



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN
EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA
NEVADO DE TOLUCA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

JUANA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Junio 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL
ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO
DE TOLUCA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

JUANA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

COMITÉ DE TUTORES

TUTORA ACADÉMICA

**DRA. JULIETA G. ESTRADA
FLORES**

TUTORES ADJUNTOS

**DR. CARLOS M. ARRIAGA JORDÁN.
DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO.**

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Junio 2020

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA

Contenido

Lista de tablas	V
Lista de figuras	VI
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 COMUNIDADES LOCALES EN LAS ANP	7
2.1.1 Conocimiento local y evaluación de la sostenibilidad en Áreas Protegidas....	7
2.2 SOSTENIBILIDAD	8
2.2.1 El desarrollo sostenible y la relevancia de los acuerdos globales	9
2.2.2 Evaluación de la sostenibilidad	11
2.2.3 Herramientas de evaluación de la sostenibilidad.....	12
2.2.4 Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS).....	13
2.2.5 Marco de Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación	14
2.2.6 El método RISE (<i>Response-Inducing Sustainability Evaluation</i>)	15
2.2.7 Metodología para evaluar la sostenibilidad en el APFFNT	16
2.3 HISTORIA Y NORMATIVA DEL NEVADO DE TOLUCA	18
2.3.1 Antecedentes históricos y degradación del área natural protegida	18
2.3.2 Programa de manejo del APFFNT	22
2.4 DESAFÍOS DE LA GANADERÍA EN LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	26
3. JUSTIFICACIÓN.....	31
4. HIPÓTESIS.....	32
5. OBJETIVOS.....	33
5.1 General	33
5.2. Específicos	33
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34

6.1 Localización de la zona de estudio.....	35
6.2 Obtención y análisis de datos.....	36
6.3 Uso del tiempo	37
6.4 Análisis financiero.....	38
6.5 Análisis de la sostenibilidad.....	38
7. RESULTADOS	40
7.1 Artículo publicado 1. "Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México"	41
7.2 Artículo enviado 2. "Livestock activity as a socioecological system: The case of Agua Blanca in Nevado de Toluca, Mexico."	53
7.3 Artículo enviado 3. "Livestock in the sustainability of changing livelihoods in high mountain communities in a Natural Protected Area in Central Mexico"	73
8. DISCUSIÓN GENERAL.....	101
8.1 Caracterización del manejo de los sistemas de producción agropecuarios en Agua Blanca	102
8.2 Evaluación de la sostenibilidad en los sistemas de producción ganadera de Agua Blanca	109
8.3 Recomendaciones con base a los resultados de sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera de Agua Blanca.....	118
9. CONCLUSIONES GENERALES	120
10. LITERATURA CITADA	122
11. ANEXOS.....	137

Lista de tablas

Tabla 1. Escalas, componentes e indicadores del método IDEA.....	17
Tabla 2. Antecedentes históricos del Nevado de Toluca.	18
Tabla 3. Actividades permitidas en las subzonas de Agua Blanca.	23
Tabla 4. Actividades no permitidas para las dos subzonas de la localidad de Agua Blanca.....	24
Tabla 5. Animales domésticos reportados por la literatura en diferentes ANPs.	27
Tabla 6. Resumen de indicadores modificados para evaluar la sostenibilidad en Agua Blanca.	39
Tabla 7. Resumen de los niveles de sostenibilidad de la literatura citada.....	110

Lista de figuras

Figura 1. Tres escalas de la sostenibilidad.	11
Figura 2. Dimensiones y temas de sostenibilidad de SAFA.	15
Figura 3. Esquema metodológico.	35
Figura 4. Localización de Agua Blanca municipio de Zinacantepec, Estado de México.	36

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA

RESUMEN

El papel del ganado en las comunidades que habitan las áreas naturales protegidas a menudo es fuertemente debatido, pero poco explorado. En el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) se realizan diferentes actividades productivas. La actividad ganadera se vincula a las economías campesinas de subsistencia; sin embargo, se desconoce si las actividades de los pobladores entorno a la ganadería son sustentables. El objetivo de este trabajo fue evaluar la sostenibilidad de la actividad ganadera por medio del Método IDEA de una pequeña localidad dentro del APFFNT, durante un año. Se calcularon indicadores de sostenibilidad tanto para la época de secas y lluvias. La sostenibilidad global está limitada por la escala económica (especialmente en época de secas) mientras que sus mayores fortalezas recaen en la escala agro-ecológica en ambas épocas. Las bajas puntuaciones de ciertos indicadores evidencian carencias en la formación de los productores, falta de asistencia técnica, deficiencias en infraestructura local y los sistemas productivos para las cuales se requiere apoyo institucional y una revisión de la normativa del Área Natural Protegida (ANP). Este trabajo constituye una herramienta de utilidad para mejorar la sostenibilidad de estos sistemas agropecuarios que bien gestionados pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales y aportar servicios ecosistémicos relevantes para el resto de la sociedad.

Palabras Clave: silvopastoril, área natural protegida; ganadería, estacional, método IDEA, conocimiento ecológico local.

ABSTRACT

The role of livestock in communities inhabiting natural protected areas is often strongly debated, but it is little explored. Different productive activities are carried out in the mountain Protected Area for Flora and Fauna 'Nevado de Toluca' (PAFFNT). Livestock activity linked to peasant subsistence economies; however, it is unknown if the activities of the inhabitants around livestock are sustainable. The objective of this work was to evaluate the sustainability of the livestock activity by means of the IDEA Method of a small locality within the PAFFNT, during a year. Sustainability indicators were calculated for both the dry and rainy seasons. Global sustainability is limited by the economic scale (especially in the dry season), while its greatest strengths lie in the agroecological scale in both periods. The low scores of certain indicators show deficiencies in the training of producers, lack of technical assistance, deficiencies in local infrastructure and production systems for which institutional support and a revision of the PAFFNT regulations are required. This work constitutes a useful tool to improve the sustainability of these farming systems that, if well managed, can improve the quality of life of rural communities and provide relevant ecosystem services for the rest of society.

Keywords: silvopastoral, natural protected area, livestock, seasonality, IDEA method, local ecological knowledge.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD GANADERA EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA

1. INTRODUCCIÓN

Nuestra civilización enfrenta complejos retos ambientales derivados de los patrones de consumo y explotación de los recursos naturales que amenazan seriamente a la diversidad biológica y cultural, así como a la resiliencia de las comunidades humanas y los ecosistemas en los que habitan. Para frenar esta tendencia es necesario que los sistemas productivos y los modos de vida sean redirigidos hacia estrategias más sostenibles (FAO, 2018).

Entre los enclaves más vulnerables a los efectos negativos derivados de las actividades humanas insostenibles destacan los territorios montañosos, pues albergan especies animales y vegetales adaptadas a condiciones ambientales en muchos casos extremas y que están siendo modificadas debido al cambio climático, los cambios en los usos de suelo, etc.

Se calcula que una décima parte de la humanidad obtiene su sustento directamente de las montañas, y éste consta en gran medida de productos generados en explotaciones ganaderas. Esta actividad productiva tiende a ser dominante frente a otras en las zonas donde la pendiente, el aislamiento, los rigores climáticos, etc. dificultan el desarrollo de otros sistemas productivos (Price, 1998). Bajo esas condiciones las prácticas agropecuarias constituyen la principal fuente para la capitalización de los habitantes y provee los recursos imprescindibles para su subsistencia (Lasanta, 2010) a la vez que ejerce una potente acción modeladora de los paisajes rurales (González Díaz et al., 2019).

Entre los territorios montañosos de especial interés para el desarrollo de estrategias ganaderas sostenibles destacan los ubicados en zonas protegidas ya que es ahí donde deben conciliarse de forma eficiente los objetivos de producción y conservación medioambiental que garanticen la supervivencia de especies o hábitats especialmente vulnerables a los cambios en las condiciones de los recursos naturales.

Este trabajo se centra en la localidad de montaña Agua Blanca, localizada en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) (CONANP, 2016). Dentro del APFFNT se ubican 16 localidades rurales, con una población total de 5297 habitantes. El APFFNT abarca parte de los siguientes municipios del Estado de México: Almoloya de Juárez, Amanalco, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zinacantepec (INEGI, 2010, citado por CONANP, 2016).

El Nevado de Toluca es una montaña que ocupa el cuarto lugar dentro de las cumbres más altas de México con una elevación de 4660 m s.n.m. (CONANP, 2013), el APFFNT está sujeta a una gran diversidad de actividades agropecuarias; sin embargo, al ser un área natural protegida (ANP) sus habitantes encuentran restricciones en el uso de los recursos naturales, lo que plantea un dilema ético de difícil solución entre la exclusión y el derecho al acceso de dichos recursos, lo que impacta en los modos de vida pues en los países en desarrollo, muchos hogares dependen de la agricultura, la ganadería y los recursos naturales. Esto conduce a un planteamiento necesario para analizar cómo los hogares dentro de la ANP integran el uso de estos capitales en un conjunto de diversas estrategias, en respuesta a las condiciones de vulnerabilidad en que se desenvuelven (Hernández Valenzuela et al., 2016). Por otra parte, la gestión ambiental basada en las ciencias naturales no ha frenado el deterioro ambiental, por lo que es recomendable considerar las características sociales, culturales y económicas relevantes para los propietarios y usuarios de los recursos naturales, para incluirlas en la generación de políticas públicas ambientales (Challenger et al., 2014).

En muchas áreas de montaña la ganadería extensiva ha sido la principal actividad económica para la capitalización de sus habitantes y pueblos. La agricultura aportaba lo imprescindible para la subsistencia, mientras que el ganado ofrecía los productos vendibles al exterior y, por tanto, los ingresos económicos (Lasanta, 2010). El propósito del presente trabajo fue caracterizar el sistema de producción pecuario y evaluar la sostenibilidad del sistema de la actividad ganadera de la localidad de Agua Blanca ubicada dentro del APFFNT, identificar sus fortalezas y debilidades y si éstas se circunscriben a épocas concretas del año. Para lograr el

objetivo se realizó un análisis integrado de la información obtenida a partir de una batería de indicadores de sostenibilidad junto con la derivada del conocimiento ecológico local de las comunidades que habitan la zona.

Esta investigación se llevó a cabo bajo los principios de la ética, los productores de la localidad de Agua Blanca fueron previamente informados sobre el objetivo del estudio para obtener su consentimiento. Cabe resaltar que las fotografías y entrevistas expuestas en el presente trabajo se obtuvieron con el consentimiento de los productores.

2. REVISIÓN DE LITERATURA



2.1 COMUNIDADES LOCALES EN LAS ANP

Alrededor del mundo las áreas protegidas son vistas como una herramienta para conservar la biodiversidad, no obstante, están sujetas a conflictos socioambientales entre los diversos actores. En una encuesta mundial aplicada a los Parques Nacionales, se detectaron problemas asociados con la captura ilegal de fauna silvestre, colecta de material vegetal, malas relaciones con los habitantes de la región y demandas por los recursos del parque (Defries, 2017). Las comunidades tradicionales obtienen recursos fundamentales (alimento, leña y materiales de construcción) desde su ambiente inmediato, por lo que el acceso limitado a los mismos, puede comprometer seriamente su supervivencia (Primack, 2001; Defries, 2017). Por contraposición, las estrategias integradoras de acceso a los recursos favorecen que las comunidades pobres, más que otros grupos sociales, tienden a emprender acciones directas para proteger y mejorar el medio ambiente (Barkin, 2012).

2.1.1 Conocimiento local y evaluación de la sostenibilidad en Áreas Protegidas

Una fuente de conocimiento sobre la situación actual y la evolución de los recursos naturales, la constituyen las propias comunidades locales, las cuales cuentan con un conocimiento ecológico local de su entorno basado en su experiencia y adaptación para optimizar el aprovechamiento de los recursos locales. Este conocimiento les permite valorar los cambios acontecidos desde una perspectiva global, atendiendo a los componentes socioeconómico y ambiental, así como estimar cuáles han sido las causas de estos cambios y sus posibles consecuencias (Santana-Medina, 2012).

El conocimiento local, se transmite a través de las generaciones en forma oral, se basa en una cosmovisión orientada, entorno a la compleja interacción entre el conocimiento ambiental, el uso de recursos y costumbres (Fritz-Vietta et al., 2017).

Sin embargo, estos sistemas de valoración han recibido escasa atención por parte de la comunidad científica a pesar de su potencial para implementar estrategias adaptadas a las condiciones locales, y con frecuencia son ignorados en la toma de decisiones ejecutada por agentes externos a las comunidades (Santana-Medina, 2012).

La valoración de la sostenibilidad de los sistemas ganaderos requiere un análisis global de los aspectos económicos, ambientales y sociales que están operando sobre un territorio. En dicho análisis la integración tanto del conocimiento científico y del conocimiento local ofrece un gran potencial para desarrollar sistemas agropecuarios sostenibles adaptados a las condiciones locales y mejor valorados por las comunidades locales (Caro-Borrero et al., 2017). Dentro de los objetivos de evaluación de la sostenibilidad se encuentran: proporcionar información relevante, verídica y oportuna para la toma de decisiones en función de lograr la sostenibilidad en diferentes ámbitos; el monitoreo continuo de las condiciones y tendencias de un sector en particular para proveer información específica para los gestores y ejecutores de políticas y para los administradores de recursos, ser un instrumento de planeación y diseño de sistemas de manejo de los recursos naturales, e identificar, priorizar y determinar la tendencia de los problemas de un sistema (Maserá et al., 1999; Santana Medina, 2012; PNUD, 2019).

Un escenario clave para abordar la sostenibilidad en toda su complejidad, son las zonas que por su gran riqueza natural han sido declaradas como áreas de protección mediante figuras legales tales como las áreas naturales protegidas, bien sea de ámbito nacional, regional o local (Riemann et al., 2011). Como consecuencia de políticas agrarias, ambientales, de tradición y economía de las comunidades que habitan estas áreas, se generaron conflictos por el uso del suelo y una aparente disyuntiva de intereses entre las instituciones y la población local (Santana-Medina, 2012).

2.2 SOSTENIBILIDAD

El concepto de sostenibilidad tiene su origen de la raíz latina de la palabra “sustainability” es *sus tenere*- “atrapar” o “mantener” (Jacques, 2015), pero la definición más ampliamente utilizada la definió la Comisión Brundtland en el año 1987, cuando se publicó el documento “nuestro futuro común” mejor conocido como el “Reporte Brundtland” llamado así por la primer ministra Noruega Gro Harlem Brundtland, ella presidió la Comisión (UN, 1987; Ayers, 2017). En dicho documento se definió a la sostenibilidad como un desarrollo que “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades propias”. Sin embargo, estas definiciones son solo el comienzo ya que la sostenibilidad global implica el crecimiento económico, integridad ecológica y justicia en todo el mundo (UN, 1987; Jacques, 2015).

2.2.1 El desarrollo sostenible y la relevancia de los acuerdos globales

El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades de consumo de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. Se han realizado diversos acuerdos globales para alcanzar el desarrollo sostenible. En septiembre del año 2000 se celebró, en Nueva York, la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas. En dicho evento, los líderes de 189 naciones se comprometieron con el contenido de la Declaración del Milenio: compuesta por los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los cuales tenían una vigencia de 15 años, estos objetivos buscaban atender las necesidades humanas más apremiantes y los derechos fundamentales que todos los seres humanos deberían disfrutar. Posteriormente, se realizó una evaluación de cuántos logros se habían alcanzado (ONU, s/f). Con base a esto, los representantes de los países del mundo en el 2015 se reunieron para redefinir las metas para el periodo 2015 al 2030.

En 2015 se optó por adoptar una nueva agenda para el desarrollo sostenible, la cual contiene 17 objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas que buscan erradicar la pobreza, combatir desigualdades, promover la prosperidad y al mismo tiempo proteger el medio ambiente. La nueva agenda da continuidad a los ODM, pero de una forma más amplia y profunda a través de los ODS, sin dejar a nadie

atrás. Por consiguiente, se firmaron importantes acuerdos para el desarrollo sostenible:

- El marco Sendai
- La agenda Addis Abeba
- Acuerdo de París

El marco Sendai hace énfasis en las personas y en la prevención del riesgo, es decir, procurar que las personas y las comunidades no se expongan al riesgo, así como a disminuir todas nuestras prácticas que puedan implicar un desastre.

