

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**



**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen
en la sustentabilidad de unidades lecheras de pequeña escala en
Maravatío, Michoacán, México**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:

LUIS MANUEL CHÁVEZ PÉREZ

COMITÉ TUTORAL

**DIRECTOR DE TESIS: DR. RAMÓN SORIANO ROBLES
COMITÉ TUTOR: DR. VALENTÍN EFRÉN ESPINOSA ORTIZ**

CIUDAD DE MÉXICO

2022



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ACTA DE DISERTACIÓN PÚBLICA

No. 00022

Matrícula: 2143805941

Factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen en la sustentabilidad de unidades lecheras de pequeña escala en Maravatio, Michoacán, México.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 12:00 horas del día 25 del mes de febrero del año 2022 en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

- DR. CARLOS ERNESTO GONZALEZ ESQUIVEL
- DR. LUIS BRUNETT PEREZ
- DR. VALENTIN EFREN ESPINOSA ORTIZ
- DRA. MARIA CAMILA RENDON RENDON
- DR. RAMON SORIANO ROBLES



Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron a la presentación de la Disertación Pública cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

DE: LUIS MANUEL CHAVEZ PEREZ



y de acuerdo con el artículo 78 fracción IV del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

LUIS MANUEL CHAVEZ PEREZ
ALUMNO

Aprobar

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS

MTRA. MARIA ELENA CONTRERAS GARFIAS

PRESIDENTE

DR. CARLOS ERNESTO GONZALEZ
ESQUIVEL

VOCAL

DR. LUIS BRUNETT PEREZ

VOCAL

DR. VALENTIN EFREN ESPINOSA ORTIZ

VOCAL

DRA. MARIA CAMILA RENDON RENDON

SECRETARIO

DR. RAMON SORIANO ROBLES



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

**Factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen
en la sustentabilidad de unidades lecheras de pequeña escala en
Maravatío, Michoacán, México**

La presente tesis fue realizada bajo la supervisión del Comité tutoral indicado a continuación y aprobada como requisito en el Plan de Estudios para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ TUTORAL:

Director

Dr. Ramón Soriano Robles

Asesor

Dr. Valentín Efrén Espinosa Ortiz

FINANCIAMIENTO

Esta investigación y tesis fueron realizadas gracias al financiamiento otorgado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IN309317, titulado: *Las organizaciones en la sustentabilidad de la cadena agroalimentaria de los lácteos*; por el PAPIIT IN305620, nombrado: *Repertorios culturales y estrategias de las organizaciones y los actores en la sustentabilidad de la cadena agroalimentaria de los lácteos* y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

DEDICATORIA

A mi familia, con profundo amor

A mis seres queridos que se han vuelto polvo de estrellas

A mis amigos ganaderos de Maravatío, Michoacán

A mis colegas

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional.

A mi Comité Tutor: Dr. Ramón Soriano Robles, Dr. Valentín Espinosa Ortiz y al Dr. Luis Arturo García Hernández (q. e. p. d).

Se agradece al Doctorado en Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Al Dr. Germán David Mendoza Martínez, Coordinador del Doctorado en Ciencias Agropecuarias, por las facilidades otorgadas para culminar este proceso.

A Randy Alexis Jiménez Jiménez, María Camila Rendón Rendón y Mauricio Miguel Estrada, quienes además de brindarme su amistad, me apoyaron enormemente durante este viacrucis.

A mis amigos Enrique López Vargas y Érika García Torres, con quienes se consolidó una gran amistad. Gracias por mostrarme su perspectiva sobre el campo mexicano.

A mis amigos ganaderos de Maravatío, Michoacán. Sería imperdonable omitir algún nombre, pero a todos ellos expreso mi profundo respeto.

A mi honorable jurado, conformado por Dr. Carlos González Esquivel, Dr. Ramón Soriano Robles, Dr. Luis Brunett Pérez, Dra. María Camila Rendón Rendón y Dr. Valentín Espinosa Ortiz. Gracias por sus acertados comentarios, que sirvieron para enriquecer esta tesis.

Contenido

Resumen	1
Abstract	2
Introducción general	4
Planteamiento del problema y objetivos de investigación.....	4
Enfoque metodológico y herramientas utilizadas	10
Capítulo 1. Desarrollo sustentable: concepto, interpretaciones y su evaluación	16
Introducción.....	17
Definición y antecedentes del concepto	17
Distintas visiones sobre el Desarrollo Sustentable.....	22
Las dimensiones de la sustentabilidad	24
Evaluando la sustentabilidad	30
Algunas reflexiones finales.....	40
Referencias bibliográficas.....	41
Capítulo 2: Análisis de la producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, bajo un enfoque de sistemas	44
Producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán.....	50
Ubicación geográfica del municipio	51
Unidad Bovina Productora de Leche de Pequeña Escala (UBPLPE).....	52
Subsistema agrícola.....	57
Subsistema forestal.....	58
Interacciones y flujos de entrada y salida al sistema	58
Consideraciones finales.....	61
Resultados	65
Capítulo 3: Does small-scale livestock production use a high technological level to survive? Evidence from dairy production in northeast-ern Michoacán, Mexico	65
1. Introduction	67
2. Materials and Methods.....	68
2.1. Study Area	69

2.2. Sample Number	69
2.3. Statistical Analysis	71
3. Results.....	71
3.1. Principal Component Analysis	71
3.2. Conformation of Factors or Principal Components.....	73
3.3. Hierarchical Cluster Analysis.....	73
4. Discussion.....	77
5. Conclusions	82
References.....	83
Capítulo 4: Evaluación de sustentabilidad en unidades lecheras de pequeña escala con distintos niveles de producción y tecnología en Maravatío, Michoacán.....	88
Introducción.....	88
Material y métodos.....	92
Resultados.....	103
Discusión.....	109
Conclusiones y recomendaciones	117
Referencias bibliográficas.....	118
Discusión general de la tesis.....	123
Contribución metodológica y procedimiento en general	124
Principales hallazgos	126
Conclusiones y recomendaciones.....	130

Resumen

La producción lechera de pequeña escala es una actividad económica relevante para la población de zonas rurales, ya que provee de una fuente regular de ingresos, proporciona un alimento nutritivo, utiliza recursos locales y genera empleo familiar. En México, este sistema de producción ha experimentado cambios debido a las políticas de apertura comercial, donde se observó que muchas unidades de producción se modernizaron, mientras otras se mantuvieron con niveles tecnológicos y productivos bajos. Si bien, en una misma región conviven granjas heterogéneas en cuanto a nivel de producción, tecnología y uso de recursos, se desconoce el grado de sustentabilidad con que cuentan. Por tanto, el objetivo de la presente tesis fue analizar los factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen en el nivel de sustentabilidad de distintos tipos de unidades bovinas productoras de leche de pequeña escala en el municipio de Maravatío, Michoacán, México. Para lograr esto, primero se analizaron las unidades de producción desde un enfoque de sistemas, describiendo sus componentes y las interacciones que llevan a cabo. Posteriormente se realizó una caracterización de los distintos grupos o formas de producción de leche en Maravatío, Michoacán, y finalmente se evaluó el nivel de sustentabilidad con que cuentan cada grupo. Los resultados muestran que las unidades de producción de pequeña escala de Maravatío se componen de varios subsistemas. Por un lado, la familia, el subsistema pecuario, agrícola, forestal y el mercado. Se identificaron cuatro grupos o formas distintas en que se lleva a cabo la producción de leche en el municipio de Maravatío, Michoacán. Las UBPLPE que predominan en el municipio de Maravatío son aquellas que cuentan con bajo nivel tecnológico en su dinámica productiva. Los cuatro grupos identificados obtuvieron promedios similares en sus evaluaciones de sustentabilidad. El Grupo 1 obtuvo como promedio en su nivel de sustentabilidad un valor de 65.96%, el Grupo 2 obtuvo 64.94%, el Grupo 3 obtuvo 64.48% y el Grupo 4 obtuvo 62.38%. Esto resalta que contar con un nivel tecnológico alto no marcó la diferencia para obtener mayor nivel de sustentabilidad, ya que, como se observó, los productores contemplan muchas variables para ser sustentables, como son la diversificación de especies productivas, la pluriactividad, mano de obra familiar, los recursos naturales, características nutricionales del suelo y su manejo. Sin embargo, realizando el análisis por atributos de sustentabilidad, se

obtuvieron resultados variables para cada grupo. Los Grupos 1 y 2, que incluyen UBPLPE con mayor nivel de tecnología, obtuvieron mejores valores para el atributo productividad. No obstante, los grupos predominantes en el municipio y que utilizan bajo nivel tecnológico, fueron los más autogestivos y mostraron mayor equidad, aunque resultaron ser los menos productivos y rentables. Si bien, manifiestan ser granjas resilientes, realizan mal manejo de efluentes y hacen uso excesivo de fertilizantes agroquímicos, lo cual puede resultar en un aspecto negativo para la sustentabilidad del sistema.

Palabras clave: Producción lechera familiar, sostenibilidad, enfoque de sistemas, tipología.

Abstract

Small-scale dairy production is a relevant economic activity for the population in rural areas, since it provides a regular source of income, provides nutritious food, uses local resources and generates family employment. In Mexico, this production system has undergone changes due to trade liberalization policies, where it was observed that many production units were modernized, while others remained with low technological and productive levels. Although heterogeneous farms coexist in the same region in terms of production level, technology and use of resources, the degree of sustainability they have is unknown. Therefore, the objective of this thesis was to analyze the technological, economic and socio-environmental factors that influence the level of sustainability of different types of small-scale dairy cattle units in the municipality of Maravatío, Michoacán, Mexico. To achieve this, the production units were first analyzed from a systems approach, describing their components and the interactions they carry out. Subsequently, a characterization of the different groups or forms of milk production in Maravatío, Michoacán, was carried out, and finally the level of sustainability of each group was evaluated. The results show that the small-scale production units of Maravatío are composed of several subsystems. On the one hand, the family, the livestock, agricultural, forestry subsystem and the market. Four different groups or ways in which milk production is carried out in the municipality of Maravatío, Michoacán were identified. The UBPLPE that predominate in the municipality of Maravatío are

those that have a low technological level in their productive dynamics. The four identified groups obtained similar averages in their sustainability evaluations. Group 1 obtained an average of 65.96% in its level of sustainability, Group 2 obtained 64.94%, Group 3 obtained 64.48% and Group 4 obtained 62.38%. This highlights that having a high technological level did not make a difference in obtaining a higher level of sustainability, since, as observed, producers contemplate many variables to be sustainable, such as the diversification of productive species, pluriactivity, labor family, natural resources, nutritional characteristics of the soil and its management. However, performing the analysis by sustainability attributes, variable results were obtained for each group. Groups 1 and 2, which include UBPLPE with a higher level of technology, obtained better values for the productivity attribute. However, the predominant groups in the municipality and that use a low level of technology were the most self-managed and showed greater equity, although they turned out to be the least productive and profitable. Although they appear to be resilient farms, they mishandle effluents and make excessive use of agrochemical fertilizers, which can result in a negative aspect for the sustainability of the system.

Keywords: Family dairy production, sustainability, systems approach, typology.

Introducción general

Planteamiento del problema y objetivos de investigación

Durante el último siglo, la población mundial se cuadruplicó, pasando de 1800 millones de personas en 1915 a 7.3 mil millones de personas en 2019 (ONU, 2020). Este crecimiento poblacional, aunado al aumento de ingresos en los países en desarrollo, provocaron cambios en los patrones alimentarios, lo que causó un incremento en la demanda mundial de alimentos (Elferink and Schiernhorn, 2016).

La demanda de alimentos puede provocar que agricultores en todo el mundo se vean obligados a aumentar su producción (Cortez Arriola, 2016), lo que mejora la productividad de la agricultura y ocasiona que se adopten nuevos métodos como agricultura de precisión (Elferink and Schiernhorn, 2016). No obstante, FAO (2017), menciona que el aumento de la productividad podría poner en peligro la seguridad alimentaria, debido a las crecientes presiones sobre los recursos naturales, que amenazan la sustentabilidad de los sistemas alimentarios en general, lo cual sugiere realizar cambios transformadores en la producción agrícola y ganadera de alimentos en el mundo.

En la difícil tarea de producir alimentos para satisfacer las necesidades humanas, la agricultura moderna, con alta utilización de insumos externos, no ha podido solucionar los problemas alimentarios y socioeconómicos que se viven actualmente (Funes, 2007). Esto sugiere un cambio hacia una agricultura capaz de satisfacer las necesidades crecientes y cambiantes, que preserve y restaure los recursos naturales de los agroecosistemas (Leyva y Pohlen, 2005). Por tal motivo, la agricultura sustentable, basada en técnicas agroecológicas que afecten en menor medida los ecosistemas, parece ser la opción a seguir (Rosset, 1997; Funes et al. 2001).

Esta agricultura sustentable está cimentada sobre principios que incluyen aspectos económicos, ambientales y sociales (Masera y López. 2000). Esto implica producir con reducida dependencia de insumos externos, generar ingresos económicos, mantener la diversidad ecológica y fortalecer el bienestar de las familias y sus comunidades (Altieri y Nicholls, 2000). Como señala CMMAD (1987), la agricultura sustentable debe verse como un proceso de cambio en el cual la explotación

de recursos, la dirección de inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional se encuentren en armonía, potenciando la resolución de necesidades y aspiraciones del ser humano y el entorno que habita.

Dentro de las actividades agropecuarias que promueven la producción sustentable se encuentra la producción de leche de pequeña escala, ya que es una actividad que genera una fuente regular de ingresos, proporciona un alimento nutritivo, diversifica los riesgos, mejora el uso de recursos y genera empleo dentro de la unidad de producción y fuera de ella (FAO, 2021).

Esta actividad se lleva a cabo en alrededor de 150 millones de hogares en el mundo. En la mayoría de los países en desarrollo, la producción se realiza en Unidades Bovinas Productoras de Leche de Pequeña Escala (UBPLPE), las cuales, en los últimos decenios, aumentaron su participación a la oferta mundial de leche (FAO, 2021). Para el caso de México, la producción de leche de pequeña escala aporta de 28% a 37% a la producción nacional y, se lleva a cabo en 789 mil UBPLPE a lo largo del territorio nacional. Algunos autores mencionan que en este sistema se encuentran más del 78% de los productores dedicados a la producción de leche, y mantienen cerca de 35% del hato lechero nacional (Hemme et al., 2007; Fadul et al., 2011).

Las UBPLPE se caracterizan por tener en promedio hatos menores de 30 vacas en producción, y forman parte de un sistema mixto de producción agrícola y pecuaria, donde los animales se alimentan de forrajes, esquilmos agrícolas y en menor medida, alimentos concentrados. Emplean fundamentalmente mano de obra familiar para el manejo del ganado, así como para la transformación y comercialización de leche y subproductos lácteos. Este sistema de pequeña escala tiene una alta capacidad de adaptación a los diferentes contextos socioambientales, incorpora escasa inversión de capital vía innovaciones tecnológicas, que le ha permitido sobrevivir a múltiples crisis económicas, ya que utilizan los ingresos que les provee la producción de leche como un complemento a la economía familiar (Espinosa et al. 2008).

Aún con estas bondades, la lechería de pequeña escala es un claro ejemplo de sistema donde se manifiestan los contrastes entre la producción y los desafíos que enfrentan los productores y sus

familias para ser sustentables. Esto aunado a que en México se han aplicado diferentes políticas a través del tiempo para mantener el abasto de leche. En las décadas de los 70 y 80s, la estrategia se sustentó en subsidios al consumo y control de precios e importaciones de leche en polvo a precios bajos. Esta política limitó el desarrollo del sector lechero nacional y desincentivó la inversión. Ya en la década de los noventa, se impulsó la actividad lechera nacional mediante la liberación del precio al consumidor y los apoyos gubernamentales, paralelamente se negoció un Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), que abrió la puerta a las importaciones de leche en polvo y derivados (Del Valle y Álvarez, 1997).

Este modelo de apertura comercial que México adoptó trajo consigo una crisis en la ganadería, ya que se perdieron 321 973 unidades de producción bovina tanto de carne como de leche, lo que representó que 22% de unidades de producción dejaron de operar (Cavalloti, 2014). Por otra parte, muchas UBPLPE que se mantuvieron, tendieron a aumentar su productividad, e intensificaron su sistema de producción, aumentando el número del ganado y del requerimiento de insumos, que los hizo caer en una “trampa de intensificación” o intensificación mal planificada, que trajo como consecuencia mayor degradación y pérdida de nutrientes del suelo y una fuerte dependencia de insumos para la producción (Cortez-Arriola, 2016).

Si bien, algunos productores siguieron esa tendencia de modernización para ser sustentables, muchos otros optaron por continuar su actividad con niveles productivos y tecnológicos bajos. Por ejemplo, investigaciones realizadas con pequeños productores agrícolas y pecuarios de países en vías de desarrollo del mundo, como Argentina, Colombia, Perú y Zimbabwe, señalan que la mayoría de las unidades de producción cuentan con un nivel tecnológico bajo o, en su caso, las más tecnificadas representan entre el 12% y el 33% del total de unidades analizadas (Ngongoni et al., 2006; Giorgis et al, 2011; Merma and Julca, 2012; Barrios et al. 2019).

Para el caso de México, una de las regiones donde la producción de leche se ha desarrollado históricamente a pequeña escala es el municipio de Maravatío, Michoacán. Esta región cuenta con una larga tradición lechera desde mediados del siglo XVIII, que destaca como una de las actividades económicas de importancia para sus pobladores. Esto se vio reflejado en que, para el

año 2019, tuvo una aportación del 2% de la producción de leche a la oferta del estado de Michoacán, que equivale a 5,083,624 litros (Jiménez-Jiménez et al. 2011; INEGI, 2016; Jiménez-Jiménez et al. 2020). Según datos de INEGI (2016), más del 80% de la producción lechera del municipio se lleva a cabo en UBPLPE, a pesar de que en México existe una tendencia hacia la concentración de la producción, donde los pequeños productores quedan segregados por su limitada capacidad para producir grandes volúmenes de leche (Camacho-Vera et al. 2017). La actividad lechera se realiza a lo largo de todo el municipio, pero destacan como altas productoras algunas localidades como Campo Hermoso, Pomas Dolores, Santa Elena, Casa Blanca, La Colonia Maravatío y el Tejero (Jiménez-Jiménez et al., 2011; Chávez et al., 2018). Desde una perspectiva general, las UBPLPE del municipio se caracterizan por utilizar mano de obra familiar para sus distintas actividades, los hatos se conforman de 2 a 30 vacas en promedio, de las cuales presentan de 1 a 12 vacas en producción. El ganado cuenta principalmente con fenotipo Holstein y en menor proporción Jersey, Pardo Suizo y cruzas, y la comercialización de leche la realizan con intermediarios y fabricantes de subproductos lácteos (Jiménez et al. 2011).

No obstante, como menciona Espinosa et al (2008), la producción lechera que se lleva a cabo en Maravatío es heterogénea en cuanto a uso de tecnología, nivel de producción y recursos socioeconómicos y ambientales que utiliza. Esto remarca que dentro de este sistema conviven diferentes formas de producir, y esto es resultado de una asociación y combinación de distintos factores que involucran aspectos socioeconómicos, tecnológicos, culturales y biofísicos de cada unidad de producción. Autores como Cervantes y Álvarez (2001) y Camacho-Vera et al. (2017), quienes trabajaron con ganaderos lecheros de los Altos de Jalisco y de Tecamachalco, Puebla, respectivamente, encontraron que las UBPLPE más rentables y competitivas, y que lograron avances significativos en las últimas décadas, fueron aquellas que se especializaron e implementaron un nivel tecnológico alto. De forma similar, Veléz et al. (2013), realizando investigación con ganaderos lecheros de Guanajuato, México, mostraron^{87u} que las unidades de producción con nivel tecnológico medio y alto, tuvieron mejores resultados para variables económicas, repercutiendo en una mejor relación beneficio-costos. Por su parte, Brunett et al. (2005), quienes trabajaron con ganaderos lecheros del Valle de Toluca, Estado de México, señalan

que las UBPLPE que incorporan innovaciones tecnológicas tienden a ser más sustentables que las convencionales.

Partiendo de estos resultados encontrados en investigaciones sobre lechería de pequeña escala o familiar en distintas regiones del país, se presume que las UBPLPE que se mantienen vigentes y son sustentables socioeconómica y ambientalmente en el municipio de Maravatío, son aquellas que se tecnificaron y aumentaron su nivel productivo; así mismo, aquellas que quedaron rezagadas en estos aspectos, cuentan con un nivel bajo de sustentabilidad y pueden tender a su desaparición. Esta hipótesis genera las siguientes interrogantes con relación a la sustentabilidad de las distintas UBPLPE del municipio de Maravatío:

- ¿Las UBPLPE con niveles tecnológicos y productivos altos son más sustentables desde el punto de vista socioeconómico y ambiental?
- ¿Cuáles son las estrategias técnicas, socioeconómicas y ambientales que llevan a cabo las UBPLPE para ser sustentables en un entorno globalizado y de alta demanda de alimentos?
- ¿Cuáles son los recursos con que cuentan las UBPLPE en Maravatío, Michoacán, y cómo se dan las interacciones y sinergias al interior de su dinámica productiva y al exterior con el mercado?

Para ahondar en esta problemática e intentar dar respuesta a las preguntas generadas, la presente tesis tuvo como objetivo general *analizar los factores tecnológicos, socioeconómicos y ambientales que influyen en el nivel de sustentabilidad de UBPLPE que cuentan con distinto nivel de tecnología y producción en el municipio de Maravatío, Michoacán, México.*

A fin de cumplir con el objetivo general, primero fue necesario realizar una discusión teórica-metodológica del concepto *sustentabilidad*, revisando distintos enfoques teóricos y describiendo la metodología que se utilizó en la presente tesis. Por tanto, el capítulo 1 titulado *Desarrollo sustentable: concepto, interpretaciones y su evaluación*, se enfoca en realizar una revisión de distintos enfoques de la sustentabilidad. Posteriormente, resultó importante describir el contexto de la

producción de leche en el México, particularmente, en Maravatío, Michoacán, su dinámica socioeconómica y los recursos naturales con que cuenta el municipio, y en los cuales se desenvuelven las UBPLPE. Para ello, en el capítulo 2 se optó por realizar una descripción de las características geográficas, socioeconómicas, y de recursos naturales con que cuenta el municipio, además de una descripción general de la producción lechera, desde un enfoque de sistemas. Para ello, se realizó una descripción de los componentes que integran las UBPLPE, para conocer e investigar a fondo las interacciones entre los aspectos ambientales, sociales y económicos en este medio de vida que representa la producción de leche de pequeña escala, pues la complejidad de las interacciones y problemáticas de los productores requiere investigación apropiada, mejores conocimientos y enfoques holísticos, en contraposición a los enfoques de perspectiva reducida de la investigación disciplinaria predominante (Priego-Castillo, 2009). Por tanto, el segundo capítulo tuvo como objetivo: *describir el panorama de la producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, además de conocer sus componentes e interacciones productivas que se dan al interior de las UBPLPE, desde un enfoque de sistemas.*

Como se mencionó anteriormente, cada UBPLPE utiliza los recursos y genera las interacciones de acuerdo a su contexto socioeconómico y ambiental, por tanto, es importante identificar las distintas formas en que se lleva a cabo la producción lechera. Para el caso de las UPLPE que se encuentran en el municipio de Maravatío, no se cuenta con un trabajo que caracterice las distintas formas en que se lleva a cabo la producción lechera. Es por ello que el tercer capítulo tuvo por objetivo *caracterizar a las UBPLPE en el municipio de Maravatío, al noreste del estado de Michoacán, México, para identificar el nivel tecnológico que utilizan los productores, además de conocer su situación socioeconómica actual y así contribuir al conocimiento y comprensión de este sistema predominante, brindando elementos que pueden ayudar en la planificación de políticas públicas orientadas a la producción de leche.*

Los distintos tipos de sistemas ganaderos no enfrentan los mismos desafíos con respecto a la sustentabilidad, ya que granjas que tienden a ser más especializadas pueden enfrentar problemas económicos y de contaminación. Por su parte, las pequeñas producciones se consideran más sustentables en términos ambientales y sociales, al brindar más oportunidades laborales (Posadas-

Domínguez et al. 2014). Sin embargo, las granjas pequeñas también enfrentan problemas como gran carga de trabajo, baja autosuficiencia alimentaria para los animales y la falta de acceso a mercados e innovaciones tecnológicas. Es por ello que el cuarto capítulo tuvo por objetivo *evaluar el nivel de sustentabilidad socioeconómico y ambiental de UBPLPE que cuentan con distintos niveles tecnológico-productivos, en el municipio de Maravatío, Michoacán, México. Esto podría servir para identificar las áreas de oportunidad en cada tipo de UBPLPE, lo que permitirá proponer alternativas enfocadas a este sistema.*

Con el cumplimiento del objetivo general y los objetivos específicos, se intentará comprender el entorno ambiental y socioeconómico en que se encuentra inserta la producción lechera del municipio de Maravatío, así como analizar de mejor forma las interacciones que se dan entre sus componentes. Además, con la identificación y descripción de las distintas formas en que se lleva a cabo la producción lechera en el municipio, se podrá evaluar el nivel de sustentabilidad de cada grupo identificado.

La pertinencia de esta tesis radica en que en existe poca literatura que se centre en analizar la sustentabilidad de distintas formas de producción de leche a pequeña escala en una misma región, ya que gran parte de investigaciones enfocadas en evaluar la sustentabilidad contrastan unidades de producción convencionales frente a modificadas o evalúan las mismas unidades de producción antes y después de realizar modificaciones en su dinámica productiva. Esto ayudará a identificar y estudiar de forma integral las estrategias de sustentabilidad que llevan a cabo las distintas UBPLPE en una misma región, que les han ayudado a permanecer en un entorno globalizado y competitivo.

Enfoque metodológico y herramientas utilizadas

Esta investigación se centra en analizar los factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen en el nivel de sustentabilidad de distintos tipos de unidades bovinas productoras de leche de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, México, lo cual implicó utilizar diferentes herramientas metodológicas para cumplir con este objetivo.

En el capítulo uno se desarrolló un análisis teórico-conceptual de la sustentabilidad, y de distintos enfoques y posturas que existe con relación al concepto, además de la descripción detallada de la metodología Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), la cual se utilizó para evaluar la sustentabilidad de las UBPLPE para la presente tesis. Esta metodología consta de seis pasos: definición del objeto de evaluación, determinación de puntos críticos, selección de criterios de diagnóstico e indicadores, medición y monitoreo de indicadores, presentación de resultados y conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo dos se analizó a la unidad bovina lechera de pequeña escala desde un enfoque de sistemas (Bertalanffy, 1973). La importancia de utilizar este enfoque radica en que se ve a la unidad de producción como un todo, donde cada componente cumple una función dentro de la dinámica de los productores y sus familias. Para esto, primero se realizó una descripción del panorama que vive la producción lechera en el país, donde se describieron los diferentes sistemas en que se lleva a cabo. Posteriormente, la descripción se enfoca en la producción lechera de pequeña escala, sus características productivas y socioambientales. Después se realizó una caracterización de la zona de estudio, se profundizó en el sistema bovino de pequeña escala de la región. Se describieron sus componentes o subsistemas, los flujos de entrada y salida y, las interacciones que se dan al interior del sistema y al exterior con el mercado.

En el capítulo tres realizó una caracterización de las UBPLPE pertenecientes al municipio de Maravatío, Michoacán, con el fin de conocer las condiciones socioeconómicas, ambientales y técnico-productivas con las cuales desempeñan su actividad. Realizar la caracterización implicó elaborar y aplicar una entrevista semiestructurada a 114 UBPLPE, la cual incluyó aspectos socioeconómicos del productor, de recursos naturales, tecnológicos y productivos. Para seleccionar las UBPLPE a entrevistar, se realizó un muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional (Hernández et al. 2014), teniendo como factor de estratificación el número de cabezas de ganado lechero por hato, lo cual permitió elegir UBPLPE con distintos tamaños de hato. Para realizar la caracterización, se aplicó un Análisis de Componentes Principales, Análisis Clúster Jerárquico y Clúster de K-medias (Johnson, 2000), lo cual proporcionó el número de

grupos o formas distintas en que se lleva a cabo la actividad bovina lechera en el municipio de Maravatío.

Para el capítulo cuatro, y una vez obtenidos los distintos grupos, se eligieron tres UBPLPE por cada grupo identificado, a los cuales se evaluó el nivel de sustentabilidad con el fin de identificar las áreas de oportunidad en cada tipo de granja. Para realizar esto, se seleccionaron tres granjas por cada tipo de UBPLPE identificado, es decir, 12 UBPLPE en total, para evaluar la sustentabilidad e identificar los grupos con mayor nivel de sustentabilidad. La metodología utilizada para evaluar la sustentabilidad fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), propuesto por Masera et al. (1999). Esta metodología capta la complejidad del manejo de recursos naturales, permite derivar indicadores para conocer el comportamiento de un sistema de manejo y propone modificaciones para favorecer su sustentabilidad en cada componente, lo que permite hacer una evaluación en forma integral y sistémica. Por ello, la presente investigación optó por esta metodología para realizar la evaluación de sustentabilidad a las UBPLPE de Maravatío, Michoacán.

Posteriormente, se discutieron los hallazgos principales de este estudio y su contribución a la investigación sobre la sustentabilidad de los sistemas de producción de pequeña escala. Finalmente, se describen las conclusiones generales y se discute la pertinencia de los aportes metodológicos llevados a cabo en esta investigación, lo cual puede contribuir a futuras investigaciones enfocadas a sistemas de producción de pequeña escala.

Referencias bibliográficas

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México D. F. (México): PNUMA.
- Barrios, D.; Restrepo-Escobar, F.J.; Cerón-Muñoz, M. Technology adoption in dairy agribusiness. *Livest. Res. Rural. Dev.* 2019, 31, 116.
- Bertalanffy L. Von. (1973). *General Systems Theory. Foundations, Development, Application.* Revised edition. George Braziller, Nueva York, 295 pp.
- Brunett Pérez, L.; González Esquivel, C.; García Hernández, L.A. Evaluation of the Sustainability of Two Agro-Ecosystems for Production of Maize and Milk, Using Indicators. *Livest. Res. Rural Dev.* 2005, 17.
- Camacho Vera, J.H.C.; Cervantes Escoto, F.C.; Palacios Rangel, M.I.P.; Cesín Vargas, A.C.; Ocampo Ledesma, J.O. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: La difusión del modelo tecnológico Holstein. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2017, 8, 259–268.
- Cavallotti Vázquez, B. 2014. Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. *El Cotidiano*, 188: 95-101.
- Cervantes, F.; Álvarez, A. Tipología de ganaderos lecheros de los Altos de Jalisco: Propuesta en función de niveles de rentabilidad. *Soc. Rural. Prod. Y Medio Ambiente* 2001, 2, 9–24.
- Chávez PLM, Espinosa OVE, Jiménez JRA, Alonso PFA, Brunett PL. 2018. La sustentabilidad de la actividad lechera en comunidades campesinas de Maravatío, Michoacán: Variaciones en el corto plazo. *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales.* 2(4): 61-72. http://cresur.edu.mx/OJS/index.php/RLEEI_CREUR/article/view/279. ISSN: 2448-8801.
- CMMAD. 1987: *Nuestro futuro común.* Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Ginebra.
- Cortez Arriola. (2016). Exploring opportunities for on-farm innovations in smallholder dairy systems of Michoacán, Mexico | Wda. <https://library.wur.nl/WebQuery/wda/lang/2173042>
- Del Valle R. y Álvarez M., (1997). La producción de leche en México en la encrucijada de la crisis y los acuerdos del TLCAN, Reunión LASA. Guadalajara, México, abril, 1997.
- Espinosa Ortiz, V.E.; Rivera Herrejón, G.; García Hernández, L.A. Los Canales y Márgenes de Comercialización de La Leche Cruda Producida En Sistema Familiar (Estudio de Caso). *Vet. México* 2008, 39, 1–16.
- Fadul- Pacheco L., Wattiaux, M. A., Espinoza -Ortega, A., Sánchez- Vera E. Arriaga-Jordan C. M. (2011) Evaluación de la Sustentabilidad en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala en el Noroeste del Estado de México, Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, U.A.EM., Toluca, Estado de México, México.
- FAO Dairy Production and Products: Production. Available online: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/> (accessed on 12 May 2021).

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (Ed.). (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Funes, F.; García, L.; Bourque, M.; Pérez, N. y Rosset, P. (2001). Transformando el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. La Habana: ACTAF.
- Funes, F. (2007). Agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad. La Habana: ACTAF.
- Giorgis, A.; Muñoz, J.M.P.; Martínez, A.G.; Castro, A.G.G.; de Pedro, E.A.S.; Larrea, Í. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina). *Rev. Cient. Fac. Cienc. Vet. Univ. Zulia* 2011, 21, 340–352.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Pilar Baptista Lucio, M. Metodología de la Investigación, 6th ed.; McGraw-Hill: México, México, 2014; ISBN 978-1-4562-2396-0.
- Hemme, T.; IFCN Dairy Team; IFCN Researchers. IFCN Dairy Report 2007; IFCN Dairy Report; IFCN Dairy Research Center: Kiel, Germany, 2007.
- INEGI Maravatío (Banco de Indicadores). 2016. Available online: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/> (accessed on 28 May 2021).
- Jiménez-Jiménez, R.; Ortiz, V.E.; Pesado, F.A.; Hernández, L.A.G.; González, G.I.G.; Flores, J.L.D. Globalization Effects in Family Farms: A Case of Mexican Dairy Production. In *The Economic Geogrography of Globalization*; Pachura, P., Ed.; INTECH: Rijeka, Croatia, 2011; pp. 223–248.
- Johnson, D.E. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos; International Thomson: México, DF, México, 2000; ISBN 978-968-7529-90-5.
- Jiménez-Jiménez, R.; Rendón-Rendón, M.; Chávez-Pérez, L.; Espinosa-Ortiz, V. Calidad de la leche en los concursos de la vaca lechera en el sistema de producción familiar. *Abanico Agrofor.* 2020, 2, 1–11.
- Leyva, A. y Pohlan, J. (2005). Agroecología en el trópico - ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, cómo conservarla y multiplicarla. Aachen (Alemania): Ediciones Shaker Verlag.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S., 1999. Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS. MundiPrensa-GIRA-UNAM, Mexico. 99 pp.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. (2000). Sostenibilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. México D.F. (México): MundiPrensa, GIRA, UNAM.
- Merma, I.; Julca, A. Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba, La Convención—Cusco. *Sci. Agropecu.* 2012, 3, 149–159.
- Ngongoni, N.T.; Mapiye, C.; Mwale, M.; Mupeta, B. Factors Affecting Milk Production in the Smallholder Dairy Sector of Zimbabwe. *Livest. Res. Rural Dev.* 2006, 18.
- ONU. 2020. United Nations; United Nations. Recuperado 22 de enero de 2022, de <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Posadas-Domínguez RR, Arriaga-Jordán CM, Martínez-Castañeda FE. (2014). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Trop Anim Health Prod.* 2014 Jan;46(1):235-40. doi: 10.1007/s11250-013-0482-4. Epub 2013 Oct 6. PMID: 24097246.

- Priego-Castillo, GA, Galmiche-Tejeda, A, Castelán-Estrada, M, Ruiz-Rosado, O, & Ortiz-Ceballos, Al. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso de unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 25(1), 39-57. Recuperado en 23 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000100003&lng=es&tlng=es.
- Rosset, P. (1997). La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. *Revista de Agroecología y Desarrollo* (11/12), pp. 2-12.
- Schiernhorn, E. and. (2016). Global Demand for Food Is Rising. Can We Meet It? *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2016/04/global-demand-for-food-is-rising-can-we-meet-it>
- Vélez, I.A.; Espinosa, G.J.A.; Omaña, S.J.M.; González, O.T.A.; Quiroz, V.J. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoam. Conserv. Anim.* 2013, 3, 88–96.

