1996. El cuadro 3.1, es un ejemplo del registro de los indicadores de la calidad de agua de una quesería que no cumple con algunos parámetros establecidos por las normas de regulación, debido a que no existe un tratamiento previo de sus aguas residuales.

Cuadro 3.1 Parámetros del efluente de una quesería de Miahuatlán y su comparación con la NOM-001 y la NOM-002 de la SEMARNAT-1996

Parámetro	Efluente de quesería	Límites máximos permisibles	
		NOM-001-SEMARNAT-1996	NOM-002-SEMARNAT-1996
Temperatura	15.7-29.7°C	40°C	40°C
pH	4.0-6.0	5.0-10.0	5.5-10.0 ml/L
SS	0.007 mg/L	2 ml/L	7.5 ml/L
TSS	8,050 mg/L-10,828 mg/L	60-200 mg/L	60-200 mg/L
Coliformes fecales	23 NMP-2,400 NMP	2000 NMP/100 ml	N/A
DBO	23,599 mg/L-34,751 mg/L	60-200 mg/L	60-200 mg/L

Fuente: Tomado y modificado de Sosa (2015). Las abreviaturas corresponden a SS=Sólidos sedimentables y TSS=Sólidos suspendidos totales (siglas en inglés Total Suspended Solid).

La información expuesta señala que la temperatura se encuentra entre los límites permitidos por las normas de la SEMARNAT; el pH y los sólidos sedimentables también se mantienen entre los rangos establecidos. Sin embargo, los últimos tres

indicadores de la calidad del agua rebasan los límites permitidos, generando repercusiones para los cuerpos de agua dónde se colocan estos desechos.

La mayor parte de los residuos, son depositados por medio del drenaje a distintos afluentes pertenecientes a la Microcuenca del río Naolinco. Para las queserías que utilizan entre 10,000 y 20,000 litros de leche al día para producir queso, depositan sus residuos lácteos en terrenos adaptados con graba, con el fin de filtrar la menor cantidad de residuos orgánicos al suelo. Esta medida surgió como una solución previa por parte del gobierno, para reducir el impacto de contaminación directo al ambiente. Aunque el gobierno proporcionó algunas medidas para evitar la descarga directa de residuos; también ha implementado el uso de instrumentos en materia de política ambiental, a través de multas e incluso el cierre de las microempresas, como una medida de regulación a la contaminación.

Enfoque ascendente para el análisis costo-beneficio ambiental

El análisis costo-beneficio (CBA) es un método que se distingue por la evaluación de inversión pública, para efectos de políticas y proyectos. Los proyectos de alto impacto ambiental, generalmente se aplican desde un enfoque de CBA de arriba hacia abajo; donde un órgano de toma de decisiones primero decide qué política o proyecto debe considerar, y posteriormente aplica un conjunto de criterios para identificar y valorar los flujos de costos y beneficios (Almansa y Martínez, 2011). No obstante, esta opción no es la única vía para generar políticas y proyectos en relación con los problemas ambientales. Motivo por el cual, el método seleccionado es el propuesto por Friedrich et al. (2018), con un enfoque ascendente para el análisis costo-beneficio ambiental, ya que permite iniciar con el problema ambiental, y después evaluar los costos y beneficios de las estrategias y soluciones identificadas por las partes interesadas o afectadas.

Micha et al. (2018), señalan que es antes de comenzar con la decisión de política, primero se deben analizar los actores que interactúan a nivel operativo en el problema, así como enfocar sus estrategias aplicadas para alcanzar sus objetivos. Friedrich et al. (2018), estable que las condiciones para poder aplicar el método del CBA ascendente, son las siguientes:

I. Sin opciones predefinidas. Las partes interesadas locales, deberán decir el mejor conjunto de acciones candidatas para abordar el problema ambiental.

II. Identificar las partes interesadas. Los resultados del análisis dependen del aporte de los actores (individuos, grupos u organizaciones).

III. Escala representativa. El análisis costo-beneficio, sólo considera los efectos que ocurren y son identificados por las partes interesadas dentro de los límites definidos, por las fronteras municipales, regionales o nacionales (para este caso de estudio se consideró el municipio). Los impactos fuera de los límites del sistema no se tomarán en cuenta, incluso si ocurren como resultado de la no implementación de estrategias dentro de los límites del sistema.

En la Figura 3.1 se puede observar de forma clara el proceso para desarrollar el método del análisis costo-beneficio ascendente. La información que se utilizó para poder aplicar este método fue la entrevista profunda, aplicada a nueve productores de queso en la localidad de Miahuatlán.

Figura 3.1. Proceso de desarrollo ACB ascendente
Fuente: Elaboración propia con datos de Friedrich et al. (2018).

El problema ambiental en el caso de estudio es la contaminación por residuos lácteos; donde, se tomó en cuenta a los actores del sector privado conformados por la asociación de los productores de queso. Con el objetivo de conocer sus intereses y posibles estrategias para enfrentar el problema ambiental se construyó una matriz de intereses, para posteriormente analizar la propuesta a través de una estimación aproximada de los costos y beneficios de implementar esa estrategia.

El enfoque ascendente del análisis costo beneficio aplicado a localidades rurales como en el caso de Miahuatlán, Veracruz., es importante porque utiliza los conocimientos locales para proporcionar información que no estaría disponible para los órganos de toma de decisiones, contribuyendo a la integración de los objetivos sociales, económicos y ambientales más amplios en las decisiones políticas (Perni y Martínez-Paz, 2013).

3.3 Resultados

Estrategia propuesta por productores de queso para manejo de residuos

Para poder conocer la estrategia propuesta por los productores de queso, se construyó una matriz de intereses en el Cuadro 3.2, donde se identificó la estrategia que los queseros consideran como la más eficiente para el manejo de residuos lácteos (Friedrich et al., 2018).