Cuando se siguen los principios del desarrollo sostenible, los beneficios ambientales surgen como consecuencia de los cambios en las actitudes y comportamientos humanos, la utilización de recursos y las aplicaciones de la tecnología. La agenda Addis Abeba es el instrumento financiero para ejecutar las acciones previstas en los planes de acción estipulados en la agenda 2030. Finalmente, el acuerdo de París donde se comprometen a reducir el uso de combustibles fósiles que son los principales responsables de las emisiones de los gases de efecto invernadero, el compromiso es mantenernos por debajo de los 2 grados. Si superamos esta cifra, esto resultaría en múltiples impactos del cambio climático. En el sector agrícola resultaría en una pérdida de productividad de los suelos, escasez o exceso de lluvia, las sequías impactarían en la humanidad con problemas de seguridad alimentaria y nutricional.

Es muy importante comprender que el sector agropecuario tiene un gran impacto en la agenda 2030. Las actividades agrícolas y pecuarias están representadas en varios ODS, aunque de forma transversal están en todos. Pero se puede destacar, en el fin de la pobreza, siendo que el sector agropecuario genera empleos y provee medios de vida para muchas personas, fortalecerlo ayudará a dar fin a la pobreza. En el ODS 2, “hambre cero”, claramente identificamos como parte de las metas al mantenimiento de la diversidad genética de semillas, plantas y de animales de granja, estimular la agricultura familiar, la agricultura orgánica y todos aquellos mecanismos, innovaciones tecnológicas que ayuden a aumentar la capacidad agrícola, es decir, producir más, producir mejor, pero de forma responsable con el ambiente (ODM, 2020).

2.2.2 Evaluación de la sostenibilidad

En agricultura, la evaluación en la granja es esencial para guiar a los granjeros con sus decisiones de manejo (Thivierge et al., 2014). Para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, se han desarrollado diversas metodologías. Por lo general, se consideran tres componentes para los agroecosistemas: ambiental, social y económico.

La sostenibilidad utiliza métodos científicos rigurosos para comprender mejor las relaciones entre los humanos y el medio ambiente con el propósito de promover un futuro sostenible (Ayers, 2017). En la Figura 1 se muestran los tres componentes de la sostenibilidad: sociales, económicos y ambientales.

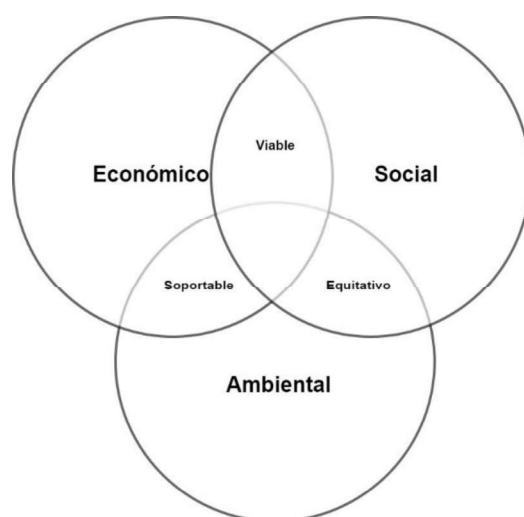


Figura 1. Tres escalas de la sostenibilidad.

La sostenibilidad ambiental está relacionada con el manejo de insumos y el impacto ambiental que las actividades dentro de la granja pueden tener. Angón y colaboradores (2016) mencionan que esta se refiere al mundo físico donde se desarrolla la actividad agrícola o ganadera en nuestro caso. Los atributos de esta dimensión pueden ser de naturaleza renovable o no renovable.

La dimensión social incluye a su vez una dimensión social interna que se relaciona con el bienestar del agricultor y su familia, así como una dimensión social externa con respecto a las demandas de la sociedad. Desde la dimensión social surgen tres

conceptos que están básicamente relacionados con los sistemas agrícolas y ganaderos, estos son: la autosuficiencia, la autonomía y el desarrollo endógeno y local (Angón et al., 2016). Los indicadores sociales pueden ser cualitativos, como las autoevaluaciones del agricultor, o cuantitativos, con diferentes niveles de agregación, que van desde datos brutos hasta indicadores compuestos. Los indicadores cualitativos consisten en autoevaluaciones del agricultor, por ejemplo, sobre su calidad de vida (Vilain et al., 2008).

La sostenibilidad económica se define como la viabilidad económica de los sistemas agrícolas, o dicho de otra forma su capacidad de ser rentables. En términos generales, los indicadores económicos son principalmente cuantitativos (Lebacqz et al., 2013).

Además de estas dimensiones, parte de la literatura también distingue los factores relacionados con la gobernanza que abordan las estructuras de toma de decisiones, las instituciones y las regulaciones entre los múltiples actores involucrados (FAO, 2014).

Los factores que afectan la sostenibilidad de los sistemas agrícolas de montaña son muchos y están estrechamente relacionados. A nivel de finca, los aspectos técnicos y sociales deben considerarse en relación con los impactos ambientales, al igual que el contexto socioeconómico (Battaglini et al., 2014).

2.2.3 Herramientas de evaluación de la sostenibilidad

La pobreza y las prácticas insostenibles de gestión de los recursos naturales siguen siendo endémicas en varios territorios campesinos; sin embargo, las iniciativas para mejorar las estrategias de medios de vida también están surgiendo a través de la creatividad y la motivación de las partes interesadas locales y el apoyo de organizaciones externas y gobiernos. Dichas iniciativas a menudo implican la recuperación de prácticas de gestión tradicionales para la conservación y restauración del suelo, el desarrollo de tecnologías eficientes y limpias adecuadas para las prácticas y preferencias culturales locales, y sistemas agrosilvopastoriles integrados, entre otras opciones (Astier et al., 2012).

Actualmente se cuenta con una amplia variedad de herramientas para evaluar el desempeño sostenible de las granjas. A continuación, se detallan algunos marcos de evaluación de la sostenibilidad.

2.2.4 Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (MESMIS)

El MESMIS es una metodología para evaluar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales (Matera et al., 1999). Tiene como base los sistemas de producción campesinos y, debido a sus características, constituye una herramienta en permanente construcción.

El MESMIS es una herramienta metodológica que cubre los siguientes aspectos:

- Ayuda a evaluar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, con énfasis en el contexto de los productores campesinos y en el ámbito local, desde la parcela hasta la comunidad.
- Brinda una reflexión crítica destinada a mejorar las posibilidades para sostenibilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico.
- Busca entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sostenibilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico.
- Evalúa la sostenibilidad *comparativa* de los sistemas de manejo, ya sea mediante la confrontación de uno o más sistemas alternativos con un sistema de referencia o bien mediante la observación de los cambios de las propiedades de un sistema de manejo particular a lo largo del tiempo.
- Presenta una estructura flexible para adaptarse a diferentes niveles de información y capacidades técnicas disponibles. Asimismo, propone un proceso de evaluación participativo que enfatiza dinámicas de grupo una retroalimentación continua del equipo evaluador.

La estructura del MESMIS parte de un enfoque sistémico y multidimensional. En el que el sistema es evaluado en siete atributos o propiedades: productividad,

estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad. La evaluación debe ser comparativa y cíclica. Generalmente comienza con la definición y caracterización del sistema como primer paso, hasta llegar a la integración de los indicadores y la elaboración de conclusiones y recomendaciones (Astier y Hollands, 2007).

2.2.5 Marco de Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación

El 18 de octubre de 2013, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés: *Food and Agriculture Organization*) propuso un marco de evaluación de la sostenibilidad que constituye una referencia internacional para el desarrollo sostenible en el ámbito de la agricultura y la alimentación (FAO, 2020).

El marco de Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación o (SAFA) define los elementos de sostenibilidad y un marco para evaluar las sinergias entre todas las dimensiones de la sostenibilidad. La visión rectora de SAFA es que el sistema alimentario y agrícola en todo el mundo debe tener cuatro características: buena gobernanza, integridad ambiental, bienestar social y resiliencia económica (Figura 2) (FAO, 2014).

La evaluación del desempeño de la sostenibilidad mediante la metodología SAFA pasa por el desarrollo de las cuatro etapas fundamentales: mapeo, contextualización, indicadores e informe final.



Figura 2. Dimensiones y temas de sostenibilidad de SAFA.
 Elaboración propia con base en FAO (2014).

2.2.6 El método RISE (*Response-Inducing Sustainability Evaluation*)

Es un método desarrollado en la Escuela de Ciencias Agrícolas, Forestales y Alimentarias (HAFL) en Suiza (*Swiss College of Agriculture-SHL*) (Grenz et al., 2016), basado en indicadores para la evaluación integral de la sostenibilidad de la producción agrícola a nivel de finca. El método RISE cuenta con tres versiones que han sido modificadas con base a las experiencias de los usuarios. La versión 3.0 de RISE tiene un carácter parcialmente genérico, reflejado por un conjunto de indicadores flexibles, para reflejar mejor la diversidad de las condiciones de producción en el sector agrícola y los diferentes requisitos de sus usuarios (Grenz et al., 2016).

En una comparación de 48 herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en indicadores, la metodología RISE fue considerada como la herramienta más

relevante. A pesar de ello, los agricultores expresaron sus dudas para aplicar los resultados de las cuatro herramientas en su toma de decisiones y gestión. Además, identificaron limitaciones en sus opciones para mejorar su desempeño en sostenibilidad. Por lo que, se necesitan esfuerzos adicionales para ayudar a los agricultores a utilizar los resultados en su toma de decisiones. Por lo tanto, los resultados de las herramientas de evaluación de sostenibilidad deben considerarse como un punto de partida para la discusión, la reflexión y el aprendizaje (Olde et al., 2016).

2.2.7 Metodología para evaluar la sostenibilidad en el APFFNT

La sostenibilidad es un concepto que debe ser analizado de acuerdo al contexto social en que se lleva a cabo el análisis y la implementación de alternativas. Este proceso de evaluación se convierte en una valiosa herramienta de planeación, ya que sienta las bases para diseñar, implementar y evaluar de forma dinámica estrategias que tiendan a mejorar las características socioambientales de los sistemas de manejo, así como para afinar la metodología utilizada para la evaluación (Maser et al., 1999).

Con base al contexto prevaleciente en el área de estudio y de acuerdo a las características de la zona, se decidió utilizar el método IDEA (por sus siglas en Francés: *Indicateur de durabilité des exploitations agricoles*), fue desarrollado por un equipo multidisciplinario de investigadores y partes interesadas en Francia, está centrado en la evaluación integral la sostenibilidad de un sistema de producción a través de 42 indicadores agrupados en 10 componentes que tienen en cuenta las diferentes escalas de la sostenibilidad: agroecológica, socio-territorial y económica (Tabla 1) (Zahm et al., 2008). Mediante este método se obtiene un puntaje de 0 a 100 para cada una de las escalas (Vilain et al., 2008) y posteriormente se ponderan los resultados de manera que el nivel de sostenibilidad es el de la escala con menor puntuación e indicará la limitante para el sistema. Los indicadores a nivel de producción local deben reflejar las características específicas del sitio. Un indicador se define como "una variable que proporciona información sobre otras variables de

difícil acceso y puede utilizarse como punto de referencia para tomar una decisión” (Lebacqz et al., 2013).

Tabla 1. Escalas, componentes e indicadores del método IDEA.

Dimensión (3)	Componentes (10)	Indicadores (42)
Agroecológica	Diversidad	Diversidad de cultivos anuales y temporales (A1), diversidad de cultivos perennes (A2), diversidad animal (A3) y valorización y conservación del patrimonio genético (A4).
	Organización del espacio	Rotación de cultivos (A5), tamaño de parcelas (A6), manejo de la materia orgánica (A7), zonas de regulación ecológica (A8), contribución a los desafíos ambientales del territorio (A9), carga animal (A10) y manejo de superficies forrajeras (A11).
	Prácticas agrícolas	Fertilización (A12), Efluentes orgánicos líquidos (A13), Plaguicidas (A14), Tratamientos veterinarios (A15), Protección del recurso suelo (A16), Manejo del agua (A17), Dependencia energética (A18).
Socio-territorial	Calidad de los productos y del territorio	Calidad del estiércol producido (B1), aprovechamiento del patrimonio construido y del paisaje (B2), Manejo de desechos no orgánicos (B3), accesibilidad del espacio (B4) y participación social (B5).
	Empleo y servicios	Valorización de cadenas de valor cortas (B6), autonomía y valorización de los recursos locales (B7), servicios y actividades múltiples (B9), trabajo colectivo (B10), Factibilidad de la sostenibilidad agropecuaria (B11).
	Ética y desarrollo humano	Dependencia de concentrados comerciales (B12), bienestar animal (B13), formación (B14), intensidad del trabajo (B15), calidad de vida (B16), aislamiento (B17), calidad de las construcciones (B18).
Económica	Viabilidad económica	Viabilidad económica (C1), tasa de especialización económica (C2).
	Independencia	Autonomía financiera (C3), sensibilidad a subsidios del gobierno (C4).
	Transmisibilidad	Transmisibilidad (C5)
	Eficiencia	Eficiencia en los procesos productivos (C6).

Fuente: Elaboración propia basado en Zahm y colaboradores (2008).

La agricultura sostenible es económicamente viable, ecológicamente racional, socialmente justa y humana. Contribuye, por un lado, a la sostenibilidad del territorio en el que está anclado por la multifuncionalidad de sus actividades y, por otro lado, a la prestación de servicios ambientales (Zahm et al, 2015).

2.3 HISTORIA Y NORMATIVA DEL NEVADO DE TOLUCA

2.3.1 Antecedentes históricos y degradación del área natural protegida

La degradación ambiental de los ecosistemas en ANPs de México obedecen a diversos factores institucionales y sociales por lo que conviene tener en cuenta los diversos análisis existentes que condicionan la influencia y los beneficios de la política ambiental.

Existen diversos debates a favor y en contra de la conservación y protección de los recursos naturales, es por ello que para comprender a profundidad las causas y los procesos detrás de los conflictos, es necesario entender las razones históricas por las que existen poblaciones haciendo uso de los recursos naturales de las áreas protegidas. Considerando que, la explotación de los bosques templados en forma intensiva, es un fenómeno que se inició después de la conquista (Challenger, 2003). En el caso del Nevado de Toluca se pueden identificar una serie de eventos históricos que condicionan el uso de suelo por parte de las poblaciones locales. En la tabla 2, que ilustran el tipo de uso que se le dio históricamente a esta zona.

Tabla 2. Antecedentes históricos del Nevado de Toluca.

Fecha	Acontecimiento
Antes del siglo XVI	El valle de Toluca estaba ocupado por pueblos matlatzincas, mazahuas y otomíes.
18 julio 1539	Una vez consumada la conquista española, los territorios en torno al Nevado de Toluca pasaron a formar parte de la dotación de tierras que, a manera de encomienda ¹ , se otorgaron a Alonso de Ávila, subalterno de Hernán Cortés. Con el tiempo, la encomienda pasó a ser una gran hacienda dedicada principalmente a la explotación ganadera.

¹ "Encomiendas" implicaban sólo la utilización del "servicio" indígena, esto es de su mano de obra y no incluían la propiedad de terrenos donde los indígenas se asentaban. Fue un sistema por medio del cual la corona delegó en los particulares parte de sus responsabilidades de evangelización, a cambio de facilitar a los inmigrantes peninsulares un modo de obtener riquezas, ya que la tierra en esa época no era valiosa.

Mediados del siglo XVI	La porción de terrenos en torno al Nevado de Toluca pasó a manos de la familia Sámano recibiendo el nombre de hacienda de Nuestra Señora de la Candelaria.
Siglo XVI	Se detuvo la explotación superficial y desmedida de minerales debido al agotamiento de ellos y a la disminución de mano de obra, producto de un alto índice de mortalidad indígena.
	Se comienza al cultivar granos como el trigo y árboles frutales, así como la cría de animales.
1663	Don José Sámano le dio el nombre de "Hacienda La Gavia", éste, nunca poseyó la hacienda, pero la bautizó así cuando al ver el plano de la propiedad comentó que el contorno tenía la forma de la vela mayor de los navíos, llamada precisamente gavia.
1708	Benita Cesatti viuda de Carlos de Sámano Salamanca vendió "La Gavia" por 34 mil pesos a Pedro Ximénez de los Cobos.
1715	Pedro Ximénez de los Cobos vendió "La Gavia" a los jesuitas.
	Los jesuitas unieron la nueva adquisición con sus tierras del sur alcanzando 136 mil hectáreas incluyendo: Suchitepec, Villa Victoria, Valle de Bravo, Temascaltepec, Texcaltitlán, Sultepec, Tenancingo, Tenango, Zinacantepec y Almoloya de Juárez.
	Fue una época de bonanza y prosperidad, se cultivaban trigo, maíz, haba y cebada, la actividad ganadera consistía principalmente en la cría de ovinos, bovinos y cerdos. El pago a los trabajadores era a través de "raya".
	"La Gavia" producía madera y carbón.
1767	Los jesuitas fueron expulsados de los dominios españoles.
Diciembre de 1774	Pedro Romero de Terreros, Primer conde de Regla inicio trámites y avalúos para adquirir la hacienda.
1777	El avalúo estuvo listo.
	Extracción de madera y carbón a gran escala, motivo por el cual se construyó un sistema ferroviario regional.
1781	Muere Pedro Romero de Terreros y la hacienda pasa a ser mayorazgo de su tercer hijo José María Antonio Romero de Terreros Trebuesto y Dávalos, marqués de San Cristóbal.
1810-1821	Guerra por la independencia de México, la hacienda fue un enclave para acantonar tropas realistas y perseguir a los insurgentes o cortarles su comercio de oriente a poniente y de norte a sur.