Capítulo 1. Desarrollo sustentable: concepto, interpretaciones y su evaluación

Capítulo publicado en el libro: Estudios Rurales en México

Año: 2019

ISBN: 987-607-8671-07-6.

Editorial: CLACSO-CRESUR

Autor: Luis Manuel Chávez Pérez

Estudios rurales en México

ANTONIO DE JESÚS NÁJERA CASTELLANOS
coordinador



Introducción

El estudio del desarrollo sustentable lleva varias décadas vigente, particularmente desde finales de la década de 1980, cuando se pone de manifiesto en la escena pública el Informe Brundtland o *Nuestro Futuro Común*; desde ese momento hasta la actualidad, con frecuencia se escucha este concepto como adjetivo de múltiples proyectos como: reportes de sustentabilidad, discursos políticos, planes de desarrollo urbano y rural sustentable, entre otros proyectos. Como menciona Moreno (2007), *son tantos los usos que se le ha atribuido al desarrollo sustentable que de repente la constante repetición se vuelve retórica y a veces su contenido parece vago*. Esto alienta a retomar el debate del desarrollo sustentable, abordando, en el presente capítulo, su definición, además de mostrar interpretaciones de diversos autores y culminando con un marco de evaluación que operativiza el concepto de sustentabilidad y que ha servido para evaluar agroecosistemas en México y varios países de Latinoamérica.

Definición y antecedentes del concepto

Hablar de desarrollo sustentable implica señalar una serie de informes que antecedieron la génesis del concepto y que pusieron en la escena pública el tema ambiental. Dentro de ellos se encuentran: *Le planette au pillage* (Osborn, 1949), *Resources and Man* (ANCEU, 1969), *Population, Resources and Environment* (Ehrlich, 1970), *Only one Earth* (Dubos, 1972)¹, entre otros, los cuales alertaron a la humanidad sobre el riesgo del agotamiento de los recursos que brinda la naturaleza. Si bien, cada informe abordó la problemática ambiental desde diversas visiones, *La Primavera Silenciosa* de Rachel Carson (1962)², hizo una denuncia contra la industria química, por los efectos perjudiciales que generaban los pesticidas sobre el medio ambiente. Sobra decir que este libro es un clásico de

¹ *Le planette au pillage* (1949), escrito por Farfield Osborn, donde se anunciaba la inmensidad del riesgo creado por la misma humanidad. *Resources and Man* (1969), de la Academia Nacional de Ciencias de estados Unidos llamaba drásticamente la atención sobre el agotamiento de los recursos. *Population, Resources and Environment* (1970), escrito por Paul y Anne Ehrlich, que insisten en plantear el crecimiento demográfico como clave de la crisis ambiental. *Only one Earth* (1972), dirigido por René Dubos y Bárbara Ward.

² En 1962, *Silent Spring*, de Rachel Carson, denunciaba el efecto de los agroquímicos en la extinción de las aves, selló la alianza entre el movimiento ambiental naciente y los científicos radicales como Barry Commoner.

la literatura medioambiental, ya que, con una narrativa exquisita, describe el peligro de usar Dicloro difenil tricloroetano (DDT)³ y otros químicos usados como pesticidas:

Entonces un extraño agostamiento se extendió por la comarca y todo empezó a cambiar. Algún maleficio se había adueñado del lugar; misteriosas enfermedades destruyeron las aves de corral; los ovinos y las cabras enflaquecieron y murieron. Por todas partes se extendió una sombra de muerte. Los campesinos hablaron de muchos males que aquejaban a sus familias. En la ciudad, los médicos estaban más y más confusos por nuevas afecciones que aparecían entre sus pacientes. Hubo muchas muertes repentinas e inexplicables, no solo entre los adultos, sino entre los niños que, de pronto, eran atacados por el mal mientras jugaban, y morían a las pocas horas.

Se produjo una extraña quietud. Los pájaros, por ejemplo ¿dónde se habían ido? Mucha gente hablaba de ellos, confusa y preocupada. Los corrales estaban vacíos. Las pocas aves que se veían estaban moribundas: temblaban violentamente y no podían volar. Era una primavera sin voces... (Fragmento del libro Primavera Silenciosa, Rachel Carson, 1962).

Así como causó revuelo este libro, se publicó en 1972 el Primer Informe del Club de Roma, titulado *Los Límites del Crecimiento*, dirigido por Dennis Meadows (Meadows *et al.* 1972), quienes realizaron una propuesta de *Crecimiento Cero*, en aras de disminuir el impacto ambiental de las actividades humanas, llegando a considerarse el documento más influyente para establecer la alarma ambiental contemporánea.

Esta oleada de informes mostró la grave crisis global por la que atravesaba la humanidad, enfatizando que no poner límites físicos a las actividades humanas, en algunas décadas, desencadenaría en un colapso mundial (Foladori y Pierri, 2005). En el Cuadro 1 se ejemplifican

³ El Dicloro difenil tricloroetano (DDT) es un compuesto organoclorado principal en los insecticidas. Fue descubierto por Paul Hermann Müller, quien se hizo acreedor al premio Nobel de Medicina en 1948 por este hecho.

algunos hechos que describen la crisis ambiental global derivada del crecimiento económico predominante.

Cuadro 1. Algunos hechos que evidencian la crisis ambiental (1972-1987).

Años	Hechos
1976	Catástrofe químico-ecológica en Seveso, Italia: una nube de dioxina contamina a todos los seres vivos de la región.
1978	Segunda crisis del petróleo (entre octubre de 1973 y noviembre de 1981 el precio de un barril pasó de 3 a 34 dólares).
1981	Científicos británicos anuncian que desde 1970, todos los años, en la primavera, se viene produciendo un agujero en la capa de ozono estratosférico, situada sobre la Antártida, exponiendo más a los seres vivos a las radiaciones ultravioletas solares. En los Estado Unidos se autoriza la construcción de la bomba de neutrones, que mata a las personas y deja intactos los objetos.
1984	Escape en la fábrica de plaguicidas Union Carbide (multinacional estadounidense) que provocó la muerte de 2,000 personas, ceguera y diversas lesiones en otras 200,000.
1985	El arsenal atómico acumulado es suficiente para matar a 58,000 millones de personas, dos veces a cada ser humano del planeta.
1986	Estalla un reactor en la central nuclear de Chernobyl, liberando una gran nube de agentes radioactivos contaminantes que se extiende sobre la Unión Soviética y Europa Occidental. Hubo solo 34 muertos directos, pero se estima que en los próximos 70 años morirá medio millón de personas a causa del accidente.

Tomado de Foladori y Pierri (2005).

Enfocándonos en la agricultura, los procesos de industrialización y modernización que sufrió, derivado del modelo económico imperante, se asociaron en los últimos cincuenta años a la adopción del modelo tecnológico difundido por la revolución verde (Chiappe y Piñeiro, 1998).

La incorporación de la Revolución Verde (RV) generó un importante aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios, el impacto que ha tenido sobre los recursos naturales ha sido también muy fuerte. La RV generó diversos problemas ambientales y ecológicos como son:

erosión del suelo, contaminación de aguas, disminución de biodiversidad, acumulación de residuos de pesticidas en los productos alimenticios, sumando, en América Latina, los efectos en la salud de la población rural y la marginación de los productores de escasos recursos (Chiappe y Piñeiro, 1998). La inadecuación de este modelo llevó a que, desde algunos ámbitos, la investigación agropecuaria comenzara a transitar hacia una creciente búsqueda de modelos alternativos para la agricultura (Gusman, 2003).

Según Foladori y Tommasino (1999), para los años 70 ya podían marcarse claramente diferentes líneas de pensamiento, que se posicionaron frente a la problemática ambiental. Por un lado, los llamados catastrofistas, para los que el ritmo de crecimiento llevaría a una catástrofe ecológica y humana, producto de la escasez de recursos naturales. Por otro, los tecnócratas optimistas, para quienes el mercado era un eficaz mecanismo regulador de la inagotable fuente de la naturaleza. También los ecologistas a ultranza, que reivindicaban la vuelta a la vida en pequeñas comunidades rurales como salida a la crisis. Pero surgiría un cuarto planteamiento, que proponía brindar una alternativa posible para la coyuntura del sistema capitalista, a partir del cual se basará y centrará el debate posterior.

Esto llevó a que, en 1972, en las cercanías de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, a realizarse en Estocolmo ese año, surgiera el concepto de eco-desarrollo como posición media entre las que planteaban el problema hasta el momento y como alternativa común a los problemas del desarrollo (Foladori y Pierri, 2005).

Allí se proclama el derecho de los seres humanos a un medioambiente sano y el deber de protegerlo y mejorarlo para las futuras generaciones. Para Sachs (1986), uno de los principales impulsores de esta propuesta, el concepto de eco-desarrollo es el de un desarrollo deseable desde el punto de vista social, viable económicamente y prudente desde el ecológico (Sachs, 1986; citado por Foladori y Tommasino, 1999). Además, Sachs planteó que los principios básicos para lograrlo serían:

- Satisfacción de las necesidades básicas.
- Solidaridad con las generaciones futuras.

- Participación de la población marginada.
- Preservación de los recursos naturales y del medio ambiente en general.
- Elaboración de un sistema social que garantice empleo, seguridad social y respeto a otras culturas.
- Programas de educación.
- Defensa de la separación de los países centrales y periféricos para garantizar el desarrollo de los últimos.

Esto comenzó a forjar el concepto de desarrollo sustentable, que luego en 1987 y a través del informe de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo, *Nuestro futuro común* o Informe Brundtland, se definió y divulgó como aquel desarrollo que *satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer las de las generaciones futuras* (CMMAD, 1987).

El concepto de desarrollo *sustentable* proviene de la necesidad de sustentar, alimentar un nuevo tipo de desarrollo (Segura, 1992), que difiere del concepto de desarrollo *sostenible*, que significa mantener en el tiempo, conservar, por lo que no refiere nada de cambio en el uso, aprovechamiento y manejo de la naturaleza, restringiéndose solo a cambios cuantitativos que aminoran su degradación, manteniendo la continuidad técnica y social que impone el capitalismo (Torres, 2009; Leff, 2003).

Como menciona Torres (1999): satisfacer las necesidades humanas presentes, sin comprometer la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras, conlleva dificultades como:

- Un elemento de artificialidad: ya que la satisfacción de las necesidades actuales devora la posibilidad de satisfacerlas en el futuro, mientras no se especifique de qué necesidades se hablen.
- Una buena dosis de conservadurismo: puesto que no cuestiona suficientemente el sistema de desigualdades económicas y sociales que prevalecen a nivel mundial.

- Ganancia como fin último: hacer depender el manejo ambiental del desarrollo como un fin en sí mismo, condicionando los fondos de inversión y el mejoramiento ambiental al crecimiento económico.
- Nueva “relación” con la naturaleza: Se busca un nuevo vínculo con la naturaleza, pero no mencionando los cambios económicos que se necesitan para ello.
- Cae presa de la ficción: Ya que se ignoran los ciclos de la naturaleza y su concordancia o no con los ciclos económicos; puesto que mientras más crecimiento económico haya, mayor es el nivel de deterioro, depredación y extinción de los recursos naturales.

Distintas visiones sobre el Desarrollo Sustentable

El concepto de desarrollo sustentable puede ubicarse dentro de los más ambiguos y controvertidos de la literatura (Gallopín, 2003). En su surgimiento, la idea de desarrollo sustentable fue planteada por la CMMAD como un *proceso de cambio en el cual la explotación de recursos, la dirección de inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional está en armonía y se realiza tanto el potencial actual como el futuro de resolver las necesidades y aspiraciones del ser humano* (CMMAD, 1987). Para ello, según la propia CMMAD, se requeriría del cumplimiento de una serie de premisas:

- Promover valores de consumo que estén dentro de los límites ecológicos y a los cuales puedan razonablemente aspirar todos.
- Resolver las necesidades humanas aumentando el potencial productivo y asegurando las oportunidades equitativas para todos.
- Que los progresos demográficos estén en armonía con el cambio productivo del ecosistema.
- No poner en peligro aquellos sistemas naturales en que se apoya la vida sobre la tierra: la atmósfera, las aguas, el suelo y los seres vivos.
- Asegurar el acceso equitativo a los recursos y reorientar esfuerzos tecnológicos para evaluar la presión sobre los mismos.
- Disminuir al mínimo el agotamiento de los recursos no renovables.
- Conservar las especies de plantas y animales.

- Que los impactos adversos en la calidad del aire, del agua y de otros elementos naturales se reduzcan al mínimo para sostener la integridad total del ecosistema.

En este sentido, Martínez-Alier (2004) plantea que a medida que crecen la población humana y la economía mundial, los recursos naturales son más presionados y se producen más residuos. Los impactos que son generados afectan a otras especies, a las generaciones humanas futuras, pero también a las generaciones actuales, y con ello, no todos los humanos son igualmente afectados, por lo que unos se benefician más que otros. Esta situación que se genera la denomina conflictos ecológico-distributivos o conflictos de justicia ambiental. Los principales dentro de éstos serían los conflictos en la extracción de materiales y energía, los conflictos sobre el transporte, y los conflictos sobre los residuos y la contaminación.

En este proceso de discusión en torno al desarrollo sustentable, son también innumerables las propuestas que han surgido para definir el concepto de sustentabilidad. La mayoría de las mismas se refieren a la relación entre los seres humanos y el resto del ecosistema. Carvalho (1993), propone que el uso de la expresión de sustentabilidad, tiene sentido concreto si se considera su historicidad, desde una formación económica y social concreta. Plantea la sustentabilidad como la relación entre los sistemas económicos humanos y los sistemas ecológicos, que debería garantizar: continuidad de la vida humana; el florecimiento de las individualidades humanas; el desarrollo de la cultura humana; que los efectos de las actividades humanas permanezcan dentro de ciertos límites, sin destruir la diversidad, complejidad y funciones del sistema ecológico como soporte de la vida. Pero que para ello no alcanza sólo con hablar de sustentabilidad, sino que es necesario definir previamente sustentabilidad de qué, cuándo, dónde y por qué.

Otros autores, entienden la definición del concepto, fundamentalmente, desde el análisis de las relaciones técnicas. Altieri (1994) plantea que la mayoría de las definiciones de sustentabilidad, sobre todo las vinculadas a la agricultura, incluyen por lo menos tres criterios:

- Mantener la capacidad productiva del agroecosistema.
- Preservación de la diversidad de la flora y la fauna.
- Capacidad del agroecosistema para automantenerse.

Para Altieri (1994), una característica de la sustentabilidad sería la capacidad del agroecosistema para mantener un rendimiento que no disminuya a lo largo del tiempo, dentro de una diversidad de condiciones y previniendo la degradación ambiental. Entiende por un lado a la sustentabilidad como una propiedad fundamental de los sistemas agrícolas, refiriéndose con ello a la capacidad para mantener la producción a lo largo del tiempo, a pesar de las restricciones ecológicas y socioeconómicas a largo plazo. Y por otro lado, la entiende como un parámetro para evaluar la condición agroecológica de estos sistemas, con lo que se refiere a la capacidad para mantener un nivel de productividad de los cultivos a través del tiempo sin exponer sus componentes estructurales y funcionales.

De forma similar, para Gallopín (2003) un sistema es sostenible cuando el valor neto del producto obtenido (no solo en términos económicos) no disminuye en el tiempo. Pero para Foladori (2005) el concepto de sustentabilidad, asociado al desarrollo sustentable, debería incluir no sólo llegar a las futuras generaciones un mundo material (biótico y abiótico) igual o mejor al actual, sino también, y fundamentalmente, equidad en las relaciones intra-generacionales actuales. Entiende que no puede verse la naturaleza como algo externo al ser humano, como lo plantean los enfoques del problema desde las relaciones técnicas. En ese sentido, plantea que no es viable pensar en sustentabilidad, si esto no implica un cambio en las relaciones sociales de producción actuales, las cuales son las que finalmente determinan la forma en que los seres humanos se relacionan con la naturaleza. (Foladori, 2005).

Las dimensiones de la sustentabilidad

A partir de las variadas visiones y enfoques sobre la sustentabilidad, puede verse que en su mayoría aportan, en mayor o menor medida, a la idea que la sustentabilidad presenta tres dimensiones básicas:

- Social.
- Económica.
- Ecológica.

En general, predomina en los diferentes autores, la idea de lo tridimensional y simultáneo de la sustentabilidad, que puede verse reflejado en lo resumido por Vilaín (2000) al plantear que toda actividad económica debe ser económicamente viable, ecológicamente saludable y socialmente justa.

A pesar de esto, la mayoría de los autores y los trabajos que enfocan la sustentabilidad, concentran su análisis en una de sus dimensiones. Ya sea por entenderla como la dimensión central en cuanto a su importancia de futuro, por entender que en ella se plantean los problemas centrales, o por plantear que esa dimensión es la que está determinando o siendo factor fundamental en la posibilidad de una sustentabilidad global.

En primer lugar, algunos autores hacen énfasis en el análisis de la dimensión ecológica, la cual, de alguna forma, fue el centro en la discusión inicial de la sustentabilidad y en el surgimiento del propio concepto. En ese sentido y a nivel agrícola, Altieri y Nicholls (2000) proponen a la agroecología como la alternativa para lograr un desarrollo ecológicamente sustentable, ya que, para ellos, define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Estos autores, plantean que, para lograr la sustentabilidad a largo plazo, más que únicamente la productividad a corto plazo, el sistema deberá:

- Reducir el uso de energía y recursos.
- Apuntar a métodos de producción que aseguren el flujo eficiente de energía, optimizando las tasas de intercambio y el reciclaje de materia y nutrientes.
- Fomentar la producción local de alimentos, adaptados al establecimiento socioeconómico y natural.
- Reducir los costos y aumentar la eficiencia y la viabilidad económica de los pequeños y medianos agricultores como forma de fomentar un sistema agrícola que entienden como potencialmente resiliente y diverso (Altieri 1994, Altieri y Nicholls, 2000).

Para ellos, el desarrollo de agroecosistemas en pequeña escala, viables económicamente, diversificados y autosuficientes se logrará desde el diseño de sistemas que manejen tecnologías

adaptadas a los ambientes locales en que se encuentran. Para esto, entienden que desde el punto de vista del manejo, los agroecosistemas sustentables requieren una serie de componentes básicos:

- Asegurar la cubierta vegetal como medida de conservación del suelo y el agua.
- Suministrar regularmente materia orgánica mediante su incorporación continua y el fomento de la actividad biótica del suelo.
- Mantener mecanismos de reciclaje de nutrientes.
- Regular las plagas a través de su control biológico.
- Aumentar la capacidad de uso múltiple del paisaje.
- Lograr una producción sostenida de cultivos, sin el uso de insumos químicos que degraden el medio ambiente.

Otros autores agregan que el enfoque sistémico que adopta al agroecosistema como unidad de análisis, tiene como propósito aportar las bases científicas para el pasaje desde el actual modelo hacia estilos de agricultura sustentable (Caporal y Costabeber 2002).

Por otro lado, diversos autores plantean la centralidad de la dimensión social en la sustentabilidad. Barkin (2005), entiende la sustentabilidad como un proceso, más que un conjunto de metas específicas, que implica la modificación a nivel de la naturaleza, la economía y la sociedad. Este autor no visualiza la sustentabilidad de las áreas rurales de Latinoamérica, mientras la expansión del capital aumente los rangos de pobreza e impida el acceso de los pobres a los recursos necesarios para la mera sobrevivencia. Entiende la necesidad de cambios profundos para facilitar una estrategia de desarrollo sustentable, enfocándose en la importancia de la participación local y en la revisión de la forma en que la gente vive y trabaja.

Chiappe y Piñeiro (1999), se basan en la migración rural, la pérdida de agricultores familiares, la caída de los salarios reales y la concentración de los recursos naturales y del capital, para dudar de la sustentabilidad del crecimiento agropecuario en el largo plazo. Rodríguez *et al.* (2003), concluyen que, en la interrelación entre aspectos ecológicos y sociales, lo social determina lo ecológico, por lo que la sustentabilidad ecológica sería una variable dependiente de la sustentabilidad social. Para estos autores, todo análisis de sustentabilidad requiere establecer las

interrelaciones entre la sociedad humana y el mundo circundante, dentro de lo cual, la sustentabilidad social no podría ni debería ser analizada sin considerar los niveles o subsistemas dentro del sistema mayor. Se suman así, a los autores que consideran la sustentabilidad social como cuestión central, donde los problemas sociales pueden generar no sustentabilidad por sí mismos (Foladori, 2005).

Sin embargo, existen quienes plantean que estas tres dimensiones de la sustentabilidad, aparentemente en conflicto, mantienen una estrecha interdependencia y deberían tener los mismos grados de importancia para que la sustentabilidad realmente sea alcanzada (Gusman, 2003).

Gallopín (2003) propone que, a largo plazo, la única opción es intentar lograr la sostenibilidad del sistema socio-ecológico completo. La necesidad de entender el sistema como un todo se basaría en los fuertes vínculos existentes entre sociedad y naturaleza. Entiende entonces por sistema socio-ecológico al sistema formado por un componente o subsistema societal o humano, que interacciona con un componente ecológico o biofísico. Propone una serie de atributos necesarios para alcanzar su mencionada sustentabilidad:

- Disponibilidad de recursos.
- Adaptabilidad y flexibilidad (en contraposición a rigidez).
- Homeostasis general: estabilidad, resiliencia, robustez -en contraposición a vulnerabilidad o fragilidad.
- Capacidad de respuesta frente al cambio.
- Autodependencia (en contraposición a la dependencia).
- Empoderamiento -capacidad de innovar e inducir el cambio en otros sistemas en procura de sus propias metas.

Lo que debería hacerse sostenible sería entonces el proceso de mejoramiento de la condición humana, de ese sistema socio-ecológico, lo cual no necesariamente requeriría del crecimiento indefinido del consumo de energía y materiales (Gallopín, 2003). Pero si bien la idea de la

tridimensionalidad se mantiene en forma general, hay quienes plantean diferencias desde cómo enfocarlas o viabilizarlas en acciones.

Landais (2002) se centró en la búsqueda del pasaje de los principios abstractos que plantea la sustentabilidad a modos de aplicación concreta, que permitan guiar las acciones a nivel de la agricultura. Para ello plantea necesario una operación de traducción en dos tiempos:

- El debate social: en el cual los principios deberían ser traducidos como un conjunto coherente, a los que llamó valores-objetivos. Estos serían valores de orden filosófico, ético y político, necesarios para activar la acción colectiva, los que se movilizarían a partir de los actores sociopolíticos.
- El debate técnico: en donde estos valores puedan ser trasladados a un conjunto de criterios de aplicación, cuya utilización podrá desembocar en la elaboración de normas y referencias para la acción. Este se daría a partir de los colectivos científicos, de técnicos y profesionales. Entiende que esta reflexión debería trasladarse a tres niveles de análisis:
 - la unidad de producción.
 - la agricultura local.
 - los modelos de desarrollo.

Se entiende a las unidades de producción agropecuarias como sistemas abiertos, propone analizar las relaciones que éstas mantienen con su entorno a partir de clasificarlas en tres grandes ejes o lazos:

Económico: Relacionado con la satisfacción de las necesidades materiales e inmateriales de las personas como individuos.

Social: Referido a la inserción de los agricultores y de sus familias en las redes sociales locales no mercantiles, las relaciones con otros agricultores y con el conjunto de otros actores sociales.

Ecológico: Centrado en las relaciones entre las actividades agrícolas y los recursos y medios naturales, con una mira a largo plazo. Y a partir de considerar estos ejes, propone que una explotación agropecuaria es sustentable cuando es viable, habitable, transmisible y reproducible:

Viable: Se refiere a su viabilidad económica, dependiendo en este sentido de los niveles de ingreso del sistema familiar, cualquiera que sea su origen (producción agropecuaria, actividades no agrícolas). La sustentabilidad dependerá entonces de la seguridad a largo plazo de estas fuentes de ingreso. Y esta seguridad tanto con respecto a los factores internos de los sistemas de producción, como los aspectos técnico-económicos, su autonomía, diversificación y flexibilidad, como con respecto a la seguridad en sus relaciones económicas con el medio.

Habitable: Referido, desde el eje social, a la calidad de vida de la familia. Toma en cuenta, tanto factores endógenos (carga física, mental del trabajo y proyectos de vida) como exógenos (inserción en redes locales, acceso a servicios, dependiente de los tejidos locales).

Transmisible: Que vincula las condiciones y motivaciones de los jóvenes a continuar, con cuestiones familiares, normativas y vinculadas a los problemas de concentración de los medios de producción. Está referido al eje intergeneracional.

Reproducible: En el sentido ecológico, refiriéndose a la calidad y efectos que tienen las prácticas agrícolas sobre los recursos naturales (locales y en el corto plazo, pero sobre todo a distancia y en el largo plazo) y su adaptación a los factores locales.

Foladori (2005) plantea que el problema principal en la relación sociedad-naturaleza no radica en sus relaciones técnicas, sino que las mismas están determinadas por las relaciones internas que se dan en la sociedad humana. A partir de ello, se entiende que cada grupo o clase social se relacionará de manera diferente con su ambiente, de acuerdo a sus capacidades de acceso a los medios de producción. A su vez, serán finalmente las relaciones sociales de producción las que definan la forma particular de esa relación con el entorno.

En ese sentido, las actuales relaciones capitalistas, que implican la búsqueda de ganancia como objetivo final, implican la presión sobre los recursos naturales. Por lo tanto, plantearse un enfoque global de la sustentabilidad, que involucre todas sus dimensiones, requiere poner el centro en las relaciones sociales que las determinan antes que en las relaciones técnicas. También, al estudiar los procesos que involucran a los sistemas de producción familiar dentro de este modo de producción, se deberían considerar las relaciones de competencia que el mismo plantea.

Por lo tanto, dado las diferencias existentes sobre todo en cuanto al acceso a los medios de producción, se debe tomar en cuenta los procesos de diferenciación social que de ello se generan. Estas tendencias centrales deberían considerarse al momento de analizar y evaluar la sustentabilidad.

Evaluando la sustentabilidad

En la década de 1990, la FAO propuso el Marco de Evaluación del Manejo Sustentable de Suelo (FESLM), como herramienta para evaluar y guiar el uso sustentable del suelo, basado en la selección de indicadores ambientales, con énfasis en los componentes biofísicos de los sistemas, especialmente del manejo del suelo como recurso. Fue elaborado pensando en ser un sistema que permitiera monitorear los procesos de desarrollo y sus cambios en relación a la sustentabilidad (FAO, 1993).

Posteriormente, a nivel de la ONU, se generó un método que buscó el enfoque del desarrollo sustentable desde su naturaleza multidimensional. Para ello define un sistema de indicadores los cuales se basa en cuatro pilares: Social, Económico, Ambiental e Institucional. Este contiene un juego principal de cincuenta indicadores, los cuales son parte de uno mayor de noventa y seis indicadores, arraigados en la Agenda 21 y que surge de acuerdos generales amplios e informales entre organizaciones internacionales, lo que propondría a los diferentes países y organizaciones la posibilidad de hacer una evaluación más comprensiva y diferenciada de desarrollo sostenible (ONU, 2007).

Existen también algunas propuestas que plantean un abordaje de la sustentabilidad a nivel de unidad de producción, integrando las distintas dimensiones. Ejemplos de ello es el marco de evaluación MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) (Matera *et al.*, 1999). A continuación, se hará una descripción de este marco y los pasos que lo conforman.

Marco de evaluación de sustentabilidad MESMIS

Un método para evaluar sustentabilidad usando indicadores es el “Marco de Evaluación del Manejo Sustentable de Tierras”, propuesto por la FAO. De éste se desprende el *Marco para la*

Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), sugerido por Maserá y sus colaboradores, quienes integran la dimensión ambiental, económica y social, considerando siete atributos: la derivación de criterios de diagnóstico e indicadores, la medición y análisis de los indicadores, la integración de los resultados de la evaluación y las propuestas para mejorar, ajustar o reorientar diferentes tecnologías, prácticas de manejo e incluso aspectos de organización y formas de vida. MESMIS surge a partir de inquietudes generales y se dirige a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios llevados a cabo colectiva o individualmente y que se orientan al desarrollo o a la investigación. Propone un marco de referencia sistémico, participativo, interdisciplinario y flexible para evaluar la sustentabilidad de sistemas agropecuarios (Maserá *et al.*, 1999).

Los procesos de evaluación de la sustentabilidad, se enfocan a identificar y calificar las interacciones entre los componentes del sistema social, natural y productivo, a fin de reconocer y modificar y/o fortalecer condiciones que influyen negativa o positivamente en la dinámica del agroecosistema. Esta tarea es asumida de diferentes maneras, dependiendo de la escala de tiempo y espacio que se va analizar. Ello implica definir el tipo de variables a evaluar (Brunett, 2004). MESMIS considera la complejidad de los componentes de los sistemas campesinos y abarca un estudio comparativo entre dos sistemas y de manejo específicos, que funcionen en un determinado lugar geográfico y contexto social y político, utilizando la misma escala espacial e incluyendo tanto evaluadores externos como internos (campesinos directamente involucrados). El desarrollo metodológico para la evaluación de la sustentabilidad, se basa en la identificación y calificación de las interacciones entre los componentes del sistema social, ambiental y productivo, a través del uso de variables, a fin de estar en posibilidades de estimar cuantitativa y cualitativamente el nivel de sustentabilidad en que se encuentra determinado el agroecosistema. Para ello, se propone un ciclo de evaluación que comprende los siguientes elementos o pasos.

- Definición del objeto de estudio

Para llevar a cabo el primer ciclo de evaluación, debe efectuarse algunas tareas: identificación del o los sistemas que se van analizar, incluyendo el contexto socio-ambiental y las escalas espacial y temporal de la evaluación, caracterización del sistema de referencia (tradicional o convencional)

que predominan en la región y caracterización del sistema alternativo o modificado (en caso de comparar dos sistemas al mismo tiempo).

De acuerdo con Masera *et al.* (1999), la evaluación de sustentabilidad debe realizarse en forma comparativa (comparando uno o más sistemas alternativos con un sistema de referencia), para lo cual existen dos vías:

- a) Comparación longitudinal, que estudia la evolución de un mismo sistema a través del tiempo, de manera retrospectiva (tomando como referencia al sistema de manejo en algún momento del pasado y contrastándolo con el mismo sistema en la actualidad) o prospectivamente (comparando información actual con futura).

En el caso que se realice una evaluación longitudinal de los sistemas de manejo, se define como sistema de referencia al sistema bajo análisis en el año inicial o de referencia de la evolución, y como sistema alternativo al mismo sistema en los años subsiguientes de la evaluación. En los estudios longitudinales se debe caracterizar al sistema antes y después de las modificaciones realizadas, debe examinarse con cuidado cuál es el periodo de tiempo en el que se deben monitorear los sistemas para notar cambios significativos en sus características como consecuencia de la implementación de estrategias alternativas de manejo.

- b) Comparación transversal, que estudia simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo, respecto de un sistema de referencia.

Es importante definir adecuadamente el objeto de estudio y las escalas de evaluación. Por eso es recomendable conocer las características de los sistemas o agroecosistemas, por ellos, éstos deberán incluir lo siguiente: 1) Los diferentes componentes biofísicos del sistema, b) Los insumos y productos necesarios (entradas y salidas) del sistema, c) Las prácticas agrícolas, pecuarias y forestales que involucra cada sistema, y d) Las principales características socioeconómicas de los productores y los niveles y tipos de sus organizaciones. El Cuadro 2 presenta los elementos genéricos para caracterizar un sistema de manejo.

Cuadro 2. Principales determinantes para caracterizar a los agroecosistemas.

DETERMINANTES	DESCRIPCIÓN
BIOFÍSICAS	Clima Suelo, vegetación original y características fisiográficas.
TECNOLÓGICA Y DE MANEJO	Tipo de especies y principales variedades manejadas. Cultivos agrícolas, manejo forestal y pecuario. Prácticas de manejo (tipo, calendario). Tecnologías empleadas (manual, mecanizada, tracción animal). Manejo de suelos: prácticas de preparación y fertilidad (fertilización química, abonos orgánicos). Manejo de insectos o plagas. Subsistema de cultivos: p ej. Cultivo anual, en rotación. Subsistema pecuario: extensiva, intensiva, estabulación, pastoreo libre o mixto. Subsistema forestal: manejo selectivo, manejo de árboles, tipo de regeneración.
SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL	Características de los productores y unidad de producción: 1. Nivel económico. 2. Etnia. 3. Objetivo de la producción (subsistencia, ingresos). 4. Escala de producción (tamaño de la unidad productiva). 5. Tipo de unidad (familiar, empresarial, mixta). 6. Número de productores, que constituyen la unidad. 7. Características de la organización para la producción. 8. Tipo de organización (comunitaria, ejidal, cooperativa, entre otros.)

Modificado de Masera *et al.*, 1999 y Brunett *et al.*, 2006.

Para entender el funcionamiento y la dinámica de los agroecosistemas, y poder analizar el estado de sustentabilidad en que se encuentran, es necesario, en primera instancia, identificar y definir los atributos o propiedades generales de los sistemas de manejo sustentables. Las propiedades son el conjunto de atributos básicos que debe poseer un agroecosistema para ser considerado como sustentable, por lo que pueden variar en función al tipo de estudio e incluso a propuesta del investigador. Estas propiedades deben cubrir los aspectos que tienen efecto sobre el comportamiento de un agroecosistema. Esto permitirá, por un lado, hacer operativo el concepto y, por otro, desarrollar un marco de referencia para derivar indicadores.

Para el MESMIS, los atributos parten de las propiedades sistémicas fundamentales del manejo de los recursos naturales. En el Cuadro 3, se resumen los siete atributos generales propuestos en el MESMIS para el análisis de la sustentabilidad de los sistemas.

Cuadro 3. Atributos generales de los agroecosistemas sustentables.

Atributo	Definición
Productividad	Es la capacidad del sistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios. Representa el valor de rendimientos, ganancias, entre otros, en un periodo de tiempo determinado.
Estabilidad	Es la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. Implica que sea posible mantener los beneficios proporcionados por el sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo, bajo condiciones promedio o normales. Comúnmente se asocia con la noción de constancia de la producción o beneficios.
Resiliencia	Es la capacidad del sistema de retomar al estado de equilibrio o de mantener su potencial productivo después de padecer perturbaciones graves (un evento catastrófico).
Confiabilidad	Capacidad del sistema para mantener la productividad o beneficios deseados en niveles cercanos al equilibrio, sobre todo ante perturbaciones normales del ambiente.
Adaptabilidad o flexibilidad	Es la capacidad del sistema para encontrar nuevos niveles de equilibrio o continuar siendo productivo, brindando beneficios ante cambios de largo plazo en el ambiente ante nuevas condiciones económicas o biofísicas. También la capacidad de búsqueda activa de nuevos niveles o estrategias de producción, la generación de nuevas opciones tecnológicas, diversificación de actividades y procesos de organización social, de formación de recursos humanos y de aprendizaje.
Equidad	Es la capacidad del sistema para distribuir de manera justa, tanto intra como intergeneracionalmente, los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales.
Autodependencia o autogestión	Es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior. Se incluyen aquí los procesos de organización y los mecanismos del sistema socioambiental para definir endógenamente sus propios objetivos, sus prioridades, identidad y valores.

Modificado de Masera *et al.*, 1999 y Brunett *et al.*, 2006.