Cuadro 3.2 Matriz de intereses de los productores de queso para el manejo por residuos lácteos en Miahuatlán, Veracruz

Actor	Intereses	Problemas percibidos	Estrategias y alternativas
Productores de quesos	Disminuir la contaminación de residuos por lactosuero	Multas y cierre de empresas por el gobierno. Pérdidas económicas en la producción	Planta de secado para el suero de queso

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en entrevistas y Friedrich et al., (2018).

El sector privado tiene como principal interés reducir la contaminación por residuos de lactosuero, con el objetivo de evitar multas que puedan clausurar sus empresas, los productores consideraron que la mejor estrategia para el manejo de sus desechos es la implementación de una planta de secado de suero. Motivo por el

cual a continuación, se presenta la evaluación económica de la planta de secado de suero.

Planta de secado de suero de queso

Los productores de queso, consideraron que la mejor alternativa para solucionar los problemas de manejo de residuos lácteos, es la implementación de una planta de secado de suero de queso. Esta estrategia, surgió como parte de la actividad anterior que llevaban a cabo los queseros con la empresa Nestlé; ya que esta empresa producía suero en polvo a partir del lactosuero que los microempresarios le vendían. Razón por la que los productores de queso, consideran que la solución más viable es tener acceso a la tecnología de la empresa antes mencionada; asegurando el correcto manejo de sus residuos.

El suero en polvo se utiliza en la elaboración de alimentos y productos como la panadería, confitería y embutidos debido a la funcionalidad y nutrición de las proteínas de suero. De acuerdo con Castells et al. (2017), los ingredientes que pueden ser elaborados por una empresa de la cadena de valor agregado de utilización del suero son:

1) Suero en polvo
2) Suero parcialmente desmineralizado
3) Suero de alta desmineralización
4) Concentrado de proteína de suero y permeado en polvo.

En estos productos, el valor agregado o ganancia obtenida por tonelada incrementa en la medida que se pasa de la elaboración de suero en polvo hacia concentrados de proteínas de suero, junto con la producción de lactosa o permeado. Para poder implementar una planta de secado, la inversión en América Latina se encuentra entre 12-14 millones de dólares estadounidenses aproximadamente, con un procesamiento de 300 mil litros de suero al día, obteniendo como resultado suero parcialmente desmineralizado (Castells et al., 2017).

La economía del procesamiento del lactosuero depende en gran medida de las inversiones de capital; las cuales, obedecen en mayor parte a las economías de escala y no a la fabricación del queso. Producir el suero en polvo se considera la manera más elemental de crear valor a partir del lactosuero, en comparación con la alternativa de ofrecer el suero líquido como alimento para el ganado (Peters, 2005). Písecký (2005), señala que la producción de polvo como un concentrado de proteína, es una opción atractiva para procesar el lactosuero, al obtener un alto valor en el mercado debido al uso como componente en alimentos para bebes y el enriquecimiento que aporta a distintas formulaciones de alimentos.

Análisis económico de la planta de secado de suero

Para poder elaborar el análisis costo beneficio de la planta de secado de suero, se utilizaron los datos propuestos por el autor Peters (2005), para una empresa de queso que procesa alrededor de 100,000 kg de leche, con unidades monetarias expresadas en dólares ($USD). En el Cuadro 3.3 se puede observar los costos del equipo e instalación para su implementación, así como la inversión total.

Cuadro 3.3 Inversión y costos para una planta pequeña de secado de suero (costos de equipo e instalación)

Equipo de procesamiento	Costos ($USD)
Recepción de la leche	2,000,000
Permeado y concentración de WPC	400,000
Secado de permeado o suero	600,000
Harpillera	100,000
Generación de calor y frío.	200,000
Total para equipos de proceso	8,600,000
Inversión total	**11,900,000**

Fuente: tomado y modificado de Peters (2005).

La producción de polvo como un concentrado de proteína, es una opción atractiva para procesar el lactosuero, al obtener un alto valor en el mercado debido al uso como componente en alimentos para bebes y el enriquecimiento que aporta a distintas formulaciones de alimentos (Písecký, 2005). En el cuadro 3.4 se puede observar una estimación económica aproximada de la planta de secado de suero.

Cuadro 3.4 Análisis costo beneficio de la planta de secado de suero

Cálculo de parámetros económicos	Estrategia: planta de secado de suero
Capital de inversión	$ 11,900,000
Beneficios totales (venta del suero de queso)	$ 15,420,000
Costos totales	$ 8,600,000
Valor actual neto económico (VAN)	$ 30,005,948
Relación beneficio/costo (B/C)	1.79
Tasa de descuento	10%
Periodo de evaluación	10 años

Fuente: Elaboración propia con datos de Peters (2005).

Aparentemente la opción de implementar una planta de secado de suero es económicamente rentable en sus indicadores, porque tiene un VAN positivo y una RCB>1. No obstante, aunque representa una inversión económicamente viable, el capital de inversión es muy alto para los microempresarios de la localidad de Miahuatlán. Por su naturaleza económica, la estrategia de una planta de productora de suero en polvo, tiene características de monopolio por lo que se vuelve una limitante para los pequeños productores. La ineficiencia en la duplicación de productos en los monopolios naturales se produce por la alta inversión en infraestructuras que se debe realizar para ingresar al mercado, junto con elevados costos de mantenimiento en la estructura productiva. Motivo por el cual, empresas como la Nestlé cuentan con la capacidad de producir este tipo de subproductos, bajo una estructura de casi de monopolio natural cuyos obstáculos de ingreso al mercado son inasequibles y difícil de superar por los pequeños productores. Los productores de queso de Miahuatlán se encuentran no cuentan con la capacidad económica para llevar a cabo esta estrategia de manejo de residuos por lactosuero. Dado que solo grandes empresas podrían lograr la producción del suero seco, y los incentivos para los pequeños productores de trabajar con estrategias diversificadas son más complejas, queda en manos del gobierno la búsqueda de políticas y programas que contribuyan a la reducción de los problemas de contaminación e impulsen el desarrollo económico regional.