1837	María Francisca Migoni viuda de Echeverría e hijos adquiere la hacienda "La Gavia".
1870-1902	Antonio Riba Echeverría se transformó en dueño de "La Gavia".
1902	La hacienda pasa a manos de Dolores Cervantes Cortázar viuda de Antonio Riba Echeverría.
1915	En 1915 el presidente de México, Venustiano Carranza, expidió una Ley Agraria, que ordenaba la restitución de tierras a los pueblos, los puntos principales de esta ley fueron la repartición y distribución de propiedades mediante el expolio de haciendas. Dolores Pimentel repartió una porción de sus tierras a 500 de sus peones y éstos se constituyen como pequeños propietarios, siendo reconocidos por el presidente Lázaro Cárdenas en 1936.
15 de enero de 1936	Con el propósito de proteger su belleza escénica, el Nevado de Toluca fue decretado Parque Nacional por el presidente Lázaro Cárdenas
19 de febrero de 1937	Apareció en el Diario Oficial de la Federación un segundo decreto que modificaba al primero, incluyendo una porción de terrenos destinados a construir una Reserva Forestal Nacional
Enero 2013	La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas publicó el "Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicada en el Estado de México.
1 de octubre del 2013	Fue modificado el decreto de Parque Nacional Nevado de Toluca, para establecerlo como Área de Protección de Flora y Fauna conformada por un polígono general con una superficie total de 53 590-67-86 hectáreas.

Fuente: elaboración propia con base en Abasolo-Palacio (2011); Jarquín-Ortega (2004); INAH, (2010).

Es importante entender los motivos por los que existen poblaciones en áreas de vocación forestal, ya que son producto de la repartición de tierras ocurrida en el año 1915 cuando se expidió una Ley Agraria, que ordenaba la restitución de tierras a los pueblos, los puntos principales de esta ley fueron la repartición y distribución de propiedades mediante el expolio de haciendas (INAH, 2010). En algunos sitios, las mejores tierras no quedaron en manos de los campesinos solicitantes, razón por la cual los campesinos recibieron tierras sin considerar la vocación productiva de la misma, muchos de ellos fueron ubicados en zonas en terrenos inhóspitos y zonas boscosas con vocación forestal (Herrera-Tapia et al., 2015).

Estas poblaciones, viven bajo dificultades sociales y económicas; sin embargo, no son únicas ya que a nivel mundial muchas áreas naturales protegidas están operando bajo dificultades sociales y políticas, incluyendo malas relaciones con las comunidades locales. El establecimiento de muchos parques nacionales tiene una tendencia a reflejar el “Modelo Yellowstone”, generalmente excluyendo la presencia humana (Timko et al., 2008).

Las autoridades han hecho diversas acciones encaminadas a la preservación de los recursos naturales que provee el Nevado de Toluca, primero, al promulgarse Parque Nacional Nevado de Toluca en 1936 (DOF, 1936) en el que se declaró la expropiación e indemnización de los terrenos que conformaban el Parque Nacional, pero lo anterior nunca fue ejecutado; por lo que los verdaderos dueños de la tierra, nunca la abandonaron. Esta situación fue una determinante para la existencia de un estado de indefinición de derechos y situaciones cercanas al libre acceso a recursos comunes, desmontes, sobreexplotación, sobrepastoreo, agricultura, invasiones y otros fenómenos que derivan en el deterioro ecológico.

Por lo que no se cumplieron los objetivos establecidos en el decreto original, así que en el 2013, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), publicó un estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, algunos de los objetivos de la modificación de la declaratoria eran mantener a mediano y largo plazo ambientes y hábitats necesarios para la conservación de la biodiversidad en el Nevado de Toluca, entre los que se incluyen diversos ecosistemas, especialmente forestales; así como asegurar el mantenimiento de procesos ecológicos y evolutivos fundamentales; salvaguardar la diversidad genética de numerosas especies de flora y fauna, algunas de ellas en riesgo; además de promover un desarrollo sustentable mediante el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales del área (CONANP, 2013). Fue así, que en octubre de 2013 el Diario Oficial de la Federación (DOF) publicó el cambio de categoría del Nevado de Toluca de Parque Nacional a Área de Protección de Flora y Fauna.

Actualmente, el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, está conformada por una superficie total de 53,590-67-86.28 hectáreas. Dentro de esta

nueva Área se ubica una zona núcleo denominada "Cráter", con una superficie total de 1,941-39-28.50 hectáreas, y una zona de amortiguamiento con una superficie de 51,649-28-57.78 hectáreas. La zona de amortiguamiento está integrada por subzonas de preservación, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, de uso público, de asentamientos humanos y de recuperación (DOF, 2013).

2.3.2 Programa de manejo del APFFNT

Existe un instrumento que determina las estrategias de conservación y uso de las áreas naturales protegidas, en México, se conoce como programa de manejo, siendo el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida respectiva (CONANP, 2016).

Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte, pertenece a dos subzonas: Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Áreas Forestales y Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas. Áreas Agropecuarias B (CONANP, 2016).

- **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Áreas Forestales.** “En esta subzona se incluyen las superficies dentro de la Zona de Amortiguamiento del APFFNT que presentan bosques densos y semidensos de pino y oyamel en pendientes menores de 40 por ciento, condición que permite que puedan ser aprovechados, siempre que se efectúen bajo esquemas de aprovechamiento sustentable”.
- **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas: Áreas Agropecuarias B.** “En esta subzona se incluyen las superficies dentro de la Zona de Amortiguamiento del APFFNT que presentan actualmente usos agrícolas y pecuarios, donde existen casas habitaciones aisladas. Algunas actividades permitidas para esta zona son: Actividades agroforestales,

silvopastoriles y agrosilvopastoriles, agricultura orgánica sin ampliar la frontera agrícola, aprovechamiento forestal no maderable y turismo sustentable”.

La tabla 3 describe las actividades permitidas en las subzonas a las que pertenece la zona de estudio, mientras que la tabla 4 enlista las actividades no permitidas según el programa de manejo del APFFNT.

Tabla 3. Actividades permitidas en las subzonas de Agua Blanca.

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Áreas Forestales	Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas: Áreas Agropecuarias B
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apertura de brechas de saca 2. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre 3. Colecta científica de recursos biológicos forestales 4. Conservación del bosque para el mantenimiento de servicios ambientales, protección, y restauración de recursos naturales 5. Construcción de infraestructura para manejo de vida silvestre, investigación científica y operación del ANP 6. Educación ambiental 7. Encender fogatas 8. Establecimiento de UMA con fines de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, recreación, educación ambiental y aprovechamiento extractivo, mediante colecta y captura 9. Filmaciones, actividades de fotografía o captura de imágenes o sonidos por cualquier medio 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actividades agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles 2. Agricultura orgánica sin ampliar la frontera agrícola 3. Aprovechamiento forestal no maderable 4. Colecta científica de ejemplares de la vida silvestre 5. Colecta científica de recursos biológicos forestales 6. Construcción de infraestructura de apoyo a las actividades agropecuarias y destinada a usos de casa habitación por las y los habitantes de las localidades rurales asentadas en el APFFNT previo a la expedición del Decreto de 2013 7. Educación ambiental 8. Encender fogatas 9. Establecimiento de plantaciones forestales comerciales con especies nativas del ANP 10. Establecimiento de UMA 11. Fotografía o captura de imágenes o sonidos por cualquier medio 12. Ganadería sustentable, estabulada y semi-estabulada

<p>10. Investigación científica y monitoreo ambiental</p> <p>11. Manejo forestal</p> <p>12. Mantenimiento de brechas y caminos, siempre y cuando no se amplíen ni pavimenten</p> <p>13. Mantenimiento de la infraestructura existente</p> <p>14. Obras de conservación de suelos y captación de agua que no modifiquen el paisaje original</p> <p>15. Turismo de bajo impacto ambiental</p>	<p>13. Investigación científica y monitoreo ambiental</p> <p>14. Manejo forestal, exclusivamente acciones y procedimientos que tienen por objeto la protección, la conservación, la restauración y los servicios ambientales de un ecosistema forestal</p> <p>15. Mantenimiento de brechas y caminos, siempre y cuando no se pavimenten ni se modifiquen sus condiciones actuales</p> <p>16. Mantenimiento de la infraestructura existente</p> <p>17. Obras de conservación de suelos que no modifiquen el paisaje original.</p> <p>18. Reconversión de uso agropecuario a forestal</p> <p>19. Restauración de ecosistemas y reintroducción de especies nativas</p> <p>20. Turismo de bajo impacto ambiental</p>
---	--

Fuente: Elaboración propia basado en CONANP (2016).

Tabla 4. Actividades no permitidas para las dos subzonas de la localidad de Agua Blanca.

Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Áreas Forestales	Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas: Áreas Agropecuarias B
<p>1. Abrir o explotar bancos de material y extraer materiales para construcción, como arena, grava, tepojal, entre otros</p> <p>2. Acosar, molestar o dañar de cualquier forma a las especies silvestres</p> <p>3. Agricultura</p> <p>4. Alterar o destruir los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de la vida silvestre</p>	<p>1. Abrir o explotar bancos de material y extraer materiales para construcción, como arena, grava, tepojal, entre otros</p> <p>2. Acosar, molestar o dañar de cualquier forma a las especies silvestres</p> <p>3. Agricultura, salvo la orgánica</p> <p>4. Alterar o destruir los sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de la vida silvestre</p>

<p>5. Apertura de nuevas brechas o caminos, salvo las brechas de saca</p> <p>6. Aprovechamiento extractivo de especies silvestres mediante caza</p> <p>7. Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar</p> <p>8. Cambiar el uso del suelo, incluyendo ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural</p> <p>9. Construir confinamientos de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas</p> <p>10. Construir infraestructura pública o privada, salvo aquella de apoyo a actividades de manejo de vida silvestre, investigación científica y operación del ANP</p> <p>11. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial</p> <p>12. Establecer asentamientos humanos, así como áreas habitadas o urbanizadas que, partiendo de un núcleo central, presenten continuidad física en todas direcciones, en las cuales se presenten asentamientos humanos concentrados, que incluyan la administración pública, el comercio organizado y la industria, y que cuenten con infraestructura, equipamiento</p>	<p>5. Ampliar la frontera agropecuaria mediante la remoción permanente de vegetación natural</p> <p>6. Apertura de nuevas brechas o caminos</p> <p>7. Arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos u otro tipo de sustancias contaminantes como insecticidas, fungicidas y pesticidas, entre otros, en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, o desarrollar cualquier tipo de actividad que pueda contaminar</p> <p>8. Construir confinamientos de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas</p> <p>9. Construir infraestructura pública o privada, salvo de apoyo a las actividades agropecuarias y destinada a uso de casa habitación por las y los habitantes de las localidades rurales asentadas en el APFFNT previo a la expedición del Decreto de 2013</p> <p>10. Construir sitios para la disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.</p> <p>11. Establecer asentamientos humanos, así como áreas habitadas o urbanizadas que, partiendo de un núcleo central, presenten continuidad física en todas direcciones, en las cuales se presenten asentamientos humanos concentrados, que incluyan la administración pública, el comercio organizado y la industria, y que cuenten con infraestructura, equipamiento y servicios urbanos tales como energía eléctrica, drenaje y red de agua potable</p>
--	--

<p>y servicios urbanos tales como energía eléctrica, drenaje y red de agua potable</p> <p>13. Ganadería, incluyendo el pastoreo</p> <p>14. Introducir ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre</p> <p>15. Realizar obras y/o actividades que pongan en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o de las poblaciones de especies silvestres que habiten el área, particularmente aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo</p> <p>16. Rellenar, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros</p> <p>17. Usar altavoces, radios o cualquier aparato de sonido que alteren el comportamiento de las poblaciones o ejemplares de las especies silvestres o que impida el disfrute del APFFNT por las y los visitantes</p>	<p>12. Ganadería extensiva</p> <p>13. Introducir ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre</p> <p>14. Manejo forestal, salvo las acciones y procedimientos que tienen por objeto la protección, la conservación, la restauración y los servicios ambientales de un ecosistema forestal</p> <p>15. Realizar obras y/o actividades que pongan en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o de las poblaciones de especies silvestres que habiten el área, particularmente aquellas que se encuentren en alguna categoría de riesgo</p> <p>16. Rellenar, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos, corrientes y manantiales, entre otros</p> <p>17. Usar altavoces, radios o cualquier aparato de sonido que alteren el comportamiento de las poblaciones o ejemplares de las especies silvestres o que impida el disfrute del APFFNT por las y los visitantes</p>
---	--

Fuente: Elaboración propia basado en CONANP (2016).

2.4 DESAFÍOS DE LA GANADERÍA EN LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La percepción de las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) para la sociedad ha cambiado a lo largo del tiempo. Galicia y colaboradores (2018) mencionan que las ANPs se han resignificado, pasando de ser simples fuentes de materia prima y escenarios donde solo importa la protección y conservación de la biodiversidad, a la oferta de beneficios intangibles como los servicios ecosistémicos culturales, reflejando nuevas vinculaciones entre sociedad y naturaleza.

En el pasado las áreas protegidas excluían los asentamientos humanos y las actividades diferentes a la conservación para mantener el equilibrio de los ecosistemas; sin embargo, la conservación no excluye al desarrollo social y económico, por lo cual se permite el aprovechamiento de los recursos, realizar actividades de investigación, educación y ecoturismo (Chávez y Bastida, 2015).

Las áreas naturales protegidas han sido un instrumento para proteger la biodiversidad y los recursos naturales a escala internacional. Las comunidades locales hacen uso de los recursos naturales de su entorno y desarrollan diversas actividades, un ejemplo de ellas son las actividades agropecuarias. Diversos autores han reportado variadas especies de animales domésticos como ovejas, cabras, bovinos, caballos, mulas etc. La tabla 5 muestra las especies de animales domésticos reportados en la literatura a nivel internacional dentro de las áreas naturales protegidas.

Tabla 5. Animales domésticos reportados por la literatura en diferentes ANPs.

País	Continente	Área Natural Protegida	Animales domésticos	Fuente
Francia	Europa	Parque Natural Regional de Luberon	Ovejas	Lasseur, (2005)
Colombia	América	El Parque Nacional Natural de Nevados	Bovinos	Avellaneda-Torres et al. (2018)
Colombia	América	El Bosque en el Parque Nacional los Nevados	Bovinos	Avellaneda-Torres et al. (2014)
USA, Colorado	América	Gran Cuenca del Cimarrón en el Bosque Nacional Uncompahgre	Bovinos, caballos y ovejas	Mitchel et al. (1996)
Bután	Asia	Parque Nacional Jigme Dorji de Bután	Bovinos y caballos	Thinley et al. (2018)
Pakistán	Asia	El Parque Nacional de Machiara	Búfalos, vacas, ovejas, cabras y equinos	Cochard & Dar (2014)
Sudáfrica	África	Parque Nacional Richtersveld	Cabras y ovejas	Hendricks et al. (2005)
Ecuador	América	Parque Nacional Cajas	Bovinos	Van Colen et al. (2018)
Etiopia	África	Parque Nacional de las Montañas Bale	Bovinos	Girma et al. (2018)
Etiopia	África	Parque Nacional de las Montañas Bale	Bovinos, ovinos y caprinos	Vial et al. (2010)
Portugal	Europa	Parque Nacional de Peneda-Gerês	Caprinos	Moço et al. (2014)
Etiopia	África	Parque Nacional de las Montañas Bale	Caballos, burros, mulas, vacas, cabras y ovejas	Atickem et al. (2010)

Himalaya	Asia	Parque Nacional Pin Valley	Bovinos, ovinos, caprinos, yaks y burros	Bagchi et al. (2004)
África subsahariana	África	Parque Nacional Zakouma	Bovinos, camellos, cabras y ovinos	Binot et al. (2009)
Nepal	Asia	Proyecto del Área de Conservación de Gaurishankar (GCAP)	Yaks, bovinos, búfalos, caballos, cabras, ovejas, cerdos y pollos	Paudyal et al. (2018)
China	Asia	Reserva Natural Nacional Wolong	Bovinos	Wang et al. (2019)

Existe evidencia reciente que sugiere que el ganado doméstico agota la densidad y diversidad de herbívoros salvajes, lo que da como resultado una competencia por los recursos forrajeros entre los animales domésticos y animales salvajes en las áreas protegidas (Bagchi et al., 2004; Girma et al., 2018; Wang et al., 2019).