Tomando en cuenta los siete atributos básicos para la sustentabilidad, un sistema de manejo puede ser considerado sustentable cuando permite simultáneamente:

- Conseguir un nivel alto de productividad mediante el uso eficiente y sinérgico de los recursos naturales y económicos
- Proporcionar una producción confiable, estable (no decreciente) y resiliente a perturbaciones mayores en el transcurso del tiempo, asegurando el acceso y disponibilidad de los recursos productivos, el uso renovable, la restauración y la protección de los recursos locales, una adecuada diversidad temporal y espacial del medio natural y de las actividades económicas, y mecanismos de distribución del riesgo.
- Brindar flexibilidad (adaptabilidad) para amoldarse a nuevas condiciones del entorno económico y biofísico, por medio de procesos de innovación y aprendizaje, así como del uso de opciones múltiples.
- Distribuir equitativamente los costos y beneficios del sistema entre diferentes grupos afectados o beneficiados, asegurando el acceso económico y la aceptación cultural de los sistemas propuestos.
- Poseer un nivel aceptable de autodependencia (autogestión), para poder responder y controlar los cambios incluidos desde el exterior, manteniendo su identidad y sus valores.

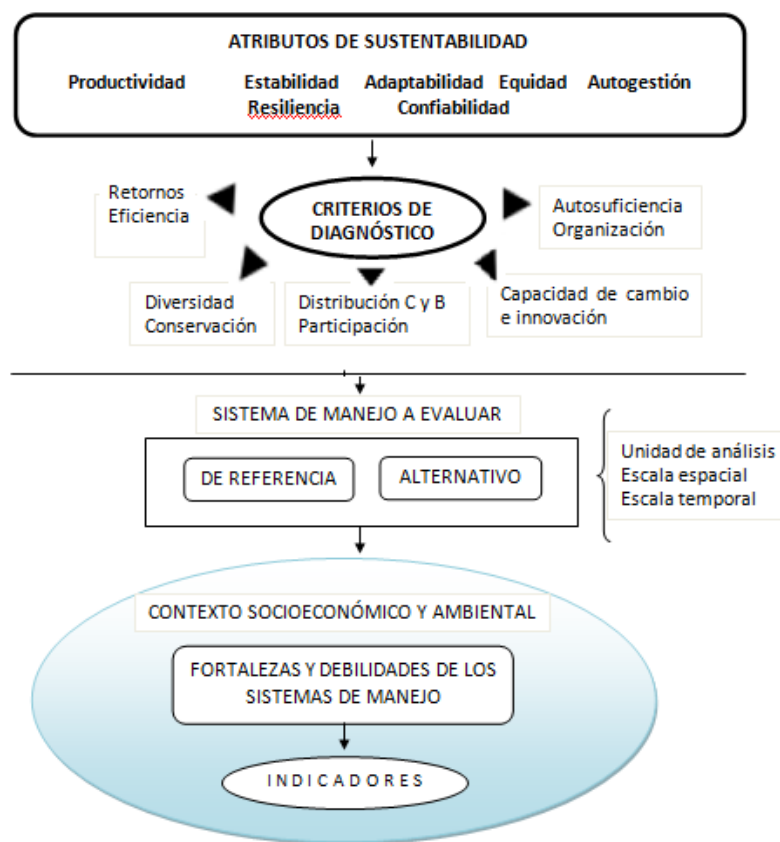
Operativamente, para dar concreción a los atributos generales, se definen una serie de puntos críticos para la sustentabilidad del sistema que se relacionan con las tres áreas de evaluación (ambiental, social y económica).

La identificación de puntos críticos, es el reconocimiento de los aspectos positivos o negativos que le dan solidez o vulnerabilidad al sistema en el tiempo. Estos puntos pueden ser factores o procesos ambientales, técnicos, sociales y económicos que de forma individual o combinada pueden tener un efecto crucial en la permanencia del sistema de manejo. A partir de la información anterior, se determinan los criterios de diagnóstico. Los criterios de diagnóstico son considerados como la fase intermedia entre las propiedades y el indicador, es decir, representan un nivel de análisis más detallado que las propiedades, pero más general que los indicadores, por

lo que se consideran como elementos que ayudan a construir mejor a los indicadores (Masera *et al.*, 1999).

De ellos, se derivan los indicadores más significativos del sistema de manejo, en relación con las propiedades o atributos de los agroecosistemas (productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad, autogestión), así como la dimensión de evaluación a la que corresponden (social, económica o ambiental). Este mecanismo asegura una relación clara entre los indicadores y los atributos de sustentabilidad del agroecosistema (ver Figura 1).

Figura 1. Estructura operativa del MESMIS.



Tomado de Masera *et al.*, 1999.

Son menos abundantes los trabajos donde se toma a los sistemas agropecuarios como unidad de análisis del problema de la sustentabilidad (Lefroy *et al.*, 2000; Cáceres, 2009). No obstante, en distintos lugares del mundo se han logrado avances significativos para hacer operativo el concepto a escala predial (Cáceres, 2009).

La construcción de indicadores se ha enfocado principalmente a las perspectivas ambientales y económicas, dejando de lado la dimensión social, por lo que, el medir variables sociales ha resultado complicado, debido a la subjetividad que se percibe en los resultados o que algunos indicadores apropiados para ciertos casos pueden ser inapropiados para otros.

Para Maserá *et al.* (1999) y Brunett *et al.* (2006) un indicador describe un proceso específico o un proceso de control, por lo que debe ser construido de manera específica y siguiendo un proceso. Mencionan que los indicadores para evaluar sustentabilidad deben tener características como:

- Ser integradores: Deben aportar información sobre varios atributos del sistema.
- Sencillos: de medir y basados en información fácil de obtener.
- Adecuados: para el análisis que se pretende realizar.
- Aplicables: a distintos agroecosistemas con condiciones parecidas.
- Refleje: el atributo de sustentabilidad que se desea evaluar.
- Basados en: información directa e indirecta.
- Prácticos: además de claros para que la población local pueda participar en la evaluación.

También mencionan que los indicadores deben tener menor número de variables para integrar a un indicador siempre que éstas sean representativas de los mismos, y b) se debe contar con procedimientos específicos de medición para cada indicador. En el caso de indicadores cualitativos, la dificultad reside en que éstos no pueden medirse con escalas sencillas como las lineales, pues no existen patrones de medida universalmente definidos y aceptados, por lo que se puede elegir la escala utilizada en otros trabajos o se construye a una nueva, adaptada a las necesidades específicas.

Indicadores económicos

Nahed (2008) reporta algunos indicadores económicos y tecnológicos que permiten evaluar la sustentabilidad. a) Consumo en pastoreo/consumo en pesebre, b) Capacidad de control de enfermedades infecciosas del ganado, c) Margen neto/vaca/año contra margen mínimo

económicamente aceptable, d) Acceso a crédito y seguro contra siniestro, e) Ingresos por venta de animales vivos, f) Concentrado/L leche producida, kg, g) Margen neto/1 leche producida, y por último, h) Relación inversión/margen neto.

Indicadores ambientales

De acuerdo a SEMARNAT (2005) deben de: a) Ser sencillos, fáciles de interpretar y capaces de mostrar tendencias a través del tiempo, b) Capaces de relacionarse con modelos económicos y/o de desarrollo, c) Responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas, d) Ser aplicables a escala nacional o regional, según sea el caso, y e) Ofrecer una visión de las condiciones ambientales. Y son formulados hacia el logro de tres objetivos, los cuales son: a) Proteger la salud humana y el bienestar general de la población, b) Garantizar el aprovechamiento racional de los recursos y, c) Conservar y renovar la integridad de los ecosistemas.

Por otro lado, Gil *et al.* (2009) describen algunos indicadores ambientales que ayudan a medir la sustentabilidad, los cuales se mencionan a continuación:

1. Consumo de Energía Fósil (EF) (MjEF/año): expresa el costo energético total de los distintos insumos y actividades agropecuarias, expresados en megajulios de energía fósil.
2. Eficiencia de uso de Energía Fósil (EEF) (MjEF consumida/Mj producto/año): relación insumo/producto obtenido a partir del cociente entre el consumo de Energía Fósil y los costos energéticos de los productos generados por las actividades correspondientes.
3. Balance de Nitrógeno y Balance de Fósforo (BN y BP) (Kg N-P/año): diferencia entre ingresos y egresos cuantificables de cada mineral en el establecimiento estudiado. En el cálculo de los egresos se considera nutrientes exportado a través de los productos: carne, grano y leche. Las vías de ingreso de nitrógeno y fosforo son los fertilizantes y alimentos importados.
4. Riesgo relativo de contaminación por plaguicidas (RPL): índice relativo que valora el riesgo de contaminación por plaguicidas en forma comparativa.
5. Riesgo de erosión hídrica y eólica (RE) (ton suelo/año): afectado por la cobertura relativa del cultivo, aptitud del suelo, tipo de labranza, grado de pendiente, riego, precipitaciones.

6. Cambio en el stock de carbono (C) en el suelo (CSC) (ton C/año): afectado por el uso de la tierra, tipo de labranza y manejo de los rastrojos.
7. Balance de gases efecto invernadero (GEI) (t CO₂ equivalente/año): se estima a partir de tres grandes fuentes de emisión: a) materia orgánica (MO) de los suelos y su tenor de carbono, b) producción de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), resultantes de actividades forestales, agrícolas y ganaderas, y c) producción de CO₂ por consumo de energía fósil. Estas emisiones se valoran en forma conjunta mediante coeficientes según su potencial de calentamiento global, que los convierten en *emisión de CO₂ equivalente*.
8. Porcentaje de vegetación original
9. Cantidad de unidades ganaderas (UG)/ha (leche)
10. Cantidad de alimentos ingresados para el ganado (kg/año)

Indicadores sociales

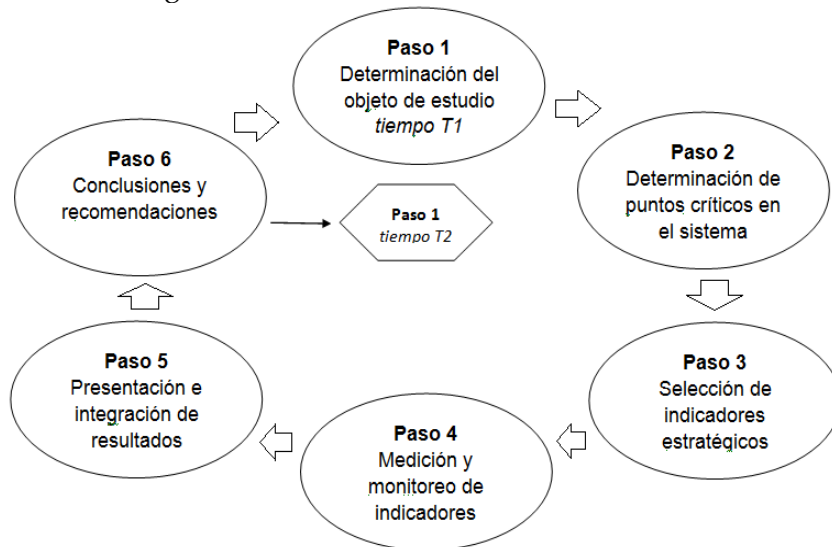
Algunos indicadores de sustentabilidad social propuestos por González *et al.* (2006), son: 1) Seguridad de los productores; 2) Disponibilidad de tiempo libre, 3) Capacitación de los productores, 4) Acceso a créditos, seguros u otros mecanismos para obtener recursos, 5) Democracia y participación para la toma de decisiones en la comunidad, 6) Beneficios del sistema y calidad de vida, 7) Permanencia de los productores en el sistema, 8) Dependencia de recursos externos al sistema de manejo y, 10) Empleos agropecuarios generados por unidad rural de producción.

Evaluación integral de los indicadores socioeconómicos y ambientales

Una vez que se han medido de manera individual cada indicador, se hace un análisis integral de todos los indicadores, considerando la dimensión económica, social y ambiental. Finalmente, se obtiene un acercamiento al nivel de sustentabilidad de los sistemas y el funcionamiento que llevan, identificando los puntos débiles de los sistemas de producción y el proponer recomendaciones (prácticas tecnológicas, de manejo o de organización) pertinentes para fortalecer o mejorar dichos puntos si así se requiera, que permitan generar una estabilidad dentro de él. Al realizar estos seis pasos se habrá avanzado en la conceptualización de los sistemas y los aspectos

que se desea mejorar, para hacerlos más sustentables, y esto da inicio a un nuevo ciclo de evaluación (paso 1 al tiempo T₂) (Figura 2).

Figura 2. Ciclo de evaluación en el MESMIS.



Tomado de Masera *et al.*, 1999.

Algunas reflexiones finales

El desarrollo sustentable surge como concepto debido a la crisis ambiental por la que atraviesa la humanidad, frente a lo cual modifica la idea de la dominación del hombre sobre la naturaleza, intentando propiciar un nuevo equilibrio entre los ámbitos socioeconómicos y ambientales. En ese intento puede también estar legitimando acciones de la economía neoliberal, quien mira a la naturaleza como una simple proveedora de recursos para maximizar ganancias, dejando de lado los modos de vida existentes.

Se tienen distintas visiones del concepto, lo que denota que no existe un solo significado de desarrollo sustentable aplicable a todos los casos, ya que en cada contexto socioambiental existen estrategias diversas para mantener una relación sociedad-naturaleza. Esto hace pensar que debamos estar hablando de distintos *desarrollos sustentables*, donde las interpretaciones conceptuales se generen en conjunto con las comunidades, quienes poseen cosmovisiones diversas sobre su entorno.

Hasta la fecha resulta un reto operativizar el concepto de sustentabilidad, sobre todo porque implica establecer una serie de principios de los sistemas, como son la equidad, productividad, resiliencia, confiabilidad, entre otros, pero los problemas se presentan al querer evaluar y cuantificar todos los aspectos que definen la permanencia o sustentabilidad en el tiempo de un sistema. Es allí donde el Marco de evaluación MESMIS encuentra un reto importante y se puede fortalecer conceptual y metodológicamente, siendo inclusivo con aspectos como relaciones de poder, aspectos simbólicos, competencia, colaboración, explotación humana, entre otros, que son difíciles de cuantificar, pero que definen, en muchas ocasiones, la permanencia o no de distintos sistemas socioecológicos.

Referencias bibliográficas

- Altieri A. 1994. Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura técnica* 54 (4): 371-86.
- Altieri M, Nicholls I. 2000. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México D.F. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. 250 p.
- Barkin D, Rosas M. 2005. ¿Es posible un modelo alternativo de acumulación? Una propuesta para la nueva ruralidad, en II Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Medio Ambiente. Puebla, México.
- Brunett L. 2004. Contribución a la evaluación de la sustentabilidad; Estudio de caso dos agrosistemas campesinos de maíz y leche del Valle de Toluca". Tesis de doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Brunett L, García A, González C, De León F. y Climent J. 2006. La agroecología como paradigma para el diseño de la agricultura sustentable y metodologías para su evaluación. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. 6 (12): 84-103 pp.
- Cáceres D. 2009. La sostenibilidad de explotaciones campesinas situadas en una reserva natural de Argentina Central. *Agrociencia*. 43 (5): 539-550 pp.
- Caporal R., Costabeber A. 2002. Análisis multidimensional de sustentabilidad. Una propuesta metodológica a partir de la agroecología. *Agroecología y desarrollo rural sustentable*. Porto Alegre, 3 (3): 70-85.
- Carvalho L. 1993. Una estrategia de desarrollo sostenible para el nordeste de Brasil. En: IICA/BMZ.
- Chiappe B, Piñeiro E. 1999. La agricultura uruguaya en el marco de la integración regional y su impacto sobre la sustentabilidad. 22 Disponible en: http://www.rau.edu.uy/agro/ccss/publicaciones/Publicaciones_en_Adobat/17_Agricultura_uruguaya.pdf.
- CMMAD. 1987: *Nuestro futuro común*. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Ginebra.

- FAO. 1993. FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management. FAO report 73, Roma.
- Foladori G, Pierri N. 2005. ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. México: H. Cámara de Diputados LXI Legislatura- Universidad Autónoma de Zacatecas- Miguel Ángel Porrúa.
- Foladori G, Tommasino H. 1999. Una crítica del enfoque sistémico aplicado a la producción agropecuaria, En: Sistemas de producción: conceptos, metodología y aplicaciones, Luiz Donni Filho, Humberto Tommasino, Alfio Brandenburg (Orgs), Cursos de Pos Graduados en Agronomía-Medio Ambiente y Desarrollo, UFP, Paraná.
- Gallopín G. 2003. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Santiago, Chile. CEPAL - Serie Medio Ambiente y Desarrollo, N°64. Naciones Unidas. 44 pp.
- Gil B, Herrero A, Flores C, Pachoud L, Hellmers M. 2009. Intensificación agropecuaria evaluada por indicadores de sustentabilidad ambiental. Arch. Zootec. 58 (223): 413-423 pp.
- González C, Ríos H, Brunett L, Zamorano S, Villa I. 2006. ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. Convergencia 13(40): 107-139pp.
- Gusman M. 2003. As Dimensões da Sustentabilidade e sus Indicadores. En: Marques, J.F.; Araújo Skorupa, L.; Gusman Ferraz, J.M.eds. Indicadores de Sustentabilidade e em Agroecosistemas. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária, EMBRAPA Meio Ambiente, Ministerio de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Jaguariúna, Brasil. pp. 16-35.
- Landais E. 2003. ¿social? Dossier de l'environnement de l'INRA, (27): 23-39.
- Leff E. 2003. La racionalidad ambiental. La reproducción social de la naturaleza, Siglo XXI. México.
- Lefroy B, Bechstedt D, Rais M. 2000. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand. Agriculture, Ecosystems and Environment. 81: 137 – 146pp.
- Martínez-Alier J. 2004. El ecologismo de los pobres. Barcelona: Icaria.
- Masera O, Astier M, López-Ridaaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. México, Editorial Mundi-Prensa.
- Moreno S. 2007. El debate sobre el desarrollo sustentable o sostenible y las experiencias internacionales de desarrollo urbano sustentable. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública.
- Meadows D, Meadows D, Randers J, *et al.* 1972. The limits to growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. A Potomac Associates Book, New York. Versión en castellano de 1982 Los límites del crecimiento: informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- Nahed J. 2008. Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. Avances en Investigación Agropecuaria 12(3): 3-8pp.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). 2007. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3ª ed. Nueva York. ONU. 93p.
- Rodrigues A, Tommasino H, Foladori G, Gregorczyk A. 2003. ¿Es correcto pensar la sustentabilidad a nivel local? Un análisis metodológico a partir del estudio de caso en un

área de protección ambiental en el litoral sur de Brasil. Theomai Journal. Red de Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo.

- Sachs I. 1986. Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir. Sao Paulo: Vértice. pp: 280.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2005. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005.
- Torres G. 1999. Sustentabilidad y compatibilidad. UACH, México.
- Vilain L. 2000. "La Methode Idea, Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles, Guide d'utilisation" Educagri Editions, France.

Capítulo 2: Análisis de la producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, bajo un enfoque de sistemas

Introducción

El análisis sistémico otorga importancia especial al ambiente en el que se lleva a cabo la actividad agropecuaria, sobre todo en unidades de producción de tipo familiar o pequeña escala, donde acotar los estudios exclusivamente al proceso productivo supondría una visión sesgada. Así, es posible lograr una mejor comprensión de su funcionamiento, de la diversidad y sus cambios, que son consecuencia de la respuesta a las modificaciones de los elementos que configuran la relación de la unidad de producción con su ambiente (Ruiz y Oregui, 2001).

Es por ello que el objetivo del presente capítulo fue brindar un análisis de la producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, con un enfoque de sistemas, en aras de profundizar en los distintos elementos que la componen y las interacciones que se dan al interior/exterior del sistema de producción. Para ello, primero se brinda un marco teórico del enfoque de sistemas, haciendo énfasis en los sistemas lecheros. Se describe un breve panorama de los sistemas de producción lechera en México, enfocando la descripción en la producción de pequeña escala, sus características productivas y socioambientales. Finalmente, se hace un análisis de la producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán, describiendo los elementos que la componen, las interacciones y los flujos de entrada y salida que lleva a cabo el sistema.

Enfoque de sistemas

A lo largo de la segunda mitad del siglo XX el desarrollo de la teoría sistémica y su aplicación a distintas áreas del conocimiento ha supuesto un salto cualitativo para la ciencia. Su origen coincide con la aparición de los postulados del biólogo inglés von Bertalanffy, en la década de los cincuenta. No obstante, tuvo que transcurrir más de un cuarto de siglo hasta que esta nueva línea de pensamiento tomó forma y se plasmó en la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1973). Esta teoría constituyó un cambio radical en la visión y el análisis de la realidad. Hasta su aparición,

cualquier fenómeno era estudiado aplicando el método cartesiano, es decir, mediante principios de reduccionismo (Ruiz y Oregui, 2001).

Frente a esta postura reduccionista, la teoría sistémica aporta un enfoque expansionista según el cual todos los objetos y acontecimientos son parte de otros mayores. Por ello, como un sistema es más que la suma de sus componentes, no bastará con estudiar cada uno de éstos de manera individualizada, sino que sería más lógico llevar a cabo un trabajo multidisciplinar (Ruiz y Oregui, 2001).

Pese a que un sistema siempre forma parte de otro de mayores proporciones, no puede ser descompuesto en subsistemas inconexos e independientes entre sí. Ello supone que el nivel considerado como sistema no sea un concepto absoluto, sino relativo, dependiendo de los objetivos del estudio. Así, lo que para un investigador es un sistema en un determinado trabajo (por ejemplo, un animal), para otro puede ser un subsistema o un suprasistema según lo que se tome como referencia (por ejemplo, según sea un rebaño o un determinado órgano del individuo).

En este sentido, Le Moigne (1977), incide en el carácter evolutivo de los propios sistemas al afirmar que su estructura interna progresa a lo largo del tiempo, sin que por ello pierdan su identidad única. En definitiva, aunque cada uno de los sistemas tenga sus propios rasgos distintivos, todos ellos presentan una serie de características generales, las cuales se pueden resumir en los siguientes puntos (Dent y Blackie, 1979):

1. Estar integrado por una serie de elementos o entidades identificables que mantienen una relación dinámica entre ellos.
2. Tener una estructura jerárquica que comprende un número de subsistemas definidos de manera autónoma, aunque cada uno de estos englobe a otros de rango inferior e igualmente autónomos.
3. Tener carácter abierto, lo que supone que es sensible al entorno o ambiente en que se encuentra.

4. Ser de carácter dinámico o evolutivo, lo que significa que las características más importantes aparecen con el paso del tiempo. Por ello, el estudio de los sistemas requiere la consideración explícita de dicha variable.

Enfoque de sistemas en la producción agropecuaria

Un sistema de producción es una combinación de diversos subsistemas; los de cultivo; los de crianza, definidos a nivel de hatos o rebaños de animales; los de transformación de los productos agropecuarios (transformación de cereales, fabricación de quesos, etc.); y, las actividades no agrícolas (Apollin y Eberhart, 1999). Estos sistemas de producción agropecuaria representan uno de los pilares en el desarrollo del sector rural, siendo la base de la seguridad alimentaria del país y hacen aportes económicos importantes al producto interno bruto (PIB). Las personas que desarrollan estas actividades productivas muchas veces no ven reflejado su trabajo en la calidad de vida de su familia, ya que sus sistemas productivos tienen baja rentabilidad, lo que genera migración de la población a las ciudades en busca de mejores oportunidades laborales, y en algunos lugares no existe relevo generacional que continúe con esta actividad. Las tecnologías utilizadas, el acceso y la calidad de la asistencia técnica, la variabilidad climática, la falta de mercados o la apertura de mercados globalizados, son algunos factores que afectan negativamente la rentabilidad de los sistemas de producción (Navas y Velázquez, 2014).

Los sistemas de producción agropecuaria tienen realidades internas que son producto de las interacciones entre sus componentes; el análisis y la evaluación de estas interacciones permiten identificar diferentes procesos que se llevan a cabo, los cuales determinan el uso de los recursos con que cuenta el sistema; es decir, se puede determinar la eficiencia actual del sistema y, de ser necesario, hacer cambios en los procesos para mejorar el uso de las entradas y mejorar la eficiencia.

En el análisis se deben tener en cuenta factores externos que afectan positiva o negativamente al sistema y que deben ser considerados en el momento de modificar algún proceso; por ejemplo, la estacionalidad climática y la variabilidad climática, factores externos al sistema que determinan cambios en el interior, la elaboración de ensilajes, el establecimiento de sistemas silvopastoriles o

bloques nutricionales, alternativas tecnológicas que modifican procesos y permiten la adaptación del sistema a estos factores externos (Navas y Londoño, 2010).

En los sistemas de producción animal se propone iniciar el análisis en componentes como administración, sanidad, genética y nutrición, considerados los pilares de la producción (Vela y Navas, 2009); sin desconocer que el análisis puede tener, además, otros componentes, se debe definir la dimensión de cada uno. Los procesos en el sistema deben ser medidos para analizar su eficiencia; la toma de datos a través de registros es necesaria de manera que se pueda determinar indicadores de gestión (productivos, reproductivos, sanitarios, económicos, ambientales, etc.), esto ayudará a la evaluación del sistema a través del tiempo y permitirá mejorar el proceso de toma de decisiones (Vela *et al.*, 2010; Torres *et al.*, 2010). La evaluación permanente del sistema ayuda a determinar cambios en los procesos y a la evaluación de estos.

Sistemas de producción de leche

Los sistemas de producción de leche se caracterizan por una alta complejidad, además de una multiplicidad de variables que los regulan, limitan o motivan (Navarro, 2001). Estos factores pueden ser de origen interno o externo a los límites de las áreas de decisión. Los productores de leche, ya sean pequeños, medianos o grandes, manejan sus unidades de producción con una variada combinación de estrategias, en la búsqueda de un modelo propio, adaptado a las circunstancias particulares de cada productor, en función de sus recursos, capacidades de gestión y conocimiento tecnológico.

Es así que la lechería que se lleva a cabo en México se ha caracterizado por su heterogeneidad productiva y socioeconómica; así, se pueden encontrar en una misma región sistemas productivos que cuentan con tecnología avanzada, en coexistencia con unidades de producción de leche a pequeña escala, que se caracterizan por un desarrollo tecnológico y productivo desigual (SIAP, 2010).

Para el año 2020, la producción de leche de bovino creció en 2.3% con respecto a 2019, es decir, se produjeron 12 mil 554 millones de litros. Aún con esto, para satisfacer la demanda nacional se

importaron 3 mil 587 millones de litros, es decir, el equivalente a 28.57% de la producción nacional. La importación de la leche en polvo cobra mucha relevancia debido a que es utilizada como materia prima para elaborar diferentes productos lácteos como complemento de la leche fresca que se produce en México; este es un punto crucial que da origen a una de las problemáticas que viven los productores de leche en México. Es decir, la compra en el mercado internacional de leche descremada en polvo, a un precio inferior al que se puede conseguir en el mercado interno, genera malestar e incertidumbre entre los productores porque no encuentran en el mercado nacional una demanda adecuada que les permita fortalecer el precio por la venta de leche producida en México (Robledo, 2018).

La producción de leche en México se lleva a cabo en cuatro sistemas de producción: el especializado, semi-especializado, doble propósito y de pequeña escala o familiar. El sistema intensivo o especializado se caracteriza por tener ganado de calidad genética comprobada, con altos niveles de producción de razas como Holstein, Pardo Suizo y Jersey. Se encuentra constituido por grandes empresas, las cuales concentran el 25% del hato lechero nacional y participa con el 50.6% de la producción lechera del país (Espinoza, 2004; García, 2009). Cuenta con tecnología altamente especializada para la producción, como ordeñadoras mecánicas, tanques enfriadores, manejo de establos para el ganado, ganado seleccionado genéticamente y alimentación controlada. Las unidades de producción tienen distintos tamaños, pero es el sistema de producción con mayor tamaño de hato. En promedio cuentan con un rango de 200 a más de 2500 cabezas de ganado, teniendo hatos que rebasan este promedio (CEDRSSA, 2019). Principalmente se ubican en el Altiplano y norte de México, en los estados de Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua (García, 2009). Actualmente este sistema presenta serios retos, como en la Comarca Lagunera, por ejemplo, que tienen que ver con las características semiáridas propias de la región, como la escasez de lluvia y una fuerte dependencia de los recursos hídricos subterráneos. El agua, poco a poco se está convirtiendo en una limitante de gran importancia para continuar desarrollando la actividad lechera. Aun cuando ha habido una mejora en el uso de los recursos naturales, y tal parece que conforme más crece la producción de leche en

esta zona, se está llegando a límites que no han podido ser cubiertos por la investigación científica y tecnológica para soportarlo.

El sistema de lechería semiespecializada se caracteriza por unidades productivas con hatos de entre 180 y 200 cabezas. Utiliza razas de ganado Holstein y Pardo Suizo, sin llegar a los niveles de producción y duración de las lactancias del sistema especializado. El ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación, en pequeñas extensiones (Cavalloti y Palacio, 2004; Serrano et al., 2007). El ordeño se realiza en forma manual con ordeñadores individuales o de pocas unidades, carecen en la gran mayoría de equipo propio para enfriamiento y conservación de la leche, por lo que se considera un nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo. La alimentación del ganado la constituye el pastoreo con complementos basados en forrajes de corte y alimentos balanceados. Las principales entidades federativas vinculadas con este sistema son Baja California, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco (Cavalloti y Palacio, 2004; Serrano et al., 2007).

El de doble propósito se desarrolla principalmente en las regiones tropicales del país, y utiliza razas cebuinas y cruza con Pardo Suizo, Holstein y Simmental. Su característica principal es que el ganado produce carne y leche, y esta proporción varía de acuerdo con la demanda del mercado (Espinoza, 2004; García, 2009). La alimentación de los animales se basa en el pastoreo extensivo con el mínimo de suplementación alimenticia y ocasionalmente en el empleo de subproductos agrícolas. Cuentan con instalaciones rústicas y el ordeño es manual en la mayoría de los casos. Las prácticas de medicina reproductiva y preventiva, el mejoramiento genético y el manejo de los recursos forrajeros tienen un gran margen de ser mejorados en este sistema de producción (García, 2009). Los rendimientos en la producción de leche por bovino son bajos, entre 4 y 11 litros por día. La leche se vende, y esto constituye la principal fuente de ingresos para mantener la operación de las granjas hasta la venta de los animales para carne, aunque paulatinamente se han ido conformando explotaciones con el carácter comercial de producción de leche. Los hatos en las unidades productivas tienen entre 30 y 40 cabezas. La producción de leche es estacional y se destina fundamentalmente a la venta directa al consumidor final. La dispersión de la oferta y la calidad sanitaria, hacen que este sistema de producción sea muy vulnerable. Los estados donde

se desarrolla principalmente son Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Tabasco, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas (Espinoza, 2004; García, 2009).

Finalmente, el sistema de producción de leche familiar o de pequeña escala, el cual se realiza en unidades de producción de leche, donde se utiliza la mano de obra familiar de manera predominante, así como otros recursos de origen familiar como la tierra, agua y capital. Este sistema se localiza en todo el territorio nacional y se caracteriza por combinar el sistema agrícola (producción de maíz, avena y forrajes), con la producción láctea y producción ganadera de diversas especies como aves, conejos, ovinos, caprinos y porcinos. Dentro de sus objetivos se encuentran el desarrollo en general de las familias rurales mediante la generación de empleos, la diversificación del ingreso rural como una estrategia para reducir la pobreza, la seguridad alimentaria, la acumulación de activos y el mejoramiento de la nutrición y salud humana (Osorio *et al.* 2015). A continuación, se describe con más detalle la producción lechera de pequeña escala que se lleva a cabo en el municipio de Maravatío, Michoacán, ya que la unidad de producción de pequeña escala fungió como la unidad de análisis en la presente tesis.

Producción lechera de pequeña escala en Maravatío, Michoacán

Antecedentes de la producción lechera en Maravatío

De la mano de la agricultura, la ganadería en la época colonial se convirtió en uno de los pilares de la economía regional del valle maravatiense. Estas dos actividades se desarrollaron en estrecha relación. Para las primeras décadas del siglo XVII varias unidades de producción ya habían consolidado la ganadería. La producción de ganado mayor en el valle de Maravatío creció de manera irregular durante la segunda mitad del siglo XVII. Por ejemplo, en 1665 se obtuvieron cerca de 300 becerros, pero, 10 años después la cifra se redujo a la mitad. Comunidades como Paquisihuato, Pateo, Apeo, y Casa Blanca poseían las unidades de producción más numerosas hacia mediados del siglo XVIII (Pérez, 1990).

Con los cambios de régimen de la tierra de principios del siglo XX, algunas familias se fueron acercando cada vez más al valle de Maravatío, hasta que se incorporaron como fuerza de trabajo en las haciendas, pero su experiencia ya les había formado una tradición ganadera, similar a la

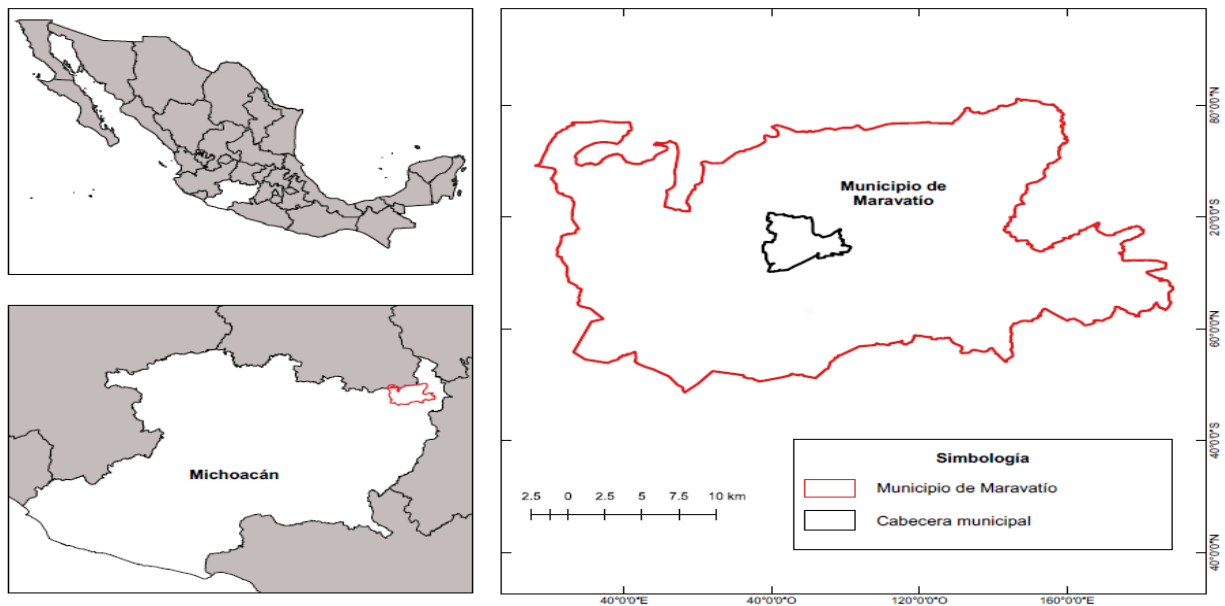
cultura ranchera. Esto hizo que, con el reparto agrario, algunas familias no solo consideraran la siembra de la tierra, sino también la comercialización de leche. Con el paso de los años, aumentó la producción de leche y más familias se dedicaron a la crianza de ganado lechero. Se intensificó el manejo del ganado, se invirtió en vacas con fenotipo Holstein, sustituyendo al ganado criollo (Santiago, 2011). Este contexto nos habla de la importancia que para los ganaderos tiene la actividad lechera, ya que no solo representa una actividad económica, sino que forma parte de la cultura de los maravatienses, quienes ven a la actividad lechera como un engranaje más dentro de su dinámica familiar.

Ubicación geográfica del municipio

El municipio de Maravatío forma parte del estado de Michoacán, en la región centro occidente de la República Mexicana y pertenece al distrito de Desarrollo Rural 094 Zitácuaro. Es considerado un municipio de mediana marginación y por lo tanto es prioritario en los programas de desarrollo rural (Cruz 2006). Tiene una superficie de 691.55 km² y representa un 1.19% de la superficie del Estado.