Instrumentos para la política ambiental en México

En México, la política ambiental se enfoca en promover la sustentabilidad a través de compromisos y tareas en el ámbito de la gestión, prioritarias para perfeccionar los subsistemas institucionales, sociales, económico, ambientales, entre otros. En este contexto, los instrumentos de política ambiental son las herramientas o procedimientos de carácter preventivo o correctivo, orientados a modificar el comportamiento individual o sectorial; con el fin de reducir la discrepancia entre los intereses del Estado frente a la sociedad (Ali, 2013).

A nivel nacional, existen diferentes instrumentos para la política ambiental; cada instrumento cuenta con capacidades propias para afrontar los problemas y perseguir los objetivos del medio ambiente de la sociedad. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2000), los instrumentos son:

- Áreas naturales protegidas; su creación, financiamiento y administración es un instrumento de protección para la biodiversidad, mantenimiento de las funciones ambientales vitales y para la definición de nuevos parámetros e instituciones enfocadas en el desarrollo regional sustentable.

- Regulación directa de vida silvestre; a través, de instrumentos como permisos, licencias y autorizaciones para colecta científica.

- Ordenamiento ecológico del territorio; es un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de recursos naturales en el territorio nacional. Esta medida, permite orientar el emplazamiento geográfico de las actividades productivas, y las modalidades de uso de recursos y servicios ambientales.

- Evaluación de impacto ambiental; es una herramienta para generar información del medio ambiente, por medio de un proceso analítico que evalúa los costos y beneficios sociales en cada proyecto de desarrollo.

- Estudios de riesgo; son instrumentos de carácter preventivo, vinculados al procedimiento de evaluación del impacto ambiental, cuando se trata de nuevos proyectos.

- Normas oficiales mexicanas; la expedición de normar es uno de los pilares de la política ecológica, que se constituye como un esfuerzo para regular la conducta de los agentes económicos con respecto a los objetivos sociales de calidad ambiental.

- Regulación directa de materiales y residuos peligrosos; es aplicada a la diversidad de actividades industriales y servicios que generan residuos peligrosos; a través de un sistema de permisos, autorizaciones y manifiestos que se diseñan de forma específica para cada caso particular, previstos en la legislación.

-Regulación directa de actividades industriales; por medio de licencias de funcionamiento contempladas en los reglamentos, se estipulan condiciones particulares de operación industrial, para regular y minimizar las emisiones da la atmósfera.

-Autoregulación; la responsabilidad de los problemas ambientales no es exclusiva del gobierno. En este contexto, se fomenta el desarrollo de esquemas que busque la reducción de residuos e insumos, y de cambios en sus procesos productivos enfocados hacia el uso de tecnologías más limpias.

-Auditoría ambiental; consiste en la revisión exhaustiva de las instalaciones, procesos, almacenamiento, transporte, seguridad y riesgo, entre otros elementos. Permite definir planes de acción para corregir los señalamientos revisados, garantizando su cumplimiento mediante fianza.

-Instrumentos económicos; son los mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas asumen beneficios y costos ambientales que generan sus actividades económicas, incentivándolos a realizar acciones que favorezcan un manejo sustentable de los de los recursos naturales; así como de reducir la generación de contaminantes y residuos.

La elección de instrumentos por parte del gobierno, puede variar dependiendo de la naturaleza, autoridad y prioridad. Aunque diferentes gobiernos elijan el mismo instrumento, el producto de la política puede cambiar; ya que el diseño de los instrumentos de política depende de las opciones técnicas (Ali, 2019).

3.4 Conclusiones

La estrategia que eligieron los productores de queso, representa un capital de inversión que no es accesible para los productores; de igual forma, su producción de lactosuero es insuficiente para una planta de secado pequeña porque producen entre 20 y 40 mil litros diarios de suero, cantidad que se encuentra por debajo de los 90,000 litros diarios de suero que se requieren para el secado. Castells et al. (2017), señala que el volumen de suero que se obtiene diariamente por estas queserías, hace necesaria la existencia de un centro de acopio de suero, donde la empresa proveedora del suero pueda asociarse con otra empresa que ya formé parte del mercado y disponga de la tecnología.

Anteriormente, los productores de queso artesanal tenían como alternativa la venta del suero a la empresa Nestlé, la cual se encargaba de procesarlo y transformarlo en suero en polvo, para elaborar diferentes subproductos como fórmulas lácteas y otros alimentos derivados. Sin embargo, la compra de suero por parte de la empresa Nestlé se canceló por problemas en el incumplimiento de parámetros de calidad del suero que exigía la empresa a los microproductores. En este contexto, si los productores de queso quieren optar por la estrategia de secar el suero, tendrán que renegociar los acuerdos con la antigua empresa que les compraba el lactosuero, o bien, buscar una nueva empresa que cuente con la tecnología necesaria y que acepte comprar su producto.

La eliminación de aguas residuales lácteas no tratadas, representa un problema importante para la industria de la leche que exige soluciones simples y económicas; razón por la cual, es indispensable llevar a cabo alternativas sencillas de baja inversión. La diversificación en la disposición final del lactosuero, podría ser la respuesta a los problemas de contaminación a través de la implementación de biodigestores domésticos para producir energías limpias y biofertilizante; así como el uso de suero en alimento a cerdos y producción de quesos. La disponibilidad de medidas de bajo costo para los efluentes de la industria láctea asegura la viabilidad, sostenibilidad e interés económico de los procesos biológicos.