Binot y colaboradores (2009), mencionan que al realizar la movilidad del ganado trashumante en el Parque Nacional Zakouma, no se tiene en cuenta estrategias de conservación y gestión de recursos naturales en torno a las áreas protegidas, lo que provoca un deterioro de estos recursos.

El pastoreo de ganado en áreas protegidas cada vez, se convierte en un desafío. En el caso de los países ricos en biodiversidad se han reportado pérdidas económicas, derivadas de las interacciones negativas entre los animales domésticos y depredadores, que conlleva en ataques al ganado por parte de los depredadores. En consecuencia, la pérdida de ganado puede llevar a represalias tales como la muerte de grandes depredadores (por ejemplo tigres (*Panthera tigris*) o leopardos (*Panthera pardus*) (Thinley et al., 2018). Los impactos ecológicos del pastoreo de ganado en los objetivos de conservación de la vida silvestre, así como la dinámica social que influye en las densidades de población y el comportamiento de pastoreo, se han explorado poco (Bagchi et al., 2004; Binot et al., 2009).

En América existen áreas naturales protegidas que reportan contradicciones entre la conservación del ecosistema y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes (Avellaneda-Torres et al., 2014; Avellaneda-Torres et al., 2018).

México no es la excepción en cuanto a problemas ambientales (erosión, deforestación y contaminación, entre otros) derivados del uso de los recursos naturales por la población local. Vargas de la Mora y colaboradores (2018)

conscientes de estas problemáticas, mencionan la importancia del reconocimiento del potencial que tienen las comunidades que habitan las regiones boscosas para hacer un manejo sustentable del bosque, con base a la formulación de un plan de manejo participativo del territorio, con el objetivo de integrar las actividades productivas con la preservación de la flora y fauna silvestres.

Ya que como mencionan Rosas-Rosas y colaboradores (2015), por tradición, cuando se involucra a los pobladores locales en investigaciones científicas, lo hacen como “guías de campo” y aunque su apoyo es fundamental; la participación es pasajera y sin una verdadera comprensión del objeto de estudio. Por esta razón, la formación de los habitantes dentro de las ANPs como “monitores comunitarios”, les permitirá actuar como agentes dinámicos para la conservación de los recursos naturales.

En el APFFNT se desarrolla la actividad pastoril en un sistema productivo de tipo extensivo, en general los productores son ejidatarios y en un 100% emplean las áreas comunales para el pastoreo, estas se conforman por: áreas comunes, potreros y terrenos de cultivo, con el aprovechamiento de los residuos de cosecha en la alimentación del ganado ovino. Las razas de ovinos utilizadas son Suffolk (40%), cruces de Suffolk-Hampshire (40%), Hampshire (10%) y criollo local (10%). La producción ovina es una actividad con tradición en la población y constituye una opción de percibir un ingreso en función del conocimiento de su territorio y de los recursos aprovechables mediante el pastoreo. La alimentación de los animales depende del pastoreo, mediante recorridos en terrenos comunales y áreas con cobertura de bosque. Otras fuentes de forraje corresponden al suministro ocasional de la caña seca de maíz, forraje de avena, y residuos de cosecha, papa y avena (Maldonado-Ferrucho et al., 2014).

En algunas localidades dentro del APFFNT se desarrolla la agricultura de temporal: papa (*Solanum tuberosum* L.), avena (*Avena sativa* L.) y plantas silvestres comestibles (*Chenopodium spp.* y *Amaranthus spp.*). Otras actividades son la extracción de Productos Forestales No Maderables (PFNM) y el empleo en el sector secundario. Las áreas ejidales son las utilizadas para el pastoreo de animales, pero también disponen de terrenos propios: 35% disponen de 1 ha, 22.5% entre una y

dos ha y 12.5% más de tres ha, estos terrenos son utilizados para la siembra de avena y papa (Maldonado-Ferrucho et al., 2014).

En un estudio hecho por Esquivel-Domínguez y Estrada-Flores (2012), en la localidad Agua Blanca perteneciente al APFFNT, señala que la actividad pecuaria ovina se lleva a cabo desde hace varios años atrás, y representa para las nuevas generaciones una especie de tradición; la inversión de cada productor en sus rebaños, depende del número de borregos que tenga y a su vez de la temporada ya sea lluvias o secas. En la temporada de secas se invierten mayores recursos económicos, porque los animales permanecen en llanos y su alimentación se tiene que suplementar con otros forrajes debido a que la productividad de los pastos disminuye; sin embargo, se ha visto que los animales no aumentan en peso ni tampoco aumenta su precio en el mercado.

3. JUSTIFICACIÓN

La evaluación y monitoreo de los diversos factores ecológicos, socioeconómicos y de gestión de las ANPs son de suma importancia para satisfacer los objetivos que se traza la política de conservación (García-Frapolli y Toledo, 2008), por lo que es necesario conocer cómo la gente aprovecha los recursos en las ANPs y tomarlo en cuenta para la implementación de programas y proyectos de conservación de acuerdo a los contextos locales particulares.

La evaluación de la sostenibilidad es un punto crucial en la implementación de mejoras para el desarrollo, tiene la finalidad de identificar los puntos críticos en cuanto a las prácticas de manejo que puedan mejorar el nivel de sostenibilidad o equilibrarlo en las tres escalas de sostenibilidad.

En el caso del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca se han hecho diversas decisiones para detener su problemática de deterioro. Sin embargo, son necesarios estudios que permitan evaluar la sostenibilidad de la producción animal. Construyendo un proceso de valoración de la sostenibilidad considerando las perspectivas de las comunidades locales como punto de partida.

4. HIPÓTESIS

Las prácticas de manejo del sistema de producción ganadero de Agua Blanca son capaces de cubrir permanentemente las necesidades materiales de sus integrantes sin deterioro de ellos.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar la sostenibilidad del sistema de producción ganadero en Agua Blanca y detectar las áreas de atención y mejora.

5.2. Específicos

1. Caracterizar el manejo del sistema de producción pecuario de Agua Blanca.
2. Evaluar la sostenibilidad en el sistema de producción ganadero de Agua Blanca, tomando como base el método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles* o Indicadores de sostenibilidad de Fincas).
3. Analizar los indicadores de sostenibilidad del sistema de producción ganadero de Agua Blanca para determinar las áreas de atención y mejora.
4. Emitir recomendaciones con base a los resultados obtenidos.

6. MATERIALES Y MÉTODOS



En la Figura 3 se muestran los pasos que se siguieron en la fase inicial del presente estudio.

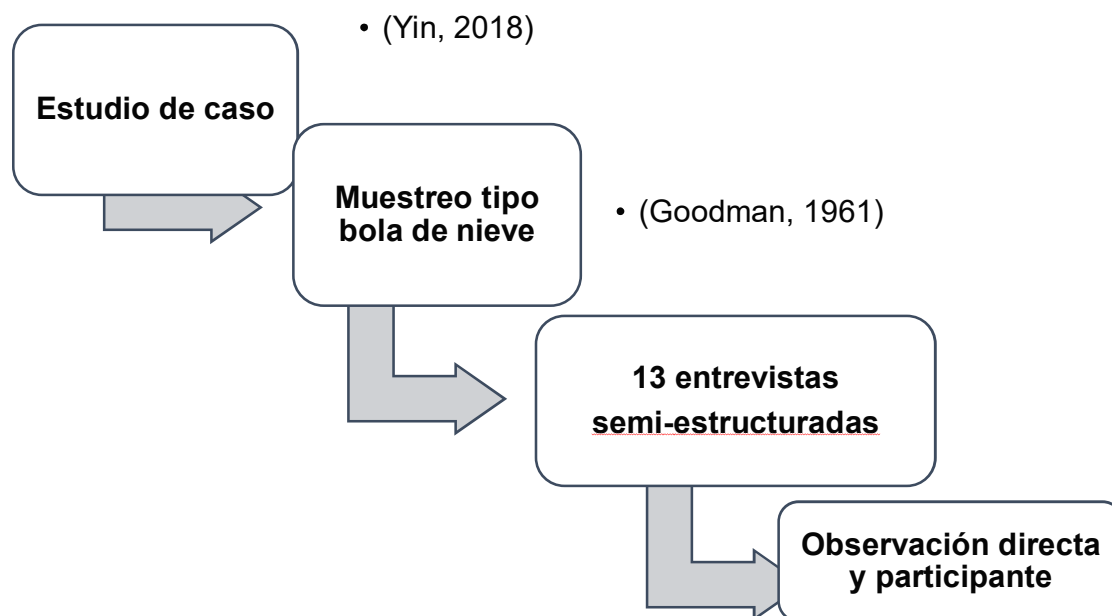


Figura 3. Esquema metodológico.

6.1 Localización de la zona de estudio

El estudio se realizó en la localidad de Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte, sus coordenadas son 19°4'45" N y 99°50'25" O, perteneciente al municipio de Zinacantepec, en el Estado de México, México (Figura 4). Agua Blanca se ubica a una altitud de 3200 m s.n.m. en el polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, en la zona de amortiguamiento, a una distancia aproximada de 6,5 kilómetros de la zona núcleo. El clima predominante es semifrío subhúmedo, con una precipitación promedio anual de 1300 mm y temperatura media anual de 12 °C (INEGI, 2018).

Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte es una comunidad de muy alta marginación (1.3066) (CONAPO, 2010), de acuerdo al acceso a la educación, condiciones de la vivienda, y carencia de bienes. El INEGI (2010), reportó para la localidad de estudio un total de población de 113 individuos (59 hombres y 54 mujeres), dentro de las cuales 2 personas hablaban una lengua indígena (otomí). También contabilizó 19 hogares. Los hogares no disponían de radio, televisión,

lavadora, línea telefónica, teléfono celular ni internet, tampoco había luz eléctrica. Sin embargo, cuando se hizo la evaluación los hogares ya contaban con luz eléctrica.

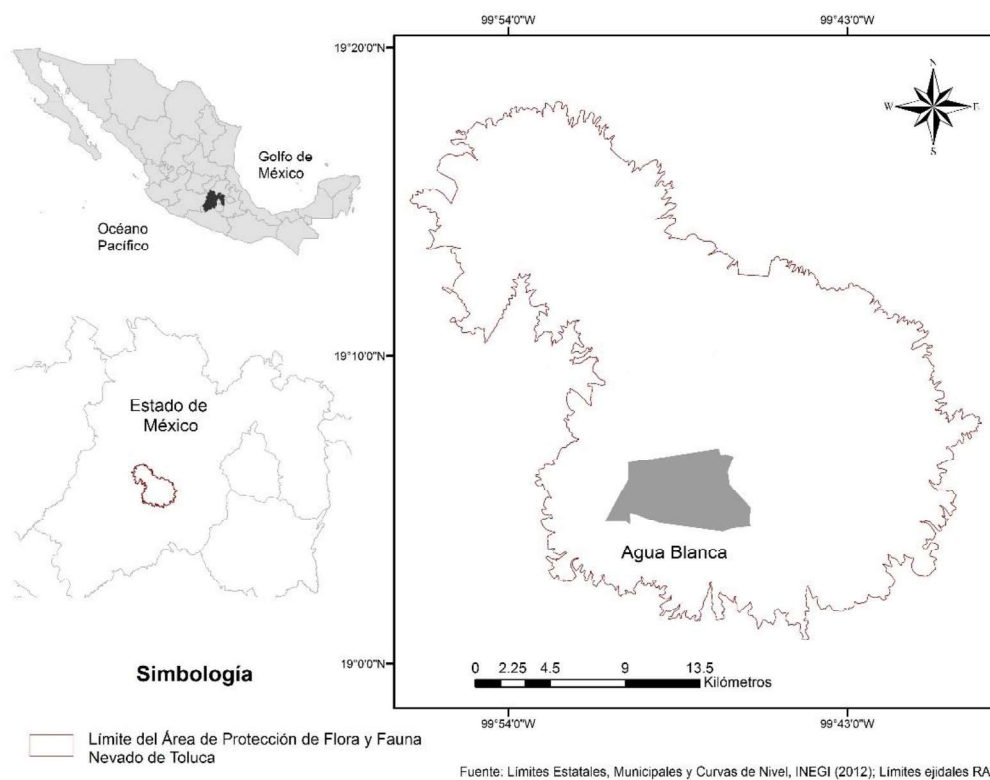


Figura 4. Localización de Agua Blanca municipio de Zinacantepec, Estado de México.

Agua Blanca cuenta con 2,820 ha (RAN, 2017) y según el plan de manejo para esta ANP tiene 48.53 ha destinadas a la agricultura y para el pastoreo (CONANP, 2016).

6.2 Obtención y análisis de datos

Se adoptó la metodología de estudio de caso (Yin, 2018) basada en la particularidad de las dinámicas socio-ambientales desarrolladas en torno a las actividades pecuarias. La evaluación se realizó de diciembre de 2017 a noviembre de 2018, a partir de un muestreo tipo bola de nieve (Goodman, 1961). Se identificó un total de

17 Unidades de Producción (UP), de las cuales se trabajó con titulares de 13 UP de acuerdo a su disposición para participar en este estudio. Se aplicaron entrevistas semiestructuradas, complementadas con observación directa y participante en la cocina, corrales y otras actividades como el pastoreo y la colecta de hongos, registradas en diarios de campo. Posteriormente, la información fue capturada en bases de datos en el programa Excel 2013, los datos económicos se convirtieron a dólares (DOF, 2019).

Con base en la definición propuesta por Madera Pacheco (2000), se considera que las Unidades de Producción son un grupo de personas que tienen en común una vivienda, que pueden estar ligadas o no por relaciones de parentesco compartiendo un gasto y una meta comunes, como es el asegurar la reproducción de sus condiciones de vida, contando para ello con una compleja división del trabajo por sexo y edad.

La entrevista comprendía información detallada sobre la composición de los hogares, estrategias de subsistencia, tenencia y tamaño de la propiedad, así como el manejo de la tierra. Así mismo, se recopiló información sobre cultivos, ganado y programas sociales gubernamentales. Se registraron las principales fuentes de ingresos para los miembros del hogar: ingresos de cultivos, ingresos de ganado e ingresos no agropecuarios (ingresos asalariados y venta de productos del bosque). Los productores no acostumbran realizar registros de ningún tipo en su granja, por lo que se hicieron visitas mensuales para realizar el seguimiento de las variables económicas a lo largo del estudio.

6.3 Uso del tiempo

Para identificar las principales actividades que las personas integran a la vida social y reproductiva de las UP, así como el tiempo destinado a cada actividad se utilizó la técnica de reloj (Rojo y Blanco 2014).

6.4 Análisis financiero

Para establecer el nivel de rentabilidad de la actividad agropecuaria, se realizó un análisis económico-financiero de los productores utilizando una variante de la técnica de Análisis Costo-Beneficio (ACB) y el software computacional Microsoft Excel 365. Esta es técnica idónea y fácil de llevar a cabo por el tipo de información que requiere (ingresos, costos, pérdidas y productividad) (López-Sánchez y Musálem, 2007). Para la evaluación de las inversiones se aplicaron un conjunto de criterios como son el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio-costos (RBC). La ecuación para calcular el VAN de una inversión es: $VAN = (FNE1/(1+i)^1) + (FNE2/(1+i)^2) + \dots + (FNE_n/(1+i)^n) - C$, donde VAN es igual al valor actual, FNE es el flujo neto en efectivo en el año, i es la tasa de descuento y C es el costo inicial de la inversión (Márquez-Díaz y Castro 2015).