Geográficamente se localiza al noreste del estado de Michoacán, en las coordenadas 19° 54' de latitud norte y 100° 27' de longitud oeste, a una altura de 2,020 msnm y 3,500 msnm (Figura 1). Limita al norte con el estado de Guanajuato y al municipio de Epitacio Huerta, al este con los municipios de Contepec y Tlalpujahuá, al sur con los municipios de Senguio, Irimbo e Hidalgo, y al oeste con el municipio de Zinapécuaro (Cruz, 2006; Flores, 2006).

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Maravatío, Michoacán, México.



Unidad Bovina Productora de Leche de Pequeña Escala (UBPLPE)

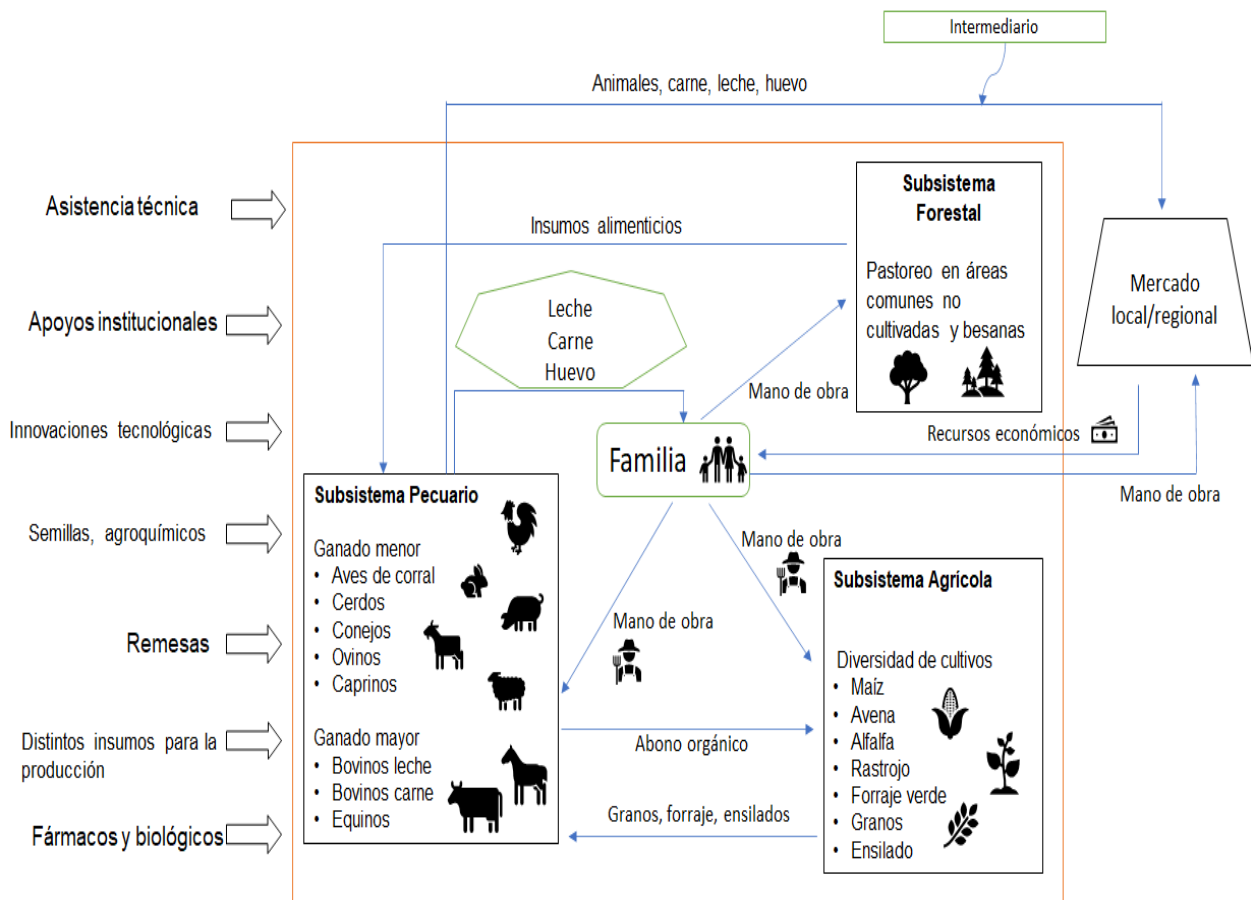
Desde un enfoque de sistemas, las UBPLPE de Maravatío comprenden:

- Un propósito: Aquel por el cual el sistema es operado.
- Una frontera: Marca la división de lo que está dentro y fuera del sistema.
- El contexto: Se refiere al ambiente externo en el cual funciona el sistema (social, económico y político).
- Los componentes: Principales constituyentes que aparecen relacionados para formar el sistema, en donde el conocimiento tecnológico de los procesos es fundamental.
- Las interacciones: Es decir, las relaciones entre los componentes.
- Los recursos: Son los componentes comprendidos en el sistema y que son utilizados para su funcionamiento.
- Los insumos o aportes: Son empleados por el sistema pero que pueden tener origen externo al mismo tiempo.
- Los subproductos: Productos útiles, aunque no prioritarios y obtenidos incidentalmente.

Existen múltiples propósitos por los cuales los ganaderos cuentan con una UBPLPE dentro de su entorno doméstico. Dentro de las opciones se tienen: reproducción familiar, seguridad alimentaria, empleo, producción de activos como los animales, el estiércol, fuerza de tiro y carga, además del valor cultural y sentido de pertenencia que les provee, entre otras opciones (FIDA, 2016). En el contexto del sistema familia-explotación y a un nivel individual, la actividad ganadera constituye un subsistema dentro del mismo. Engloba al conjunto de instalaciones y técnicas que permiten la obtención de productos de origen animal en condiciones compatibles con el objetivo del ganadero y en el marco de las restricciones y limitaciones propias de cada unidad de producción (Menjon y D'Orgeval, 1983). Dependiendo de su orientación productiva, puede constituir un subsistema único o estar combinado con otro agrario, como en este caso (Figura 2).

Como se muestra en la figura 2, la frontera es el límite de cada UBPLPE, donde al interior se integra por varios subsistemas o componentes que interactúan entre ellos para generar sinergias e intercambios. Estos componentes son la familia como núcleo principal, además del subsistema pecuario (bovinos leche y carne, ovinos, porcinos, aves, caprinos), el subsistema agrícola (producción de maíz, alfalfa, avena, sorgo, forrajes) y el subsistema forestal (áreas comunes para pastoreo). Al exterior se generan sinergias e intercambios con el mercado.

Figura 2. Estructura general de las UBPLPE de Maravatío, subsistemas e interacciones.



Al interior de la UBPLPE se dan interacciones para dar origen al producto principal que es la leche, así como subproductos como son las vacas de desecho, terneros, vaquillas de reemplazo, abono orgánico, entre otros. La familia provee mano de obra a los subsistemas y a cambio, recibe ingresos económicos, insumos alimenticios e insumos para la producción. También provee mano de obra al exterior para ser ocupada en otras actividades económicas o por efecto de fenómenos como la migración, a cambio de esta mano de obra recibe ingresos económicos. Entre los subsistemas pecuario, agrícola y forestal se dan relaciones de intercambio, ya que, por un lado, aportan materia prima para la producción y por otro, reciben nutrientes para mantenerse.

Las relaciones con el mercado se dan cuando las UBPLPE proveen mano de obra, insumos alimenticios como el ganado o la producción agrícola, a cambio, el mercado provee ingresos económicos e insumos para la familia y los subsistemas.

La definición de este sistema involucra el uso de la mano de obra familiar, donde se involucra la participación del productor principalmente, pero también de algunos miembros de la familia. El productor generalmente se encarga de actividades como: limpieza de instalaciones, ordeño, alimentación del ganado y comercialización de la producción. En un estudio realizado en el municipio, Chávez et al. (2019), señalan que del total de productores entrevistados (n=114), en 90.35% de los casos son hombres los titulares de las UBPLPE, mientras que en 9.65% son mujeres. La edad promedio de los productores es de 48.47 ± 11.17 años. Las familias están formadas por 4.69 ± 1.66 integrantes, incluyendo al titular y esposo/a, hijos, nietos, abuelos y otro integrante con o sin lazo sanguíneo. De manera general, estas familias rurales poseen una definición en cuanto a las actividades que realiza cada integrante, tanto al interior de la unidad familiar, como en relación a las actividades productivas que realizan.

Subsistema pecuario

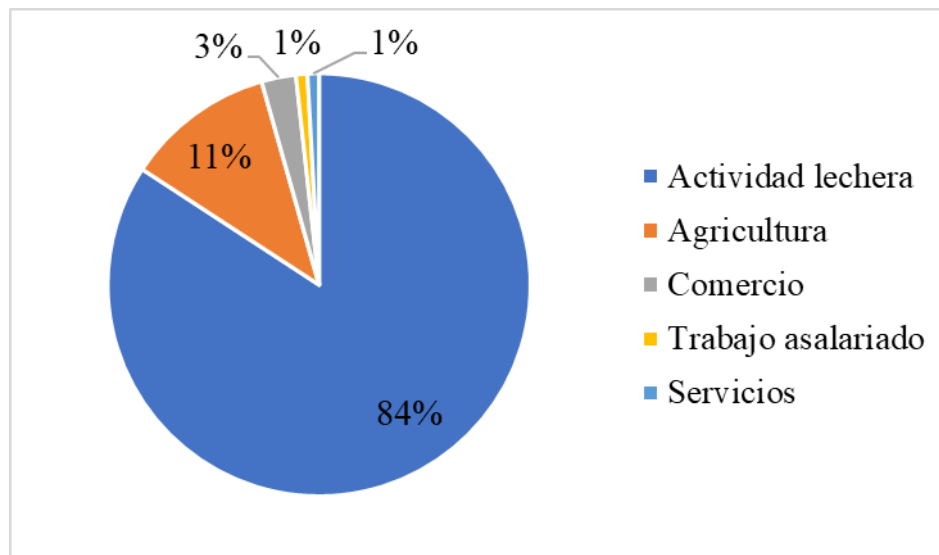
Dentro del subsistema pecuario se incluyen diferentes especies domésticas que utilizan los productores y sus familias para su alimentación, comercialización y recreación. Entre estas especies podemos mencionar a los bovinos productores de leche, bovinos productores de carne, ovinos, aves, caprinos, cerdos y equinos. Para las familias maravatienses que cuentan con ganado bovino lechero, este sistema resulta una de sus principales actividades económico-productivas. Gutiérrez (2019), muestra la importancia de los bovinos productores de leche como animales domésticos relevantes para los productores de una localidad de importancia socioeconómica en Maravatío (Cuadro 1).

Cuadro 1. Inventario total de animales en Santa Elena, Maravatío, Michoacán

Especie	Cantidad	Porcentaje
Gallinas	1106	33.10%
Ganado lechero	544	14.97%
Guajolotes	466	13.95%
Perros	416	12.45%
Borregos	299	8.95%
Gallos	202	6.05%
Cerdos	104	3.11%
Caballos	101	3.02%
Gatos	78	2.33%
Patos	33	0.99%
Bovinos de engorda	22	0.66%
Cabras	14	0.42%
TOTAL	3385	100%

De hecho, en otra investigación realizada en el municipio, se encontró que para el 84% de los productores entrevistados, la actividad lechera es la principal actividad económica, seguida por la agricultura, comercio, trabajo asalariado e inserción en el sector de servicios (Chávez et al. 2019) (Figura 3). Esto coincide con lo reportado por Martínez *et al.* (2018), donde el sector agropecuario continúa siendo la principal fuente de empleo de los habitantes del México rural, sin embargo, otras actividades económicas como el comercio, y los servicios incrementan su participación como una opción más.

Figura 3. Actividades agropecuarias de importancia para los productores de Maravatío.



Este subsistema bovino lechero se articula con otros subsistemas pecuarios y agrícolas, generando complejas interacciones y cumpliendo con funciones como: fuentes de ingresos por la venta de productos, forma de ahorro, fuente de alimento proteico, reciclaje de materia y energía, generadores de productos de intercambio y preservación de productos y costumbres tradicionales en el municipio. La ganadería bovina genera leche que se comercializa líquida o transformada en subproductos lácteos como quesos, yogurt, requesón, entre otros derivados lácteos. Las ordeñas se realizan dos veces al día, y el ciclo productivo de un bovino lechero es variable. Al finalizar su ciclo los animales son enviados a rastro, para comercializar su carne.

Subsistema agrícola

En este subsistema se incluyen los principales cultivos destinados a la alimentación del ganado, pero también destinados a la alimentación de la familia. Principalmente se cultiva el maíz (*Zea Mays*), seguido de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y la avena (*Avena sativa*), aunque también se cultiva alfalfa (*Medicago sativa*) y trébol blanco y rojo (*Trifolium repens y pratense*), entre otros. La combinación ganadería-agricultura es relevante para los productores, lo cual nos habla de una racionalidad campesina donde la agricultura es un elemento fundamental dentro de su dinámica, ya que provee alimentos para el consumo familiar y la comercialización. Aunado a que los

productores obtienen insumos de la agricultura para la alimentación de sus animales, principalmente pastos, esquilmos agrícolas y granos; esto se convierte en una estrategia más, aplicada a la reproducción socioeconómica de las familias, además, las UBPLPE articulan de manera consistente la agricultura con las necesidades alimenticias de la familia y con la ganadería (Osorio *et al.* 2015). Generalmente, el maíz se siembra en marzo y se cosecha en octubre, posteriormente se siembra avena o trigo en el mes de diciembre y se cosecha en abril.

Recursos naturales (agua)

El agua que se utiliza para los animales proviene de la red pública, pozos y fuentes naturales “ojos de agua”. El agua que se utiliza para los cultivos proviene mayormente de las lluvias y en algunos casos de sistemas de riego.

Subsistema forestal

Existen áreas comunes donde los productores llevan a pastorear a sus animales. Esto resulta vital para ellos ya que el acceso a alimento en áreas comunes, sobre todo en épocas de lluvia donde abundan los forrajes, impacta con la disminución de sus costos de producción (Cruz, 2006; Flores, 2006).

Interacciones y flujos de entrada y salida al sistema

Resultado de la interacción de los subsistemas o componentes que se encuentran al interior del sistema, se generan productos y servicios que se ofertan al mercado. Estas interacciones deben ser cuidadosamente combinadas e intervenidas, para el logro del objetivo final por parte de los productores y su sustentabilidad en el tiempo (Navarro, 2001). Saravia (1993), señala algunos factores que intervienen en la toma de decisiones del productor: destino de la producción, costo de oportunidad, conocimiento tecnológico y tecnología disponible, disponibilidad de recursos como agua, información y asistencia técnica, créditos disponibles, capacidad de gestión, organización y comercialización. Los productores encargados de estas UBPLPE realizan procesos productivos con bajo o mínimo desembolso en efectivo por unidad de producto, superando de

esta manera la falta de liquidez que los afecta. Mantienen una fuerte interacción entre los componentes (pecuario, agrícola y forestal), logrando de esta manera reproducir sus factores de producción con baja dependencia del mercado de insumos y servicios.

Por el lado de las salidas, la familia ofrece mano de obra familiar al mercado, ya que no todos los integrantes de la familia se involucran en las actividades relacionadas con la producción lechera. El titular de las UBPLPE realiza las diversas tareas dentro de esta, y se acompaña o no de algún miembro de la familia. Chávez et al (2019), mencionan que en el 57.89 % de los casos entrevistados observaron la existencia de unidades individuales, donde un único miembro de la familia, que es el productor, trabaja en la UBPLPE y el resto de los integrantes de la familia se dedica a otras actividades.

Si bien, algún miembro de la familia puede apoyar al productor en la actividad lechera, los demás integrantes de la familia tienen que emplearse en diversas actividades económicas que ofrece el mercado, y que les permitan generar ingresos. Esto coincide con lo reportado por Mora y Cerón (2015), donde por cada miembro adicional, mayor es la posibilidad de que el hogar se diversifique. Esta diversificación es una estrategia que las familias han tenido que realizar con la finalidad de mejorar sus ingresos; es decir, entre mayor diversificación de actividades, más oportunidades de tener una mejor calidad de vida o reducir los niveles de pobreza (Galán *et al.*, 2017).

A esto último hay que sumarle otra salida o expulsión de mano de obra familiar vía la migración. Dicha expulsión se da principalmente hacia Estados Unidos, lo cual, si bien puede ser otra forma de obtener ingresos adicionales para el sustento de la familia, también tiene una cara negativa, ya que los que migran tienden a ser principalmente los jóvenes en edad productiva, lo que provoca la existencia de localidades rurales desoladas, habitadas por mujeres, niños y viejos. Además, la migración debilita la economía local y recrea la necesidad local de recursos que provienen fuera de la región y que se convierten en necesarios para la sobrevivencia (Rello y Saavedra 2013). De la misma forma que se oferta mano de obra familiar, también se ofertan al mercado productos derivados de las actividades ganaderas y agrícolas como leche, huevo, carne, maíz, avena, frijol y forraje. Tanto el mercado de los productos como de los insumos y servicios influyen en el desarrollo y toma de decisiones dentro de las UBPLPE. Así, un alza desmedida en el precio de los

insumos y servicios afectará directamente los costos de producción; por otro lado, una fuerte baja en el precio de la leche afectará directamente los ingresos, con una consecuente baja de los márgenes y rentabilidad (Navarro, 2001).

Por el lado de las entradas al sistema, se tienen insumos que se utilizan para la producción como alimentos concentrados, cuajo y semillas. Así mismo, innovaciones tecnológicas como inseminación artificial, agroquímicos, fármacos y biológicos. Las entradas al sistema generalmente parten de decisiones consientes que el productor toma en aras de dinamizar el proceso productivo. La decisión de adoptar una innovación es un proceso complejo que se ve afectado en un rango amplio por factores de tipo social, económico, productivo, tecnológicos, biofísicos (Ruiz y Oregui, 2001). Estos autores mencionan que la adopción se da si y sólo si: a) existe la posibilidad real de adoptar una tecnología (es decir, la tecnología está disponible y es factible); b) si la adopción de la tecnología permitirá ser rentable u obtener una ventaja sobre otros productores; c) si, los beneficios de dicha adopción sean menores a los costos económicos de implementarla; y d) si los efectos de dichas innovaciones generen beneficios de corto, mediano y largo plazo considerando la existencia de problemas de mercado que puedan afectar la adopción de otras innovaciones. Por su parte Navarro (2001), indica que la adopción de tecnología está relacionada con aspectos sociales, ambientales y técnicos, entre los que destacan la edad del productor, tamaño de la unidad de producción, escolaridad, años de experiencia como productor, años de recibir asistencia técnica, hectáreas dedicadas a la actividad, tamaño de la familia, género, tenencia de la tierra, entre las más importantes.

Otras entradas o factores externos de importancia para el sistema tienen que ver con el ambiente socioeconómico de la región y el clima. Así, por ejemplo, una sequía afecta directamente la producción de forraje, lo que a su vez repercute en la producción de leche.

Residuos sólidos y líquidos

Por años, el estiércol bovino ha sido reconocido como una excelente fuente de nutrientes para los cultivos; ya que los suelos que reciben de forma regular el estiércol, requieren menos fertilizantes químicos, cuentan con mayor contenido de materia orgánica, experimentan menor escorrentía y erosión y, además, presentan mejores condiciones físicas y biológicas que aquellos que no lo

reciben. No obstante, a nivel local, regional y mundial se ha generado una creciente preocupación por el manejo y disposición de los grandes volúmenes de residuos sólidos y líquidos que se generan en los sistemas de producción y que llegan a ser una amenaza importante por el impacto al medio ambiente.

Como señala Chávez et al. (2013), de manera general, los residuos sólidos y líquidos no reciben ningún tratamiento durante su acumulación en las UBPLPE. De manera puntual, las excretas son vertidas a los cultivos como abono orgánico, aunque el nulo tratamiento previo ocasiona que sus bondades no sean aprovechadas, y en ocasiones, resultan perjudiciales para los cultivos.

Consideraciones finales

La producción de leche de pequeña escala en Maravatío, se debe analizar desde un enfoque más integral, no solo desde la perspectiva técnica y económica, ya que resulta ser una actividad que cumple distintas funciones para los ganaderos y sus familias.

Estas UBPLPE están conformadas por distintos subsistemas o componentes que interactúan entre sí para dinamizarla. Su análisis requiere un enfoque sistémico profundo donde no se fracturen sus partes sino se analice como un todo.

Entre sus componentes se encuentran la familia como eje rector. Así mismo, los subsistemas ganadero, agrícola y forestal. La familia provee mano de obra a los distintos subsistemas, y como retribución recibe insumos para la producción e insumos alimenticios para su familia. Entre los subsistemas pecuario, agrícola y forestal se dan relaciones de intercambio, por un lado, aportan materia prima para la producción y por otro, reciben nutrientes para mantenerse.

Los flujos de entrada y salida del sistema tienen que ver con el dinamismo propio del sistema, lo que lo hace permanecer en el contexto local. Este dinamismo es consecuencia de las decisiones que toma el productor para su UBPLPE. Por el lado de las salidas hay expulsión de mano de obra familiar vía migración hacia Estados Unidos principalmente, además de oferta de mano de obra

familiar al mercado local y regional. Dentro de las entradas se tienen los insumos para la producción y las innovaciones tecnológicas que se utilizan para los procesos productivos.

Analizar a las UBPLPE desde un enfoque de sistemas permite comprender los elementos que la conforman y sobre todo las interacciones que se llevan a cabo entre sus subsistemas. Este análisis servirá de preámbulo para analizar con detalle en los siguientes capítulos las distintas formas en que se lleva a cabo la producción bovina lechera y las estrategias que adoptan cada una para ser sustentables dentro de un contexto socioambiental específico.

Literatura citada

- Apollin, F. y Eberhart, C. (1999). Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. Guía metodológica. Ecuador: Quito, 237.
- Bertalanffy L. Von. (1973). General Systems Theory. Foundations, Development, Application. Revised edition. George Braziller, Nueva York, 295 pp.
- Cavalloti V. B. y Palacio M. V. (2004). La ganadería: Experiencias y reflexiones. México. 1ª edición. Editorial UACH. Págs. 46-49.
- Chávez Pérez, L.M.; Espinosa Ortiz, V.E.; Jiménez Jiménez, R.A.; Rendón Rendón, M.C. (2019). Diversificación de ingresos e integración laboral familiar: Estrategias para la sustentabilidad de productores lecheros en Maravatío, Michoacán. Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales (RLEEI), 3, 10-20.
- CEDRSSA, (2019). Situación de la ganadería lechera en el sureste de México. Palacio Legistaltivo de San Lázaro, Ciudad de México, 2019.
- Cruz T. J. A. (2006). Características socioeconómicas de los productores lecheros en el sistema familiar entre productores GGAVATT y no GGAVATT, en la comunidad de Dolores, municipio de Maravatío, Michoacán. Tesis de licenciatura. FMVZ.
- Dent J. B., Blackie M. (1979). Systems simulation in Agriculture. L.T.D. London. Applied Science Publisher, 180 pp.
- Espinoza O. A. (2004). Reestructuración de la lechería en la región noroeste del Estado de México en el marco del proceso de globalización. Tesis de doctorado. FMVZ-UNAM.
- Flores M. P. (2006). Diagnóstico integral de la producción y comercialización de leche cruda entre productores GGAVTT y productores no GGAVATT en la comunidad de Dolores del municipio de Maravatío, Michoacán. Tesis de maestría. FMVZ-UNAM.
- Galán-Caballero, M., Escalona-Maurice, M. J., Vivar-Miranda, R., Espinosa-Hernández, V., Jiménez-Moreno, M. J. (2017). Pluriempleo/pluriactividad: factor y consecuencia del

- cambio de ocupación del suelo en San Bernardino, Texcoco, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(1), 153-169.
- García L. M. (2009). Viabilidad económica de la utilización de tanque enfriador de energía fotovoltaica en la lechería familiar. Tesis de Licenciatura. FMVZ-UNAM.
 - Gutiérrez M. G. (2019). Diagnóstico socioeconómico y técnico-productivo en unidades bovinas productoras de leche en Santa Elena, Maravatío, Michoacán, México. Informe de Servicio Social en Área Rural. FMVZ-UNAM.
 - Le Moigne J.L. (1977). *La théorie du système générale. Théorie de la modélisation*. PUF. Paris, 258 pp.
 - Martínez-Domínguez, M., De Souza, M. D., Mora-Rivera, J. (2018). Cambios en el empleo e ingreso de los hogares rurales de México, 2002-2007. *Región y Sociedad*, 30(71), 1-29.
 - Mora R., J. J., Cerón M. (2015). Diversificación de ingresos en el sector rural y su impacto en la eficiencia: evidencia para México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 12(76), 57-81.
 - Navas, A. y Londoño, C. E. (2010). Estrategias de manejo ganaderas para mitigar el impacto de los efectos climáticos. Bogotá: Asociación Nacional de Productores de Leche (Analac), SENA y Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).
 - Navarro D, Humberto (2001). El enfoque de sistemas en el desarrollo de predios lecheros. Osorno: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue, Serie Actas No. 13.
 - Navas Panadero, A., & Velásquez Mosquera, J. C. (2014). *Enfoque sistémico en el análisis de sistemas de producción agropecuaria. Una mirada más allá de lo disciplinar*. Ediciones Unisalle.
 - Oregui, L. M., & Ruiz, R. (2001). El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal. *Investigación agraria. Producción y sanidad animales*, 16(1), 29-63.
 - Osorio-García, N., López-Sánchez, H., Ramírez-Valverde, B., Gil-Muñoz, A., Gutiérrez-Rangel, N. (2015). Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova Scientia*, 7(14), 577-600.
 - Rello, F., Saavedra, F. (2013). Diversificación productiva y transformación estructural en México: estudios de caso de tres regiones. *Investigación Económica*, 72(284), 111-129.
 - Schneider, S. (2009). La pluriactividad en el medio rural brasileño: características y perspectivas para la investigación. En FLACSO (Ed.), *La pluriactividad en el campo latinoamericano* (pp. 207-242). Quito, Ecuador: FLACSO-Ecuador.
 - Robledo Padilla, Ramón (2018). Producción de leche en México y su comercio de lácteos con países del APEC. In: *Teoría, impactos externos y políticas públicas para el desarrollo regional*. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-02-9998-8, AMECIDER: 978-607-96649-5-4.
 - Saravia A. (1993). *Un enfoque de sistemas para el Desarrollo Agrícola*. M. A. Sagone y Escoto/Edit. centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (CIDIA), San José, Costa Rica.
 - Serrano P. J. D., Gómez C. E., Romero B. J. O., Guerra F. y Aguilar B. L. (2007). Caracterización de la producción lechera de traspatio en la comunidad de Santa Rosa, municipio de Tecamachalco, Puebla. En: *Alternativas para el desarrollo sustentable de la ganadería*. 1ª edición. UACH, México. Págs. 183-185pp.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2010). Capítulo II. Producción Nacional. Consultado en agosto 2009. En: <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/pecuarios/lechebovino/situacion/descripcion.pdf>
- Torres, M. A., Triana, J. F., Calvache, I., Vela, J. y Navas, A. (2010). Gerencia sistémica agropecuaria: gestión de la producción. Parte II. *Revista Ciencia Animal*, 3, 81-96.
- Vela, J. y Navas, A. (2009). *Gestión administrativa en ganaderías de leche*. Bogotá: Asociación Nacional de Productores de Leche (Analac), SENA y Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).
- Vela, J., Navas, A., Torres, M. A., Triana, J. F. y Calvache, I. (2010). Gerencia sistémica agropecuaria: indicadores de gestión. Parte I. *Revista Ciencia Animal*, 3, 97-105.

Resultados

Capítulo 3: Does small-scale livestock production use a high technological level to survive? Evidence from dairy production in northeast-ern Michoacán, Mexico

¿Utiliza la producción ganadera a pequeña escala un alto nivel tecnológico para sobrevivir?

Evidencia de la producción de lácteos en el noreste de Michoacán, México

Luis Manuel Chávez-Pérez 1,2,*, Ramón Soriano-Robles 3, Valentín Efrén Espinosa-Ortiz 2, Mauricio Miguel-Estrada 2, María Camila Rendón-Rendón 4 and Randy Alexis Jiménez-Jiménez 2, *

1. Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco,

Calzada del Hueso 1100, Ciudad de México 04960, Mexico

2. Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad de México 04510, Mexico; veoe1@hotmail.com (V.E.E.-O.); mauriciome@fmvz.unam.mx (M.M.-E.)

3. Laboratorio de Recursos Socioambientales y Sustentabilidad, Departamento de Biología de la Reproducción, Área de Investigación en Reproducción Animal Asistida, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Ciudad de México 09340, Mexico; ramon@xanum.uam.mx

4. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca 50295, Mexico; mcrendon@gmail.com

* Correspondence: luischavez@fmvz.unam.mx (L.M.C.-P.); randy-alexis@fmvz.unam.mx (R.A.J.-J.)

**Artículo publicado en la revista *Animals* 2021, 11, 2546.
<https://doi.org/10.3390/ani11092546>**

Factor de impacto 2.752 (Journal Citation Reports®. Science Edition).

Does Small-Scale Livestock Production Use a High Technological Level to Survive? Evidence from Dairy Production in Northeast-ern Michoacán, Mexico

Luis Manuel Chávez-Pérez ^{1,3,*}, Ramón Soriano-Robles ², Valentín Efrén Espinosa-Ortiz ³,
Mauricio Miguel-Estrada ³, María Camila Rendón-Rendón ⁴ and Randy Alexis Jiménez-Jiménez ^{3,*}

Citation: Chávez-Pérez, L.M.; Soriano-Robles, R.; Espinosa-Ortiz, V.E.; Miguel-Estrada, M.; Rendón-Rendón, M.C.; Jiménez-Jiménez, R.A. Does Small-Scale Livestock Production Use a High Technological Level to Survive? Evidence from Dairy Production in Northeast-ern Michoacán, Mexico. *Animals* **2021**, *11*, 2546. <https://doi.org/10.3390/ani11092546>

Academic Editor(s): D. Phillip Sporenberg

Received: 22 June 2021

Accepted: 27 August 2021

Published: 30 August 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

¹ Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Ciudad de México 04960, Mexico

² Departamento de Biología de la Reproducción, Área de Investigación en Reproducción Animal Asistida, Laboratorio de Recursos Socioambientales y Sustentabilidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Ciudad de México 09340, Mexico; ramon@xanum.uam.mx

³ Departamento de Economía, Administración y Desarrollo Rural, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad de México 04510, Mexico; veoe1@hotmail.com (V.E.E.-O.); mauriciome@fmvz.unam.mx (M.M.-E.)

⁴ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca 50295, Mexico; mcrendon@gmail.com

* Correspondence: luischavez@fmvz.unam.mx (L.M.C.-P.); randy-alexis@fmvz.unam.mx (R.A.J.-J.)

Simple Summary: Small-scale dairy production is a relevant activity in rural areas, as it generates daily income and contributes to food security. In Mexico, from the 1980s, economic policies were promoted that led to the modernisation and concentration of milk production, which caused many small-scale production units to disappear and reduce their contribution to the national supply. Some researchers report that the production units that survived were those that specialised and incorporated a high level of technology. The objective of this work was to identify the technological level and socioeconomic conditions of dairy production units in the northeastern region of Michoacán, Mexico, in order to know the strategies that have allowed them to survive. Through statistical analysis, four groups of farms with different levels of technology were identified. The clusters that predominate in this region use a low level of technology and have low productivity, finding their strengths in the diversification of activities they carry out and the use of family labour. Public policies should be directed, for each cluster, in a differentiated manner, prioritising the strengthening of the aspects that have kept them going in the present, rather than the incorporation of a high technological level in their production units.

Abstract: The objective of this study was to identify the technological level used by dairy farmers in the northeastern region of Michoacán, Mexico, through a characterisation of small-scale dairy production units, as well as to learn about the

socioeconomic conditions that have enabled them to survive in the current context. A semi-structured interview was applied to 114 production units, chosen by stratified random sampling. The interview included technological, production and socioeconomic aspects. Twenty-eight variables were initially explored and 12 were used for multivariate analysis, which included Principal Component Analysis, Hierarchical Cluster Analysis and K-means Cluster. The characterisation carried out showed that the production units that predominate in northeastern Michoacán have survived with a low technological level, having as strengths the diversification of their activities and the use of family labour. On the contrary, production units with a high technological level and high productivity are few and less diversified. This shows the need to generate differentiated public policies for each cluster, aimed at strengthening the aspects that have allowed them to survive and guaranteeing a market for their production, before promoting the use of technologies.

Keywords: multivariate analysis; Holstein model; small-scale dairy systems; family labour

1. Introduction

Dairy production provides the main income for many farmers worldwide [1], in addition to contributing to the livelihoods, food security and nutrition of approximately 150 million households [2]. In developing countries, it is estimated that more than 80% of dairy production is carried out in Small-Scale Dairy Production Units (SSDPU) [2]. In Mexico, these represent 78%, equivalent to 142,167 SSDPU [3]. Several authors mention that these SSDPU generate a constant economic income for producers [4], improve people's diets [5,6], use family resources such as labour, land, water and capital [7], adapt to diverse physical spaces and environments [8], generate employment in rural areas and add value to forage and agricultural by-products [9].

However, the contribution of SSDPU to the national milk supply has been reduced since the 1980s, with the promotion of economic policies aimed at subsidising consumption, price control and imports of milk powder at low prices [10]. Since those years, intensive systems have increased their share of the national supply from 24% (1617.84 million litres of milk) to 51% (5462.93 million litres of milk), while SSDPU reduced their contribution from 21% (1415.61 million litres) to 9% (964.05 million litres) [11,12]. This decrease in the contribution of the SSDPU was mainly due to the fact that the intensive systems increased their production and productivity and thus its contribution to the national supply. Likewise, it was due to the decrease in the number of SSDPU in some regions of the country—for instance, from 1994 to 2004, between 25% and 41% of the producers in the highlands of Jalisco, abandoned the activity [13], or as in Chipilo, Puebla, where 33% also abandoned the milk production [14]—for the few technological changes that they incorporated [14], this resulted in low increases in productivity and a decrease in their contribution to supply national milk. Because of this, a trend towards the

modernisation, concentration and centralisation of dairy production in the country has been observed [12,14,15].

This trend has not been exclusive to Mexico. This is very noticeable in developed countries in Europe, Oceania and in the United States [16]; for example, in Sweden, the dairy industry reduced the number of farms by 40% between 2001 and 2007, increasing the production and competitiveness of the remaining farms [17]. Meanwhile, in Wisconsin, USA, in order to survive, small family farmers found it necessary to make investments to modernise their dairy facilities [18]. In developing countries, the information is not extensive but these trends are also observed; the dairy industry in Zimbabwe was dominated by large-scale production, which contributes 98% of the national supply, while small-scale dairy systems contribute 2% [19]. In Argentina, from 1988 to 2010, small-scale dairy production units in the provinces of Buenos Aires were reduced by 80% [20]. This tells us that this trend has occurred in developing countries of different geographical areas.

Cervantes and Álvarez [21] and Camacho-Vera et al. [15] mentioned that the most profitable and competitive SSDPU that have made significant progress in recent decades were those that specialised and implemented a high technological level, that is, incorporated technological innovations and adopted technical principles of the Holstein model, such as Holstein cows, artificial insemination, use of a cooling tank, mechanised milking, use of a tractor and computer control of production processes. It also includes use of improved forages, especially alfalfa and grain-based concentrates, which implied establishing forage crops with irrigation systems, high use of agrochemicals and forage conservation techniques such as silage. Brunett et al. [22] pointed out that SSDPU that incorporate technological innovations are more sustainable than conventional ones; likewise, Espinoza et al. [23] found that producers in the specialised group would be below the poverty line if they depended solely on income from dairy farming. According to this frame of reference, it is hypothesised that the SSDPU found in northeastern Michoacán are the ones with a higher level of technology into their production logic.