De igual forma, es importante señalar que la actuación del sector público en la problemática de contaminación a través de instrumentos económicos como las multas, no es la única vía para corregir el problema. El gobierno debe impulsar la ejecución de programas sociales que incentiven la producción comercial de subproductos de valor agregado a partir de los residuos que se producen. Así como también, es indispensable que exista capacitación para los productores de queso, de los usos alternativos del suero por parte de algún experto que contribuya a disminuir la contaminación.

Los productores de queso deben buscar apoyos financieros para implementar tecnología, que impulse a la industria láctea a efectuar estrategias ecológicas que reduzcan los daños causados en los cuerpos de agua. Finalmente, es importante mencionar que la discusión de este artículo busca contribuir con la selección de estrategias viables para pequeños productores, que permita el manejo de residuos lácteos, en este caso tomando en consideración la experiencia, disposición y opinión de los productores de queso artesanal de Miahuatlán, Ver. De tal forma que se conjugue la disposición de los productores con las estrategias viables con el fin de poder corregir algunos elementos del problema, para que se vean reflejados en aspectos como una mayor disposición de agua para los habitantes de la comunidad, menores daños a los ecosistemas y procesos más sostenibles en la elaboración del queso.

3.5 Referencias

Ali, M. (2013). Assessment of Policy Instruments. Ed. Mohammad Ali, *Sustainability Assessment. Context of Resource and Environmental Policy*, 99-106. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407196-4.00008-8

Almansa, A. y Martínez, J. M. (2011). What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting. *Science of the total environment*, 409, 1305-1314. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.12.004

Castells, M. L., González, C.M., Mattos, C., Juliano, P., Silva, C.M., Sepulveda, J.U.... López, T. (2017). Alternativas de valorización de sueros de quesería. En G. Muset. (Ed.), *Valorización del lactosuero*. (23-44). San Martín, Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

CEPAL (2000). Instrumentos económicos para el control de la contaminación del agua: condiciones y casos de aplicación. Recuperado de: https://www.cepal.org/es.

Das, B., Sarkar, S., Sarkar, A., Bhattacharjee, S., y Bhattacharjee, C. (2016). Recovery of whey proteins and lactose from dairy waste: A step towards green waste management. *Process safety and environmental protection*, 101, 27–33. http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2015.05.006

Friedrich, J., Hanley, N., Bøye, S., y Pedersen, S. M. A. (2018). Bottom-up Approach to Environmental Cost-Benefit Analysis. *Ecological economics*, 152, 282-295. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.009

Ghaly, A. E., y Kamal, M. A. (2004). Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. Water Research, 38 631–644. https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.019

Guerrero E. J. y Ramírez, F.I. (2004). Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. *Scientia Et Technica*, 10(26), 199-204. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911640034

Hublin, A., y Zelić, B. (2013). Modelling of the whey and cow manure co-digestion process. *Waste management and research*, 31(4), 353-360. https://doi.org/10.1177/0734242X12455088

Kasmi, M. (2018). Biological processes as promoting way for both Treatment and valorization of dairy industry effluents. *Waste biomass valor*, 9, 195-209. DOI 10.1007/s12649-016-9795-7

LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente), Diario Oficial de la Federación Mexicana, México, 05 de Junio del 2018.

Mazorra, M. A. y Moreno, J.M. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *Biotecnología y ciencias agropecuarias*, 14(1), 133-144. doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1134

Micha, E., Roberts, W., Ryan, M., O'Donoghue, C., y Daly, K. (2018). A participatory approach for comparing stakeholders' evaluation of P loss mitigation options in a high ecological status river catchment. *Environmental science y policy*, 84, 41–51. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.014

NOM-001-ECOL-1996 (Norma Oficial Mexicana). Diario Oficial de la Federación, México, 06 de enero de 1997.

NOM-002-ECOL-1996 (Norma Oficial Mexicana). Diario Oficial de la Federación, México, 03 de junio de 1998.

Perni, A., y Martínez-Paz, J. M. (2013). A participatory approach for selecting cost-effective measures in the WFD context: The Mar Menor (SE Spain). *Science of the total environment*, 458-460, 303–311. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.029

Peters, R.H. (2005). Economic aspects of cheese making as influenced by whey processing options. *International dairy journal*, 15, 537–545. doi:10.1016/j.idairyj.2004.11.009

Písecký, J. (2005). Spray drying in the cheese industry. *International dairy journal*, 15, 531–536. doi:10.1016/j.idairyj.2004.11.010

Singh, N.B., Singh, R. y Manzer, M. (2014). Waste water management in dairy industry: pollution abatement and preventive attitudes. *International journal of science, environment and technology*, 3(2), 672-683.

Sosa, A. (2015). *Implementación de una estrategia para la utilización del lactosuero como medida para la mitigación de la contaminación del río Naolinco en Miahuatlán, Veracruz* (Trabajo de especialidad). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Conclusiones

Con el fin de obtener un mayor alcance en la investigación, se enfatizó en las estrategias que proponen los estudios previos y la percepción de los productores; para estar seguros de que la opción seleccionada generaría una propuesta de acciones los más cercana al contexto social y político de la problemática de contaminación por el suero de queso. En este apartado, se integran los resultados de los capítulos anteriores, para escribir las conclusiones finales que se determinaron para los microproductores de queso en Miahuatlán, Veracruz.