6.5 Análisis de la sostenibilidad

Se utilizó el método IDEA (Por sus siglas en Francés: *Indicateur de durabilité des exploitations agricoles*) versión 3.0, centrado en la evaluación integral la sostenibilidad de un sistema de producción a través de 42 indicadores agrupados en 10 componentes que tienen en cuenta las tres escalas de la sostenibilidad: agroecológica, socio-territorial y económica (Zahm et al., 2008). Mediante este método se obtiene un puntaje de 0 a 100 para cada una de las escalas (Vilain et al., 2008) y posteriormente se ponderan los resultados de manera que el nivel de sostenibilidad es el de la escala con menor puntuación e indicará la limitante para el sistema. Para utilizar el método IDEA en el APFFNT, se realizaron diversas adaptaciones necesarias para contextualizarlo a la realidad del espacio protegido (Tabla 6).

Con objeto de evaluar la calidad del estiércol como producto de interés económico se procedió a analizar su composición química. Las muestras fueron recolectadas y procesadas para su evaluación de composición química con base en la norma técnica estatal ambiental NTE-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para

la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos.

Tabla 6. Resumen de indicadores modificados para evaluar la sostenibilidad en Agua Blanca.

Escala	Componente	Indicador
Agroecológica	Diversidad	A2 Se cambió término de praderas permanentes por pastizales, ya que estos crecen espontáneamente sin intervención directa de los pobladores.
	Manejo de nutrientes y del espacio	A9 Se evaluó de acuerdo a al programa de manejo que establece las actividades permitidas para el ANP (CONANP, 2013). Se cambió el puntaje máximo de 0–6 puntos.
	Prácticas de manejo	A15 Se agregó una penalización por autodiagnóstico y aplicación de tratamientos sin prescripción médica y ausencia de registros.
Socio-territorial	Calidad y producto de la tierra	B1 De acuerdo con la NTEA-006-SMA-RS-2006, 3 puntos si tiene denominación de origen y 3 puntos si tiene etiqueta verde.
	Empleo y servicios	B8 Se considera como servicios a la localidad. (faenas, mantenimiento de caminos y del ojo de agua de la localidad).
	Ética y desarrollo humano	B14 Se considera el nivel de estudios que tiene el titular o la persona que maneja la explotación considerando los siguientes parámetros: 0-ningún, 1-primaria, 2-secundaria, 2-preparatoria y 3-hijos con alguna profesión.
Económica	Viabilidad	C1 Se contempla la Relación Beneficio Costo (RBC) (Márquez y Castro, 2015). No se contempla el salario mínimo.

7. RESULTADOS



7.1 Artículo publicado 1. “Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México”

Martínez-Hernández, J., Valdés-Piña, M.G., Arriaga-Jordán, C.M., Albarrán-Portillo, B., Estrada-Flores J.G. 2019. Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México, *Agro Productividad*, 12, 17 – 23. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1399>

RECOLECCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES SILVESTRES EN EL CONTEXTO DEL PASTOREO DE ALTA MONTAÑA EN LA LOCALIDAD DE AGUA BLANCA EN EL NEVADO DE TOLUCA WILD EDIBLE MUSHROOMS HARVESTING IN THE CONTEXT OF HIGH MOUNTAIN GRAZING IN AGUA BLANCA, NEVADO DE TOLUCA

Martínez-Hernández, J.¹; Valdés-Piña, M.G.¹; Arriaga-Jordán, C.M. ¹; Albarrán Portillo, B.²; Estrada Flores, J.G.¹

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Toluca, Estado de México, México. ²Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Temascaltepec, Estado de México, México.

Autor de correspondencia: jgestradaf@uaemex.mx

ABSTRACT

Objective: The objective is describe the collection of wild edible mushrooms that occurs in the rainy season in Agua Blanca, located in the Area of Protection of Flora and Fauna Nevado de Toluca

Design/methodology/approach: Simple case study with qualitative perspective and ethnomethodological approach.

Results: They were detected 57 species of wild edible mushrooms that are collected in the context of high mountain grazing, being the production and management of sheep the main productive and economic activity in which they spend their time, alternating this activity with the mushrooms harvesting in rainy season.

Limitations on study/implications: It is a descriptive and exploratory work that only allows contributing to the documentation of the phenomenon within the study area.

Findings/conclusions: Mushroom harvesting is a complementary activity to livestock grazing and an opportunity to obtain extra income that allows families to survive during this season.

Keywords: Non-timber forest products, economic activity, mushroom extraction, traditional knowledge.

RESUMEN

Objetivo: Describir la recolección de hongos comestibles silvestres que se da en temporada de lluvias en la localidad Agua Blanca, ubicada en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Diseño/metodología/aproximación: Estudio de caso simple con perspectiva cualitativa y aproximación etnometodológica.

Resultados: Fueron detectadas 57 especies de hongos comestibles silvestres que se recolectan en el contexto de pastoreo de alta montaña, siendo la producción y manejo de ganado ovino la principal actividad productiva y económica en la que emplean su tiempo, alternando esta actividad con la recolección de hongos en temporada de lluvias.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se trata de un trabajo descriptivo y exploratorio que sólo permite contribuir a la documentación del fenómeno dentro del área de estudio.

Hallazgos/conclusiones: La recolección de hongos es una actividad complementaria al pastoreo del ganado y una oportunidad de obtener ingresos extras que permiten la subsistencia de las familias durante esta temporada.

Palabras clave: recurso forestal no maderable, actividad económica, extracción de hongos, conocimiento tradicional.

INTRODUCCIÓN

Los hongos son un Recurso Forestal No Maderable (RFNM) de suma importancia, que son recolectados en todo el mundo, teniendo diversos fines principalmente alimenticios y beneficios económicos (Boa, 2005). También tienen una importancia cultural para las comunidades rurales.

México al ser un país megadiverso cuenta con 200,000 especies de hongos aproximadamente, de las cuales sólo 4% son conocidas y cerca de 300 son

consideradas comestibles (Estrada *et al.*, 2009). Su recolección forma parte de los patrones de subsistencia de las poblaciones que viven en zonas cercanas a los bosques; dicha actividad representa una fuente alternativa de ingresos para autoconsumo y para la comercialización (SEMARNAT, 2005).

La forma de vida de las comunidades del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) se ha desarrollado bajo una organización social que involucra la utilización de los hongos como parte de su dieta cotidiana y como una alternativa para obtener ingresos familiares.

El aprovechamiento de la producción natural de los hongos silvestres, en los bosques del país, constituye una actividad productiva de carácter estacional que se desarrolla mediante la recolección de las especies en los lugares donde crecen. En el APFFNT, la población rural cuenta con un amplio conocimiento sobre los recursos naturales de su entorno, particularmente sobre los hongos comestibles (Franco y Burrola, 2010).

El sistema de producción ovina en el Nevado de Toluca es un sistema familiar de baja tecnificación, que cumple funciones de seguridad financiera. La mayoría de los rebaños son alimentados en pastoreo, con suplementación en corral en la época de secas. Predominan las razas Suffolk, Hampshire y sus cruces, que se eligen por su peso y facilidad de manejo (Hernández, 2018).

El uso de los recursos naturales en el APFFNT es considerado para el caso de la ganadería como el acceso al área de bosque, como recurso de pastoreo. Al mismo tiempo los recorridos de pastoreo, facilitan a las personas la recolección de hongos, plantas comestibles y de ornato (Hernández, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue identificar cómo se realiza la recolección de hongos y su vínculo con el pastoreo en la localidad de Agua Blanca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Agua Blanca, Ejido de Santa María del Monte, perteneciente al municipio de Zinacantepec, en el Estado de México, localidad situada dentro del polígono del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, en las coordenadas 19°4'45" N y 99°50'25" O, a una altitud de 3200 m. El clima predominante es semifrío subhúmedo, con una precipitación promedio anual

de 1300 mm y temperatura media anual de 12 °C. (INEGI, 2018). En la zona boscosa de la comunidad predomina el ocote (*Pinus hartwegii* Lindl.) y el oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham.) (Endara *et al.*, 2013).

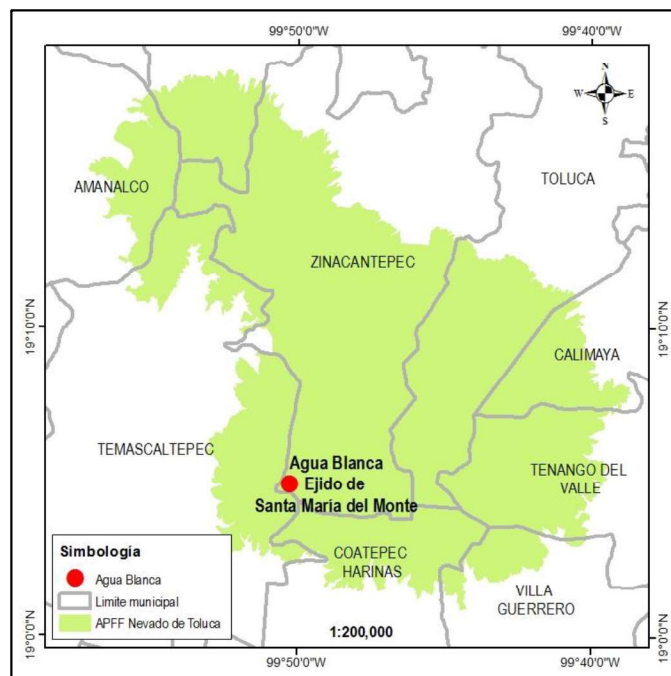


Figura1. Localización de Agua Blanca, Zinacantepec, Estado de México.

Fuente: Elaboración propia con base en información cartográfica (CONABIO, 2012).

Se realizó un muestreo por intención o bola de nieve que a partir de un grupo inicial seleccionado al azar se crearon referencias, en las primeras entrevistas se identificaron otras personas de interés para la investigación y la muestra total (Castillo, 2009). Para recabar la información requerida se llevó a cabo un abordaje cualitativo partiendo del método etnográfico, a partir de la observación directa, observación participativa involucrándose en la vida cotidiana de las personas y mediante la realización de entrevistas directas (Govea *et al.*, 2011).

Se aplicaron 13 entrevistas utilizando formatos *ad hoc*, en una temporada comprendida de marzo a mayo de 2018, estas fueron realizadas con previa cita en cada uno de los hogares, las entrevistas se realizaron de manera informal, por lo que se requirió grabarlas para su posterior transcripción. En cuanto a la información recabada a partir de la observación participativa, se registró en diarios de campo.

Para determinar las especies de hongos se mostraron a los entrevistados, fotografías a color de los hongos previamente reportados por Franco y Burrola (2010), lo que ayudó a la identificación de las especies recolectadas, que representaban hongos frescos en sus hábitats naturales (Shepard *et al.*, 2008).

Se constituyeron matrices por medio del programa Excel, en las cuales se vació toda la información recopilada de las entrevistas y de los diarios de campo, para facilitar su extracción y agrupamiento de los datos en las categorías pertinentes para su posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la comunidad de Agua Blanca la principal actividad productiva es la cría y manejo de ganado ovino en su mayoría y en algunos casos bovino, se observó que los productores cuentan con ganado desde 2 hasta 50 animales; la alimentación de éste se basa 90% en pastoreo, por lo que esta actividad se lleva a cabo diariamente con una duración de 4 a 6 horas dependiendo del número de animales y de la época del año (secas y lluvias), se realiza en pastizales y zonas boscosas dentro del APFFNT.

En temporada de lluvias la oferta de alimento aumenta en el área de pastizales, teniendo una mayor cantidad de biomasa disponible en menor superficie, lo que permite disminuir el tiempo y la superficie de pastoreo, a diferencia de la época de sequía donde el ganado pasa la mayor parte del tiempo en el bosque debido a la poca disponibilidad de forraje (Martínez *et al.*, 2016). Además, en temporada de lluvias, surge una nueva actividad de suma importancia para la comunidad que es la recolección de hongos, se detectó que el 69% de las personas realizan recolección durante el pastoreo; sin embargo, en algunas ocasiones al concluir las horas de pastoreo regresan al ganado a la unidad de producción y ellos continúan con la recolección de hongos. Mientras que el 31% realizan estas actividades por separado.

La recolección de hongos es una actividad que genera ingresos económicos directos para la población, ellos minimizan el acceso del ganado a los bosques, para evitar el probable pisoteo y daño a ejemplares de hongos que puedan ser aprovechados por ellos. El manejo antes descrito ayuda a la conservación del

bosque, de esta manera no sólo se protegen los rendimientos de los hongos, sino que se contribuye a la salud del ecosistema forestal (McLellan *et al.*, 2016).

Para la localidad de Agua Blanca se identificaron 57 especies de hongos comestibles silvestres, 17 de ellas coinciden con las reportadas por Domínguez *et al.* (2015) en el municipio de Ocoyoacac, en el Estado de México. La temporada de recolección varía respecto a la especie, pero en general se lleva a cabo a partir del mes de mayo finalizando su recolección en el mes de diciembre (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nombres comunes y científicos, localización, mes de aparición y precio de los hongos comestibles en Agua Blanca.

Nombre común	Nombre científico	Localización	Temporada de recolección	Precio estimado \$ MXN
Amarillo	<i>Cantharellus cibarius</i> Fr.	En los zacatones/escobas	Noviembre a diciembre	\$ 60.00 a \$ 80.00
Atorrión	<i>Gyromitra infula</i> (Schaeffer: Fries) Quelét	Abajo de las escobetillas/musgo	Agosto a diciembre	\$ 80.00
Champiñón de monte	<i>Agaricus silvicola</i> (Vittadini) Peck	Entre la hierba pastizal en el monte	Agosto a diciembre	\$ 60.00
Clavo	<i>Lyophyllum</i> aff. <i>connatum</i> (Schum.) Gill	Abajo de oyameles	Junio a diciembre	\$ 60.00 a \$ 80.00
Clavo	<i>Lyophyllum decastes</i> (Fr.) Singer	Abajo de oyameles/lugares recién quemados	Mayo a julio	\$100.00
Clavo blanco de oyamel	<i>Hygrophorus</i> aff. <i>eburneus</i> (Fries) Fries	En el tronco de oyamel	Abril a junio	\$ 80.00 a \$ 100.00
Clavo cola de rata	<i>Tricholoma</i> aff. <i>bufonium</i> (Pers.) Gille	Donde hay pino en el ocoxal y musgo	Junio a diciembre	\$ 100.00 a \$ 120.00
Clavo de galleta	<i>Melanoleuca melaleuca</i> (Pers.: Fr.) Murr.	En la hierba disperso en el monte	Mayo a diciembre	\$ 100.00 a \$ 120.00
Clavo de oyamel	<i>Hebeloma</i> aff. <i>birrum</i> (Fr.) Sacc.	Alrededor del tronco de oyamel, junto a la raíz	Mayo a diciembre	\$ 100.00 a \$ 120.00
Cochalero	<i>Collybia dryophilla</i> (Bulliard: Fries) Kummer	Abajo de pinos/ocoxal	Mayo a junio	\$40.00
Corneta blanca	<i>Gomphus kauffmanii</i> (AH Sm.) Corner	Bajo los oyameles/lugares recién quemados	Agosto a diciembre	\$ 30.00 a \$ 40.00
Corneta, trompeta	<i>Gomphus floccosus</i> (Schw.)	Bajo los oyameles	Agosto a diciembre	\$ 30.00 a \$ 40.00
Enchilado	<i>Lactarius deliciosus</i> (L. Fr.) SF Gray	Entre la hierba disperso en el monte	Junio a diciembre	\$ 40.00