The incorporation of technological innovations has been evident in tropical zones and in northern Mexico [15,24]. However, in some regions of the highlands such as Michoacán, as well as in other regions, it seems that specialisation and the adoption of the Holstein model has not been much included as a strategy for SSDPU to survive. It has even been reported that the technological level may not influence the increase in production [25], which leads to the question of whether it is true that in some regions of Mexico, small livestock producers are using a high technological level to survive. To answer this question, the aim of this study is to characterise the SSDPU in the northeastern region of Michoacán, Mexico, to identify the technological level used by producers, in addition to knowing their current socioeconomic status and thus contribute to the knowledge and understanding of this predominant system, providing elements that can help in the planning of public policies oriented to milk production.

2. Materials and Methods

2.1. Study Area

The research was carried out in the municipality of Maravatío, located in the northeastern region of the state of Michoacán, Mexico (Figure 1), which represents 1.18% of the surface area of the state, and is composed of 136 localities. Its climate is temperate sub-humid with rainfall in summer, average humidity (72.70%) and the temperature range is from 8 to 20 °C. The altitude is between 2000 and 3500 m above sea level and annual rainfall ranges from 700 to 2000 mm [26].

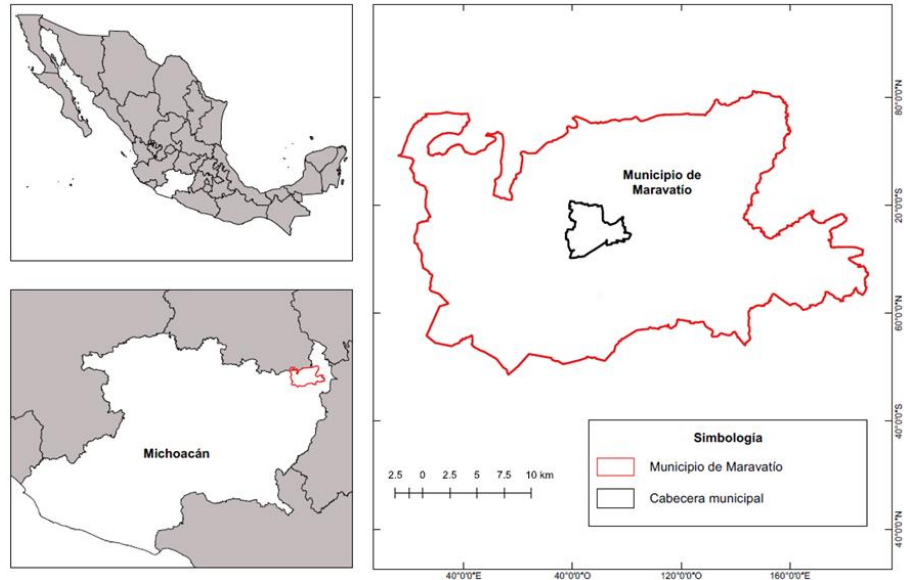


Figure 1. Geographic location of Maravatío, Michoacán, Mexico [27].

The importance of this municipality lies in its historical agricultural and livestock tradition, which dates to the eighteenth century [12], highlighting the importance of dairy production as an economic activity in the municipality. Currently, 80% of milk production is carried out in SSDPU, and by 2019, Maravatío contributed 2% of the state's milk supply, which is equivalent to 5,083,624 L [26,28].

2.2. Sample Number

The study was performed in the period 2016–2017. To characterise the SSDPU, a typology was carried out using multivariate analysis, which is a tool to understand the diversity of agricultural systems [29].

According to the information provided by the Agricultural Statistical Yearbook 2015 and the Local Livestock Association of Maravatío, Michoacán (Asociación Ganadera Local de Maravatío), a total of 650 farms were identified, which include dairy-producing, meat-producing and dual-purpose farms. A separation was carried out, selecting only dairy farms. This refining of the database showed that there were 465 SSDPUs in the Maravatío municipality. Starting from the total population (465 SSDPU), the formula for finite populations [30] was applied, with which the sample size was obtained:

$$n = \frac{z^2 (p) \times (q) \times (N)}{(N - 1) \times e^2 + z^2 \times (p) \times (q)}$$

where n is the sample size; N is the size of the population or universe; Z is the confidence level; e is the error; p is the probability that the sample is representative; q is the probability that the sample is not representative. Considering the total population ($N = 465$), a confidence level of 95%, a standard error of 8% and a probability that the sample represents 50%, the estimated sample size n was 114 surveys, which represented 24.52% of the total production unit's population.

Once the sample number was obtained (114 SSDPU), a stratified random sampling with proportional allocation was performed, having as a stratification factor the number of dairy cattle per herd, which provided the probability of choosing farms with different herd sizes [31]. Table 1 describes in detail the stratified random sampling, where the strata, the range of animals for each stratum, the number of SSDPU that contains that range of animals and the sample for each stratum are shown.

Table 1. Stratification of the SSDPU belonging to the municipality of Maravatío, Michoacán.

Stratum	Ranks of Animals	Number of SSDPU	Sample
1	1–8	67	16
2	9–16	181	45
3	17–24	122	29
4	25–32	65	16
5	33–39	30	8
	TOTAL	465	114

Semi-structured interviews were conducted with dairy farmers, who showed willingness and allowed access to their SSDPU. The interviews included 28 variables, grouped into four sections: (a) technological level: mechanised milking, artificial insemination, training, feeding with concentrate and alfalfa, tractor use, fertilisation with agrochemicals, stabling, access to government programs; (b) socioeconomic aspects of the producer: age, level of schooling, gender (male), experience, family members, main source of income, family labour (FL), hired labour, organisation among producers (OAP), number of marketing channels, multiple activities (diversification with other agricultural and non-agricultural economic activities); (c) production aspects: total inventory of bovines per herd, inventory of cows in production, average production per cow in line (APCL); and (d) variables related to resources: public water network, own land, organic fertiliser, rainfed hectares, irrigated hectares, and drainage. The variables to be included in the interviews were chosen based on relevant factors for characterising livestock production units [32,33].

2.3. Statistical Analysis

The SPSS statistical package (version 20) [34] was used to analyse the information. The Shapiro–Wilk test was performed to verify normality and homoscedasticity of variances for quantitative variables and Kruskal–Wallis for qualitative variables (assumptions of normality).

The variables were standardized to obtain the correlation matrix. Once the correlation was performed, those variables that were highly correlated (28 variables) were maintained. The suitability of the sampling was tested using the Kaiser–Meyer–Olkin test, which indicates whether principal component analysis is an appropriate method [35]. In addition, Bartlett’s sphericity test was performed, which confirms that the variables are correlated. A matrix of rotated components was developed using Varimax with the Kaiser Normalization method to describe the principal components [36]. Therefore, of the 28 variables used by PCA technique whose eigenvalues greater than one, 12 variables were selected and used for the HCA and Cluster of K-means.

The optimal number of clusters was identified by cluster analysis using Ward’s hierarchical method. The dendrogram indicated the most appropriate number of clusters, according to the experience of the researchers. Once the number of clusters was identified, the non-hierarchical K-means method was used to corroborate the clusters identified by the hierarchical method [37].

Clusters were characterized by having homogeneity with their groups and heterogeneity between groups. For continuous variables, differences between groups were estimated using a one-way ANOVA analysis and compared using Tukey’s test for pairwise comparisons [38]. For categorical variables, the differences between groups were estimated using the Chi-square test [31].

3. Results

3.1. Principal Component Analysis

In the Kaiser–Meyer–Olkin test, a value of 0.659 was obtained, indicating that the PCA turned out to be an appropriate model [35,39,40]. Bartlett’s sphericity test and the Chi-squared test were significant ($p < 0.001$), confirming the applicability of the PCA [41], resulting in an adequate method of variable reduction that allows choosing those variables that explain an acceptable proportion of the total variance. Table 2 shows the total variance of the four PCs identified, which is equivalent to 69.83% of the variability. These PCs were used for the HCA and Cluster of K-means.

Table 2. Total variance explained of the variables analysed.

Total Variance Explained									
Eigenvalues				Sums of Squared Saturations of Extraction			Sum of Squared Saturations of Rotation		
PC	Total	Variance (%)	Cumulative (%)	Total	Variance (%)	Cumulative (%)	Total	Variance (%)	Cumulative (%)
1	4.00	33.35	33.35	4.00	33.35	33.35	3.60	29.97	29.97
2	1.72	14.30	47.65	1.72	14.30	47.65	1.76	14.66	44.62
3	1.44	11.98	59.64	1.44	11.98	59.64	1.67	13.96	58.58
4	1.22	10.19	69.83	1.22	10.19	69.83	1.35	11.25	69.83

A rotated component matrix was used to obtain a correlation of each variable close to 1 with only one of the factors and close to zero with all the others. This generated an identification of four PCs (Table 3).

Table 3. Matrix of rotated components of the SSDPU ^a.

Variable	Component			
	1	2	3	4
Average production per cow in line	0.93	-0.026	-0.156	-0.067
Inventory of cows in production	0.862	0.138	-0.098	0.015
Total inventory of bovines per herd	0.85	0.001	0.227	0.034
Irrigated hectares	0.726	0.197	-0.288	-0.131
Rainfed hectares	0.643	0.302	-0.135	-0.143
Age of the farmer	0.217	0.802	-0.115	0.097
Experience	0.076	0.712	-0.256	0.026
Level of schooling	0.027	-0.605	-0.585	0.149
Family members	-0.091	-0.254	0.752	0.071
Stabling	-0.088	-0.087	0.709	0.005
Family labour	0.049	-0.021	0.02	0.924
Hired labour	0.504	-0.143	-0.006	-0.645

Extraction method: Principal Component Analysis. Rotation method: Varimax normalisation with Kaiser. ^a The rotation has converged in 5 iterations.

3.2. Conformation of Factors or Principal Components

PC 1 (33.35%) gave priority to variables related to milk production per cow/day, cattle inventory and hectares used for growing fodder crops. PC 2 (14.30%) corresponds to variables related to the producer, such as age, years in the activity and level of schooling. PC 3 (11.98%) represents family members and livestock indoors. PC 4 (10.19%) corresponds to family and hired labour.

3.3. Hierarchical Cluster Analysis

In order to classify the SSDPU by means of an HCA and K-means cluster, the variables of the four PCs were used. In this way, four groups of SSDPU were formed. Tables 4–6 show the percentages for categorical variables, mean and standard deviation (SD) for continuous variables.

Table 4. Percentage of implementation of variables related to the use of technological innovations.

Variable	Cluster 1 (<i>n</i> = 6)	Cluster 2 (<i>n</i> = 20)	Cluster 3 (<i>n</i> = 66)	Cluster 4 (<i>n</i> = 22)
Mechanised milking, %	83.33 ^c	50.00 ^b	13.63 ^a	18.18 ^a
Artificial insemination, %	100.00 ^c	85.00 ^b	43.94 ^a	45.45 ^a
Training, %	83.33 ^c	60.00 ^b	25.76 ^a	59.10 ^b
Feeding with concentrate and alfalfa, %	83.33 ^c	40.00 ^b	9.09 ^a	9.09 ^a
Tractor use, %	100.00 ^c	85.00 ^b	72.73 ^a	63.64 ^a
Fertilisation with agrochemicals, %	83.33 ^b	80.00 ^b	71.21 ^a	95.45 ^c
Stabling, %	83.33 ^c	50.00 ^b	27.27 ^a	63.64 ^b
Access to government programs, %	50.00 ^c	15.00 ^a	27.27 ^b	4.54 ^a

^{abc} Different letters in the same row mean statistically significant differences ($p < 0.05$). % = Percentage.

Table 5. Percentage and comparison of means of socioeconomic variables.

Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
	(<i>n</i> = 6)	(<i>n</i> = 20)	(<i>n</i> = 66)	(<i>n</i> = 22)
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Age, <i>n</i>	54 ± 9.40 ^b	48.8 ± 9.40 ^a	43.59 ± 8.40 ^a	61.31 ± 9.50 ^c
Level of schooling				
No schooling, %	0.00 ^a	10.00 ^b	4.54 ^a	18.18 ^c
Primary %	33.33 ^a	65.00 ^c	50.00 ^b	50.00 ^b
Secondary, %	16.67 ^b	5.00 ^a	24.24 ^c	9.09 ^a
High school, %	50.00 ^b	20.00 ^a	21.21 ^a	22.72 ^a
Gender (male), %	83.33 ^a	100.00 ^b	87.87 ^a	90.90 ^a
Experience, years	19.83 ± 14.79 ^a	13.0 ± 7.07 ^a	27.74 ± 2.91 ^b	33.27 ± 9.04 ^b
Family members, <i>n</i>	3.83 ± 0.40 ^a	4.4 ± 1.90 ^a	5.10 ± 1.50 ^b	3.95 ± 1.64 ^a
Main source in income, %	100 ^b	100 ^b	72.27 ^a	86.36 ^a
Hired labour, <i>n</i>	2.33 ± 0.52 ^b	0.20 ± 0.52 ^a	0.24 ± 0.43 ^a	0.27 ± 0.55 ^a
Family labour, <i>n</i>	0.67 ± 0.82 ^a	1.55 ± 0.76 ^b	1.27 ± 0.76 ^b	1.18 ± 0.80 ^b
Organisation among producers, %	50 ^c	30 ^b	13.64 ^a	40.91 ^b
Number of marketing channels, <i>n</i>	2.33 ± 1.03 ^b	1.75 ± 0.55 ^a	1.55 ± 0.56 ^a	1.73 ± 0.83 ^a

^{abc} Different letters in the same row mean statistically significant differences ($p < 0.05$); *n*, number. *n* = number, % = percentage.

Table 6. Percentage and comparison of means of variables related to productivity, land tenure and crop management.

Variable	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
	(<i>n</i> = 6)	(<i>n</i> = 20)	(<i>n</i> = 66)	(<i>n</i> = 22)
	Media ± SD	Media ± SD	Media ± SD	Media ± SD
Total inventory of bovines per herd, <i>n</i>	33.16 ± 4.30 ^c	21.95 ± 6.25 ^b	13.03 ± 5.52 ^a	13.45 ± 11.48 ^a
Inventory of cows in production, <i>n</i>	14.83 ± 2.56 ^b	10.0 ± 2.69 ^b	4.33 ± 1.99 ^a	6.36 ± 2.89 ^a
APCL, L	23.06 ± 2.30 ^c	17.35 ± 3.64 ^b	13.99 ± 4.67 ^a	12.23 ± 5.21 ^a
Diversification, % *	48.97 ^a	64.64 ^b	90.45 ^c	87.26 ^c
Drainage, %	100.0 ^b	85 ^a	84.85 ^a	95.45 ^b
Rainfed hectares, <i>n</i>	6.50 ± 1.38 ^b	3.25 ± 2.05 ^a	2.41 ± 1.29 ^a	3.55 ± 2.46 ^a
Irrigated hectares, <i>n</i>	9.17 ± 0.98 ^b	4.23 ± 1.85 ^a	2.30 ± 1.71 ^a	3.73 ± 2.25 ^a
Organic fertiliser, %	100.00 ^b	100.00 ^b	100.00 ^b	77.27 ^a
Own land, %	100.00 ^c	90.00 ^b	78.79 ^b	63.64 ^a
Public water network, %	83.33 ^b	55.00 ^a	77.27 ^b	100.00 ^c

^{abc} Different letters in the same row mean statistically significant differences ($p < 0.05$); *n*, number; L, litres. * Diversification: percentage of economic activities carried out by producers, taking as 100% the five activities (agriculture, livestock, trade, services sector and salaried work), each activity represents 20%. *n* = number, % = percentage, L = litres.

A summary of each cluster is described below:

Cluster 1 is composed of six SSDPU (5.26%). This cluster contains SSDPU with a high level of productivity (Table 6), having an average production per cow per day of 20.47 L. This cluster includes the largest SSDPU, in terms of herd size, as well as irrigated and rainfed arable land area. This is the cluster with the highest technological level, focused on productive aspects and forage and crop production, mainly alfalfa, corn and oats. Among the technological innovations, they use mechanized milking, tractor, fertilization with agrochemicals, artificial insemination, training and access to government programs (Table 4). Milking is carried out twice a day and the predominant dairy breed phenotypes, in order, are Holstein, Jersey and Montbéliarde. The animals are housed separately in pens according to their physiological stage. Food supplementation is carried out in the pen. While 50% of these producers receive remittances, they are not used in the dairy activity. There is family labour, but in these SSDPU, more external labour is hired. Of the total production per day, 95.27% goes to commercialization and 4.73% goes to family consumption and feeding of lactating calves. This is the cluster with the most marketing channels (Table 5), among which are, in order of importance, sale of milk to the agro-industry, sale to the final consumer of milk and dairy derivatives that are processed and produced in the SSDPU

themselves and sale of milk to the intermediary. All of this marketing is carried out locally.

Cluster 2 is composed of 20 SSDPU (17.54%). Its productive level is lower than cluster 1, but higher than those of clusters 3 and 4 (Table 6), having an average production per cow per day of 17.35 ± 3.64 L. In this cluster, there are medium-sized farms in terms of herd size, as well as irrigated and rainfed arable land area (Table 6). The SSDPU have a high technological level, although lower than cluster 1. Among the technological innovations they use are artificial insemination, tractor and fertilization with agrochemicals (Table 4). Milking is carried out twice a day and the predominant dairy breed phenotypes are Holstein, Jersey and Brown Swiss. Some 50% of the herds keep animals in continuous housing, while the other 50% combine housing with grazing. Farmers who combine stabling and grazing supplement with concentrate in the pens. Producers in this cluster have less experience in the activity (Table 5). While 45% of the producers in this cluster receive remittances from abroad, in general, they are not used for dairy farming. They have two main local marketing channels, which are sales to an intermediaries and sales to final consumers, both of milk and dairy products processed within the SSDPU. Of the total production per day, 91.12% is for marketing, while 8.88% is for self-consumption and feeding of calves.

Cluster 3 is the largest, with 66 SSDPU (57.89%). It contains the SSDPU with a low level of productivity, with an average production per cow per day of 13.99 ± 4.67 L. Cluster 3 and cluster 4 include the smallest SSDPU in terms of herd size. This cluster has a lower technological level, especially in aspects related to feeding and access to government programs. The most common technological innovations used include the use of tractors and fertilization with agrochemicals (Table 4). Milking is carried out twice a day and the phenotypes of dairy breeds are mainly Holstein, and to a lesser extent Jersey. Some 27.27% of the SSDPU keep their animals in stables, and the rest combine stabling with grazing or keep them in continuous or seasonal grazing. Feeding may include pastures such as rye grass, as well as concentrates, stubble and agricultural residues. The average level of schooling is primary school, and together with clusters 2 and 4, they integrate more family labour into SSDPU activities (Table 5). The producers that make up this cluster, together with cluster 4, are those who diversify more into other economic activities (Table 6), such as agriculture or salaried work, and have greater experience in the dairy activity, compared to clusters 1 and 2 (Table 5). While 43.9% of the producers receive remittances from a relative who works abroad, mainly the United States of America, they indicated that most of the remittances are used to meet basic needs such as food, clothing and education. Some 86.64% of milk production goes to commercialization in the different local channels, mainly the sale of milk to intermediaries. In this cluster, 84.21% of the production is commercialized and 15.79% is destined for self-consumption and feeding of lactating calves.

Cluster 4 consists of 22 SSDPU (19.30%). It contains SSDPU with a low level of productivity, with an average production per cow per day of 12.23 ± 5.21 L. The SSDPU in this cluster have a low technological level. The technological innovations they use the most are fertilization with

agrochemicals, stabling, tractor use and training. Milking is generally carried out twice a day and the predominant phenotype of the animals is Holstein. It is the cluster with the highest use of agrochemical fertilization and the lowest use of organic fertilizers on its crops (Table 6). Some 63.64% of the SSDPU stable their animals and the others combine stabling with grazing or keep them in continuous or seasonal grazing. Feeding can include pastures such as rye grass, as well as concentrates, stubble and agricultural residues. The main marketing channels are sales to intermediaries and sales to the final consumer of both milk and dairy products produced within the SSDPU. Of the production, 86.64% is marketed and 13.36% is used for self-consumption and feeding of lactating calves.

4. Discussion

The present study shows that most of the SSDPU found in the municipality of Maravatío, Michoacán, are those that embrace a lower technological level in their production activity. This is reflected in the results obtained, where 77.19% of the SSDPU have a low technological level, while 22.80% have an intermediate to high technological level. Six farms that make up cluster 1 have a high technological level, but they are not representative farms of the average technological level available to the SSDPU of the studied region. This leads to rejecting the hypothesis proposed for this research, since the SSDPU found in the northeastern region of Michoacán are those with the lowest technological level.

Similar results have been described in other developing countries, since several authors who have worked with small-scale agricultural producers indicate that most of the production units have a low technological level or that the most technified SSDPU represent between 12% and 33% of the total analysed [19,42-45]. These authors focus their research on analysing the technological level of each identified cluster, but they do not put emphasis on describing the factors that determine the survival and prevalence of SSDPU with a low technological level, which highlights the importance of this study.

Although the SSDPU in clusters 1 and 2 (22.80%) have a high technological level and productivity, most of the SSDPU (clusters 3 and 4) have survived through other mechanisms, derived, to a large extent, from the peasant rationale. In this survival, self-consumption and the use of family labour are prioritised [46,47], and economic or accumulation aspects do not necessarily have to be foremost [48]. Due to this rationale, the economic dependence on an activity can be reduced, generating a diversity of food and resources for the support and development of SSDPU [49], in addition to which they are less susceptible to variations in the prices of milk, inputs and raw materials [50].

The economic and production activity of this type of unit is organised around the use of family labour [51]. A close relationship was observed between the less technified SSDPU and the family, with a higher percentage of FL use in clusters 3 and 4 (1.27 ± 0.76 and 1.18 ± 0.8 , respectively) in relation to cluster 1 (0.67 ± 0.82) (Table 5). The family labour provides these units with greater resilience in the face of diverse socioeconomic situations, since the use

of family labour generally represents a low or null opportunity cost, due to not receiving a fixed salary [52,53].

Another strength of SSDPU with a low technological level is the diversification of activities inside and outside the SSDPU. This characteristic allows them to diversify the families' livelihood and increase their income, helping to reduce their dependence on a single activity and on factors not controlled by producers [54] and increasing their resilience [48], in addition to the generation of food diversity and resources for the support and development of the SSDPU [49].

In this case, it was found that clusters 3 and 4 do not depend exclusively on the sale of milk and survive to a large extent due to the diversification of other agricultural and non-agricultural activities and income (raising other animal species, trade, salaried work, or services), making them less dependent on variations in the prices of milk, inputs and raw materials, in addition to distributing their time in other activities [50]. However, the sale of milk continues to be essential, as it represents a secure and constant income [12], which provides capital when other income is not available.

In this way, with diversification, higher income is obtained, and this is a strategy to face uncertainty [55,56]. Additionally, as mentioned by Micha et al. [57], SSDPU producers with smaller herds and less degree of intensification in the activity have a greater possibility of dedicating time to other activities, given that dairy activity demands fewer working hours and therefore, makes a balance between their social life and work possible. Something similar happens with producers with smaller herds and a lower degree of intensification and productivity in Maravatío, because they soon end their activity since they tend to have few animals, which gives them guidelines to dedicate time to various economic activities such as agriculture. Although these results apply to the study area, they do not necessarily indicate that having higher technology cannot have flexibility in the activity, since as reported by Simões et al. [58] and Rodenburg [59], systems with high technology such as roboticized reduce the workforce in dairy farms of various sizes, making the milking process more efficient and offering a more flexible lifestyle for producers.

On the other hand, the implementation of technologies by producers depends on the relative costs between the adoption of such tools, the number of animals and the size of the SSDPU, since they could substitute these technologies with the use of family labour when the land size and production are small [53]. However, when production increases, FL will be not enough and producers will look for technological alternatives to face these changes [60,61]; in other words, the implementation of more technologies corresponds to a greater intensification of SSDPU [60], because it is more profitable [53,62] and the investment is justified [52,60].

The above is confirmed by the results of the study, where the clusters that least implemented technologies (clusters 3 and 4), have lower numbers of cattle (13.03 ± 5.52 and 13.45 ± 11.48 , respectively) with respect to clusters 1 and 2 (33.16 ± 4.3 and 21.95 ± 6.25 , respectively) (Table 6) and, as mentioned

above, family labour was also higher in clusters 3 and 4. Consequently, producers in these clusters, having lower production, may also employ higher FL for other agricultural or non-agricultural activities [53] inside or outside the SSDPU.

Some studies focused on the characterisation of animal production systems argue that, as SSDPU adopt a higher technological level, they have more possibilities of being competitive and thereby sustainable [15,22,42], and the higher the productivity of the SSDPU, the better they are able to face the costs and conditions imposed by the market [63]. In the present study, it was evident that the SSDPU that integrate more technological aspects and elements of the Holstein model are the ones with better productive yields, as was the case of cluster 1 (23.06 ± 2.30 APCL). However, this cluster represents only 5.26% of the sample interviewed, i.e., the characteristics of cluster 1 are not those that predominate in the SSDPU in the region, which could indicate that higher production and productivity do not guarantee that they will survive and be more sustainable.

It was observed that market conditions also have an influence on the permanence of the SSDPU, since the SSDPU in cluster 1 were also the ones that presented the greatest number of marketing channels (2.33 ± 1.03). This reflects the difficulty that producers have in marketing a larger volume of milk in the market, where, on average, two buyers are not enough to sell their daily production, cover their costs and remain in business. In contrast, the SSDPU in clusters 2, 3 and 4 require fewer than two channels to market their small volume of production, and although they may be subject to the price paid by the intermediary [7], they have greater security in marketing the total milk produced, reducing the risk of marketing only part of their production, since the purchase and sale of milk with the collectors or intermediaries is based on a relationship of trust and commitment [8,64].

Some authors point out that the OAP is a way to obtain better market conditions and acquire technologies to modernise their production. It is argued that joining efforts through cooperation facilitates negotiation with the dairy industry, which can ensure the purchase and sale of milk at an adequate price [65], since it is more attractive for large companies to collect and purchase a larger volume of milk that can be pooled among producers [12]. Thus, in relation to the OAP, it was found that, regardless of the level of technology and production, the SSDPU seek to organise themselves for the production and marketing of their products in order to survive, but the proportion found in the study was higher for cluster 1 (50%), as they indicated during the interviews that they organise themselves to have better conditions in the market, although this has not been achieved due to the number of marketing channels.

In the technology transfer programs that promote the Holstein model, emphasis is placed on the OAP to access technical advice, financing and government support to improve the production and infrastructure of the SSDPU. However, the technology transfer model implemented in Mexico does not contain innovations to improve marketing [66]. This stands out in the results for cluster 1; although it combines greater OAP, training,

technological incorporation, and production, these have not led them to a safe option in the marketing of their product. This is possibly an answer for most of the SSDPU in the study (cluster 2, 3 and 4), because as long as they do not have the right conditions in the market to offer more milk at a fair price, they will not look for ways to make their SSDPU more productive, and will therefore not incorporate technological innovations. Hence, they do not take risks in the uncertain circumstances prevailing in the market.

In this regard, the dairy industry can be a productive and technological catalyst for SSDPU, as well as a secure market for their production. However, this region has historically had zero influence from the large national and international dairy industries, as producers market their product mainly to the small cheese industry and to intermediaries who sell milk from house to house [8,12]. This non-existent articulation with large industries has meant that in this region of the country, the trend of centralisation and concentration of production is not evident, as in other regions [13,15,67], which has meant the expulsion and segregation of small producers from the activity [20]. As was observed from 1994 to 2004 among producers from the highlands of Jalisco, where between 25% and 41% left the activity [13], or as in Chipilo in Puebla, where 33% left the activity [14]; in both cases, it was due to the high dependence on inputs from abroad and due to high demands on the quality of milk. Some authors point out that the more producers are linked to industrial complexes, the greater the loss of autonomy; where the decisions of large companies predominate, the greater the dependence on foreign inputs and the pressure to adopt technologies that meet their requirements [20,68]. In this respect, being less linked to large industries, the SSDPU of the four clusters have been allowed to survive with a certain autonomy in their operations.

Furthermore, the results of the characterisation of the SSDPU in the region denote important features to highlight in relation to the productivity of the SSDPU. Although it has been reported that the technological level is related to the level of productivity, other authors mention that the technological level does not necessarily have a positive effect per se on productivity [52], and there are other socioeconomic variables such as the level of schooling, age and experience that influence productivity [25].

It has been argued that the level of schooling of the producer is a variable that is related to a greater possibility of integrating technological innovations and thus increasing yields in the SSDPU [25,69]. Cluster 1 was the cluster that made the most technological innovations; in this cluster, producers with high school level predominate (50%), while in clusters 2, 3 and 4, primary school level predominates (65%, 50% and 50%, respectively). It has been reported that those producers with higher schooling are more willing to make technological changes that could make their unit more productive [70,71], and it is not the case that schooling is itself directly associated with increased production since, according to Camacho-Vera et al. [25], the level of schooling is possibly an intermediary variable that influences other variables such as income, standard of living or investment capacity, which at the same time have an influence on performance. This is notable because cluster 2 has an intermediate to high level of technological incorporation in its SSDPU, with

an average schooling level of primary school education, which is commonly associated with low levels of technology. This suggests that a lower level of schooling does not always translate into lower incorporation of technology and productivity in the SSDPU [72].

Something similar happens with age, and some authors mention that there is a relationship between the age of the producer, the adoption of technological innovations and productivity [69]. They indicate that the younger the farmer, the greater the possibilities of integrating technological innovations in production. In this study, cluster 3, which presents a lower technological level, is composed of producers of a lower age (43.59 ± 8.4 years); in contrast, producers who implement more technological innovations (cluster 1), are on average 54 ± 9.4 years old. This has also been observed in another region of Mexico, where the youngest producers (40 years old on average) are those with a low technological level [49].

Some authors indicate that the age of the producer correlates positively with experience, i.e., the older the producer, the more experience in the dairy activity. For example, Vilaboa y Díaz [73] mentioned that older and more experienced producers have deep-rooted knowledge and could be more reluctant to introduce technological change. This is exemplified by cluster 4, which comprises producers with greater age and experience in the activity (age = 61.31 ± 9.5 years, experience = 33.27 ± 9.04 years) but a lower technological level and productivity. However, although the producers of cluster 3 have a similar technological level, productivity and experience in the activity (27.74 ± 2.91), they are the youngest (43.59 ± 8.4 years). This may indicate that, more than age, it is the years of experience that influence technological change, along with other variables.

Thus, the producers who may be more receptive to the incorporation of the Holstein model are those that make up cluster 1, who have less experience in the activity, but have more studies and the largest herds. As mentioned by Camacho et al. [15] and Cervantes and Álvarez [21], as the SSDPU specializes, it tends to concentrate more cattle. This is reflected in the values obtained for the variable Total Bovine Inventory per Herd (33.16 ± 4.30) (Table 5); therefore, they depend to a greater extent on milk production and the need to incorporate technological elements of the Holstein model to increase their productivity and be able to remain in the market.

Therefore, in this region, milk production is an important economic activity, rooted in cultural practices that have been transmitted over the years. The producers who dedicate themselves to this activity, according to the socioeconomic temporality in which they live, are acquiring experience that has been passed down through the years that is reflected in daily practices and in the incorporation or not of technological innovations in order to survive, preferring those that have given them results for years. In this way, they seek to minimise risks rather than maximise profits [51], a principle that shows the peasant rationality of most of the SSDPU in Maravatío. Therefore, the fact that producers have higher production and productivity does not guarantee that they will survive and be more sustainable.

Finally, this study covered one year of research, yet small-scale production systems are characterised by strong annual variations in the availability of inputs, prices and climatic conditions [74]. Therefore, further work should cover longer periods to determine other effects of these variations and to see if there are other variables that explain the survival of these SSDPU. In addition, sociocultural aspects such as beliefs and social references were not included, so future characterisations should include these aspects, which could provide answers to decisions made by producers in relation to the incorporation of technological innovations [75]. Moreover, the interviews were conducted with the producers, who indicated their vision, but this does not necessarily reflect the perspectives and realities of the other members of the household [76]. Future work should include the points of view or perceptions of the other members of the family in relation to the dairy activity, especially because this region of Michoacán is a high source of migrant labour, which may influence the permanence or withdrawal from the activity.

5. Conclusions

The study identified four statistically different clusters of small-scale milk production units through multivariate analysis techniques in the municipality of Maravatío, Michoacán, where both socioeconomic variables and technical-productive variables were equally important in forming the clusters. Of the clusters identified, clusters 3 and 4 predominate, representing 77.19% of the total number of SSDPU studied and having a low technological level. Although clusters 1 and 2 have remained in operation through the incorporation of more technology and better production levels in their SSDPU, they represent only 22.80% of the SSDPU studied. This highlights that most of the small-scale dairy units in Maravatío do not require a high technological level to be functional and active, which is contrary to what was mentioned by authors who emphasize that technology is an important factor to survive [15,21-24]; this means that their continued activity derives to a large extent from the peasant rationality that transcends economic issues and prioritises survival and self-consumption using the strength of the family labour and diversification.

The clusters identified can help different decision-makers to design public policies and differentiated development strategies, according to the needs and resources of each group of producers, prioritising those that are less technified. In addition, these policies and strategies should be discriminated according to the technical-productive and socioeconomic characteristics of each cluster, in order to strengthen the aspects that characterize them.

Author Contributions: Conceptualization, L.M.C.-P. and R.A.J.-J.; methodology, M.C.R.-R. and M.M.-E.; software, R.S.-R.; validation, V.E.E.-O., L.M.C.-P. and R.S.-R.; formal analysis, L.M.C.-P.; investigation, L.M.C.-P.; resources, V.E.E.-O., R.S.-R. and R.A.J.-J.; data curation, L.M.C.-P.; writing—original draft preparation, L.M.C.-P., R.A.J.-J., M.C.R.-R. and M.M.-E.; writing—review and editing, V.E.E.-O., L.M.C.-P. and R.S.-R.; visualization, R.A.J.-J. and M.C.R.-R.; supervision, R.A.J.-J., M.C.R.-R. and M.M.-E.; project administration, V.E.E.-O.; funding acquisition, V.E.E.-O. and R.S.-R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the Support Program for Research and Technological Innovation Projects (PAPIIT) grant number IN309317 and IN305620 of the National Autonomous University of México.