Primero, se abordó la problemática de contaminación desde un enfoque del desarrollo rural sostenible, con el fin de obtener una referencia teórica que ayudará a describir los problemas en el área de estudio. De acuerdo con Midmore y Whittaker (2000), las áreas rurales se caracterizan por ser insostenibles en dos formas, la primera ambiental y la segunda demográficamente por las presiones competitivas de las actividades basadas en recursos naturales existentes. El impacto en los ecosistemas por parte de las actividades productivas es cada vez más invasivo, hasta el punto de que la integridad del ambiente se ve comprometida por la disminución de sus componentes. Si bien, ha existido un rápido crecimiento en el mercado del queso y el aumento de los volúmenes de producción; también han surgido resultados adversos para el ingreso, estabilidad de la localidad y la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

Los problemas ambientales creados por los residuos lácteos, representan una tarea compleja de corregir. No obstante, el manejo del suero de queso se ha enfocado en el desarrollo de diferentes tratamientos biológicos y fisicoquímicos para la valorización. La gestión de las aguas residuales depende de factores como el clima, las condiciones de operación y los tipos de limpieza; los cuales, influyen en la caracterización de los efluentes lácteos. Sin embargo, existen otros elementos como la escala de la empresa, el capital de inversión y el acceso a la tecnología; que también repercuten en las decisiones para seleccionar el tratamiento óptimo de valorización del suero.

A través de una entrevista profunda con los productores de queso, se determinó que las prácticas de control de contaminación no sólo eran insostenibles, sino que, además, los productores no estaban dispuestos a implementar nuevas medidas para el manejo de residuos, como consecuencia de la disminución de sus beneficios. Los productores de queso, no contemplan internalizar sus externalidades, porque no existe un equilibrio entre sus beneficios económicos y los costos de implementar alternativas ecológicas. Motivo por el cual, las estrategias de uso de lactosuero, debían plantearse desde una visión que creará suficientes incentivos económicos para tener aceptación entre los productores, y bajos costos de inversión, construcción y mantenimiento.

Posteriormente, cuando se hizo la evaluación económica de la rentabilidad de implementar algunas alternativas de fácil acceso a la tecnología; la metodología de análisis costo beneficio ambiental que se implementó, juzgó el beneficio social neto o el costo de la aplicación de las opciones para uso del suero. Los aspectos relevantes de este método fueron la medida en el cambio de bienestar de las personas que viven dentro de la población de estudio, y la maximización del beneficio social neto que obtienen.

Entre los elementos más importantes, se encontró que la inviabilidad de la alternativa anterior de venta del suero, no era rentable porque sólo se vendía un 60% del total de lactosuero producido, debido al incumplimiento en los parámetros de calidad. Sin embargo, si los productores hubieran respetado los indicadores, el escenario era económicamente rentable. Se tomaron en cuenta distintas estrategias para la mitigación de la contaminación, porque de esa forma se reduce el riesgo de depositar el suero al sistema de drenaje. De igual manera, se tomó en cuenta aspectos como el acceso de la tecnología a emplear, los costos de materias primas, costos de construcción y mantenimiento, así como el monto de inversión y el total de beneficios que se iban a obtener en un año.

Los resultados de la evaluación de rentabilidad para el escenario de estrategias diversificadas y el escenario hipotético de la combinación del escenario I y II, resultaron ser factibles para su inversión. No obstante, para que las medidas

planteadas por los dos escenarios anteriores tengan éxito, los productores requieren respetar todos los parámetros de la composición química del suero, así como también lanzar pruebas piloto para garantizar el buen funcionamiento de la tecnología que se utilizará.

Al considerar el enfoque de análisis ascendente costo beneficio ambiental, para reconocer la experiencia de los productores de queso y las estrategias que ellos implementaban o consideraban importantes de acuerdo a sus propios intereses. Se determinó que, aunque existe acceso a la información por parte del sector privado en la aplicación de distintas medidas de valorización del suero; la opción que ellos consideraron para tratamiento, no es factible debido los altos costos de inversión y al volumen de producción que se encuentra por debajo de la cantidad requerida.

En conclusión, se acepta la hipótesis de que la mejor estrategia para tratar los residuos por suero lácteo es a través de la diversificación de actividades. Si bien, existen estudios previos que se enfocan en solo una alternativa con el objetivo de especializarse, para las localidades con características rurales esto no es factible porque generalmente las propuestas con una sola opción de valorización y tratamiento incurren en altos costos de inversión que los productores artesanales de Miahuatlán serían incapaces de pagar.

Recomendaciones

El análisis costo beneficio que se realizó en el segundo capítulo tiene como objetivo maximizar el excedente social; sin embargo, como cualquier otro método el ACB posee limitaciones dado que no incluye totalmente los efectos ambientales. La dificultad de trasladar todos los impactos que están fuera del mercado a un sistema de precios consistente y manejable es una tarea compleja; al igual que integrar los aspectos distributivos de medidas ambientales en un contexto de eficiencia. Motivo por el cual, las investigaciones futuras deben considerar estudios que integren diferentes dimensiones en un marco de análisis multidisciplinar.

De igual manera, cabe señalar que el estudio se ubicó en una localidad específica; no obstante, las comunidades ubicadas río abajo también forman parte de la

problemática, por lo que es importante incluirlas en futuras investigaciones con el fin de crear soluciones más acercadas a la realidad. Finalmente, es imprescindible trabajar en la conciencia por parte de los productores para llevar a cabo prácticas sostenibles en la elaboración de sus productos. La contaminación generada en los procesos de producción y en toda actividad económica debe ser contemplada en las cadenas de producción de las empresas de manera tácita y no opcional.

Referencias

Arango, R., Garcés, L.F., Molina, S. y Piedrahita, S. (2008). Análisis de costos de la electrocoagulación de aguas residuales de la industria láctea. *Producción más limpia*, 3 (2), 9-22.