Escobeta	<i>Tremellodendropsis tuberosa</i> (Grev.) Crawford	En palos tirados o podridos	Mayo a diciembre	\$ 40.00 a \$ 60.00
Gachupin	<i>Helvella crispa</i> (Scopoli) Fries	Abajo de escobas/garrapatilla/oyameles/peñas	Agosto a diciembre	\$80.00
Gachupin	<i>Helvella</i> aff. <i>griseoalba</i> (N.S. Weber)	Abajo de los oyameles	Agosto a diciembre	\$80.00
Gachupin	<i>Helvella lacunosa</i> (Afzel)	Abajo de los oyameles/abajo de las escobas/zona boscosa	Agosto a diciembre	\$80.00
Gachupin blanco	<i>Helvella pithiophyla</i> (Boudier)	Abajo de los oyameles	Agosto a diciembre	\$80.00
Gachupin negro	<i>Helvella fusca</i> (Gillet)	Abajo de los oyameles/peñas/musgo (paisle)	Agosto a diciembre	\$80.00
Galambo	<i>Boletus appendiculatus</i> (Schaeffer)	Entre la hierba disperso en el monte	Agosto a diciembre	\$40.00
Galambo	<i>Boletus luridus</i> (Shaeffer)	En el zacatón/escobas/ abajo de oyameles	Mayo a diciembre	\$40.00
Gavilán	<i>Helvella compressa</i> (Snyder) Weber	Abajo de los oyameles	Agosto a diciembre	\$80.00
Gavilán	<i>Helvella elastica</i> (Bull.: Fr.)	Abajo de oyameles	Agosto a diciembre	\$80.00
Hongo de amanalco	<i>Russula rosacea</i> (Pers)	Donde hay hierba	Mayo a diciembre	Autoconsumo
Hongo de jara	<i>Mycena leaiana</i> (Berkeley) Saccardo	En el tronco de las jaras	Mayo a diciembre	Autoconsumo
Hongo de lala	<i>Hygrophorus</i> aff. <i>gliocyclus</i> Fri.	Al lado de los oyameles alrededor	Junio a diciembre	Autoconsumo
Hongo de papa	<i>Sarcosphaera crassa</i> (Santi) Pouzar	Enterrado junto al oyamel	Mayo a diciembre	\$40.00
Hongo de venado	<i>Hyndum repandum</i> (L.: Fr.)	En el ocoxal/ peñas.	Julio a diciembre	Autoconsumo
Mantequero	<i>Amanita rubescens</i> (Tulloss & Lindgren.)	Escobetillas donde hay pastizal	Agosto a diciembre	\$ 40.00 a \$ 50.00
Manzanito	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke	Abajo del pino/llanos/ en terrenos recién quemados	Mayo a diciembre	\$60.00
Mazorca	<i>Morchella conica</i> (Fries)	Peñas en la montaña/ocoxal	Noviembre a diciembre	\$150.00
Mazorquita	<i>Morchella elata</i> Fr.	Dispersa en oyameles/ peñas	Noviembre a diciembre	\$200.00
Mazorquita	<i>Morchella esculenta</i> (Fries)	Dispersa en las peñas zonas altas	Noviembre a diciembre	\$200.00
Orejas	<i>Russula brevipes</i> (Peck)	Abajo de oyameles/están enterradas	Julio a diciembre	\$40.00 a \$ 50.00

Pancita	<i>Boletus pinophilus</i> (Pil. & Derm in Pil)	En las peñas de la montaña	Finales de octubre a diciembre	\$80.00
Panza de abuelita	<i>Suillus aff. bovinus</i> (Pers.) Roussel	Debajo de ocotes entre el ocoxal	Mayo a diciembre	Autoconsumo
Panzas	<i>Boletus edulis var. clavipes</i> (Peck)	Entre el ocoxal	Mayo a diciembre	\$80.00
Panzas, Cemita	<i>Boletus edulis</i> (Fries)	Oyamel	Mayo a agosto	\$80.00
Pata de pájaro	<i>Clavaria amethystina</i> (Fr.)	Bajo los oyameles / zona boscosa	Finales de mayo a diciembre	\$80.00
Pata de pájaro	<i>Ramaria flavescens</i> (Schaeff.) R.H. Petersen	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$80.00
Pata de pájaro	<i>Ramaria formosa</i> (Persoon)	Bajo los oyameles.	Mayo a diciembre	\$80.00
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. myceliosa</i> (Peck) Corner	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro	<i>Ramaria aff. sanguinea</i> (Persson) Quélet	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro	<i>Calocera viscosa</i> (Persoon ex Fries)	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro amarilla	<i>Clavulina cristata</i> (Holmsk. Fr.) Schroet	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro blanca	<i>Ramaria flava</i> (Schaeffer)	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro morada	<i>Ramaria botrytis</i> (Pers.: Fr) Ricken	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Pata de pájaro rosita	<i>Ramaria aurea</i> (Schaeffer ex Fries)	Bajo los oyameles / zona boscosa	Mayo a diciembre	\$60.00
Señoritas	<i>Clitocybe aff. geotropa</i> (Bull. Fr.)	Donde hay musgo	Junio a diciembre	\$60.00
Sopita	<i>Clavulina sp</i> (Donk)	Bajo los oyameles	Mayo a diciembre	\$80.00
Tecomate	<i>Amanita grupo caesarea</i> (Scop.) Pers.	Orillas del monte donde hay pino	Agosto a diciembre	\$100.00
Tejamanilero	<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) P. Kumm	Donde hay musgo	Junio a diciembre	\$60.00
Tejamanilero de copa	<i>Clitocybe squamulosa</i> (Persoon: Fries) Kummer	Donde hay pino	Junio a diciembre	\$60.00
Terneritas	<i>Bovista aff. aestivalis</i> (Bonord.) Demoulin	Dispersa en el monte	Mayo a diciembre	\$40.00
Terneritas	<i>Lycoperdon periatum</i> (Pers.: Pers.)	Dispersa en el monte	Mayo a diciembre	\$40.00
Terneritas	<i>Lycoperdon pyriforme</i> (Schaeff.: Pers.)	Dispersa en el monte	Mayo a diciembre	\$40.00
Terneritas	<i>Vascellum aff. pratense</i> (Pers.) Kreisel	Dispersa en el monte	Mayo a diciembre	\$40.00

Fuente: Elaboración propia con base en Franco y Burrola (2010).

De acuerdo a los datos recabados en campo, son las mujeres en su mayoría las encargadas del pastoreo (Figura 2) y por tanto las principales recolectoras de hongos; los hombres salen a trabajar para generar el sustento familiar, apoyando las actividades que implican el manejo del ganado sólo cuando se encuentran desempleados, cabe destacar que los trabajos que realizan son temporales, por lo que suelen estar desempleados gran parte del año, es aquí en donde toma vital importancia la recolección de hongos, que genera una fuente de ingresos directa, involucrando a todos los miembros de la familia incluyendo a los niños, para que por medio del aprovechamiento de los recursos naturales proporcionados por el bosque se obtenga el sustento familiar. De esta manera, se determinó que el conocimiento de la recolección de hongos no es exclusivo de algún sexo, pues ambos participan en la recolección (Domínguez *et al.*, 2015).

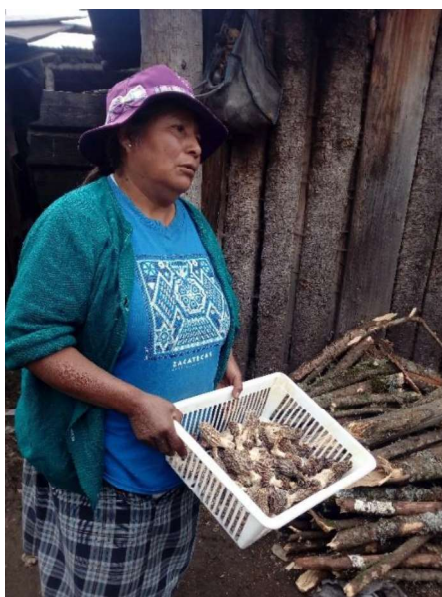


Figura 2. Pastora de la localidad de Agua Blanca.

Con base a los testimonios, la edad promedio en que se comienza a realizar la recolección es entre 4 y 6 años, haciendo partícipes de esta actividad a los hijos, generando de esta manera una transmisión del conocimiento de generación en generación, en donde los hijos pasan a formar parte del esfuerzo colectivo para la extracción de hongos en el entorno de la unidad campesina de producción (Franco y Burrola, 2010). En la región alta de Chiapas los niños participan en actividades de

recolección y preparación de hongos lo que coincide con la presente investigación (Shepard *et al.*, 2008).

En este sentido, es también mediante la transferencia de conocimientos y la experiencia adquirida con el paso del tiempo, que los recolectores han identificado a partir del tipo de vegetación la especie de hongo que se encontrará, por ejemplo, existe una estrecha relación entre el oyamel y algunas especies de hongos (Cuadro 1), con este conocimiento ellos tienen establecidas sus rutas de recolección. Además de que, debido a la importancia económica que este recurso representa, el proceso de recolección lo realizan con una navaja o cuchillo, cortan el hongo con el fin de dejar la raíz en el suelo dado que tienen la creencia de que el hongo retoñará el siguiente año en el mismo lugar, lo que para ellos representa una forma de conservación.

La recolección de hongos constituye un ingreso para el sustento familiar, donde el 90% de los recolectores utilizan este recurso para venta y consumo propio, el 10% lo consume y/o lo regala a sus familiares cercanos, es decir no lo comercializa. Existen dos formas de comercializarlos, la primera consiste en la venta a intermediarios en la misma localidad, en la cual el producto se paga a mitad de precio de lo que se encuentra en mercado, mientras que la segunda es la venta directa al consumidor en mercados locales, los principales lugares de comercialización son Texcatitlán, Zinacantepec, Toluca y Palmillas (Figura 3).



Figura 3. Hongos para venta en el mercado de Texcatitlan.

Los ingresos que se generan a partir de la comercialización de los hongos son destinados a los gastos del hogar, insumos que consisten en la despensa para cubrir las necesidades alimenticias. El ingreso de esta actividad es el menor de los

casos es destinado a la compra de artículos como ropa o accesorios de uso personal, esto únicamente cuando se tiene estabilidad económica.

CONCLUSIONES

Se identificó que la recolección de hongos es una actividad complementaria al pastoreo del ganado en época de lluvias, que permite a los pobladores tener ingresos extras que contribuyen a la economía familiar, es tal la importancia de este recurso forestal no maderable que, los ingresos obtenidos de esta actividad permiten subsistir a la familia durante toda la temporada.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento otorgado a través del proyecto 4334/2017/ CI, para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles: Perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación p. 43. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>
- Castillo, J. (2009). Convenience sampling applied to research. Experiment Resources.com. Scientific Method: A website about research and experiments.
- Creswell, J. (1998). *Qualitative inquiri and reserarch design: Choosing. Among five traditions*. California: Sage Publications series.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. División Política del Estado de México. Metadatos.
- Domínguez, R., Arzaluz, R., Valdés, V. & Romero P. (2015). Uso y manejo de hongos silvestres en cinco comunidades del municipio de Ocoyoacac, Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18(2), 133-143.
- Endara, A.A.R., Calderón, CR., Nava, B.G. & Franco, M.S. (2013). Analysis of fragmentation processes in high-mountain forests of the Center of Mexico. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 697-704.
- Estrada, M., Guzmán, G., Cibrián, T. & Ortega, P. (2009). Contribución al Conocimiento Etnomicológico de los Hongos Comestibles Silvestres de

- Mercados Regionales y Comunidades de la Sierra Nevada (México). *Interciencia*, 34(1), 25-33.
- Franco, M.S. & Burrola, A.C. (2010). *Los hongos comestibles del nevado de Toluca*. (1a ed.). Toluca, Estado de México, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Govea, R. V., Vera, G. & Vargas A. M. (2011). Etnografía: una mirada desde corpus teórico de la investigación cualitativa. *Omnia*, 2, 26-39.
- Hernández, V. (2018). *Los Modos de Vida en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca: Perspectivas Socioeconómicas y Productivas de la Ganadería* (Tesis de Doctorado) Universidad Autónoma del Estado de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2018). Mapa Digital de México. Climas (1921-1975). Recuperado de <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>
- Martínez, H., Arriaga, J., González, R., Rosa, G., Hernández, L., Valdés, R. & Estrada, F. (2016). La acumulación neta de fitomasa y calidad nutritiva de pastizales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca para la producción ovina. En M.D.B. Bernal, *et al.* (Eds.), *Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta al cambio climático* (pp. 381-386). Lugo-A Coruña, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- McLellan, T. & Brown, M. (2016). Mushrooms and cash crops can coexist in mountain livelihoods: wild mushrooms as economic and recreational resources in the greater mekong. *Mountain Research and Development*, 37(1), 108-120.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2005. Aprovechamiento de los Recursos Forestales, Pesqueros y de la Vida Silvestre. En: *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales* (pp. 191-244). México.
- Shepard, G., Arora, D. & Lampman, A. (2008). The grace of the flood: classification and use of wild mushrooms among the highland maya of Chiapas. *Economic Botany*, 62(3), 437-470.

7.2 Artículo enviado 2. "Livestock activity as a socioecological system: The case of Agua Blanca in Nevado de Toluca, Mexico."

De: em.mrd-journal.0.680748.9f9907bc@editorialmanager.com <em.mrd-journal.0.680748.9f9907bc@editorialmanager.com> en nombre de MRD Journal <em@editorialmanager.com>

Enviado: miércoles, 18 de diciembre de 2019 07:17 p. m.

Para: Julieta Gertrudis Estrada Flores

Asunto: MRD-JOURNAL-D-19-00073, Submission confirmation

Dear Julieta Gertrudis Estrada Flores,

Your submission entitled "Livestock activity as a socioecological system: The case of Agua Blanca in Nevado de Toluca, Mexico." has been received by the MRD Journal Office. It has been assigned the following manuscript number: MRD-JOURNAL-D-19-00073.

Your submission will now go through a technical check to make sure that it conforms with MRD's guidelines. If it does, it will be assigned to an Editor for a preliminary review.

You will be able to check on the progress of your submission by logging on to <https://www.editorialmanager.com/mrd-journal/>. You will also be updated by e-mail when your paper passes the technical check and is assigned to an Editor.

Thank you for submitting your work to MRD.

Kind regards,

MOUNTAIN RESEARCH AND DEVELOPMENT

For more information about

MOUNTAIN RESEARCH AND DEVELOPMENT:

www.mrd-journal.org

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/mrd-journal/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

Livestock activity as a socioecological system: The case of Agua Blanca in Nevado de Toluca, Mexico.

INTRODUCTION

In developing countries, the number of individuals facing food insecurity in mountain regions increased from 253 million in 2000 to nearly 329 million in 2012, reflecting an alarming increase (FAO 2019). The climate, isolation, and precipitous terrain along with social and political marginalization are factors that increase the vulnerability of rural communities in mountainous territories, which because of these characteristics have limited agricultural potential, restricted access to markets, and few opportunities for obtaining income (Dame 2018).

Aside from the aforementioned adversities, mountainous regions of developing countries often present additional challenges, especially in protected natural areas. The restriction of land uses is a common conservation policy around the world, reflecting the Western ideal of separating pristine natural habitats from those modified by humans. Inclusive planning might be viewed as a counterstrategy that takes into account historical, social, and cultural contexts with the aim of additionally preserving the land rights and well-being of local communities (Anaya & Espírito-Santo 2018). Currently, the environmental impacts resulting from the declaration of protected areas are well-known in South America, although less is known about the social impacts (Schleicher 2018).

To address this lack of knowledge, the framework of the socio-ecological system (SES) are useful. It seeks to redefine the relationships between humans and their environment, incorporating humans not only as external actors that alter ecosystems through exerting exogenous pressures, but rather as an integral and inseparable component of ecosystems (Challenger et al 2014). SES are composed of multiple sub-systems with internal variables that interact to produce results at the SES level and, at the same time, receive feedback, affecting the sub-systems and their components (Ostrom 2009).

In a global survey applied to national parks, several problems were detected such as the illegal capture of wildlife, illegal collection of plant material, poor relationships with inhabitants of the region, and demands for park resources (Primack et al 2001). However, traditional communities obtain fundamental resources from their immediate environment, so limited access to resources can compromise their survival (Defries 2017).

In Latin America, livestock ranching is often practiced in and near forests, and it has been highlighted as one of the main contributors to deforestation. Some investigations around the Nevado de Toluca report environmental risk, derived from anthropic activities, particularly livestock, agriculture, forestry and mineral exploitation (Granados Ramírez et al 2018). At the same time, livestock ranchers are often highly knowledgeable of their environments, as they are dependent on using natural resources for feeding or caring for their livestock. For these reasons, there has been a growing interest in documenting livestock practices in specific contexts as well as the environmental and traditional knowledge held by ranchers (Maldonado-Ferrucho 2014; Estévez-Moreno et al 2019; Hernández 2016). The present article focuses on the mountain locality of Agua Blanca in the Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (NTFFPA) (CONANP 2016). In this site wide diversity of resources are used or extracted in association with a variety of productive activities. However, because of its status as a PNA, inhabitants are restricted in their use of resources.

Therefore, the aims of the present study were to characterize the livestock production systems and socio-economic context of the locality of Agua Blanca over the course of one year. A socio-ecosystem approach was used to understand the relationships between inhabitants and the resources necessary for their livelihoods (Ostrom 2009). Specifically, social, environmental, and economic variables relevant to livestock ranching within the PNA were analyzed and quantified, including how households manage livestock and which benefits are obtained as well as how this activity is related with other activities that benefit the household or contribute to its income. Knowledge of these aspects is key for determining the relative importance of different economic and productive activities in these communities and for identifying the fundamental pillars and weaknesses of family economies.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out in the Agua Blanca Ejido in the locality of Santa María del Monte (19°4'45'' N and 99°50'25'' W) in the municipality of Zinacantepec in the State of Mexico, Mexico (Fig. 1). Agua Blanca is located at an altitude of 3200 masl inside the buffer zone of the NTFFPA at a distance of approximately 6.5 km from the nucleus zone. The dominant climate is semi-cold sub-humid, with an annual rainfall of 1300 mm and annual average temperature of 12 °C (INEGI 2018).