Institutional Review Board Statement: Not applicable

Acknowledgments: The authors would like to acknowledge the Doctorado en Ciencias Agropecuarias (UAM-X) and National Council on Science and Technology (CONACYT), for the doctoral scholarship granted to the first author. We also thank the dairy farmers who participated, providing their time and valuable information to make this research possible.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Arvidsson Segerkvist, K.; Hansson, H.; Sonesson, U.; Gunnarsson, S. Research on Environmental, Economic, and Social Sustainability in Dairy Farming: A Systematic Mapping of Current Literature. *Sustainability* **2020**, *12*, 5502, doi:10.3390/su12145502.
2. FAO Dairy Production and Products: Production. Available online: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/> (accessed on 12 May 2021).
3. Hemme, T.; IFCN Dairy Team; IFCN Researchers. *IFCN Dairy Report 2007*; IFCN Dairy Report; IFCN Dairy Research Center: Kiel, Germany, 2007.
4. FAO. Pro-Poor Livestock Policy Initiative. Status and Prospects for Smallholder Milk Production: A Global Perspective—World; Hemme, T., Otte, J., Eds.; IFCN, FAO: Rome, Italy, 2010; ISBN 978-92-5-106545-7.
5. Espinosa García, J.A.; Wiggins, S.; González Orozco, A.T.; Aguilar Barradas, U. Sustentabilidad económica a nivel de empresa: Aplicación a unidades familiares de producción de leche en México. *Técnica Pecu. En México* **2004**, *42*, 55–70.
6. Hoorweg, J.; Leegwater, P.; Veerman, W. Nutrition in Agricultural Development: Intensive Dairy Farming by Rural Smallholders. *Ecol. Food Nutr.* **2000**, *39*, 395–416, doi:10.1080/03670244.2000.9991627.
7. Jiménez Jiménez, R.A.; Alonso Pesado, F.; García Hernández, L.A.; Dávalos Flores, J.L.; Espinosa Ortiz, V.; Ducoing Watty, A. Persistence of Family Dairies in Maravatio, Michoacán. *Livest. Res. Rural. Dev.* **2008**, *20*.
8. Espinosa Ortiz, V.E.; Rivera Herrejón, G.; García Hernández, L.A. Los Canales y Márgenes de Comercialización de La Leche Cruda Producida En Sistema Familiar (Estudio de Caso). *Vet. México* **2008**, *39*, 1–16.
9. Espinoza Ortega, A. Reestructuración de la Lechería en la Región noroeste del Estado de México, en El marco Del proceso de Globalización; Doctorado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM: México D.F., México, 2004.
10. Espinoza Arellano, J.J.; Fabela Hernández, A.M.; López Chavarría, S.; Martínez Gómez, F. Impacto de Las Importaciones de Leche En Polvo y Derivados Lácteos En El Precio al Productor de Leche de Bovino En México. *Agric. Soc. Y Desarro.* **2019**, *16*, 123–139, doi:10.22231/asyd.v1i1.985.
11. Álvarez Macías, A. Elementos para evaluar la competitividad: El caso del sistema de lácteos en México. In *Producción Sustentable, Calidad y Leche Orgánica*; García Hernández, L.A., Brunett Pérez, L., Eds.; Universidad Autónoma Metropolitana; Universidad Autónoma del Estado de México: México, D.F., México, 2009; pp. 26–56 ISBN 978-607-477-198-5.
12. Jiménez-Jiménez, R.; Ortiz, V.E.; Pesado, F.A.; Hernández, L.A.G.; González, G.I.G.; Flores, J.L.D. Globalization Effects in Family Farms: A Case of Mexican Dairy Production. In *The Economic Geography of Globalization*; Pachura, P. Eds.; Publisher: INTECH. Rijeka, Croatia, 2011; pp. 223–248 doi:10.5772/18763.

13. Cervantes Escoto, F. Bases y propuestas para renegociar en el TLCAN el apartado de lácteos. In *¿El campo no aguanta más?*; Schwentesius Rindermann, R., Gómez Cruz, M.Á., Calva Téllez, J.L., Hernández Navarro, L., Eds.; Universidad Autónoma Chapingo: Chapingo, México, 2003; pp. 165–181 ISBN 968-884-750-X.
14. Cervantes Escoto, F.; Cesín Vargas, A.; Pérez Sanchez, S.L. El abandono de la ganadería lechera y reconversión productiva en Chipilo, Puebla. *Técnica Pecu. En México* **2007**, *45*, 195–208.
15. Camacho Vera, J.H.C.; Cervantes Escoto, F.C.; Palacios Rangel, M.I.P.; Cesín Vargas, A.C.; Ocampo Ledesma, J.O. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: La difusión del modelo tecnológico Holstein. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2017**, *8*, 259–268, doi:10.22319/rmcp.v8i3.4191.
16. Schwarzweller, H.K.; Davidson, A.P. Introduction: Research agendas and foci of concern in dairy industry restructuring. In *Research in Rural Sociology and Development*; Emerald Group Publishing Limited: Bingley, UK, 2000; Volume 8, pp. 1–12, ISBN 978-1-84950-028-9.
17. Hansson, H.; Ferguson, R. Factors Influencing the Strategic Decision to Further Develop Dairy Production—A Study of Farmers in Central Sweden. *Livest. Sci.* **2011**, *135*, 110–123, doi:10.1016/j.livsci.2010.06.157.
18. Mayer, M.W.; Kammel, D.W. Dairy Modernization Works for Family Farms. *J. Ext.* **2010**, *48*, 1–9.
19. Ngongoni, N.T.; Mapiye, C.; Mwale, M.; Mupeta, B. Factors Affecting Milk Production in the Smallholder Dairy Sector of Zimbabwe. *Livest. Res. Rural Dev.* **2006**, *18*.
20. Vértiz, P. El rol de la pluriactividad en la persistencia de la producción familiar láctea en la cuenca de Abasto Sur de Buenos Aires. *Trab. Y Soc.* **2016**, *27*, 475–499.
21. Cervantes, F.; Álvarez, A. Tipología de ganaderos lecheros de los Altos de Jalisco: Propuesta en función de niveles de rentabilidad. *Soc. Rural. Prod. Y Medio Ambiente* **2001**, *2*, 9–24.
22. Brunett Pérez, L.; González Esquivel, C.; García Hernández, L.A. Evaluation of the Sustainability of Two Agro-Ecosystems for Production of Maize and Milk, Using Indicators. *Livest. Res. Rural Dev.* **2005**, *17*.
23. Espinoza Ortega, A.; Álvarez Macías, A.; Del Valle, M.D.C.; Chauvete, M. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2005**, *43*, 39–56.
24. Rangel, J.; Perea, J.; De-Pablos-Heredero, C.; Espinosa-García, J.A.; Mujica, P.T.; Feijoo, M.; Barba, C.; García, A. Structural and Technological Characterization of Tropical Smallholder Farms of Dual-Purpose Cattle in Mexico. *Animals* **2020**, *10*, 86, doi:10.3390/ani10010086.
25. Camacho-Vera, J.H.; Cervantes-Escoto, F.; Palacios-Rangél, M.I.; Rosales-Noriega, F.; Vargas-Canales, J.M. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2017**, *8*, 23–29, doi:10.22319/rmcp.v8i1.4313.
26. INEGI Maravatío (banco de indicadores) 2016. Available online: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/> (accessed on 28 May 2021).
27. INEGI Marco Geoestadístico Nacional (México) 2018. Available online: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463526636>.
28. Jiménez-Jiménez, R.; Rendón-Rendón, M.; Chávez-Pérez, L.; Espinosa-Ortiz, V. Calidad de la leche en los concursos de la vaca lechera en el sistema de producción familiar. *Abanico Agrofor.* **2020**, *2*, 1–11.
29. Álvarez, S.; Paas, W.; Descheemaeker, K.; Tittonell, P.A.; Groot, J.C.J. Typology Construction, a Way of Dealing with Farm Diversity: General Guidelines for Humidtropics. Report for the CGIAR Research Program on Integrated Systems for the Humid Tropics. *Plant Sciences Group*, Wageningen University, the Netherlands. **2014**, *1*, 1–36.
30. Scheaffer, R.L.; Mendenhall, W.; Ott, L. *Elementos de Muestreo*; Paraninfo: Madrid, Spain, 2007; ISBN 978-84-283-8005-8.

31. Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Pilar Baptista Lucio, M. *Metodología de la Investigación*, 6th ed.; McGraw-Hill: México, México, 2014; ISBN 978-1-4562-2396-0.
32. Paz, R.; Togo, J.; Usandivaras, P.; Castel, J.M.; Mena, Y. Análisis de La Diversidad En Los Sistemas Lecheros Caprinos y Evaluación de Los Parámetros Productivos En La Principal Cuenca Lechera de Argentina. *Livest. Res. Rural. Dev.* **2005**, *17*, 8.
33. Silva, A.D.; Escobar, M.D.; Colmenares, O.; Martínez, C. Aplicación de métodos multivariados en la clasificación de unidades de producción con vacunos doble propósito en el norte del Estado Carabobo, Venezuela. *Rev. Científica De La Fac. De Cienc. Vet. De La Univ. Del. Zulia* **2003**, *13*, 471–479.
34. SPSS. IBM Statistical Package for the Social Science 20; SPSS Inc.: Chicago, IL, USA, 2011.
35. Montoya Suárez, O. Aplicación del análisis factorial a la investigación de mercados. Caso de estudio. *Sci. Et Tech.* **2007**, *1*, 281–286, doi:10.22517/23447214.5443.
36. Kaiser, H.F. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. *Educ. Psychol. Meas.* **1960**, *20*, 141–151, doi:10.1177/001316446002000116.
37. Johnson, D.E. *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*; International Thomson: México D.F., México, 2000; ISBN 978-968-7529-90-5.
38. Todde, G.; Murgia, L.; Caria, M.; Pazzona, A. A Multivariate Statistical Analysis Approach to Characterize Mechanization, Structural and Energy Profile in Italian Dairy Farms. *Energy Rep.* **2016**, *2*, 129–134, doi:10.1016/j.egy.2016.05.006.
39. Gelasakis, A.I.; Rose, G.; Giannakou, R.; Valergakis, G.E.; Theodoridis, A.; Fortomaris, P.; Arsenos, G. Typology and Characteristics of Dairy Goat Production Systems in Greece. *Livest. Sci.* **2017**, *197*, 22–29, doi:10.1016/j.livsci.2017.01.003.
40. Cuevas Reyes, V.; Loaiza Meza, A.; Espinosa García, J.A.; Vélez Izquierdo, A.; Montoya Flores, M.D.; Cuevas Reyes, V.; Loaiza Meza, A.; Espinosa García, J.A.; Vélez Izquierdo, A.; Montoya Flores, M.D. Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos doble propósito en Sinaloa, México. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2016**, *7*, 69–83.
41. Hair, J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Black, W.C. *Análisis Multivariante*, 5th ed.; Plubisher: Prentice Hall Madrid, España, 1999; 832 p. ISBN 978-84-8322-035-1.
42. Barrios, D.; Restrepo-Escobar, F.J.; Cerón-Muñoz, M. Technology adoption in dairy agribusiness. *Livest. Res. Rural. Dev.* **2019**, *31*.
43. Merma, I.; Julca, A. Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba, La Convención—Cusco. *Sci. Agropecu.* **2012**, *3*, 149–159, doi:10.17268/sci.agropecu.2012.02.06.
44. Giorgis, A.; Muñoz, J.M.P.; Martínez, A.G.; Castro, A.G.G.; Pedro, E.A.S. de; Larrea, Í. Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina). *Rev. Científica De La Fac. De Cienc. Vet. De La Univ. Del Zulia* **2011**, *21*, 340–352.
45. Castel, J.M.; Madry, W.; Gozdowski, D.; Roszkowska-Madra, B.; Dabrowski, M.; Lupa, W.; Mena, Y. Family Dairy Farms in the Podlasie Province, Poland: Farm Typology According to Farming System. *Span. J. Agric. Res.* **2010**, *8*, 946–961, doi:10.5424/sjar/2010084-1390.
46. Chayanoov, A.V. *La Organización de La Unidad Económica Campesina*; Nueva Visión: Buenos Aires, Argentina, 1974.
47. Vargas Jiménez, M.V. Estrategias de sobrevivencia, alternativas económicas y sociales de la unidad campesina. *Pap. De Población* **1996**, *12*, 39–50.
48. Cardeillac Gulla, J.; Piñeiro, D.E. Cambios en la producción familiar y empresarial del Uruguay entre 2000 y 2011. El debate entre Lenin y Chayanov revisitado. *Rev. Latinoam. De Estud. Rural.* **2017**, *2*, 109–138.

49. Sánchez Gutiérrez, R.A.; Zegbe Domínguez, J.A.; Gutiérrez Bañuelos, H. Tipificación de un sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2015**, *6*, 349–359, doi:10.22319/rmcp.v6i3.4097.
50. Chávez Pérez, L.M.; Espinosa Ortiz, V.E.; Jiménez Jiménez, R.A.; Rendón Rendón, M.C. Diversificación de ingresos e integración laboral familiar: Estrategias para la sustentabilidad de productores lecheros en Maravatío, Michoacán. *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales(RLEEI)* **2019**, *3*, 10–20.
51. Landini, F.P. Racionalidad económica campesina. *Mundo Agrar.* **2011**, *12*, 1–27.
52. De-Pablos-Heredero, C.; Montes-Botella, J.L.; Garcia, A. Impact of Technological Innovation on Performance in Dairy Sheep Farms in Spain. *J. Agric. Sci. Technol.* **2020**, *22*, 597–610.
53. Qiu, T.; Luo, B. Do Small Farms Prefer Agricultural Mechanization Services? Evidence from Wheat Production in China. *Appl. Econ.* **2021**, *53*, 1–12, doi:10.1080/00036846.2020.1870656.
54. Schneider, S.; Conterato, M. Transformaciones agrarias, tipos de pluriactividad y desarrollo rural: Consideraciones a partir de Brasil. In *Entre el Campo y la Ciudad: Desafíos y Estrategias de la Pluriactividad en el Agro*; Ediciones CICCUS: Buenos Aires, Argentina, 2006; pp. 307–348 ISBN 978-987-9355-23-7.
55. Caballero, R. Stakeholder Interactions in Castile-La Mancha, Spain's Cereal-Sheep System. *Agric. Hum. Values* **2009**, *26*, 219–231, doi:10.1007/s10460-008-9157-6.
56. Riveiro, J.A.; Mantecón, A.R.; Álvarez, C.J.; Lavín, P. A Typological Characterization of Dairy Assaf Breed Sheep Farms at NW of Spain Based on Structural Factor. *Agric. Syst.* **2013**, *120*, 27–37, doi:10.1016/j.agsy.2013.05.004.
57. Micha, E.; Heahue, K.; Hyland, J.J.; Hennessy, T.; Dillon, E.J.; Buckley, C. Sustainability Levels in Irish Dairy Farming: A Farm Typology According to Sustainable Performance Indicators. *Stud. Agric. Econ.* **2017**, *119*, 62–69, <https://doi.org/10.7896/j.1706>.
58. Simões Filho, L.M.; Lopes, M.A.; Corrêa Brito, S.; Rossi, G.; Conti, L.; Barbari, M. Robotic Milking of Dairy Cows: A Review. *Semin. Ciências Agrárias* **2020**, *41*, 2833–2850, doi:10.5433/1679-0359.2020v41n6p2833.
59. Rodenburg, J. Robotic Milking: Technology, Farm Design, and Effects on Work Flow. *J. Dairy Sci.* **2017**, *100*, 7729–7738, doi:10.3168/jds.2016-11715.
60. Cuevas Reyes, V.; Baca del Moral, J.; Cervantes Escoto, F.; Espinosa García, J.A.; Aguilar Ávila, J.; Loaiza Meza, A. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, Mexico. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2013**, *4*, 31–46.
61. Perales Rivas, M.A.; Fregoso, T.; Martínez Alvarado, C.O.; Cuevas Reyes, V.; Loaiza Meza, A.; Reyes Jiménez, J.E.; Moreno Gallegos, T.; Palacios Velarde, O.; Guzmán Rodríguez, J.L. Evaluación del sistema agro-silvo-pastoril del sur de Sinaloa. In *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural*; Masera, O., López-Riadura, Sa., Eds.; Ediciones Paraninfo, S.A.: México D.F., México, 2000; pp. 143–206, ISBN 978-968-7462-24-0.
62. Kosarek, J.L.; Garcia, P.; Morris, M.L. Factors Explaining the Diffusion of Hybrid Maize in Latin America and the Caribbean Region. *Agric. Econ.* **2001**, *26*, 267–280, doi:10.1016/S0169-5150(00)00129-8.
63. Khanal, A.R.; Gillespie, J.; MacDonald, J. Adoption of Technology, Management Practices, and Production Systems in US Milk Production. *J. Dairy Sci.* **2010**, *93*, 6012–6022, doi:10.3168/jds.2010-3425.
64. Rendón-Rendón, M.C.; Núñez Espinoza, J.F.; Soriano-Robles, R.; Espinosa Ortiz, V.E.; Chávez Pérez, L.M.; Jiménez-Jiménez, R.A. The Social Fabric of Cheese Agroindustry: Cooperation and Competition Aspects. *Sustainability* **2019**, *11*, 2921, doi:10.3390/su11102921.
65. Durán Rojas, E.; Pérez Espitia, P.; Pérez Sierra, O.A. Milk Producer's Articulation: A Multicast Study in Córdoba, Colombia. *Rev. Logos Cienc. Y Tecnol.* **2020**, *12*, 110–120.

66. Jiménez Jiménez, R.A. Aportes de la investigación acción participativa en el extensionismo pecuario: Experiencias en la lechería familiar de Maravatío, Michoacán. In *Estudios Rurales en México*; Nájera Castellanos, A., Ed.; Publisher: CLACSO Chiapas, México, 2019; pp. 40–71.
67. Gould, B.W. Consolidation and Concentration in the U.S. Dairy Industry. *Choices* **2010**, *25*, 1–15, doi:10.22004/ag.econ.94760.
68. Cervantes Escoto, F.C.; Santoyo Cortés, H.S.; Álvarez Macías, A. Gestión de la calidad y desarrollo desigual en la cadena de lácteos en Los Altos de Jalisco. *RPD* **2001**, *32*, 163–187, doi:10.22201/iiec.20078951e.2001.127.7418.
69. Vélez, I.A.; Espinosa, G.J.A.; Omaña, S.J.M.; González, O.T.A.; Quiroz, V.J. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. *Actas Iberoam. De Conserv. Anim.* **2013**, *3*, 88–96.
70. Lee, D.R. Agricultural Sustainability and Technology Adoption: Issues and Policies for Developing Countries. *Am. J. Agric. Econ.* **2005**, *87*, 1325–1334, <https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2005.00826.x>.
71. Quddus, M.A. Adoption of Dairy Farming Technologies by Small Farm Holders: Practices and Constraints. *Bangladesh J. Anim. Sci.* **2012**, *41*, 124–135, doi:10.3329/bjas.v41i2.14132.
72. Sarria, J.A.; Ruiz, F.A.; Mena, Y.; Castel, J.M. Caracterización y propuestas de mejora de los sistemas de producción caprina de la costa central de Perú. *Rev. Mex. De Cienc. Pecu.* **2014**, *5*, 487–504.
73. Vilaboa Arroniz, J.; Díaz Rivera, P. Caracterización Socioeconómica y Tecnológica de Los Sistemas Ganaderos En Siete Municipios Del Estado de Veracruz, México. *Zootec. Trop.* **2009**, *27*, 427–436.
74. Thornton, P.K.; van de Steeg, J.; Notenbaert, A.; Herrero, M. The Impacts of Climate Change on Livestock and Livestock Systems in Developing Countries: A Review of What We Know and What We Need to Know. *Agric. Syst.* **2009**, *101*, 113–127, doi:10.1016/j.agsy.2009.05.002.
75. Martínez-García, C.G.; Dorward, P.; Rehman, T. Factors Influencing Adoption of Improved Grassland Management by Small-Scale Dairy Farmers in Central Mexico and the Implications for Future Research on Smallholder Adoption in Developing Countries. *Livest. Sci.* **2013**, *152*, 228–238, doi:10.1016/j.livsci.2012.10.007.
76. Zoma-Traoré, B.; Soudré, A.; Ouédraogo-Koné, S.; Khayatzadeh, N.; Probst, L.; Sölkner, J.; Mészáros, G.; Burger, P.A.; Traoré, A.; Sanou, M.; et al. From Farmers to Livestock Keepers: A Typology of Cattle Production Systems in South-Western Burkina Faso. *Trop. Anim. Health Prod.* **2020**, *52*, 2179–2189, doi:10.1007/s11250-020-02241-6.

Capítulo 4: Evaluación de sustentabilidad en unidades lecheras de pequeña escala con distintos niveles de producción y tecnología en Maravatío, Michoacán

Introducción

Para ofrecer alimentos seguros y nutritivos, se necesita urgentemente una transformación global del sistema alimentario, ya que gran parte de la población mundial está alimentada de forma inadecuada y muchos procesos ambientales son empujados más allá de los límites seguros por la producción de alimentos (Willett et al. 2019). Las tendencias futuras colocan al sistema alimentario en una posición aún más vulnerable que en la actualidad, ya que se espera que la demanda mundial de alimentos crezca en un 70% para 2050, con respecto a los niveles de 2009, sumado a los impactos proyectados del cambio climático, que amenazan con hacer que los alimentos sean más difíciles y costosos de producir y distribuir (Foley et al. 2011).

El peso de este desafío recaerá de manera desproporcionada sobre los agricultores más pobres y vulnerables, muchos de los cuales ya padecen hambre (Gregoy et al. 2005; Holt-Giménez et al. 2012). Aunque de las pequeñas unidades de producción agrícolas se obtienen una gran parte del suministro de alimentos del mundo y sus sistemas de producción podrían ser potencialmente diversos y sustentables, los desarrollos del mercado y las políticas los obligan a intensificar su producción para competir con las granjas especializadas más grandes (Kiers et al., 2009; Herrero et al., 2010). Esto a menudo conduce a una “trampa de intensificación”, ya que, con el fin de aumentar la productividad, los pequeños agricultores intensifican sus sistemas de producción, aumentan la densidad de la producción agropecuaria, pero sin una gestión adecuada, lo que da como resultado la degradación de los recursos agrícolas y una fuerte dependencia de alimentos externos (Cortez-Arriola et al. 2016).

Un sector agropecuario clave que puede aportar a la sustentabilidad del ramo agrícola es el sector lácteo, el cual contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares de alrededor de 150 millones de hogares en el mundo (FAO, 2021). En países en vías de desarrollo, la producción lechera es llevada a cabo por pequeños productores, los cuales han aumentado su participación en la oferta mundial de leche en los últimos decenios, debido

principalmente al aumento de animales destinados a la producción y no a la productividad por cabeza (FAO, 2021).

A pesar de las bondades que provee el sector lácteo, datos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (2014), muestran que las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción láctea representan 4% del total mundial y el 22% de todas las emisiones agrícolas. Esto nos habla de la importancia de analizar la sustentabilidad de dichos sistemas lácteos, por la contaminación ambiental que pueden generar (Flysjo, 2012). En este sentido, merecen especial atención las Unidades Bovinas Productoras de Leche a Pequeña Escala (UBPLPE), que comprenden entre el 80 y 90% de la producción láctea en países en desarrollo (FAO, 2021), incluso en países desarrollados de la Unión Europea, donde el tamaño promedio del rebaño fue de 18 vacas en 2016 (IFCN, 2016).

Para el caso de México, el 78% de las granjas lecheras especializadas son de pequeña escala, las cuales aportan el 37% de la producción lechera del país (IFCN, 2009). Este sistema se caracteriza por llevarse a cabo en unidades de producción que aprovechan recursos locales de las familias rurales, como mano de obra familiar, cultivos forrajeros y residuos de cosechas. Esto hace que dependa de pocos insumos externos, lo que la vuelve menos vulnerable a variaciones del mercado y genera una alta capacidad de adaptación a los distintos escenarios socioambientales (García, 2009). A partir de los años 80, este sector sufrió cambios drásticos, debido a políticas de libre comercio que se tradujeron en incremento de importaciones de leche en polvo y derivados lácteos, ubicando a México como el principal importador de leche en polvo a nivel mundial con alrededor de 230 mil toneladas anuales (FAS-USDA, 2015). El modelo de apertura comercial que México adoptó trajo consigo una crisis en la ganadería nacional, dando como resultado la pérdida de 321,973 unidades de producción bovina de carne y de leche, que representó el 22% de unidades que dejaron de operar (Cavalloti, 2014).

Estas políticas propiciaron que muchas UBPLPE que se mantuvieron, se vieran forzadas a ser eficientes e intensificar la producción para competir con granjas especializadas, lo que trajo como consecuencia que muchas pequeñas producciones se intensificaran, y aumentaran el requerimiento de insumos. Esto provocó una fuerte dependencia del sector de insumos externos

de alimentos, fertilizantes minerales, antibióticos y agua, lo que resultó en una baja eficiencia y agotamiento de los recursos (Van Keulen y Breman, 1990; Armstrong et al., 2000; Gourley et al., 2012).

Autores como Fadul-Pacheco et al. (2013), señalan que el aspecto más débil de este sistema radica en lo económico, ya que las disparidades entre los precios pagados por la leche y los costos de los insumos ejercen una fuerte presión sobre la sustentabilidad económica del sistema. Por su parte, Aguilar y López (2006), mencionan una serie de amenazas para este sistema, incluidas la infraestructura de producción deficiente, la degradación de los recursos naturales, los recursos financieros escasos, la falta de organización e integración vertical y la lenta adopción de tecnologías que permitan la adaptación a las condiciones cambiantes.

Estas problemáticas socioambientales y económicas que viven las UBPLPE no son exclusivas de México. García-Ferreira, (2011), trabajando con pequeñas producciones lecheras del centro-oeste de Uruguay, encontraron bajos niveles en indicadores ambientales y muy bajos niveles para indicadores sociales, específicamente en participación para la gestión común de bienes para la producción. Por su parte, Ruiz et al. (2017), realizando investigación en la subregión Norte de Antioquía, Colombia, vieron que UBPLPE con alto nivel de intensificación tuvieron mejores parámetros ambientales y socioeconómicos, mientras que los de bajo nivel de intensificación mostraron resultados menos amigables con el ambiente e incertidumbre con relación a aspectos socioeconómicos. Ikhlef et al. (2017), realizando investigación en Argel, Argelia, encontraron que los productores lecheros de ese suburbio son moderadamente sustentables en términos ambientales, menos sustentables económicamente y bastante insostenibles a nivel socio-territorial.

El contraste de estos resultados remarca que las condiciones agroecológicas, socioeconómicas y tecnológicas con que cuentan las UBPLPE de cada región o país son distintas. Aún, dentro de una misma región, la actividad lechera se realiza de formas muy heterogéneas, donde distintos tipos de UBPLPE requieren diferentes recursos humanos, alimenticios y sus vías sustentables de adaptación cambian (Stringer et al. 2020). Estas decisiones tomadas por el productor repercuten

en distintos niveles de producción e incorporación de innovaciones tecnológicas⁴, ya que priorizan aquellas tecnologías que les permitan utilizar sus recursos disponibles y ahorrar aquellos que le son escasos (Herrera, 2006). Esto implica la necesidad de realizar una caracterización e identificación de distintos tipos de UBPLPE que conviven en una misma región y analizar su nivel de sustentabilidad, para producir recomendaciones diferenciadas aplicables en términos generales a cada grupo, ya que, si se quiere hacer investigación para cada unidad de producción, resultaría prohibitivamente costoso.

Para hacer recomendaciones tecnológicas, no basta con conocer las tecnologías, es indispensable también conocer al productor, sus recursos, circunstancias socioeconómicas, culturales y, sus objetivos de producción (Herrera, 2006), ya que, algunos productores priorizan el tamaño de la UBPLPE y nivel de producción dado el enfoque de comercialización adoptado, mientras que otros priorizan el autoconsumo y las preocupaciones ambientales (Stringer et al. 2020). A la luz de esta complejidad, resulta oportuno cuestionarse si el nivel de sustentabilidad socioeconómico y ambiental de UBPLPE con distintos niveles tecnológicos y productivos, que se encuentran en una misma zona geográfica son similares y cuáles son las estrategias sustentables que han llevado a cabo dichas UBPLPE para continuar vigentes.

En producciones de pequeña escala del noreste de Michoacán, México, una región importante para la producción lechera, existe poco conocimiento sobre el impacto que llevan a cabo los distintos tipos de granjas descritas en el capítulo anterior, en la sustentabilidad de la producción lechera en esa región. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el nivel de sustentabilidad socioeconómico y ambiental de UBPLPE que cuentan con distintos niveles tecnológico-productivos, en el municipio de Maravatío, Michoacán, México, lo que permitirá proponer alternativas y orientar políticas gubernamentales enfocadas a este sistema.

⁴ Se entiende por innovaciones tecnológicas al conjunto de conocimientos específicos y de procesos para transformar la realidad. Históricamente se ha visto como una herramienta mediadora entre el hombre y la naturaleza, teniendo como función contribuir sustancialmente a transformar la naturaleza para beneficio de la gente que vive en el campo (Lara, 1998; Herrera, 2006).

Material y métodos

Área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Maravatío, que se ubica al noreste del estado de Michoacán, México, en las coordenadas 19°54' de latitud norte y 100°27' de longitud oeste, a una altura de 2,020 metros sobre el nivel del mar. Su superficie es de 696.67 km². Se encuentra conformado por 132 localidades y 89 mil habitantes. El clima es templado con lluvias en verano, tiene una precipitación pluvial anual de 897.7 milímetros y temperaturas que oscilan de 14.1° a 29.9°C (INEGI, 2016).

Selección de UBPLPE representativas y recopilación de datos

Durante el periodo 2016-2017, se realizó una investigación en el municipio de Maravatío, Michoacán, México, con el objeto de conocer los distintos niveles tecnológicos que utilizan los productores lecheros para su actividad lechera. De un total de 465 UBPLPE que reportó el Anuario Estadístico 2015 y la Asociación Ganadera Local de Maravatío, Michoacán, fueron seleccionadas y encuestadas 114 UBPLPE. El análisis multivariado aplicado a la información obtenida dio como resultado cuatro tipos o grupos principales de UBPLPE, con distintos niveles tecnológicos, productivos y socioeconómicos (Chávez et al., 2021). Con base en los tipos de UBPLPE identificados en ese estudio, para la presente investigación se seleccionaron tres unidades de producción por cada tipo o grupo identificado, es decir, 12 UBPLPE en total, con el fin de realizar un estudio más detallado de su nivel de sustentabilidad. El número de UBPLPE se determinó por la disponibilidad de los productores a participar en la investigación y no por un número estadísticamente definido.

Para recopilar los datos, se realizaron visitas mensuales a las UBPLPE de abril de 2017 a marzo de 2018, donde se aplicaron encuestas semiestructuradas con el fin de obtener información de los indicadores socioeconómicos y ambientales elegidos. A fin de lograr acercamiento y vinculación con las personas encargadas de las UBPLPE, se utilizaron técnicas como observación participante, diálogo con informantes clave y la técnica *Snowball* para la elección final de las UBPLPE a encuestar (Geilfus, 2002). Para elegir las 12 UBPLPE, se tomaron los siguientes criterios de selección: a) que las UBPLPE se ajustan a los grupos identificados por Chávez et al (2021), b)

disposición a las entrevistas por parte de los productores y, c) permitir al investigador involucrarse y conocer las diversas actividades que se llevan a cabo en las UBPLPE.

Evaluación de sustentabilidad

Se utilizó el Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), como herramienta metodológica para evaluar el nivel de sustentabilidad de los tipos de UBPLPE, ya que es una herramienta con enfoque sistémico, que posibilita aproximarse a la problemática desde una perspectiva metodológica interdisciplinaria e integral, permitiendo realizar una evaluación de cada sistema agropecuario elegido (Masera et al. 2000). El Marco MESMIS cuenta con una serie de atributos que cubren aspectos que tienen un efecto sobre el comportamiento de un sistema de manejo. Los atributos generales de sustentabilidad propuestos en el MESMIS son:

- Productividad: capacidad del sistema para brindar la cantidad de bienes y servicios requeridos durante un determinado período de tiempo.
- Estabilidad (incluida la confiabilidad y la resiliencia por estar estrechamente relacionadas): capacidad del sistema para alcanzar y mantener un estado estable de equilibrio dinámico.
- Adaptabilidad (o flexibilidad): capacidad del sistema para encontrar nuevos niveles de equilibrio, para mantener su productividad o sacar beneficios al enfrentar cambios ambientales de largo plazo.
- Equidad: capacidad para llevar a cabo una distribución justa, tanto intrageneracional como intergeneracional, de los beneficios y costos.
- Autogestión: capacidad del sistema para regular y controlar su interacción externa, en términos sociales, así como para fijar sus objetivos y prioridades, su identidad y procedimientos.

Tomando en cuenta los atributos de sustentabilidad, un sistema de manejo se considera sustentable: si consigue un nivel alto de productividad mediante el uso eficiente y sinérgico de recursos naturales y económicos, proporciona una producción confiable, estable y resiliente,

asegurando el acceso y disponibilidad de los recursos productivos. Además, brinda flexibilidad para amoldarse a nuevas condiciones del entorno económico y biofísico, distribuye económicamente los costos y beneficios entre los productores y, finalmente, posee un nivel aceptable de autodependencia para responder y controlar los cambios inducidos desde el exterior, manteniendo su identidad y sus valores (Muller, 1996). Conforme a la metodología, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Definición del objeto de evaluación

La unidad de análisis fue la unidad bovina productora de leche en pequeña escala (UBPLPE), de Maravatío, Michoacán. El análisis se realizó evaluando el nivel de sustentabilidad de distintos tipos de UBPLPE pertenecientes al municipio. Esta región fue seleccionada debido a la importancia histórica que tiene la producción lechera para los maravatienses, que data de la época colonial donde se convirtió en uno de los pilares de la economía regional del valle de Maravatío (Pérez, 1990). Actualmente, el 80% de la producción de leche se realiza en UBPLPE y para 2019, el municipio aportó 2% de la producción lechera del estado de Michoacán, que equivale a 5,083,624 litros (INEGI, 2016; Jiménez-Jiménez et al. 2020).

2. Determinación de puntos críticos

Para identificar los puntos críticos se realizó un análisis de los aspectos o procesos que limitan o fortalecen la capacidad de los sistemas para sostenerse en el tiempo. Para ello, se realizaron entrevistas a productores en sus UBPLPE, donde mediante un diálogo se conocieron las condiciones en que se desenvuelven, desde una perspectiva socioambiental y económica, así como la percepción de los productores con relación a las problemáticas que viven sus unidades de producción y su contexto general. A continuación, se citan algunos comentarios realizados por los productores, donde se refleja su sentir con relación a distintos temas, lo que formó parte de los puntos críticos e influyó en la construcción de los indicadores a evaluar:

Tengo que tener otro oficio porque de la leche no sale pa' vivir

Yo le enseñé a mi hijo lo de las vacas porque ya se quiere juntar con la novia

Si se nos seca la laguna y se seca la pastura, se nos acaban las vacas

Lo malo es que nadie me está ayudando para ordeñar las vacas y no me da tiempo para sacar la basura (excretas) del establo

Pues está difícil organizarse porque cada quien vemos por nuestro propio rancho

Mis hijos me mandan un dinerito más o menos cada mes, pero es que allá la situación también se está poniendo más difícil

Mejor ni le echo números porque me voy a poner a chillar

Lo de las vacas no deja (dinero), pero es mi alcancía por cualquier emergencia

Para ordeñar cinco vacas no ocupo ordeñadora. Están muy caras y no vale la pena hacer ese gasto

Yo me doy cuenta que cada año se le echa más urea al suelo porque si no la pastura sale amarilla

De aquí a que el gobierno me apoye con algo pa'l rancho, mejor yo lo hago

El negocio está en la venta de quesos porque producir pura leche no deja

Los chavos de ahora ya no quieren entrarle a esto de las vacas. Mi hijo me ayuda, pero dice que quiere ser ingeniero

Una vez identificados los puntos críticos, se relacionaron con los diferentes atributos de sustentabilidad, con el fin de que la evaluación abarque todos los atributos (Tabla 1).

3. Selección de criterios de diagnóstico e indicadores

A partir de los puntos críticos se definieron criterios de diagnóstico e indicadores de sustentabilidad (Tabla 1). Los criterios de diagnóstico se seleccionaron teniendo en cuenta que estos describen los atributos generales de sustentabilidad y representan un nivel más detallado que los puntos críticos, pero más generales que los indicadores. Los indicadores definidos describen un proceso específico y el conjunto de estos cubre las tres dimensiones de evaluación: a) social, b) económica y, c) ambiental. Aunque algunos de los indicadores forman parte de más de un atributo, solo aparecen en uno de ellos para simplificar.

Tabla 1. Atributos generales, puntos críticos e indicadores de sustentabilidad de los grupos identificados.