Dragone, G., Mussatto, S. I., Oliveira, J. M., y Teixeira, J. A. (2009). Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Food Chemistry*, 112, 929-935. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.005

Ghaly, A. E., y Kamal, M. A. (2004). Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. Water Research, 38 631–644. https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.019

Ghasemi, M., Najafpour, G., Rahimnejad, M., Beigi, P. a, Sedighi, M., y Hashemiyeh, B. (2009). Effect of different media on production of lactic acid from whey by Lactobacillus bulgaricus. *African Journal of Biotechnology*, 8 (1), 081-084. ISSN 1684–5315

Hanley, N. (2013). Environmental Cost–Benefit Analysis. Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics, 17–24. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-375067-9.00103-0

Martínez, A. (2010). Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Naolinco, Veracruz (Trabajo de licenciatura). Universidad Veracruzana, Xalapa

Midmore, P. y Whittaker, J. (2000). Economics for sustainable rural systems. *Ecological economics*, 35, 173-189. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00195-6

Peters, R.H. (2005). Economic aspects of cheese making as influenced by whey processing options. *International Dairy Journal*, 15, pp. 537-545.doi:10.1016/j.idairyj.2004.11.009

Prazeres, A.R., Carvalho, F. y Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of environmental management*, 110, 48-68. doi:10.1016/j.jenvman.2012.05.018

Remón, J., Ruiz, M., Oliva M., García, L. y Arauzo, J. (2016). Cheese whey valorisation: Production of valuable gaseous and liquid chemicals from lactose by aqueous phase reforming. Energy Conversion and Management 124, 453–469. http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.044

SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación de Veracruz). (2016). Sistema de Información Municipal. Cuadernillos municipales 2016 Miahuatlán

Silva, L.A. y Bermúdez, A. (2013). Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos. Bogotá, Colombia: Superintendencia de industria y Comercio

Valencia, E. y Ramírez, M.L. (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, 73, 27-31.

Anexos

Anexo 1.1

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE ECONOMÍA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

GUÍA DE ENTREVISTA PARA LOS PRODUCTORES DE QUESO

El objetivo de esta entrevista es conocer la perspectiva que tienen los productores respecto a los residuos que generan en el proceso de producción, su visión de la contaminación y la disposición a implementar nuevas alternativas para el manejo de su principal residuo que es el lactosuero.
Puede sentirse libre de expresar sus ideas en este espacio; no existen respuestas correctas o incorrectas, lo más importante es su opinión sincera. Cabe señalar que la información recabada en este cuestionario será utilizada de manera anónima. Para recolectar la información de manera más rápida, resulta de gran utilidad grabar la conversación, debido a que tomar notas a mano demora más tiempo y podría perder aspectos importantes de la entrevista. ¿Existe algún inconveniente en que grabemos la conversación?

N° de entrevista: _____

Fecha: _____

Nombre:
_____

1. ¿Cuál es el motivo por el que usted decidió convertirse en productor de queso?

2. ¿Usted considera que la producción de queso representa una actividad económica importante para el desarrollo económico y social del municipio?

3. ¿Para usted que representa ser productor de queso?

4. ¿Cuáles son las principales problemáticas a las que se ha enfrentado como productor de queso?

5. ¿Cuáles son los principales problemas al medio ambiente que se generan en el proceso de producción de queso?

6. ¿Existe una asociación de productores de queso? /Sí ¿Cuál? Puede explicar cómo funciona. / No ¿Sabe por qué? ¿En el futuro podría existir?

7. ¿Usted cree que el lactosuero representa un problema en la producción de queso? (sí/no) ¿por qué? (si responde sí, ¿cree que podría haber una solución?

8. ¿Le gustaría participar en actividades para aprender alternativas sustentables de uso del suero para que le generen beneficio y conserven al medio ambiente? (sí/no) ¿por qué?

9. ¿Cuál cree que sería la mejor opción para el manejo de los residuos por lactosuero?

Anexo 2.1

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE ECONOMÍA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN DE QUESO Y USO DE SUERO DEL QUESO

CUESTIONARIO A PRODUCTORES DE QUESO

El objetivo de este cuestionario es conocer el estado actual de la producción de queso y las alternativas de uso del suero de queso en la localidad de Miahuatlán, con fines académicos, por lo que la información recabada en este cuestionario será utilizada para esta investigación de manera anónima. Puede sentirse libre de expresar sus ideas; no existen respuestas correctas o incorrectas, lo más importante es su opinión sincera.

N° de cuestionario: _____
Fecha: _____

GENERALES

Nombre: _____ Edad: _____
Sexo: F ( ) M ( ) Escolaridad (nivel máximo de estudios):_____
Ocupación principal: _____
¿Realiza otras actividades que le generan un ingreso adicional aparte de la producción de queso?
( ) Sí ¿Cuáles?_____
( ) No

I. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE QUESO

1. ¿Desde hace cuántos años se dedica a producir queso? _____

2. ¿Qué tipo de queso produce? (marque con una X)

Oaxaca (hebra)		Panela	
Añejo		Botanero	
Otro(s) (especifique):			

3. Aproximadamente, ¿cuántos kilos de queso produce al día?

Oaxaca (hebra)		Panela	
Añejo		Botanero	
Otro(s) (especifique):			

4. ¿Existe alguna temporada en el año que aumente/disminuya el volumen de su producción?
( ) Aumenta ¿por qué?_____
_____
_____
( ) Disminuye ¿por qué?_____
_____
_____

5. ¿Qué hace con el queso que produce?
( ) Autoconsumo
( ) Venta ¿Dónde vende sus productos?_____
_____
_____
( ) Otro (especifique):_____

6. ¿En cuánto vende el kilo de queso?