Data collection and analysis

The methodology of the case study of Yin (2018) was adapted to the context of the present study. The study was carried out from December 2017 to November 2018. Using snowball sampling (Goodman 1961), a total of 17 production units (PU) were identified, of which 13 of the owners agreed to participate in the study. Semi-structured interviews were applied in a complementary to direct and participant observation in the kitchen and corrals and during other activities such as grazing and mushroom collection in the field. The information was entered into databases, and the economic data were converted to US\$ dollars (DOF 2019). Based on the definition proposed by Madera Pacheco (2000), PU were considered as a group of related or unrelated individuals who share a common household, expenses, and goals, including the aim of reproducing their livelihoods.

The interview inquired in detail about the composition of households, subsistence strategies, property size, and land management. In addition, information on crop and livestock management and assistance received from social governmental programs was obtained. The main sources of income from crops and livestock as well as non-agricultural and livestock sources (salaried income or sale of forest products) were recorded for each household member. Producers do not maintain records of their operations, so several visits were made each month to record any changes in the economic variables over the course of the study.

Use of time

To identify the main activities of the individuals integrating the social and reproductive life of the PU as well as the time destined to each activity, the clock technique was used (Rojo and Blanco 2014).

Economic analysis

To determine the profitability of agricultural and livestock activity, an economic analysis of producers was performed using a modified cost-benefit technique in the Microsoft Excel 365 software. This technique is ideal and easy to carry out because it requires information that is easy to obtain (income, costs, losses, and productivity) (López-Sánchez and Musálem 2007). To evaluate the return on investments, several criteria were used, including the net present value (NPV), internal rate of return (IRR), and cost-benefit relationship (CBR). The equation for calculating the NPV of an investment is as follows: $NPV = (NCF1/(1+i)^1) + (NCF2/(1+i)^2) + \dots + (NCFn/(1+i)^n) - C$, where NCF is the net cash flow during the year, i is the discount rate, and C is the initial investment cost (Márquez and Castro 2015).

RESULTS

Based on the proposal of Ostrom (2009), we present the elements of the livestock PU in order to subsequently identify the interactions between them that sustain agricultural and livestock activities in Agua Blanca.

Social and political conditions

Nevado de Toluca is the fourth highest peak in Mexico (4660 masl) (CONANP, 2016). It was declared as a national park in 1936 to prevent the degradation of its forests, grasslands, water, and native flora and fauna and to conserve its scenic beauty (DOF 1936). Recently, in 2013, due to the vagueness surrounding rights and access to common resources, resource overexploitation, overgrazing, agriculture, and land invasions, the area was re-established as a Flora and Fauna Protection Area (DOF 2013).

Communal land property and customary rights

The *ejido* system is a legacy of the Mexican Revolution of 1910 in which the government granted land to peasants. Each landowner can bequeath his rights to a single male heir, so the remaining brothers of a family do not inherit land privileges to the *ejido* and are considered residents (the *ejido* lacks documentation of formal land titles indicating possession of the land), who may continue living within the *ejido* but cannot participate in decision making related to the community (Honey-Rosés 2009). In the case of the producers from Agua Blanca, land ownership is social due to its status as an *ejido*.

Actors

Family

The Agua Blanca Ejido in Santa María del Monte is a highly marginalized community (CONAPO 2010). Of the PU, 92.3% of owners are women who stated housewife or livestock rancher as their main occupations, whereas 7.7% are day workers. In regard to age and availability of familial labor, it is considered that each household has individuals of working age, including at least two members who participate in agricultural and livestock activities (Table 1).

Education

Access to education is limited in Agua Blanca given that there are no schools. Only the National Council for the Promotion of Education, which was founded to address the learning needs of inhabitants in rural marginalized localities in Mexico through a program fostering Leaders for Community Education. These leaders are young graduates from middle or high school that give classes to children at the basic level (CONAFE 2017). However, if the inhabitants of Agua Blanca wish to continue studying secondary or higher education, they must travel to the neighboring towns. Of the landowners, 15.4% are illiterate, whereas 61.5% have a primary level education and 23.1% a secondary level education.

Division of labor by gender

Labor is divided according to gender and age. Frequently, women are in charge of grazing activities. On the weekends when men are home, they take the animals to graze. Also, children aged eight or older carry out this activity during vacations or on weekends. In the dry season, men and adolescents often leave for long periods of time to work salaried jobs far from the locality. Overall, the average workday is 12.9 hours per day during both season (Figure 2).

All owners of the PU (100%) stated that the workload throughout the year is high. In the dry season, they must travel greater distances and increase grazing time. In the rainy season, the need to graze in the forest is reduced, and livestock remain in pastures near the PU. However, another productive activity is pursued during this time: the collection and sale of mushrooms.

The women also take care of the animals when they are in the corrals. They clean, feed, and deparasitize them and give them vitamins. When the animals become sick, they also must care for them. If owners lack veterinary support, they apply medicines themselves to animals for either the prevention of treatment of illness.

Resource system

Agua Blanca has an area of 2,820 ha (RAN 2017), according to the management plan of the corresponding PNA, 48.52 ha are destined to agriculture and grazing (CONANP 2016). Each PU has a total area ranging from 0.9 to 6.1 ha, which includes the family home, corrals for animals, and crop and pasture areas. Of the total PU, 61% practice agriculture, cultivating a maximum of 0.4 ha. Producers raise cows, sheep, and poultry (quails, chickens, turkeys, and broiler chickens) as well as pigs, but mostly cows, sheep, and poultry (Figure 3).

Management and actor-resource relationships

The producers of Agua Blanca have developed a livestock management system characterized by the nightly enclosure and daily grazing of animals. Animals are grazed from approximately four to six hours per day depending on two factors: 1) Number of livestock in the herd. 2) Time of year.

Common pasture areas are used for grazing as well as croplands with harvest residues, which are used to feed cattle. To guarantee the sustainable use of grassy areas, several grazing routes are alternated throughout the year. In the rainy season (generally from May to October), animals graze in areas near human settlements. Each day, ranchers take a different route to, in order to ensure that grass will be available on future occasions. Meanwhile, in the dry season, generally from November to April, the herd is directed to the pine-sacred fir forest (*Abies religiosa-Pinus hartwegii*), where it feeds on bushes and herbaceous plants such as *garrapatilla* and pink snowberry (*perlilla*; *Symphoricarpos microphyllus* H. B. K.). During this latter season, producers supplement their cattle with additional feed such as maize stubble, dried oats, and maize grains to cover any nutritional deficiencies due to low availability of forage. In both seasons of the years, ranchers provide natural mineral salt (*tequesquite*) to cattle.

Although the forest is used for grazing animals, women or, in their case, men or children, additionally collect mushrooms during the rainy season for familial consumption and sale. This activity is economically important since 12 of the 13 PU sell mushrooms to intermediaries within the community or directly in the markets. The collection and sale of mushrooms occurs throughout the rainy season. Two to six hours are dedicated daily to the collection of mushrooms, which are sold around three times per week. When women go to sell mushrooms, they rely on family members or neighbors to graze their animals. The income generated from this activity is important for women because they can decide how to use this income and generally buy goods for the family. One additional activity is the exchange of products on Tuesdays in the Texcatitlán market, which serves as a point of reunion for inhabitants of the neighboring towns. Food products, for example, maize tortillas, can be exchanged for tomatoes.

Another forest resource is firewood, which is gathered by women in the dry season. Generally, one hour is dedicated to this activity. Firewood is then used for preparing food, heating water for bathing, and for heating during winter.

According to the information collected in the field, the producers of Agua Blanca complement grazing activities with agriculture. However, agricultural yields are low and, occasionally, crops do not develop. Only one PU planted an oat crop (*Avena sativa*) and fava bean crop (*Vicia faba*) during the dry season for personal and animal consumption, yet the crops were not sufficient to cover the nutritional needs of cattle and were therefore complemented with grazing and purchased feed.

During the rainy season, oats, maize (*Zea mays*), and fava beans are planted. Producers buy additional maize to feed their animals and make tortillas or other foods for the family. In this regard, the land area is not sufficient for extensive agricultural production. Six (46.15%) of the 13 studied PU do not have agricultural land and completely depend on grazing and the purchase of forage (oats and maize stubble) for feeding their animals.

Livestock functions

Different animals are reared according to their functional purposes for producers as well as producers' perceptions of livestock functions (Figure 4). Mainly, the producers highlighted the function of livestock as security against unemployment, as 92% do not have a formal job. In this context, livestock activities represent a means of livelihood in which payments are received either in the form of money or animals. The second most important function of livestock is as medical insurance: In face of illness, producers can rely on the sale of livestock to cover expenses. Furthermore, many of the producers highlighted the importance of livestock activity in terms of tradition and legacy. Producers consider livestock ranching to form part of their identity, having learned to care for animals since their childhood and assist their parents with related tasks.

Economic analysis

The profitability (based on the actual net value) of livestock production is low during the dry season because 70% of the PU did not have positive values during the analysis period, as shown in Figure 5. The four producers with profitable operations did show positive cash flows, which is to say that their income was higher than their costs, which represented only 30% of income. These operations can be considered as sustainable because they achieved positive balances even during the dry season when costs are higher. However, during the rainy season, 100% of the PU obtained profits, so all operations may be considered economically sustainable during this period. Animals are sold in local markets or directly to buyers in the locality. The overall viability of the PU is not solely defined by the income generated from livestock, as additional income is required, and livestock are

also viewed as a source of savings. In fact, the main income for supporting families is usually the income made by the father or head of the household in outside work; however, it does not represent a stable income since 92% of providers have seasonal jobs.

Diversification of activities

Several complementary activities are derived from grazing that provide income for the family and guarantee the family's livelihood. In the rainy season, grazing is alternated with mushroom collection and, in the dry season, the sale of manure generates income that can be reinvested in feeding cattle. In Table 2, it can be observed that agricultural and livestock activity along with the salary of the family head represent 68% of income in the PU followed by mushroom collection, which provides 22% of income. The sale of manure provides the least income. The only stable form of income received by households is from social programs. The remaining income streams are subject to variations as a result of seasonality or the availability of natural resources and prices.

DISCUSSION

The significance of PNAs for society has changed over time (Galicia et al 2018). In the past, these areas were once conceived solely as a source of raw material, although the protection and conservation of biodiversity gradually began to gain greater importance. Protected areas were then designated to ensure the conservation of particular areas and the maintenance of ecosystem equilibrium. Currently, these areas are viewed as providing greater intangible benefits such as cultural and ecosystem services, reinforcing the links between society and nature. Furthermore, more recent conservation models do not completely exclude social and economic development but rather allow for a rational use of resources in addition to research, educational, and ecotourism activities (Chávez and Bastida 2015).

Despite efforts to conserve nature globally and within Mexico, scientifically informed environmental management has not prevented further environmental deterioration in most cases. For this reason, it is important to consider additional social, cultural, and economic factors that influence the environment, including those influencing the owners and users of natural resources, who should be included in formulation of environmental public policies (Challenger et al 2014). The ultimate challenge is achieving a sustainable use of resources in which productive activities contribute to the both well-being of individuals and the environment. In this regard, management policies should seek a certain equilibrium between the needs of inhabitants and conservation (Pérez-Suárez et al 2018).

In the present case, livestock ranching and resource conservation are not necessarily mutually exclusive; however, management plans should respond to particular environmental and social conditions, including the particularities of mountainous areas.

The applicability of traditional conservation models might also be called into question in the present case study mostly because, in Mexico, PNAs are home to a significant number of indigenous peoples. Therefore, it is necessary to promote the participation of these communities in the protection of these sites. Also, it is important to continue to evaluate and understand the diverse ecological, socioeconomic, and management factors that influence PNAs and the objectives outlined by conservation policies (García-Frapolli and Toledo 2008).

According to the management program elaborated by CONANP (2016) for the NTFFPA, the inhabitants of the Sub-zone of Sustainable Use of Ecosystems: Agricultural and Livestock (area B) are allowed to perform agrosilvopastoral activities. These practices are common among the inhabitants. Only in the case of grazing have some ranchers expressed their concern that some areas of forest have been closed as a result of reforestation efforts or to protect ecosystem services because it is believed that livestock eat small trees and regrowth. For this reason, ranchers must often cover longer distances to fulfill their animals' food requirements.

Another notable finding was that work at the household level in Agua Blanca is clearly divided according to gender. Martínez-Torres and collaborators (2016) mentioned that the participation of women in traditional forest uses should be recognized and addressed from a gender perspective since this could provide new information about women's activities in relation to natural resource use, especially in cases where women are the experts on resources. In the present case, women perform the arduous activities of grazing and livestock management. However, this activity has traditionally been attributed to men, undermining the role of women in PU. The women both gain and transmit their environmental knowledge to others. These findings agree with those reported by Mitchell and Brown (2002), who studied the adaptation strategies of the Aymara, a mountain group located in the Andes region of Peru. This group showed several similarities with Agua Blanca in regard to its geographic location, gender roles, traditional subsistence regime, and manure management.

The diversity of activities carried out by the producers of Agua Blanca are also reflected in their long working hours (12.9 hours of work/day). Most time is dedicated to grazing and domestic

labor. Meanwhile, Mathez-Stiefel et al (2016) reported a total 15.5 hours of labor/day in the mountain region of Peru; the most time-intensive activities were agriculture, household chores, and livestock care.

It is also common that men in Agua Blanca work daily outside the community in salaried jobs. They then return in the evening or night-time, only participating in productive activities when they have vacations or rest days. Van't Hooft et al (2012) similarly indicated that many women and their children in rural areas are alone most of the year as migration has led men to leave the community in search of better working conditions and opportunities; therefore, women have the responsibility of performing agricultural and livestock activities as well as household duties. In Africa, Kiptot and Franzel (2012) found a 30% increase in the number of rural households led by women mostly as a result of the rural-urban migration of men in search of non-agricultural income, leaving women with the responsibility of obtaining food, firewood, and livestock forage, similar to the present study.

It is also important to note that the production system of Agua Blanca uses both local and territorial resources and, in many respects. Livestock transform forage into animal protein, using resources that would otherwise remain unused (Lasanta 2010). In addition, livestock provides certain benefits to the forest, supplying organic matter, dispersing seeds, and reducing biomass as well as reducing the risk of forest fires (Bartolomé et al 2011). Small ruminants have other specific roles in the ecosystem. Their manure is an important source of food for insects and other faunal species (El Aicha & Waterhouseb 1999; Celaya et al 2012). If the animal load is controlled for, they also favor the conservation of the most common plant species in the zone (Komac et al 2014). However, further studies are needed in Agua Blanca to understand in greater detail the effects of grazing on forests, pastures, and ecosystems and to determine the plant species consumed by livestock.

In the conceptualization of socio-ecosystems, it is important to also identify and understand such interactions as well as potential stressors. From this approach, the complexity of rural environments can be understood (Ávila-Foucat and Martínez 2018). The present study highlights that the appropriation of nature is a central element of the Agua Blanca socio-ecosystem.

Most sheep livestock in Mexico belong to peasant farmers without land. Often, these farmers do not maintain their herd for economic reasons but rather as a form of patrimony or income in emergency situations (Cuéllar Ordaz et al 2012). FAO (2018) mentioned that more than 90% of

Mexican workers do not have social insurance, meaning that they do not receive yearly bonuses or paid vacations in addition to often working informally or under precarious conditions. Given these circumstances, livestock ranching is an important asset of rural homes that serves several functions, such as providing food or income from the sale of animals or animal products or as a source of savings, insurance, or financing if needed (Hernández Valenzuela et al 2016; Centeno Bautista et al 2009). Other studies in the NTFFPA have confirmed that animals are viewed as insurance against health or economic emergencies or for festivals (Abasolo et al 2011; Maldonado-Ferrucho et al 2014).

Even in different systems such as those of the Swiss Alps, certain similarities were found in regard to the main motivations and perceptions of producers regarding grazing, use of forage, and use of family labor as well as the maintenance of tradition (Herzog and Seidl 2018).