Atributo	Puntos críticos	Criterios de diagnóstico	Indicadores	Área*
Productividad	Baja producción del sistema	Eficiencia productiva	Producción leche/vaca/día	E
	Bajo ingreso económico por venta de leche	Ingresos económicos	Ingreso bruto mensual	E
	Bajos rendimientos económicos	Eficiencia económica	Relación Beneficio-costo	E
	Ineficiencia del sistema	Eficiencia	Rendimiento maíz	A
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Poca diversificación de ingresos	Pluriactividad	Pluriactividad	S
	Alta contaminación ambiental	Contaminación ambiental	Manejo de efluentes	A
	Suelo degradado	Erosión del suelo	Materia orgánica en suelo	A
	Suelo degradado	Erosión del suelo	Nitrógeno en suelo	A
	Suelo degradado	Acidificación del suelo	pH del suelo	A
	Alta contaminación por agroquímicos	Contaminación por agroquímicos	Uso de fertilizantes agroquímicos	A
Adaptabilidad	Poca capacitación	Capacitación	Capacitación	S
	Edad avanzada de productores	Transmisibilidad	Relevo generacional	S
	Desventajas en la comercialización	Vulnerabilidad económica	Diversificación de mercados	S
	Poco valor agregado	Valor agregado	Diversificación de productos	E
	Poca diversidad de especies productivas	Diversidad	Diversidad de especies animales productivas	A

Equidad	Toma de decisiones unilateral por parte del productor	Participación en toma de decisiones	Toma de decisiones conjunta	S
	Integración familiar al proceso	Integración familiar	Empleo familiar generado	S
Autogestión	Alta dependencia de insumos modelo Holstein	Autosuficiencia	Dependencia de insumos del Modelo Holstein	S
	Poca organización entre productores	Organización	Organización entre productores	S
	Poca tierra para producción	Tenencia de tierra	Superficie propia para cultivos	E

*A: Ambiental, E: Económico, S: Social.

Medición y monitoreo de los indicadores

Una vez definidos los indicadores, se les asignaron valores óptimos, además de los métodos para obtener la información de cada indicador (Tabla 2). La recopilación de información se llevó a cabo por distintos métodos como observación directa, entrevistas con el productor y mediciones directas como muestreos. Los valores de referencia óptimos se definieron en último lugar. Para los casos en los que no se dispuso de información previa se utilizó como valor de referencia el valor comparativamente más alto entre los casos estudiados.

Tabla 2. Descripción de indicadores, valores óptimos y métodos para obtener información.

Indicadores	Definición	Valor óptimo (100%)	Método y umbrales
Producción leche/vaca/día	Cantidad de leche/vaca/día	21 litros	Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región (Chávez et al. 2018).

Ingreso bruto mensual	Ingreso bruto mensual promedio por hatos.	Más de \$20000 mensuales	Se obtiene multiplicando la cantidad de leche/promedio/mes por el precio de venta unitario. Este resultado se multiplica por 30.4 días.
Relación beneficio-costos	Cociente de la división de los beneficios (ingresos) entre los costos (egresos).	Mayor a 1	Se obtiene de la suma de beneficios actualizados dividida entre la suma de los costos actualizada
Rendimiento maíz	Toneladas por hectárea de cultivo	3 ton	Cálculo propio a partir de revisión de literatura (SIAP, 2020).
Pluriactividad	Número de actividades económicas que generan ingresos	5	Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región (Chávez et al. 2019). Ganadería, agricultura, comercio, trabajo asalariado, servicios. 100%= 5 actividades, 80%= 4 actividades, 60%= 3 actividades, 40%= 2 actividades, 20%= 1 actividad.

Manejo de efluentes	Manejo de efluentes provenientes de actividad lechera como orina y excretas	4	Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas 4= 100% (Excelente manejo), 3= 75% (Buen manejo), 2= 50% (Manejo regular), 1= 25% (mal manejo).
Materia orgánica en suelo	Porcentaje de materia orgánica en suelo	2	Juncal-Otiniano, 2006.
Nitrógeno en suelo	Porcentaje de nitrógeno en suelo	30	Juncal-Otiniano, 2006.
pH del suelo	pH del suelo	6.6-7.3	NOM-021-RECNAT 2000.
Uso de fertilizantes agroquímicos	Kilogramos de agroquímicos aplicado por hectárea/año	0	Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas 100%= 0 kilos, 80%= hasta 250 kg, 60% hasta 500 kg, 40%= hasta 750 hg, 20%= hasta 1000 kg, 0%= más de 1000 kg.

Capacitación	Número de capacitaciones y asesorías técnicas recibidas en un año	4	Cálculo propio a partir de revisión de literatura (Priego-Castillo et al. 2009). 100= 4 capacitaciones, 75%= 3 capacitaciones, 50%= 2 capacitaciones, 25%= 1 capacitación.
Relevo generacional	Número de personas que se incorporan a la actividad lechera	2	Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas 100= 2 integrantes de familia, 50= 1 integrante, 0= cero integrantes
Diversificación de mercados	Distintos mercados donde se comercializa la producción	5	A nivel local, a nivel municipal, a nivel regional, a nivel estatal, a nivel nacional-internacional. Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región (Chávez et al. 2018).
Diversificación de productos	Cantidad de productos derivados de la leche	5	Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas Queso Oaxaca, Queso Ranchero, crema, yogurt, requesón.

Diversidad de especies animales productivas	Número de especies animales productivas en la unidad de producción	6	<p>Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región y entrevistas (Chávez et al. 2018)</p> <p>Bovinos leche, bovinos carne, cerdos, ovinos, conejos, aves (gallinas, guajolotes, patos, gansos).</p>
Toma de decisiones conjuntas	Participación en toma de decisiones	5	<p>Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas</p> <p>5= siempre, 4= la mayoría de las veces, 3= en ocasiones, 2= pocas veces, 1= nunca</p>
Empleo familiar generado	Número de integrantes de familia empleados en la UBPLPE	2	<p>Cálculo propio a partir de observación directa y entrevistas</p> <p>2 familiares= 100%, 1 familiar= 50%</p>
Dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein	Cantidad de insumos del Modelo Holstein utilizados	3	<p>Cálculo a partir de revisión de literatura (Cervantes y Álvarez et al.; Camacho-Vera et al.)</p> <p>5 Muy alta= entre 10 y 12 tecnologías, 4 Alta= entre 7 y 9 tecnologías, 3 Media= entre 4 a</p>

			6 tecnologías, 2 Baja= entre 1 a 3 tecnologías.
Organización entre productores	Opinión sobre la organización entre productores para la producción y comercialización	4	Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región y entrevistas (Chávez et al. 2018) 4 acciones= muy buena, 3= buena, 2= regular, 1= poca.
Superficie propia para cultivos	Cantidad de hectáreas propias para cultivos	3 ha	Cálculo propio a partir de trabajos realizados en la región y entrevistas (Chávez et al. 2018). SADER, 2012. (pág. 85)

Integración de resultados

Los resultados de la evaluación se tabularon para hacer la comparación entre los valores obtenidos para cada grupo de UBPLPE, y los atributos de sustentabilidad se utilizaron como eje del análisis. Los valores obtenidos se expresaron en una escala porcentual que definió el nivel de sustentabilidad por indicador con base en un valor óptimo (100%), el cual se representó gráficamente por una línea punteada. Estos valores permitieron reconocer que estos niveles podrían ser mejorados, a través de la observación, el análisis y la acción proactiva sobre las dimensiones y atributos menos favorecidos por las características y los manejos de cada sistema.

El diagrama radial tipo AMIBA (Masera et al. 2000), permitió visualizar gráficamente las fortalezas y debilidades de cada grupo de UBPLPE.

Conclusiones y recomendaciones sobre los sistemas de manejo

En este paso se recapitulan los resultados del análisis con el fin de emitir un juicio de valor para comparar entre los distintos tipos de UBPLPE, en cuanto a su nivel de sustentabilidad. Se realizó una discusión de los principales elementos que permiten o impiden a los sistemas mejorar su sustentabilidad, además se plantearon estrategias y recomendaciones que permitirán dar inicio a un nuevo ciclo de evaluación.

Resultados

De forma general, no se encontró gran variabilidad en los promedios para cada grupo. El Grupo 1 obtuvo como promedio en su nivel de sustentabilidad un valor de 65.96%, el Grupo 2 obtuvo 64.94%, el Grupo 3 obtuvo 64.48% y el Grupo 4 obtuvo 62.38%. A continuación, se describen los resultados para cada tipo de UBPLPE por atributo de sustentabilidad:

Productividad

Los indicadores que componen este atributo muestran el grado de eficiencia productiva de cada grupo de UBPLPE; es decir, estas unidades de producción serán más eficientes en términos de productividad a medida que el valor de estos indicadores se acerque más a su valor óptimo correspondiente. La tabla 3 muestra que a medida que aumenta el nivel de producción de leche por vaca al día, los indicadores económicos *ingreso bruto mensual* y *relación beneficio-costos* también aumentan. Los grupos 3 y 4, quienes obtuvieron menor producción de leche por vaca al día, presentan menores ingresos y una relación beneficio-costos menor a 1. Para el indicador *rendimiento de maíz*, los cuatro grupos obtuvieron valores óptimos (100%), lo cual es benéfico para las UBPLPE, ya que el maíz resulta un insumo de importancia para la alimentación del ganado. En conjunto, se encontró mayores ingresos y una mayor rentabilidad económica a medida que aumenta la productividad.

Tabla 3. Indicadores de productividad para distintos grupos de UBPLPE.

Indicadores	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Producción leche/vaca/día	23.76	100	16.52	78.67	11.37	54.14	10.69	50.90
Ingreso bruto mensual	\$63509. 25	100	\$27199 .89	100	\$15986 .34	79.93	\$12497. 19	62.48
Relación beneficio-costo	1.79	100	1.58	100	0.72	72	0.84	84
Rendimiento maíz	4.2	100	3.6	100	3.8	100	3.2	100

Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

Los indicadores que conforman estos atributos, muestran el grado de conservación de los recursos del sistema y su fragilidad. En cuanto al indicador *pluriactividad* el Grupo 1 obtuvo mejor promedio (66%) (Tabla 4). Los productores de este grupo mencionaron realizar actividades económicas como agricultura, ganadería y comercio, principalmente. Para el caso de los Grupos 2, 3 y 4, las principales actividades económicas son la ganadería-agricultura y trabajo asalariado. Los productores de los Grupos 1 y 2 obtuvieron mejores resultados para el *manejo de efluentes* ya que cuentan con maquinaria y mano de obra para retirar las excretas y orines con cierta frecuencia. Los productores de los Grupos 3 y 4 señalaron que no cuentan con mano de obra ni equipo para retirar las excretas frecuentemente, por tanto, lo hacen cuando el acúmulo es considerable. En cuanto a características fisicoquímicas del suelo, el Grupo 3 obtuvo mejores promedios. Sin embargo, resultó ser el grupo que más fertilizantes agroquímicos utilizan por hectárea cultivada,

lo cual puede ser perjudicial en el mediano y largo plazo por la erosión del suelo que se puede generar.

Tabla 4. Indicadores de estabilidad, resiliencia y confiabilidad para distintos grupos de UBPLPE.

Indicadores	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Pluriactividad	3.33	66	2	40	2.67	53.4	2.33	46.6
Manejo de efluentes	1.33	33.25	1.33	33.25	1	25	1	25
Materia orgánica suelo	1.12	56	5.45	100	6.02	100	3.98	100
Nitrógeno en suelo	13.78	45.93	29.57	98.56	34.80	100	30.23	100
pH del suelo	7.26	100	7.06	100	7.38	100	6.80	100
Uso de fertilizantes agroquímicos	446.67	60	500	60	745.56	40	693.33	40

Adaptabilidad

Este atributo está integrado por indicadores relacionados con el cambio y la diversidad. El Grupo 1 obtuvo mejores resultados para la mayor parte de indicadores. Esto se observa en indicadores como *relevo generacional*, *diversificación de mercados* y *diversificación de productos* (Tabla 5). Los productores de los Grupos 3 y 4 diversifican más en especies productivas, no así en mercados ni productos. Esto muestra que si bien, no son rentables económicamente como los Grupos 1 y 2, la diversificación con otras especies productivas les provee de otras fuentes de ingresos económicos.

En términos generales, con estos resultados, se puede decir que la adaptabilidad de las UBPLPE tiende a aumentar conforme aumenta la productividad; sin embargo, los productores con menor producción diversifican más con otras especies productivas, lo que puede indicar que los productores amortiguan el riesgo con la diversidad de especies productivas y no son “dependientes” de la producción lechera.

Tabla 5. Indicadores de adaptabilidad para distintos grupos de UBPLPE.

Indicadores	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Capacitación	2	50	1.67	41.75	2	50	1.33	33.25
Relevo generacional	1.3	65	0.67	33.5	0.33	16.5	0.33	16.5
Diversificación de mercados	2.67	53.4	2.33	46.6	2.33	46.6	1.67	33.4
Diversificación de productos	4	80	3	60	2.6	52	3	60
Diversidad de especies animales productivas	2	33.3	2	33.3	3.3	55	3.3	55

Equidad

La equidad tiene que ver con la justicia social y la distribución de responsabilidades y beneficios en las UBPLPE. Para el indicador *empleo familiar generado*, los resultados muestran que el Grupo 3 obtuvo mayor porcentaje (Tabla 6), lo que remarca que los empleos generados y la mano de obra que se utiliza para las distintas actividades en las UBPLPE es 100% familiar. El Grupo 4 obtuvo un puntaje alto (83.33%), aunque menor al grupo 3. Para el caso de los Grupos 1 y 2, quienes

obtuvieron puntajes menores en este indicador (50% y 66.67%, respectivamente), generalmente ocupan mano de obra familiar, pero contratan mano de obra asalariada de la propia localidad y localidades cercanas. Para el indicador *Toma de decisiones conjuntas*, los Grupos 1, 2 y 4, obtuvieron valores medios. El grupo 3 fue ligeramente superior (66.6%). Los encargados de las UBPLPE mencionaron que las decisiones operativas que se toman durante la jornada laboral se consultan en ocasiones con los demás miembros de la familia. Algunas decisiones importantes que más se consultan con miembros de la familia tienen que ver con aspectos como estrategias de comercialización, inversiones en equipo y maquinaria, elección de cultivos a sembrar y organización con otros productores.

Tabla 6. Indicadores de equidad para distintos grupos de UBPLPE.

Indicadores	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Toma de decisiones conjuntas	2.67	53.4	2.67	53.4	3.33	66.6	2.67	53.4
Empleo familiar generado	0.5	25	0.5	25	1.7	85	2	100

Autogestión

Los productores de los Grupos 1 y 2 resultaron ser los que más dependen de insumos tecnológicos del Modelo Holstein. Entre los insumos que más utilizan son: vacas tipo Holstein, Inseminación artificial, ordeño mecanizado, uso de tractor, alimentos concentrados y alfalfa y estabulación, principalmente. Es por ello que la calificación que obtuvieron ambos grupos fue de 50%. Para el caso de los Grupos 3 y 4, obtuvieron un valor de 100%, ya que se consideró ideal para este estudio contar con una dependencia media, debido a que los productores, independientemente de su objetivo y nivel de producción, utilizan Algunas innovaciones tecnológicas dentro de sus UBPLPE. Las tecnologías que más utilizaron los Grupos 3 y 4 fueron vacas fenotipo Holstein,

Inseminación artificial, fertilizantes agroquímicos y estabulación. Con relación al *indicador superficie propia para cultivos*, el Grupo 1 obtuvo un valor superior (4.43 hectáreas), al promedio reportado por la SADER (2012), para unidades de pequeña escala (3 hectáreas promedio). Los Grupos 2, 3 y 4 estuvieron por debajo del promedio. Para este atributo, las UBPLPE del Grupo 3, es decir, las de menor producción, tienden a ser más autogestivas. En caso de que estas UBPLPE deseen aumentar su nivel de producción, su nivel de autogestión disminuirá, debido a la necesidad de rentar tierras para cultivos, así como su dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein.

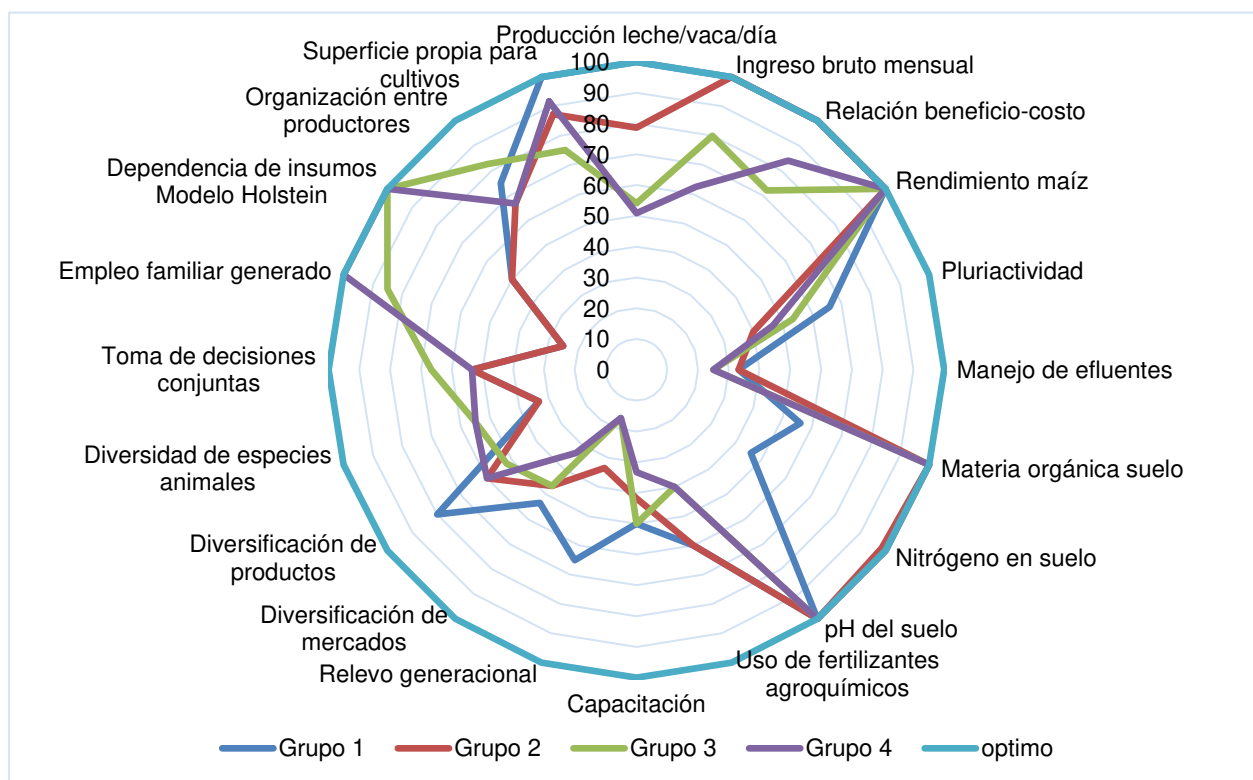
Tabla 7. Indicadores de autogestión para distintos grupos de UBPLPE.

Indicadores	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)	Valor	(%)
Dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein	5	50	5	50	3	100	3.33	100
Organización entre productores	3	75	2.67	66.75	3.3	82.5	2.67	66.75
Superficie propia para cultivos	4.43	100	2.62	87.33	2.25	75	2.75	91.67

Los indicadores seleccionados en las tablas 3 a 7 se incluyeron en un diagrama AMIBA, para mostrar de manera gráfica sus puntos críticos (Figura 2). Cada indicador se representó en una escala relativa de 0 a 100, donde 0 representa el menor valor de sustentabilidad y 100 representó el valor óptimo. El indicador *rendimiento de maíz* fue el único que obtuvo el puntaje máximo (100%), lo cual habla de su importancia como insumo indispensable para la alimentación del ganado. Otro indicador con puntaje elevado para los cuatro grupos fue *ph del suelo*. El indicador *manejo de efluentes* resultó ser el indicador con menor puntaje (debajo de 33.25% para los cuatro grupos), lo que indica un mal manejo en general de los efluentes por parte de todos los grupos de

UBPLPE analizados. En este sentido, el Grupo 3 obtuvo el puntaje más bajo en el indicador *uso de fertilizantes agroquímicos*, resaltando que los productores exceden su uso en los cultivos.

Figura 2. Diagrama AMIBA para la comparación de indicadores de sustentabilidad en los cuatro grupos analizados.



Discusión

Al hacer la sumatoria total de los indicadores de sustentabilidad, se mostró que en general, no se encontró gran variabilidad en los promedios para cada grupo. El Grupo 1 obtuvo como promedio en su nivel de sustentabilidad un valor de 65.96%, el Grupo 2 obtuvo 64.94%, el Grupo 3 obtuvo 64.48% y el Grupo 4 obtuvo 62.38%. Estos datos muestran un promedio general del nivel de sustentabilidad de cada grupo, pero se deben observar con detalle los resultados encontrados para cada indicador, ya que, como mencionan Arnés y Astier (2018), más que el promedio general de sustentabilidad, lo importante son los resultados por atributos y el proceso de aprendizaje que se

genera durante la investigación. A continuación, se analizan los resultados por atributo o grupo de atributos de sustentabilidad:

Productividad

Se seleccionaron indicadores estratégicos de acuerdo con los puntos críticos identificados. Dichos puntos críticos fueron baja productividad del sistema, bajos ingresos económicos, bajos rendimientos económicos e ineficiencia del sistema. Para ellos se definieron los indicadores: *producción leche/vaca/día, ingreso bruto mensual, relación beneficio-costos y rendimiento de maíz.*

De acuerdo a los resultados encontrados, los Grupos 1 y 2 fueron los más eficientes productiva y económicamente. El Grupo 1 obtuvo un promedio de 23.76 litros por vaca al día, que es superior al promedio nacional reportado para este sistema, que es de 14 litros. Si bien, este promedio es elevado para unidades de producción de pequeña escala, son pocas las UBPLPE con altos niveles de productividad. Chávez et al. (2021), quienes trabajaron con productores del municipio de Maravatío, encontraron que las UBPLPE con altos niveles de producción que sobrepasan la media nacional, representan el 22.81% de la lechería en el municipio. La producción lechera del municipio se encuentra representada en su mayoría por los Grupos 3 y 4, los cuales cuentan con bajo nivel de productividad y rentabilidad, pero representan el 77.19% de las UBPLPE que se encuentran en la región. Esto nos habla de que, si bien los productores de los Grupos 1 y 2 buscan rendimientos y ganancias económicas como sus prioridades, la mayor parte de los productores bovinos lecheros de pequeña escala del municipio priorizan distintos aspectos, como pueden ser la reproducción familiar, seguridad, autoconsumo, entre otros.

El alto nivel de producción de leche por vaca al día repercute positivamente para el productor, ya que tendrá mayores ingresos por la venta de leche. Esto le permite tener liquidez para realizar compras de insumos para la producción, principalmente para insumos alimenticios, pago de salarios, entre otros gastos. Los Grupos 3 y 4 obtuvieron valores bajos para este atributo, lo cual implica que el productor cuenta con poca liquidez. En conjunto, se encontró mayores ingresos y una mayor rentabilidad económica a medida que aumenta la productividad, siempre y cuando haya un mercado potencial para poder ofertar la producción.

Estabilidad, resiliencia y confiabilidad

En términos generales, los resultados no muestran una tendencia clara a mayor o menor nivel de productividad. Para el caso de la pluriactividad, el grupo 1 obtuvo mayor promedio (66%). Aún con esto, los grupos 2, 3 y 4 obtuvieron valores cercanos al 50%, lo que nos habla de la importancia que tiene la pluriactividad para estas unidades de pequeña escala. Dentro de las actividades económicas que llevan a cabo los productores se encuentran la ganadería, agricultura, comercio y trabajo asalariado. Como mencionan Mora y Cerón (2015), la pluriactividad representa un sello característico generalizado de la economía en los hogares rurales de países en desarrollo. En México, la mayor parte de las familias rurales son pluriactivas, ya que se convierte en una estrategia de sobrevivencia para enfrentar la pobreza o contrarrestar los efectos de la crisis en el campo (De Grammont, 2006; González et al. 2014). Para el caso de Maravatío, Michoacán, Chávez et al (2019), mencionan que los productores lecheros combinan la actividad ganadera generalmente con la agricultura, formando un binomio fundamental para la estabilidad del sistema.

Los productores de los Grupos 1 y 2 obtuvieron mayor puntaje para el manejo de efluentes (orina y excretas) (33.25% para ambos grupos). Esto se debe a que estos productores están mejor capitalizados y cuentan con maquinaria y mano de obra para retirar de las unidades de producción las excretas y orines con mayor frecuencia. Por el contrario, los productores de los Grupos 3 y 4, quienes obtuvieron un puntaje de 25% para este indicador, mencionaron que no cuentan con mano de obra ni equipo para retirar las excretas frecuentemente, por tanto, lo hacen cuando el acúmulo es considerable. Aún con esto, el valor obtenido para todos los grupos es bajo, lo que refleja que en general se realiza un mal manejo de las excretas. Lara (1998), quien trabajó con productores lecheros de pequeña escala en la región, encontró que la mayor parte de las UBPLPE no cuentan con sistemas adecuados para el manejo de excretas. Esto genera problemas de tipo sanitario y social, además de contaminación a fuentes de agua y mantos freáticos. Autores como Orozco (2007), mencionan como opciones para el manejo de efluentes el composteo, la biodigestión y el vermicomposteo, entre otras opciones.

Pese a los resultados antes mencionados, los Grupos 3 y 4, que cuenta con menor productividad y nivel tecnológico, obtuvo mejores promedios para los indicadores *materia orgánica en suelo* y *nitrógeno en suelo*. Esto remarca que, a mayor productividad, se ejerce mayor presión de producción sobre la tierra, lo que repercute en pérdida de nutrientes de importancia para los cultivos. Para el indicador uso de fertilizantes agroquímicos, los Grupos 3 y 4 obtuvieron promedios bajos; es ahí donde los productores de estos grupos deberán poner atención, ya que en el mediano y largo plazo puede generar erosión en los suelos, afectando su nivel de sustentabilidad ambiental.

Adaptabilidad

El Grupo 1 obtuvo mejores resultados para la mayor parte de los indicadores que integran este atributo. Esto se observa en indicadores como *capacitación*, *relevo generacional*, *diversificación de mercados* y *diversificación de productos* (Tabla 5). Una explicación general puede ser que los productores del Grupo 1 realizan mayores inversiones en instalaciones y equipamiento de sus UBPLPE, por tanto, se capacitan e instruyen a otros familiares, además de buscar obtener mayores ganancias al comercializar sus productos, por tanto, diversifican sus mercados y productos.

Con respecto al relevo generacional, los resultados no son muy alentadores para los grupos 2, 3 y 4 (33.5%, 16.5% y 16.5%, respectivamente). Las condiciones actuales en que se desenvuelve la producción lechera del municipio y a nivel nacional, con políticas poco favorecedoras para este sistema, han propiciado una “ruptura” generacional, donde factores como el envejecimiento de los ganaderos, las escasas oportunidades de empleo en las comunidades y la migración de la población económicamente activa, impiden que se genere un relevo generacional efectivo (Vivanco y Flores, 2005). Autores como Hierro (2007) y Jiménez-Barbosa et al. (2018), mencionan que para fortalecer el relevo generacional se deben considerar factores como la rentabilidad, la distribución temprana de tierras, la herencia de la identidad y cultura lechera, además de políticas de estímulo a la incorporación de mujeres y jóvenes en la actividad.

Los productores de los Grupos 3 y 4 diversifican más en otras especies productivas, y no se encuentran “atados” a la producción lechera. Esta estrategia de largo plazo les ha funcionado ya

que pueden optar por otras especies si notan que los precios en el mercado les favorece. Esto muestra que si bien, no son rentables económicamente como los Grupos 1 y 2, la diversificación con otras especies productivas les provee de otras fuentes de ingresos económicos.

Los resultados de los indicadores que integran este atributo muestran que la adaptabilidad de las UBPLPE tiende a aumentar conforme aumenta la productividad; sin embargo, los grupos con menor producción diversifican más con otras especies productivas, resaltando que el productor visualiza la adaptabilidad de manera más integral, sin depender de una sola especie productiva, y amortiguan y dividen el riesgo entre más opciones productivas, en caso de que el mercado no sea favorable para la producción lechera.

Equidad

En términos generales, las UBPLPE que cuentan con menor productividad y rentabilidad económica, tienden a ser más equitativas, tanto en la toma de decisiones conjunta, como en la generación de empleo familiar. Esto lo muestran los resultados obtenidos para este atributo, ya que los grupos 3 y 4 obtuvieron mejores promedios para los indicadores *toma de decisiones conjuntas* (66.6% y 53.4%, respectivamente) y *empleo familiar generado* (85% y 100%, respectivamente). Autores como FIDA, (2012), refuerzan estos resultados, ya que mencionan que la producción de pequeña escala tiende a ser sustentable y su enfoque se vuelve holístico si está basado en la equidad, puesto que se aprovechan plenamente las habilidades tanto de hombres y particularmente de mujeres, quienes tienen acceso limitado a servicios de extensión, créditos y tenencia de tierra.

Si bien, el Grupo 4 obtuvo mejores resultados para el indicador empleo familiar generado, los grupos 1, 2 y 3, también hacen uso de la mano de obra familiar para las distintas actividades que se realizan en las UBPLPE, como son: limpieza de las instalaciones, ordeño, alimentación de los animales y comercialización de la leche. La mano de obra familiar representa para la lechería de pequeña escala una de sus grandes fortalezas y principales estrategias para aprovechar el capital humano con el que se dispone en el núcleo familiar (Posadas et al. 2014). Esto les permite a las familias rurales y trabajadores asalariados encontrar ocupación y una forma de vida en sus

comunidades de origen (Arriaga et al. 1999), siendo una fuente de empleo para distintos miembros de la familia, lo que contribuye a contrarrestar la migración, e incluye aquellos familiares que difícilmente encuentran un empleo remunerado, ya sea por la edad o por no disponer del tiempo necesario (Cesín et al. 2007).

Con respecto a la toma de decisiones conjuntas, el grupo 3 obtuvo mejores resultados (66.66%), con relación a los grupos 1, 2 y 4 (53.4%, para los tres grupos). Si bien, este resultado es bajo, con relación al valor óptimo (100%), fue superior a lo reportado por Neri-Noriega et al. (2008), quienes evaluaron sistemas agrícolas de pequeña escala en Santiago Actipan, Puebla, y encontraron como resultado 40% para el sistema tradicional de referencia y 50% para el sistema alternativo mejorado. Los resultados del presente trabajo muestran que los productores consultan en ocasiones las decisiones relacionadas con las UBPLPE, principalmente las que tienen que ver con estrategias de comercialización, inversiones en equipo y maquinaria, elección de cultivos a sembrar y organización con otros productores. Deere (1990), muestra que cuando se les pregunta a los hogares quién es el responsable de las producciones, en casi dos tercios el hombre es el responsable, sin embargo, al preguntar quién toma decisiones específicas, los resultados muestran que prevalecen decisiones conjuntas en 42% para aspectos de producción, 67% sobre el uso de insumos y 88% en aspectos de comercialización. Deere y Twyman (2014), señalan que la participación de la mujer en la toma de decisiones de producciones agropecuarias no se reconoce lo suficiente y, además, no se registra en los censos agropecuarios porque culturalmente los hombres se consideran los jefes y representantes del hogar. No obstante, si se habla de agricultura, los resultados cambian. En un estudio realizado por el Banco Interamericano y el Instituto Interamericano de Desarrollo Agrícola (BID-IICA), dirigido a mujeres de 18 países de la región, concluyen que las mujeres toman parte en las tareas agrícolas y participan en una amplia gama de decisiones relacionadas con la agricultura, y, en caso de que solo una persona tome decisiones, es más probable que sea una mujer (Kleysen y Campillo, 1996). Esto nos habla de la necesidad de que los productores y sus familias participen de manera conjunta en la toma de decisiones al interior de las UBPLPE, para de esta forma, fortalecer la sustentabilidad del sistema.

Autogestión

El Grupo 3, que incluye las UBPLPE de menor producción y rentabilidad, mostró los mejores resultados para este atributo. Esto se muestra en los resultados obtenidos para los indicadores *dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein* y *organización entre productores* (100% y 82.5%, respectivamente). El grupo 4 también mostró buenos promedios para los indicadores *dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein* y *superficie propia para cultivos*. Esto resalta que, de acuerdo a los indicadores elegidos para este atributo, las UBPLPE de menor productividad y rentabilidad, fueron más autogestivas.

Los productores de los Grupos 1 y 2 obtuvieron puntaje bajo para el indicador *dependencia de insumos tecnológicos del Modelo Holstein*, lo cual nos habla que, para mantener su nivel productivo, requieren de insumos tecnológicos que eficienten su proceso y tecnologías como el ordeño mecanizado, uso de tractor y la estabulación promueven un mejor manejo. En cambio, los productores de los Grupos 3 y 4, utilizan ciertas tecnologías que apoyen la producción. Los productores de estos grupos no siempre realizan inversiones en sus UBPLPE, y priorizan las inversiones en satisfactores del hogar como alimentación, vestido y educación. Es por ello que los gastos enfocados en las UBPLPE son menores, ya que, como los productores de estos grupos mencionan, no se realizan inversiones en equipo e infraestructura debido a que las ganancias mínimas de la actividad no permiten pagar esos desembolsos.

Con relación a la organización entre productores, el Grupo 3 obtuvo mejores resultados. Los productores de este grupo mencionaron que se organizan para actividades relacionadas con los cultivos: siembra, fertilización y cosecha. Los resultados mostrados para los otros tres grupos nos hablan de que existe cierta organización, aunque también puede estar mencionando que se pague por actividades relacionadas con los cultivos, y, por lo tanto, no consideran la organización para realizar dichas actividades.

Realizando el análisis desde las dimensiones de la sustentabilidad (ambiental, económica y social), se observó que los grupos 3 y 4, es decir, aquellos que cuentan con menor nivel tecnológico y productividad, tienden a ser más sustentables en la dimensión ambiental, lo que se refleja en

indicadores como materia orgánica del suelo, pH y nitrógeno en suelo. A corto, y sobre todo a mediano y largo plazo, su sustentabilidad ambiental puede verse deteriorada si no realizan modificaciones en indicadores como manejo de efluentes y uso de fertilizantes agroquímicos, debido a los malos resultados obtenidos para estos indicadores. En la dimensión social, estos grupos son medianamente sustentables, ya que si bien, diversifican con otras especies productivas, generan empleo familiar, realizan toma de decisiones de manera conjunta y hay buena organización entre productores, obtuvieron valores medios para diversificación de mercados y productos, y valores bajos para el indicador relevo generacional, lo que puede afectar a mediano y largo plazo, debido a que puede verse limitada la transmisión del saber-hacer a las siguientes generaciones y, por ende, afectar su sustentabilidad o permanencia de las UBPLPE.

Por otra parte, los Grupos 1 y 2, integrados por las UBPLPE con mayor productividad y nivel tecnológico, resultan más sustentables en la dimensión económica, lo que se vio reflejado en indicadores como producción de leche/vaca/día, ingreso bruto y relación beneficio-coste. Desde la dimensión social, resultaron medianamente sustentables, con buenos resultados para relevo generacional y diversificación de mercados y productos, pero resultados bajos para indicadores como empleo familiar generado y alta dependencia de insumos tecnológicos del modelo Holstein. Desde la dimensión ambiental, también resultaron medianamente sustentables, obteniendo buenos resultados para indicadores como manejo de efluentes y pH del suelo, sin embargo, obtuvieron valores bajos para indicadores como materia orgánica del suelo y nitrógeno del suelo, lo cual puede afectar a mediano y largo plazo su sustentabilidad, ya que, con suelos erosionados, sus costos por alimentación pueden aumentar, reflejándose en menos ganancias económicas.