Oaxaca (hebra)	$	Panela	$
Añejo	$	Botanero	$
Otro(s) (especifique):			

7. ¿Cómo obtiene la leche que utiliza para producir el queso?
( ) Producción propia ( ) Compra: lecheros locales ( ) Compra: lecheros de municipios cercanos
( ) Otro (especifique): _____

8. Su producción de queso es:
( ) Artesanal (hecho a mano y siguiendo las técnicas tradicionales)
( ) Industrial (máquinas) ¿Qué tipo de aparatos utiliza en su producción?_____
_____

9. ¿Utiliza agua en su proceso de producción?
( ) Sí (**responder pregunta 10 y 11**)
( ) No (**pasar a la pregunta 12)**

10. ¿Cuántos litros utiliza aproximadamente al día para la producción de queso?
_____

11. ¿Le genera algún costo utilizar el agua?
( ) Sí Cuáles: ( ) Pago por servicio de agua mensual $_____
( ) Pago de gasolina por traslado $_____
( ) Pago de electricidad por uso de la bomba $_____
( ) Pago por instalaciones (compra de mangueras, PVC, etc.) $_____
( ) Otros Por favor, mencione cuales $_____
( ) No

12. ¿Usted utiliza energía eléctrica para la producción de queso? (Ej. Uso de electrodomésticos o maquinaria especial)
( ) Sí ¿Qué aparatos? _____
(**responder pregunta 13 y 14**)
( ) No (**pase a la pregunta 15**)

13. ¿Qué tipo de contrato eléctrico tiene? ( ) Hogar ( ) Negocio ( ) Industria

14) Usted considera su pago de la electricidad un monto: ( ) Alto ( ) Medio ( ) Bajo

15. ¿En el proceso de producción de queso debe llevar a cabo algún proceso de cocción?
( ) Sí (**responder pregunta 16**)
( ) No (**pase a la pregunta 17**)

16. ¿Qué utiliza para el proceso de cocción del queso?

( ) Estufa	a) En promedio, ¿cuánto consume de gas LP? b) ¿Cada cuánto compra un tanque de gas?
( ) Leña	a) ¿Compra la leña o la recolecta usted mismo? _____ Si la compra, ¿cuánto gasta al mes?_____
( ) Otra	Especificar:

II. USO Y MANEJO DE LACTOSUERO

17. ¿Usted sabe que es el suero de queso?
( ) Sí
( ) No

18. ¿Cuánto suero de queso produce en promedio al día? _____
Si produce diferentes tipos de queso podría señalar cuánto suero genera:

Oaxaca (hebra)		Panela	
Añejo		Botanero	
Otro(s) (especifique):			

19. ¿Qué hace con el suero de queso?

( ) Vende	1) ¿A quién se lo vende? _____ _____ 2) ¿Cuántos litros vende a la semana? _____ 3) Para vender el suero, ¿debe cumplir algún parámetro? (ej. grado de acidez como el pH) _____ _____ 4) ¿Vende todo o una parte? _____ 5) ¿Qué pasa con el suero que no vende? _____ _____ 6) ¿Cuánto dinero le pagan por un litro de suero?
( ) Tira	7) ¿Dónde lo tira?
( ) Regala	8) ¿A quién se lo regala?
( ) Hace requesón	9) ¿Lo vende o consume?
( ) Alimento de animales	10) ¿A qué tipo de animales se lo dan a tomar? 11) ¿Además del suero les dan alimento a los animales? 12) En general, ¿cómo funciona el proceso de alimentar animales con suero? 13) ¿Qué hacen con esos animales: son para consumo o venta?
( ) Otro	Especificar:

20. ¿Le gustaría utilizar el suero en otra cosa como la creación de subproductos?
( ) Sí ¿Por qué?_____
( ) No ¿Por qué?_____

21. ¿Usted considera el suero de queso es un contaminante (sí/no)? ¿Por qué?
_____
_____

22. ¿Le gustaría participar en actividades para aprender alternativas sustentables de uso del suero para que le generen beneficio y conserven al medio ambiente?
( ) Muy de acuerdo ( ) De acuerdo ( ) En desacuerdo ( ) Muy en desacuerdo

23. ¿Usted sabe que es una energía renovable?
( ) Sí ¿Qué tipo de energía conoce?_____
_____
( ) No ¿Le gustaría conocer algún tipo de energía renovable?_____
_____

24. ¿Usted conoce algún biocombustible?

( ) Sí ¿Qué tipo?_____
( ) No ¿Le gustaría conocer algún tipo?_____

25. ¿Conoce el tipo de cultivos agrícolas que se producen en este municipio? _____
_____

26. ¿Usted realiza alguna actividad agrícola?
( ) Sí ¿Qué tipo? (cultivo de maíz, frijol, papa, etc.) _____
¿Utiliza algún fertilizante? ( ) Sí ¿cuál?_____ ( ) No
¿Cuánto gasta de fertilizante al mes? _____
( ) No

27. ¿Usted sabe que es un biofertilizante?
( ) Sí ¿Sabe si algún agricultor lo utiliza? ( ) Sí ¿cuál?_____ ( ) No
( ) No ¿Le gustaría conocer alguno?_____

III. PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA EMPRESA

28. ¿Realiza otras actividades que le generan un ingreso adicional aparte de la producción de queso?
( ) Sí ¿Cuáles?_____
( ) No

29. Las labores de producción de queso son realizadas por:
( ) La familia
( ) Trabajadores contratados N°_____ Días de trabajo a la semana: _____
( ) Familia y trabajadores
(Si responde trabajadores contratados o familia y trabajadores **pasar a la pregunta 30**)

30. ¿Aproximadamente cuánto dinero le paga al día a sus trabajadores? _____

31. ¿Contrata trabajadores para las temporadas de venta alta?
( ) Sí ¿Cuántos?_____
( ) No

32. ¿Su empresa tiene algún registro en el gobierno federal, estatal o municipal? (ej. SAT) _____

33. ¿De dónde obtiene usted el dinero para los gastos que tiene en la quesería?
( ) De la venta del queso producido
( ) Apoyos de alguna institución
( ) Préstamo (Banco o prestamista)
( ) Remesas
( ) Ingresos de otras actividades
( ) Otra (especificar)
_____

34. ¿Del gasto para mantener a su familia qué tanto lo cubre con la comercialización de queso?
( ) Nada [0%] ( ) Cuarta parte [25 %] ( ) La mitad [50%] ( ) Más de la mitad [100%]

¡G R A C I A S!

Anexo 2.2

Escenario II: Costos y beneficios de microempresas

	Costos		Beneficios	
Alternativa I	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Digestor doméstico (biogás y biofertilizante)	Costo de geomenbrana	2,539	Ahorro de combustible y fertilizante	14,648
	Costos extra: compra de geomenbrana cada 5 años + instalación	4,121		
	Materiales	7,128		
	Costos de mano de obra (construcción)	2,539		
	Total	**16,327**	Total	**14,648**

Fuente: elaboración propia con datos de Garfí et al. (2016).
Nota: Los costos y beneficios se tomaron igual para esta alternativa porque son un promedio general del costo de un digestor doméstico de un volumen entre 6m^3 y 10 m^3.

	Costos		Beneficios	
Alternativa II	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Producción de alimento (requesón)	Costos de producción de 1 kg de requesón		Precio de venta de 1 kg de requesón	65
	Costos de materia prima	13		
	Costos de mano de obra	17		
	Costos indirectos	2		
	Total	32	Total	65
Industrial	Costos anuales de producción	**348,480**	Beneficios anuales de venta	**965,250**
Artesanal	Costos anuales de producción	**168,960**	Beneficios anuales de venta	**468,000**

Fuente: elaboración propia con datos de López (2011).

	Costos		Beneficios	
Alternativa III	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Producción de alimento (cerdos)	Costos de alimento	$270	Venta de cerdos de engorda (precio de un kilo)	$26
Industrial	Costos anuales de alimento	**32,473**	Beneficios anuales de la venta	**542,953**
Artesanal		**15,744**		**263,250**

Nota: para calcular el número de cerdos que se pueden alimentar el rendimiento del suero que se tomó fue de 32 litros de consumo diario de acuerdo a Castells et al. (2007). El precio del alimento se obtuvo por kilo, de una tienda de forrajes del área de estudio. El uso de cuatro meses para engordar a los cerditos, parte del supuesto de dos meses de lactancia como lechón y los cuatro meses restantes son de engorda. El número de kilos de alimento por mes se obtuvo de la información de los cuestionarios y de la consulta de engormix[2].

[2] Comunidad agropecuaria online. Recuperado de https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/

Tabla de costos y beneficios del Escenario II		Costos		Beneficios	
		Industrial	**Artesanal**	**Industrial**	**Artesanal**
Alternativa I	Digestor doméstico (60%)	16,327	16,327	14,648	14,648
Alternativa II	Alimento (requesón) (10%)	348,480	168,960	965,250	468,000
Alternativa III	Alimento cerdos (30%)	32,473	15,744	542,953	263,250
		397,280	**201,031**	**1,522,851**	**745,898**

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en las estimaciones anteriores.

Anexo 2.3

Escenario III: Costos y beneficios de microempresas

	Costos		Beneficios	
Alternativa I	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Digestor doméstico (biogás y biofertilizante)	Costo de geomenbrana	2,539	Ahorro de combustible y fertilizante	14,648
	Costos extra: compra de geomenbrana cada 5 años + instalación	4,121		
	Materiales	7,128		
	Costos de mano de obra (construcción)	2,539		
	Total	**16,327**	Total	**14,648**

Fuente: elaboración propia con datos de Garfí et al. (2016).
Nota: Los costos y beneficios para este escenario son los mismos que el anterior por el uso del mismo porcentaje de lactosuero.

	Costos		Beneficios	
Alternativa II	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Producción de alimento (requesón)	Costos de producción de 1 kg de requesón		Precio de venta de 1 kg de requesón	65
	Costos de materia prima	13		
	Costos de mano de obra	17		
	Costos indirectos	2		
	Total	32	Total	65
Industrial	Costos anuales de producción	**348,480**	Beneficios anuales de venta	**965,250**
Artesanal		**168,960**		**468,000**

Fuente: elaboración propia con datos de López (2011).
Nota: Para hacer 1/2 de requesón se necesitan 10 litros de suero Los costos y beneficios para este escenario son los mismos que el anterior por el uso del mismo porcentaje de lactosuero.

	Costos		Beneficios	
Alternativa III	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
Producción de alimento (cerdos)	Costos de alimento	$270	Venta de cerdos de engorda (precio de un kilo)	$26
Industrial	Costos anuales de alimento	**16,236**	Beneficios anuales de la venta	**542,953**
Artesanal		**7,872**		**263,250**

Nota: Cálculo de alternativa con el 15% de uso del lactosuero del total disponible.

Alternativa IV						
Estimación de costos						
Tipo de empresa	**Lactosuero por día promedio**	**Venta: 15% de uso del total del lactosuero**	**N° galones p/200 litros**	**Costo de materiales**	**Costos de transporte**	**Costos totales**
Industrial	**8,250**	1,238	6	3,094	1,653	**4,747**
Artesanal	**4,000**	600	3	1,500	1,278	**2,497**

Tabla de costos y beneficios totales del Escenario III		**Costos**		**Beneficios**	
		Industrial	**Artesanal**	**Industrial**	**Artesanal**
Alternativa I	Digestor doméstico (60%)	16,327	16,327	14,648	14,648
Alternativa II	Alimento (requesón) (10%)	348,480	168,960	965,250	468,000
Alternativa III	Alimento cerdos (15%)	16,236	7,872	271,477	131,625
Alternativa IV	Venta de lactosuero (15%)	4,747	2,497	66,825	32,400
		385,790	**195,656**	**1,318,199**	**646,673**