Como mencionan Toro-Mújica et al. (2011), el concepto de sustentabilidad ha sufrido un proceso de transformación, pasando de una visión exclusiva del deterioro ambiental a otra más global, en la que también son trascendentes otros aspectos, como los vinculados con la calidad de vida de las personas. Esto implica virar hacia un enfoque cada vez más integrador, que incluya otros aspectos importantes para el productor y sus familias. Los resultados mostraron que los ganaderos de los grupos 3 y 4, no están dando el mismo peso a lo económico, social y ambiental, ya que unos grupos priorizaron una dimensión u otra. Además, se observó que tienden a

diversificar con otras actividades económicas, lo que puede estar diciendo que su conceptualización de la sustentabilidad o permanencia puede ser más integral, y tiene que ver con aspectos más allá de los técnico-productivos y económicos, incluso, más allá de la actividad lechera. Es ahí donde futuras investigaciones enfocadas a evaluar la sustentabilidad deberán generar grupos de indicadores atendiendo otras dimensiones (antropológicas y psicológicas), o tal vez realizar investigaciones sobre sustentabilidad, analizándola con otros enfoques metodológicos que no incluya evaluación con indicadores, ya que, como se vio con el enfoque de sistemas, el ganadero y su familia contempla distintos componentes o subsistemas dentro de su dinámica en medio rural.

De la misma forma, futuras investigaciones pueden abarcar periodos más largos de tiempo, ya que, como se mostró en los resultados, hay indicadores que en el mediano y largo plazo pueden verse modificados y, por ende, alterar el nivel de sustentabilidad de los distintos grupos.

Conclusiones y recomendaciones

En general, los cuatro grupos obtuvieron promedios similares en sus evaluaciones de sustentabilidad. Esto remarca que contar con un nivel tecnológico alto no marcó la diferencia para ser obtener mayor nivel de sustentabilidad, ya que, como se observó, los productores contemplan muchas variables para ser sustentables, como son la diversificación de especies productivas, de mercado, la pluriactividad, mano de obra familiar, los recursos naturales, características nutricionales del suelo y su manejo, entre otras.

Sin embargo, realizando el análisis por atributos de sustentabilidad, se obtuvieron resultados variables para cada grupo. Los Grupos 1 y 2, que incluyen UBPLPE con mayor nivel de tecnología, obtuvieron mejores valores para el atributo productividad. No obstante, como menciona Chávez et al. (2021), representan una cuarta parte de las UBPLPE que se encuentran en el municipio. Estas UBPLPE resultaron tener mayor adaptabilidad, ya que el hecho de realizar grandes inversiones en infraestructura y equipo, los incita a capacitarse e instruir a otros miembros de la familia, además de buscar obtener mayores ganancias al comercializar sus productos, por tanto, diversifican sus mercados y productos.

Para atributos como estabilidad, resiliencia y confiabilidad, los resultados fueron contrastantes, ya que, los Grupos 1 y 2 cuentan con mayor infraestructura y equipo para las actividades del campo, pero obtuvieron promedios bajos, debido a una excesiva presión de producción que ejercen al suelo. Los Grupos 3 y 4, integrados por las UBPLPE menos productivas fueron más amigables con las características del suelo, pero no se deben confiar ya que utilizan en exceso fertilizantes químicos, lo cual puede perjudicar a los suelos en el largo plazo. Estos grupos 3 y 4 resultaron ser los más autogestivos debido a una menor dependencia de insumos tecnológicos, además de mostrar mayor equidad, al tener una mejor organización entre los productores. Los puntos críticos encontrados para todos los grupos fueron el mal manejo de efluentes, que puede generar deterioro en los cultivos y la alimentación en general de los animales, además de la contaminación de mantos freáticos. Así mismo, el uso excesivo de fertilizantes agroquímicos contribuye de manera negativa con la erosión del suelo y cultivos.

Futuros trabajos deberán considerar otros grupos de indicadores o dimensiones de la sustentabilidad, hasta ahora no contempladas. Así mismo, realizar análisis de sustentabilidad con otros enfoques metodológicos distintos a los utilizados hasta el momento. De igual forma, se deberá dar seguimiento a los resultados encontrados en la presente investigación, ya que a mediano y largo plazo el comportamiento de los indicadores tenderá a modificarse, lo cual afectará la continuidad del sistema.

Referencias bibliográficas

- Armstrong, D.P., Knee, J.E., Doyle, P.T., Protchard, K.E., and Gyles, N.A., 2000. Water-use efficiency on irrigated dairy farms in northern Victoria and southern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40: 643 – 653.
- Arnés, E., Astier, M., (eds) 2018. “Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos”. UNESCO, CIGA, UNAM. ISBN: 978-607-30-0870-9. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366841>
- Cavallotti Vázquez, B. 2014. Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. *El Cotidiano*, 188: 95-101.
- Chávez PLM, Espinosa OVE, Jiménez JRA, Alonso PFA, Brunett PL. 2018. La sustentabilidad de la actividad lechera en comunidades campesinas de Maravatío, Michoacán: Variaciones en el corto plazo. *Revista Latinoamericana de Educación y Estudios Interculturales*. 2(4): 61-72. http://cresur.edu.mx/OJS/index.php/RLEEI_CRESUR/article/view/279. ISSN: 2448-8801.

- Chávez Pérez, L.M.; Espinosa Ortiz, V.E.; Jiménez Jiménez, R.A.; Rendón Rendón, M.C. Diversificación de ingresos e integración laboral familiar: Estrategias para la sustentabilidad de productores lecheros en Maravatío, Michoacán. *Rev. Latinoam. Educ. Estud. Intercult. (RLEEI)* 2019, 3, 10–20.
- Chávez-Pérez, L.M.; Soriano-Robles, R.; Espinosa-Ortiz, V.E.; Miguel-Estrada, M.; Rendón-Rendón, M.C.; Jiménez-Jiménez, R.A. Does Small-Scale Livestock Production Use a High Technological Level to Survive? Evidence from Dairy Production in Northeastern Michoacán, Mexico. *Animals* 2021, 11, 2546. <https://doi.org/10.3390/ani11092546>
- Cortez Arriola. (2016). Exploring opportunities for on-farm innovations in smallholder dairy systems of Michoacán, Mexico | Wda. <https://library.wur.nl/WebQuery/wda/lang/2173042>
- Deere, Carmen Diana. 1990. *Household and Class Relations: Peasants and Landlords in Northern Peru*. Berkeley: University of California Press.
- Deere, Carmen D., & Twyman, Jennifer. (2014). ¿Quién toma las decisiones agrícolas? Mujeres propietarias en el Ecuador. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 11(3), 425-440. Recuperado en 23 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187054722014000300009&lng=es&tlng=es.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 2011;478(7369):337-42.
- Gregory P j, Ingram J s. i, Brklacich M. Climate change and food security. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 2005;360(1463):2139-48.
- Holt-Giménez E, Shattuck A, Altieri M, Herren H, Gliessman S. We Already Grow Enough Food for 10 Billion People ... and Still Can't End Hunger. *J Sustain Agric* 2012;36(6):595-8.
- Herrero M, Thornton PK, Notenbaert AM, Wood S, Msangi S, Freeman HA, et al. Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. *Science* 2010;327(5967):882-825.
- Kiers ET, Hutton MG, Denison RF. Human selection and the relaxation of legume defences against ineffective rhizobia. *Proc R Soc B Biol Sci* 2007;274(1629):3119-26.
- Hierro, F. J. H. (2007). El relevo generacional de la población agraria: La visión del derecho comunitario y la realidad del derecho interno. *Anuario de la Facultad de Derecho. Universidad de Extremadura*, 25, 143-167.
- Jiménez Barbosa, Wilson Giovanni et al. Relevo generacional para la continuidad de producción cafetera familiar. Caso municipio de Albán, Nariño-Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 67-92, dec. 2018. ISSN 2216-1201. Disponible en: <<http://www.funlam.edu.co/revistas/index.php/RCCS/article/view/3060>>. Fecha de acceso: 23 jan. 2022 doi:<https://doi.org/10.21501/22161201.3060>.
- Julca-Otiniano, Alberto, Meneses-Florián, Liliana, Blas-Sevillano, Raúl, & Bello-Amez, Segundo. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la

- agricultura. *Idesia* (Arica), 24(1), 49-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
- IFCN (2009): IFCN Dairy Report 2009: For a better understanding of milk production world-wide (International Farm Comparison Network, IFCN). Dairy Research Center, Kiel, Germany.
 - IFCN (2016): Dairy researcher and analysts agree: Milk price recovery in 2016 possible. International Farm Comparison Network, IFCN, Dairy Research Center. En: <http://www.ifcndairy.org/en/news/2016/MilkPriceRecoveryIn.Possible.php> (Consultada el 30 de agosto de 2016).
 - IPCC (2014): Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU), In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Eds (Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 - Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M. (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37: 882–901.
 - FAO. 2021. Dairy Production and Products: Production. Available online: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/en/> (accessed on 12 May 2021).
 - Flysjö A. (2012): Greenhouse gas emissions in milk and dairy product chains improving the carbon footprint of dairy products. Doctoral Thesis. Science and technology. Aarhus University.
 - Geilfus F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. IICA. SAGARPA, México.
 - Gourley, C.J.P., Aarons, S.R., and Powell, J.M., 2012. Nitrogen use efficiency and manure management practices in contrasting dairy production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 147: 73 – 81.
 - Herrera T. F. (2006). Innovaciones tecnológicas en la agricultura empresarial mexicana. Una aproximación teórica. *Gaceta Laboral*, 12(1), 0. [fecha de Consulta 8 de febrero de 2022]. ISSN: 1315-8597. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33612105>
 - Herrero, M., Thornton, P.K., Notenbaert, A.M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H.A., Bossio, D., Dixon, J., Peters, M., Van de Steeg, J., Lynam, J., Parthasathy R., P, Macmillan, S., Gerard, B., McDermott, J., Seré, C., and Rosegrant, M., 2010. Smart investment in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 327: 822 – 825.

- Ikhlef S, Ikhlef L, Brabez F et Far Z 2017: Évolution de la durabilité à court terme des exploitations bovines laitières de la zone périurbaine d'Alger. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 29, Article #61. Retrieved January 23, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/4/farz29061.html>
- INEGI Maravatío (Banco de Indicadores). 2016. Available online: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/> (accessed on 28 May 2021).
- Jiménez-Jiménez, R.; Rendón-Rendón, M.; Chávez-Pérez, L.; Espinosa-Ortiz, V. Calidad de la leche en los concursos de la vaca lechera en el sistema de producción familiar. *Abanico Agrofor*. 2020, 2, 1–11.
- Kleysen, Brenda, y Fabiola Campillo. 1996. Productoras de Alimentos en 18 Países de América Latina y el Caribe: Síntesis hemisférica. In: B. Kleysen (ed), *Productoras Agropecuarias en América del Sur*. San José, Costa Rica: BID y IICA. pp: 37-114.
- Lara V. I. (1998). Composteo aeróbico de estiércol bovino para fines agrícolas. Tesis de maestría. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Lara, Felipe (1998). "Actores y procesos en la innovación tecnológica". En: LARA, Felipe (Coordinador). *Tecnología. Conceptos, problemas y perspectivas*. Siglo Veintiuno Editores. UNAM. México.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. (2000). *Sostenibilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. México D.F. (México): MundiPrensa, GIRA, UNAM.
- Müller S (1996). ¿Cómo medir la sostenibilidad?: una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, CR, GTZ. 56 p. (Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales).
- Neri-Noriega, René, & Ocampo-Fletes, Ignacio, & Escobedo-Castillo, Juan Francisco, & Pérez-Magaña, Andrés, & Rappo-Miguez, Susana Edith (2008). La sustentabilidad de los sistemas agrícolas con pequeña irrigación. el caso de San Pablo Actipan. *Ra Ximhai*, 4(2),139-163.[fecha de Consulta 23 de Enero de 2022]. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46140208>.
- Orozco R. P. (2007). Opciones de manejo de excretas en el sistema de lechería familiar a pequeña escala. Tesis de maestría en Ciencias. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Posadas-Domínguez RR, Arriaga-Jordán CM, Martínez-Castañeda FE. (2014). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Trop Anim Health Prod*. 2014 Jan;46(1):235-40. doi: 10.1007/s11250-013-0482-4. Epub 2013 Oct 6. PMID: 24097246.
- Priego-Castillo, GA, Galmiche-Tejeda, A, Castelán-Estrada, M, Ruiz-Rosado, O, & Ortiz-Ceballos, Al. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso de unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y ciencia*, 25(1), 39-57. Recuperado en 23 de enero de 2022, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000100003&lng=es&tlng=es.

- Ruiz J F, Cerón-Muñoz M F, Barahona-Rosales R y Bolivar-Vergara D M 2017: Caracterización de sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables ambientales y sociales asociadas a la sustentabilidad. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 29, Article #7. Retrieved January 23, 2022, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/boli29007.html>
- Toro-Mújica P, García A, Gómez-Castro AG, Acero R, Perea J, Rodríguez-Estévez V. (2011). Sustentabilidad de agroecosistemas. *Archivos de Zootecnia* 60: 15-39.
- Van Keulen, H., and Breman, H., 1990. Agricultural development in the West African Sheilan region: a cure against land hunger?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 32: 177 – 197.
- Willett W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 2019;393(10170):447-92.

Discusión general de la tesis

Como lo muestran los resultados, las UBPLPE que predominan en el municipio de Maravatío son aquellas que cuentan con bajo nivel tecnológico en su dinámica productiva. Esto resalta que la mayor parte de UBPLPE en Maravatío no requieren un alto nivel tecnológico para ser funcionales y activas, a comparación de lo mencionado por autores que enfatizan que la tecnología es un factor importante para sobrevivir (Cervantes y Álvarez, 2001; Brunett et al. 2005; Espinoza et al. 2005; Camacho-Vera et al. 2017; Rangel et al. 2020).

Este fenómeno de baja utilización de tecnología no solo ocurre a nivel nacional, ya que algunos autores han descritos resultados similares en otros países en desarrollo, indicando que la mayor parte de unidades productivas pertenecientes a pequeños productores agrícolas cuentan con un nivel tecnológico bajo o que las unidades de producción más tecnificadas representan entre el 12 a 33% del total de unidades analizadas (Ngongoni et al., 2006; Barrios et al. 2019; Merma and Julca, 2012; Giorgis et al, 2011; Castel et al. 2010).

Esto nos hace suponer que la tecnología no es necesariamente el factor clave para la permanencia en este tipo de sistemas. Si bien, Cortez-Arriola et al. (2016), mencionan que los productores al querer intensificar su producción, cayeron en una “trampa de intensificación”, en esta investigación se considera que realmente los investigadores fueron quienes cayeron en una trampa de intensificación, al considerar que las mejoras tecnológicas serían suficientes para mejorar la problemática multifactorial que se vive en la ruralidad.

Los cuatro grupos que integran distintos niveles de tecnología, obtuvieron promedios similares en sus evaluaciones de sustentabilidad. Esto remarca que contar con un nivel tecnológico alto no marcó la diferencia para ser obtener mayor nivel de sustentabilidad, ya que, como se observó, los productores contemplan muchas variables para ser sustentables, como son la diversificación de especies productivas, de mercado, la pluriactividad, mano de obra familiar, los recursos naturales, características nutricionales del suelo y su manejo, entre otras.

Las UBPLPE de Maravatío, Michoacán, han sobrevivido con otras estrategias propias de la lógica campesina, la cual prioriza el autoconsumo y la utilización de la mano de obra familiar

(Chayanov, 1974; Vargas-Jiménez, 1996), y no necesariamente priorizan los aspectos económicos o de acumulación (Cardeillac y Piñeiro, 2017). La mano de obra familiar dota a estas UBPLPE de mayor resiliencia ante situaciones socioeconómicas diversas, ya que representa un costo de oportunidad bajo o nulo al no recibir un salario fijo (De Pablos-Heredero et al. 2020; Qiu y Luo, 2021). Otra fortaleza de las UBPLPE con un bajo nivel tecnológico es la diversificación de actividades dentro y fuera de la UBPLPE. Esta característica les permite diversificar los medios de vida de las familias y aumentar sus ingresos, contribuyendo a reducir su dependencia de una sola actividad y de factores no controlados por los productores (Schneider y Conterato, 2006), y aumentando su resiliencia (Cardeillac y Piñeiro, 2017), además de generar diversidad alimentaria. y recursos para el apoyo y desarrollo de las UBPLPE (Sánchez et al. 2015).

Contribución metodológica y procedimiento en general

Esta tesis se centró en analizar los factores tecnológicos, socioeconómicos y ambientales que influyen en el nivel de sustentabilidad de las unidades bovinas lecheras de pequeña escala, que cuentan con distinto nivel de tecnología y productividad en el municipio de Maravatío, Michoacán, México. Responder a este objetivo implicó combinar diferentes herramientas metodológicas. Primero, se desarrolló un análisis teórico-conceptual de la sustentabilidad, y de distintos enfoques y posturas que existe con relación al concepto, además de la descripción detallada de la metodología Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), la cual se utilizó para evaluar la sustentabilidad de las UBPLPE para la presente tesis.

Posteriormente, se analizó a la unidad bovina lechera de pequeña escala desde un enfoque de sistemas (Bertalanffy, 1973), lo cual resulta un elemento metodológico novedoso de la presente tesis, ya que implica considerar la complejidad de variables que intervienen en la dinámica de una UBPLPE. Para esto, primero se realizó una descripción del panorama que vive la producción lechera en el país, donde se describieron los diferentes sistemas en que se lleva a cabo. Posteriormente, la descripción se enfoca en la producción lechera de pequeña escala, sus características productivas y socioambientales. Después se realizó una caracterización de la zona de estudio, se profundizó en el sistema bovino de pequeña escala de la región. Se describieron sus

componentes o subsistemas, los flujos de entrada y salida y, las interacciones que se dan al interior del sistema y al exterior con el mercado. Utilizar este enfoque de sistemas fue oportuno y resulta un aporte de la tesis a la investigación sobre ganadería lechera familiar, ya que son pocos los trabajos que la utilizan al realizar caracterizaciones. Este enfoque permitió identificar las variables socioeconómicas y ambientales que se consideraron para realizar la caracterización de los distintos tipos de UBPLPE.

En el capítulo tres realizó una caracterización de las UBPLPE pertenecientes al municipio de Maravatío, Michoacán, con el fin de conocer las condiciones socioeconómicas, ambientales y técnico-productivas con las cuales desempeñan su actividad. Para seleccionar las UBPLPE a entrevistar, se realizó un muestreo aleatorio estratificado con asignación proporcional (Hernández et al. 2014), teniendo como factor de estratificación el número de cabezas de ganado lechero por hato, lo cual permitió elegir UBPLPE con distintos tamaños de hato. Para realizar la caracterización, se aplicó un Análisis de Componentes Principales, Análisis Clúster Jerárquico y Clúster de K-medias (Johnson, 2000). Elegir un análisis multivariado como herramienta estadística para realizar la caracterización de las UBPLPE del municipio de Maravatío resultó oportuno, ya que mostró un panorama más completo de las distintas condiciones tecnológico-productivas, socioeconómicas y ambientales, con que se desenvuelven las UBPLPE. En caso de haber utilizado estadística descriptiva para la caracterización, no se hubiera conseguido analizar con tal profundidad las distintas formas de producción de leche en la región.

Una vez obtenidos los distintos grupos, se eligieron tres UBPLPE por cada grupo identificado, a los cuales se evaluó el nivel de sustentabilidad con el fin de identificar las áreas de oportunidad en cada tipo de granja. Para realizar esto, se seleccionaron tres granjas por cada tipo de UBPLPE identificado, es decir, 12 UBPLPE en total, para evaluar la sustentabilidad e identificar los grupos con mayor nivel de sustentabilidad. La metodología utilizada para evaluar la sustentabilidad fue el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), propuesto por Masera et al. (1999). Utilizar esta metodología ayudó a identificar fortalezas y debilidades de cada forma de producción de leche en el municipio. La elección de tres UBPLPE por cada grupo permitió obtener información con mayor nivel de profundidad, ya que,

si se hubiese optado por un mayor número de UBPLPE a analizar, la obtención de información sería más superficial, dados los tiempos académicos definidos.

Principales hallazgos

Un primer hallazgo importante fue que el 77.19% de las UBPLPE que se encuentran en el municipio de Maravatío, Michoacán, laboran con un nivel tecnológico bajo, mientras que el 22.80% cuentan con un nivel tecnológico intermedio a alto. De hecho, seis UBPLPE de un total de 114 analizadas, cuentan con un nivel tecnológico alto, lo cual nos indica que las UBPLPE que predominan en el municipio se desenvuelven con niveles tecnológicos bajos, utilizando tecnologías adaptadas a las necesidades sentidas de los productores. Entre las innovaciones que más utilizan los grupos con nivel tecnológico alto se encuentran el uso de ordeño mecanizado, el uso del tractor, la fertilización con agroquímicos, la inseminación artificial, la capacitación y el acceso a programas gubernamentales. En cambio, dentro de las principales innovaciones tecnológicas que utilizan las UBPLPE que predominan en la región se encuentran la utilización del tractor y la fertilización con agroquímicos.

Las principales características de las UBPLPE que predominan en la región, además de contar con bajo nivel tecnológico, son: realizan ordeño dos veces al día (mañana y tarde), cuentan con fenotipo de ganado lechero Holstein principalmente y en menor medida Jersey. Una cuarta parte de las UBPLPE mantienen a sus animales en establos y el resto combinan la estabulación con el pastoreo o los mantienen en pastoreo continuo o estacional. La alimentación del ganado puede incluir pastos como rye Grass, así como alimentos concentrados, rastrojos y esquilmos agrícolas. El nivel de escolaridad promedio es primaria e integran mano de obra familiar a las actividades de las UBPLPE. Los productores diversifican hacia otras actividades económicas, como la agricultura o el trabajo asalariado, y tienen mayor experiencia en la actividad láctea, en comparación con las UBPLPE con mayor nivel tecnológico. Si bien el 43.9% de los productores reciben remesas de algún familiar que trabaja en el extranjero, principalmente en los Estados Unidos de América, la mayor parte de las remesas se utilizan para cubrir necesidades básicas como alimentación, vestido y educación. Más del 80 por ciento de la producción se destina a la

comercialización en los diferentes canales locales, principalmente a la venta de leche a intermediarios, y el resto se destina al autoconsumo y alimentación de becerros lactantes.

A partir del análisis de componentes principales realizado como parte del análisis multivariado, se encontró que no solo las variables técnico-productivas fueron relevantes para definir los componentes principales. Algunas variables socioeconómicas relacionadas con el productor y su familia fueron relevantes, como: edad del productor, años de experiencia en la actividad, nivel de escolaridad y mano de obra familiar en la actividad lechera. Los productores de las UBPLPE que predominan en la región y que cuentan con un nivel tecnológico bajo tuvieron como fortalezas el uso de la mano de obra familiar y tienden a diversificar más en otras actividades económicas, agropecuarias y no agropecuarias.

Una vez identificados los distintos tipos de UBPLPE en Maravatío, se realizó un análisis de la sustentabilidad con que cuentan. Al hacer la sumatoria total de los indicadores de sustentabilidad, se mostró que en general, no se encontró gran variabilidad en los promedios para cada grupo. El Grupo 1 obtuvo como promedio en su nivel de sustentabilidad un valor de 65.96%, el Grupo 2 obtuvo 64.94%, el Grupo 3 obtuvo 64.48% y el Grupo 4 obtuvo 62.38%. Esto remarca que contar con un nivel tecnológico alto no marcó la diferencia para ser obtener mayor nivel de sustentabilidad, ya que, como se observó, los productores contemplan muchas variables para ser sustentables, como son la diversificación de especies productivas, de mercado, la pluriactividad, mano de obra familiar, los recursos naturales, características nutricionales del suelo y su manejo, entre otras.

Si bien, autores como (Ngongoni et al., 2006; Barrios et al. 2019; Merma and Julca, 2012; Giorgis et al, 2011; Castel et al. 2010), quienes han trabajado con producciones de pequeña escala, han centrado sus investigaciones en analizar el nivel tecnológico de los distintos grupos identificados; sin embargo, un aporte novedoso que realiza la presente tesis, es que, además de analizar el nivel tecnológico de los distintos grupos identificados, pone especial énfasis en describir los factores que determinan la supervivencia y prevalencia de las UBPLPE que utilizan bajo nivel tecnológico en el municipio de Maravatío, Michoacán.

Literatura citada

- Barrios, D., Restrepo-Escobar, F. J., & Cerón-Muñoz, M. (2019). Technology adoption in dairy agribusiness. *Livestock Research for Rural Development*, 31(8). <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd31/8/cero31116.html>
- Castel, J. M., Madry, W., Gozdowski, D., Roszkowska-Madra, B., Dabrowski, M., Lupa, W., & Mena, Y. (2010). Family dairy farms in the Podlasie province, Poland: Farm typology according to farming system. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), 946–961. <https://doi.org/10.5424/sjar/2010084-1390>
- Giorgis, A., Muñoz, J. M. P., Martínez, A. G., Castro, A. G. G., Pedro, E. A. S. de, & Larrea, Í. (2011). Caracterización técnico-económica y tipología de las explotaciones lecheras de La Pampa (Argentina). *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia*, 21(4), Article 4. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15658>
- Merma, I., & Julca, A. (2012). Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba, La Convención – Cusco. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 149–159. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.02.06>
- Ngongoni, N. T., Mapiye, C., Mwale, M., & Mupeta, B. (2006). Factors affecting milk production in the smallholder dairy sector of Zimbabwe. *Livestock Research for Rural Development*, 18(5).
- Cervantes, F.; Álvarez, A. Tipología de ganaderos lecheros de los Altos de Jalisco: Propuesta en función de niveles de rentabilidad. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 2001, 2, 9–24.
- Camacho Vera, J.H.C.; Cervantes Escoto, F.C.; Palacios Rangel, M.I.P.; Cesín Vargas, A.C.; Ocampo Ledesma, J.O. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2017, 8, 259–268, doi:10.22319/rmcp.v8i3.4191.
- Brunett Pérez, L.; González Esquivel, C.; García Hernández, L.A. Evaluation of the Sustainability of Two Agro-Ecosystems for Production of Maize and Milk, Using Indicators. *Livestock Research for Rural Development* 2005, 17.
- Espinoza Ortega, A.; Álvarez Macías, A.; Del Valle, M. del C.; Chauvete, M. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2005, 43, 39–56.
- Rangel, J.; Perea, J.; De-Pablos-Heredero, C.; Espinosa-García, J.A.; Mujica, P.T.; Feijoo, M.; Barba, C.; García, A. Structural and Technological Characterization of Tropical Smallholder Farms of Dual-Purpose Cattle in Mexico. *Animals* 2020, 10, 86, doi:10.3390/ani10010086.
- Cortez Arriola. (2016). Exploring opportunities for on-farm innovations in smallholder dairy systems of Michoacán, Mexico | Wda. <https://library.wur.nl/WebQuery/wda/lang/2173042>
- Chayanoov, A.V. *La Organización de La Unidad Económica Campesina; Nueva Visión: Buenos Aires, Argentina, 1974.*
- Vargas Jiménez, M.V. Estrategias de sobrevivencia, alternativas económicas y sociales de la unidad campesina. *Pap. Poblac.* 1996, 12, 39–50.

- Cardeillac Gulla, J.; Piñeiro, D.E. Cambios en la producción familiar y empresarial del Uruguay entre 2000 y 2011. El debate entre Lenin y Chayanov revisitado. *Rev. Latinoam. Estud. Rural.* 2017, 2, 109–138.
- Sánchez Gutiérrez, R.A.; Zegbe Domínguez, J.A.; Gutiérrez Bañuelos, H. Tipificación de un sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2015, 6, 349–359.
- De-Pablos-Heredero, C.; Montes-Botella, J.L.; Garcia, A. Impact of Technological Innovation on Performance in Dairy Sheep Farms in Spain. *J. Agric. Sci. Technol.* 2020, 22, 597–610.
- Qiu, T.; Luo, B. Do Small Farms Prefer Agricultural Mechanization Services? Evidence from Wheat Production in China. *Appl. Econ.* 2021, 53, 1–12.
- Schneider, S.; Conterato, M. Transformaciones agrarias, tipos de pluriactividad y desarrollo rural: Consideraciones a partir de Brasil. In *Entre el Campo y la Ciudad: Desafíos y Estrategias de la Pluriactividad en el Agro*; Ediciones CICCUS: Buenos Aires, Argentina, 2006; pp. 307–348, ISBN 978-987-9355-23-7.
- Bertalanffy L. Von. (1973). *General Systems Theory. Foundations, Development, Application.* Revised edition. George Braziller, Nueva York, 295 pp.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Pilar Baptista Lucio, M. *Metodología de la Investigación*, 6th ed.; McGraw-Hill: México, México, 2014; ISBN 978-1-4562-2396-0.
- Johnson, D.E. *Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*; International Thomson: México, DF, México, 2000; ISBN 978-968-7529-90-5.
- Masera, O., Astier, M. & López-Ridaura, S., 1999. *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de evaluación MESMIS.* MundiPrensa-GIRA-UNAM, Mexico. 99 pp.

Conclusiones y recomendaciones

La presente tesis se enfocó en analizar los factores tecnológicos, económicos y socioambientales que influyen en el nivel de sustentabilidad de Unidades Bovinas Productoras de Leche de Pequeña Escala (UBPLPE), con distintos niveles de tecnología y producción, en el municipio de Maravatío, Michoacán. De acuerdo a los resultados, se encontró que en el municipio predominan las unidades de producción con bajo nivel tecnológico y baja productividad. Estos resultados encontrados se contraponen a la hipótesis planteada para esta tesis, ya que las unidades de producción que predominan en el municipio de Maravatío y que cuentan con un nivel tecnológico bajo, son aquellas que resultaron sustentables y no se encontró diferencia en cuanto a nivel de sustentabilidad comparándolas con las unidades de producción más tecnificadas y con mayor nivel productivo.

La unidad de análisis de la presente tesis fue la UBPLPE, que se encuentra conformada por la familia como núcleo principal, así como los subsistemas pecuario, agrícola, forestal y tienen relación con el mercado. Entre estos subsistemas se llevan a cabo relaciones de intercambio, donde se provee de insumos alimenticios e insumos para la producción. Al exterior se realizan intercambios con el mercado, donde se provee de mano de obra e insumos alimenticios como el ganado o la producción agrícola, a cambio, el mercado provee ingresos económicos e insumos para la familia y los subsistemas. En el municipio se lleva a cabo un flujo importante de mano de obra hacia el exterior con la migración, que resulta un fenómeno de importancia en la región, afectando la actividad lechera, ya que reduce la mano de obra en la región.

A partir de la descripción de los componentes que conforman las UBPLPE, se realizó una caracterización, donde se identificaron cuatro grupos de UBPLPE con distintos niveles de tecnología y producción. De estos, los Grupo 3 y 4 representan tres cuartas partes de las unidades de producción del municipio, y se caracterizan por contar con un nivel bajo de productividad, baja utilización de innovaciones tecnológicas como ordeño mecanizado y alimentación con concentrados. Los Grupos 1 y 2, que incluyen UBPLPE con mayor nivel de tecnología, representan una cuarta parte de las UBPLPE que se encuentran en el municipio.

Desde el punto de vista de la evaluación de sustentabilidad, los grupos que predominan en el municipio tienden a ser más equitativos y autogestivos, tanto en la toma de decisiones conjunta, generación de empleo familiar y dependencia de insumos tecnológicos. Sus fortalezas radican en la utilización de recursos propios como mano de obra familiar para las distintas actividades productivas, además de diversificar los ingresos familiares con otras actividades económicas como la agricultura y el comercio.

Desde el atributo Productividad, los Grupos 1 y 2, integrados por las UBPLPE con mayor productividad y nivel tecnológico, resultan más sustentables, lo que se vio reflejado en indicadores como producción de leche/vaca/día, ingreso bruto y relación beneficio-costo.

La estabilidad, resiliencia y confiabilidad del sistema tiende a mejorar en la medida que se los productores priorizan la pluriactividad como mecanismo de diversificación de ingresos económicos al hogar y con esto contrarrestar los efectos de la crisis en el campo. La presión de producción afecta las características del suelo y, por ende, genera inestabilidad del sistema. Si bien, los productores con baja productividad son más resilientes en este sentido, con el mal tratamiento que dan a las excretas y el uso indiscriminado de los fertilizantes agroquímicos, en el mediano y largo plazo pueden generar inestabilidad del sistema.

Para el caso de la adaptabilidad, se encontró que tiende a aumentar conforme aumenta la productividad, ya que son las que realizan mayores inversiones en instalaciones y equipamiento de sus UBPLPE, por tanto, se capacitan e instruyen a otros familiares, además de buscar obtener mayores ganancias al comercializar sus productos, por tanto, diversifican sus mercados y productos.

Analizar las UBPLPE desde un enfoque de sistemas, además de caracterizar en distintos grupos a las UBPLPE de acuerdo a su nivel tecnológico y productivo, y evaluar el nivel de sustentabilidad de los grupos identificados, contribuyó a mostrar un panorama integral de la dinámica que lleva a cabo la lechería de pequeña escala en el municipio, y resultó uno de los principales aportes metodológicos de esta tesis.

En la presente tesis se tomó a la UBPLPE como unidad de análisis, por lo que será importante que futuras investigaciones analicen desde la perspectiva de otros actores sociales como los intermediarios, comercializadores, consumidores, y distintos tomadores de decisiones a nivel local, regional y estatal, ya que cada uno cumple una función importante dentro de la actividad lechera del municipio de Maravatío. Así mismo, futuros trabajos enfocados a evaluar la sustentabilidad deberán considerar otras formas más holísticas de analizar la sustentabilidad, donde se incluyan aspectos como relaciones de poder, competencia-colaboración, factores psicológicos del productor, entre otros indicadores.

Como se mostró con el enfoque de sistemas, la participación del mercado es fundamental dentro de la dinámica de las UBPLPE, por lo tanto, en evaluaciones de sustentabilidad posteriores, se deberán generar indicadores o variables enfocadas en el análisis del mercado.

Se deben considerar periodos más largos para darle seguimiento a los indicadores de sustentabilidad evaluados como materia orgánica del suelo, ya que, como mostraron los resultados, existen indicadores ambientales y socioeconómicos que en el mediano y largo plazo pueden verse afectados. Por ejemplo, las variaciones climáticas como sequías o heladas, que no se incluyen generalmente en evaluaciones de sustentabilidad, afectan la producción lechera de distintas formas, impactando en la resiliencia del sistema.

El diálogo con los productores es importante, al momento de generar los indicadores y darle seguimiento, ya que parte de estos indicadores deberán surgir de sus necesidades sentidas. De esta forma ellos mostrarán mayor interés y se integrarán como sujetos activos en la investigación, participando en la construcción de indicadores, dando seguimiento a los mismos y siendo beneficiados con el análisis de la información obtenida.

Es importante que los planes de desarrollo que se desarrollen incluyan políticas diferenciadas para cada grupo encontrado, ya que sus objetivos y necesidades son distintas. No solo será importante generar las políticas y acciones por parte de distintos tomadores de decisiones, sino también darle seguimiento con indicadores de impacto, para saber si se están generando cambios o se tendrán que reajustar dichas políticas implementadas.

Dentro de considerar nuevas formas de evaluar la sustentabilidad se deben examinar otros aspectos que no se han contemplado hasta el momento, por ejemplo, el sentido de pertenencia de las personas a su comunidad o el “sentirse ganadero”, pueden ser factores que dentro del imaginario colectivo de las personas que han estado ausentes en su comunidad por cuestiones de migración, los impulse a entrar en la actividad lechera. De igual forma, pueden existir factores que obliguen a las personas a abandonar la actividad, como enfermedades, violencia y crimen organizado y desintegración familiar, o nuevas actividades productivas que dejen mejores ganancias económicas, y aunque en las evaluaciones de sustentabilidad se pueden obtener puntajes altos o nivel de sustentabilidad alto, no se pueden dejar de considerar estos factores que puedan estar influyendo en la toma de decisiones de los productores.