With respect to the economic contribution of livestock ranching, in India, Wani et al (2019) reported that the rearing of animals contributed the highest portion of the income of family production units. However, in Agua Blanca, this activity is less remunerative due to diverse impediments, including deficient access to basic services, high marginalization, poverty, isolation, unemployment, and lack of access to health services. Even so, livestock ranching is the most important livelihood in this region, and community development is dependent upon and, at the same time, restricted by this activity. With respect to the actual income obtained from livestock production units, Martínez-Peña et al (2018) reported an income of \$4,018.23 USD per six months in a sheep production system in a mountainous region of Mexico, which is much higher than the income reported in the present study (\$1,331.2 USD).

Therefore, economic diversification is important for increasing the income of the PU in Agua Blanca, as observed in other parts of the world (Ponte, 2001). The diversification of income is linked with lifestyle improvements and an increase in the income of rural homes (Ellis 1998; Ashley et al 2018).

Finally, regional markets such as that of Texcatitlán are a key strategy for addressing food shortages. Such non-monetary exchanges allow the inhabitants of Agua Blanca to maintain their livelihoods, traditional production systems, and values that, at the same time, contribute to the conservation of biodiversity (Pimbert and Marti 2006). In particular, for vulnerable social groups, the exchange of food products ensures food security and nutrition (Argumedo and Pimbert 2010).

CONCLUSION

The livestock activities carried out in Agua Blanca are the main source of family income. All producers perceive cattle as a form of savings or investment that can be sold in case of need or emergency. Additionally, the sale of manure, collection of mushrooms, rearing of animals, and work outside of the locality play an important role in the livelihood of rural families, improving their living conditions and raising their income, especially in areas with limitations related to their status as a PNA.

The livestock production system evaluated from a socio-ecosystemic approach enabled the interrelationships between its diverse components to be observed. The local population is a central actor in conserving forest landscapes and reversing threats to the forest.

Finally, the study highlights the need for a more in-depth understanding of the relevance of diversification of activities for rural livelihoods as well as the role of women in ensuring food security in montane production systems.

REFERENCES

- Abasolo Palacio VE. 2011. Raíces. Nacimiento de un pueblo, configuración de una cultura. Un lugar entre el cielo y la tierra [in Spanish]. Mexico City: Editorial Académica Española Press.
- Anaya F, & Espírito-Santo M. 2018. Protected areas and territorial exclusion of traditional communities: Analyzing the social impacts of environmental compensation strategies in Brazil. *Ecology and Society*. 23 (1).
- Argumedo A, Pimbert M. 2010. Bypassing Globalization: Barter markets as a new indigenous economy in Peru. *Development* 53 (3):343–349. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1057/dev.2010.43>
- Ashley K, Harrison H, Chan PH, Sothoeun S, Young J R, Windsor PA, Bush RD. 2018. Livestock and livelihoods of smallholder cattle-owning households in Cambodia: the contribution of on-farm and off-farm activities to income and food security. *Tropical Animal Health and Production*. 50 (8) 1747-1761. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1615-6>
- Ávila-Foucat S., Martínez F. 2018. Índices de resiliencia ante huracanes de hogares en cuatro comunidades costeras en Oaxaca. In: Ávila-Foucat S. and Perevochtchikova M. editors. *Sistemas socio-ecológicos : marcos analíticos y estudios de caso en Oaxaca, México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas: México.
- Bartolomé J, Plaixats J, Piedrafita J, Fina M, Adrobau E, Aixás A, Bonet M, Grau J, Polo L. 2011. Foraging Behavior of Albarres Cattle in a Mediterranean Forest Ecosystem. *Rangeland Ecology & Management*, 6, 319–324. DOI: 10.2111/REM-D-09-00160.1
- Celaya R, García U, Osoro K. 2012. Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation. *Small Ruminant Research*, 107:49–64.

Centeno Bautista S, Manzo-Ramos F. 2009. Funciones de la ganadería familiar en comunidades campesinas: el caso del ejido de Almeya, Ixtacamaxtitlán, Puebla. In: Cavallotti Vázquez BA, Marcof Alvarez CF, Ramírez Valverde B, Cesín Vargas JA, editors. Ganadería y seguridad alimentaria en tiempo de crisis. Universidad Autónoma Chapingo: México, pp. 225-236.

Challenger A., Bocco G, Equihua M, Lazos CE, Maass M. 2014. La aplicación del concepto del sistema socioecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación ambiental*, 6 (2),

Chávez Mejía C, Bastida Muñoz N. 2015. Relaciones sociales y conservación de la biodiversidad. El caso del compadrazgo mazahua. In: Chávez Mejía C, Tapia F, editors. *Procesos Sociales en el Medio Rural. Acercamientos Teóricos y Experiencias de Investigación*. Universidad Autónoma del Estado de México: México, pp. 351-384.

CONAFE [Consejo Nacional de Fomento Educativo]. 2017. <https://www.gob.mx/conafe>, consultado 19/07/2019.

CONANP [National Commission of Protected Natural Areas]. 2016. Management Program of "Nevado de Toluca" Flora and Fauna Protection Area [in Spanish]. Mexico City: CONANP Press. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf; accessed on 17 May 2019.

CONAPO [Consejo Nacional de Población]. 2010. Índices de marginación. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones

Cuéllar Ordaz JA, Tórtora Pérez J, Trejo González A, Román Reyes P. 2012. La producción ovina mexicana: particularidades y complejidades. Mexico, Ariadna Press.

Dame J. 2018. Food Security and Translocal Livelihoods in High Mountains: Evidence from Ladakh, India. *Mountain Research and Development* 38(4): 310-322. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-18-00026.1>

Defries R. 2017. The tangled web of people, landscapes, and protected areas. In: Beissinger S R, Ackerly D D, Doremus H D, and Machlis, G. E, editors. *Science, Conservation, and National Parks*. University of Chicago Press: Chicago, pp. 227-246.

DOF [Official Gazette of the Federation]. 1936. Decreto que declara parque nacional el "Nevado de Toluca", México: DOF.

DOF [Official Gazette of the Federation]. 2013. Decreto que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada "Nevado de Toluca" que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937, México: DOF.

DOF [Official Gazette of the Federation]. 2019. Exchange rate. <http://dof.gob.mx/indicadores.php>.

El Aicha A., Waterhouse A. 1999. Small ruminants in environmental conservation. *Small Ruminant Research*, 34(3): 271-287. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00079-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00079-6)

Ellis F. 1998. Household Strategies and Rural Livelihood Diversification. *Journal of Development Studies* 35 (1):1-38. DOI: 10.1080/00220389808422553.

Estevez-Moreno L.X., Sanchez-Vera E., Nava-Bernal G., Estrada-Flores J.G., Gomez-Demetrio W., Sepúlveda W.S. 2019. The role of sheep production in the livelihoods of Mexican smallholders: Evidence from a park-adjacent community. *Small Ruminant Research*, 178, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.001>.

FAO [Food and Agriculture Organization]. 2018. Rural Mexico of the 21st century [in Spanish]. <http://www.fao.org/3/i9548es/I9548ES.pdf>; accessed on 17 May 2019.

FAO [Food and Agriculture Organization]. 2019. Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/358116/>; accessed on 17 May 2019.

Galicia L, Chávez-Vergara BM, Kolb M, Jasso-Flores RI, Rodríguez-Bustos LA, Solís LE, Guerra de la Cruz V, Pérez-Campuzano E, Villanueva A. 2018. Perspectivas del enfoque socioecológico en la conservación, el aprovechamiento y pago de servicios ambientales de los bosques templados de México. *Madera y bosques*, 24(2). <https://dx.doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>

García-Frapolli E, and Toledo VM. 2008. Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. *Argumentos (Méx.)* [online], vol.21, n.56, pp.103-116. ISSN 0187-5795.

Goodman L. 1961. Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1):148-170. <http://www.jstor.org/stable/2237615>

Granados Ramírez G R, Toscana Aparicio A, Villaseñor Franco A. 2018. Recategorización del Nevado de Toluca Elementos escénicos y turismo. *Teoría y praxis*. 26: pp 36-66.

Hernández Valenzuela D, Sánchez Vera E, Gómez Demetrio W, Martínez García C. 2016. Funcionalidad de la ganadería en las estrategias socioeconómicas de hogares que habitan áreas protegidas de montaña. In: Cavallotti Vázquez BA, Ramírez Valverde B, Cesín Vargas JA, editors. *Ganadería, sociedad y Recursos Naturales*. Universidad Autónoma Chapingo: México, pp. 75-87. ISBN 978-607-12-0442-4.

Herzog F, and Seidl I. 2018. Swiss alpine summer farming: current status and future development under climate change. *The Rangeland Journal* 40(5): 501-511 <https://doi.org/10.1071/RJ18031>.

Honey-Rosés J. 2009. Illegal logging in common property forests. *Society & Natural Resources*. 22, pp 916–930. doi:10.1080/08941920903131120

INEGI [National Institute of Statistics, Geography and Informatics]. 2018. Digital map of Mexico. Weather (1921-1975). <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>; accessed on 24 April 2019.

Kiptot E, and Franzel S. 2012. Gender and agroforestry in Africa: a review of women's participation. *Agroforest System*. 84: 35-58. <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9419-y>

Komac B, Domènech M, Fanlo R. 2014 Effects of grazing on plant species diversity and pasture quality in subalpine grasslands in the eastern Pyrenees (Andorra): Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*. 22 (3): 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.005>.

Lasanta T. 2010. Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio. *Estudios Geográficos*, 268: 203-233.

López-Sánchez E, Musálem MA. 2007. Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13 (1): 59-66.

Madera Pacheco J. 2000. Organización y características sociodemográficas de las unidades domésticas de producción campesina. Un estudio exploratorio en tres comunidades productoras de tabaco en la región costa norte de Nayarit. *Papeles de la población*. Vol. 6 (26). Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02031a&AN=clase.CLA01000180507&lang=es&site=eds-live>

Maldonado-Ferrucho G, Franco-Maass S, Nava-Bernal G, García-Martínez A. 2014. La ovinocultura del Nevado de Toluca: Factor de deterioro o elemento de desarrollo y manejo ambiental en zonas naturales protegidas. In: Arriaga-Jordán CM, and Anaya-Ortega JP, editors. *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural, México*: Reverte Press, pp 149-165.

Márquez DC.L, and Castro J. 2015. Uso del Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio-Costo en la Evaluación Financiera de un Programa de Vacunación de Fiebre Aftosa en el estado Yaracuy, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*. 56 (1): 58-61.

Martínez-Peña M, Villagómez-Cortés JA, Mora-Brito AH. 2018 Profitability of the sheep production system in the Bajo Mixe, Oaxaca, Mexico. *Agrociencia* 52:107-122.

Martínez-Torres HL, Castillo A, Ramírez MI, Pérez-Salicrup DR. 2016. The importance of the traditional fire knowledge system in a subtropical montane socio-ecosystem in a protected natural area. *International Journal of Wildland Fire* 25, 911-921. <https://doi.org/10.1071/WF15181>

Mathez-Stiefel SL, Ayquipa-Valenzuela J, Corrales-Quispe R, Rosales-Richard L, Valdivia-Díaz M. 2016. Identifying Gender-Sensitive Agroforestry Options: Methodological Considerations From the Field. *Mountain Research and Development*. 36 (4): 417-430. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00051.1>

Mitchell WL, Brown PF. 2002. Los pueblos de las montañas: adaptación y pervivencia cultural en el nuevo siglo. *Unasylva* 208, Vol 53(1). <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/004/y3549s/y3549s04.pdf>; accessed on 17 May 2019.

Ostrom E. 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*. 325 (5939), pp. 419-422. DOI: 10.1126 / science.1172133

Pérez-Suárez M, Flores-Navarro MA, Martínez-Campos AR, Estrada-Flores JG, Chávez-Mejía MC. 2018. Impact of Extensive Grazing on Supporting and Regulating Ecosystem Services of Mountain Soils. *Mountain Research and Development* 38(2): 125-134. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-17-00103>

Pimbert MP, Marti N. 2006. *Barter Markets: Sustaining people and nature in the Andes*. International Institute for Environment and Development (IIED). Series on Sustaining Local Food Systems, Agricultural Biodiversity and Livelihoods, London.

Ponte S. 2001. Trapped in Decline? Reassessing Agrarian Change and Economic Diversification on the Uluguru Mountains, Tanzania. *Journal of Modern African Studies*, 39(1): 81-100. DOI: 10.1017/S0022278X01003536.

Primack R, Rozzi R, Feinsiger P, Dirzo R, Massardo F. 2001. *Fundamentals of Biological Conservation: Latin American Perspectives* [in Spanish]. Mexico City: FCE Press.

RAN (Registro Agrario Nacional) 2017. Datos Geográficos de las tierras de uso común, por estado. Disponible en: datos.gob.mx/busca/dataset/datos-geograficos-de-las-tierras-de-uso-comun-por-estado--formato-shape. (02.09.19)

Rojo F. and Blanco V. 2014. *Guía práctica para técnicos y técnicas rurales: el desarrollo rural desde el enfoque de género*, UCAR, Ministro De Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina, pp. 89.

Schleicher J. 2018. The environmental and social impacts of protected areas and conservation concessions in South America. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 32, pp 1-8. 10.1016/j.cosust.2018.01.001.

Van't Hooft K, Wollen TS, Bhandari DP. 2012. *Sustainable livestock management for poverty alleviation and food security*. CABI Press. <https://doi.org/10.1017/S2078633612000689>.

Wani MH, Baba SH, Bazaz NH, Zarger BA, Bhat A. 2019. Disadvantaged nomadic tribes of Jammu and Kashmir in the frame of livelihood security through animal rearing. *Indian Journal of Animal Sciences* 89(5): 562–566.

Yin R K. 2018. *Case study research and applications: design and methods*. 6th edition. Thousand Oaks, California. SAGE Press.

Figure 1. Location of the Agua Blanca Ejido in the municipality of Zinacantepec in the State of Mexico.

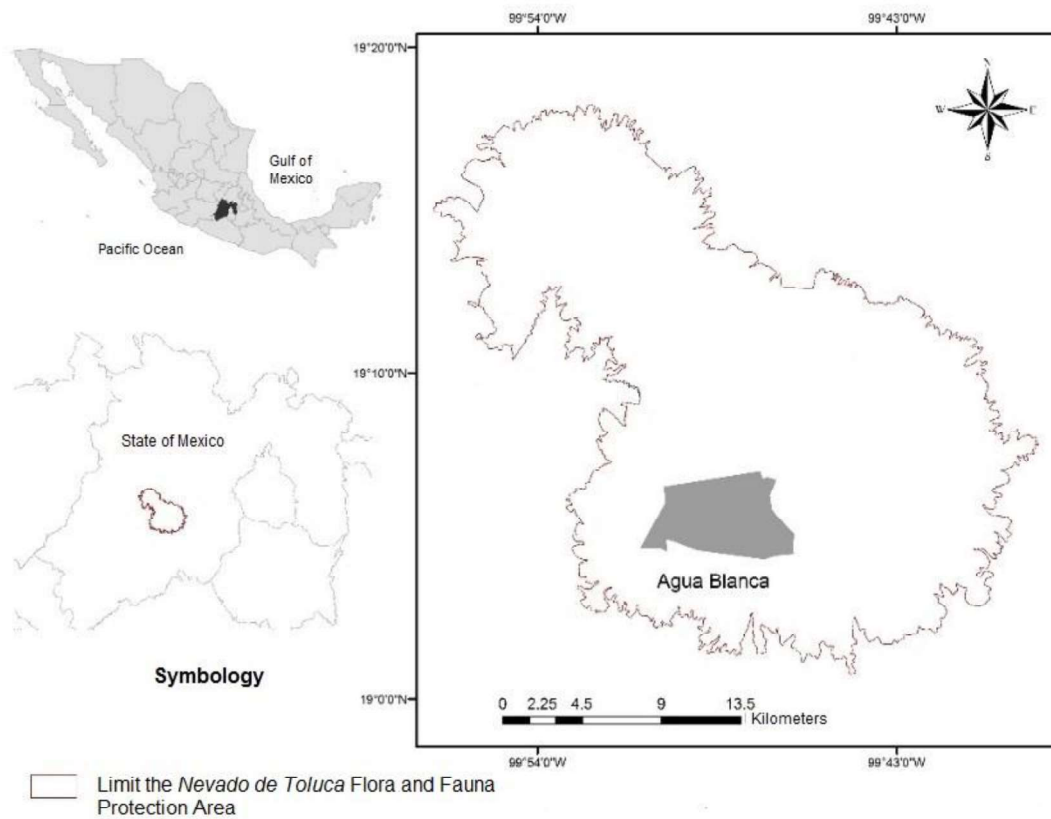


Figure 2. Average time invested by owners of the PU (n=13) in daily productive activities in Agua Blanca considering a total of 12.9 working hours/day.

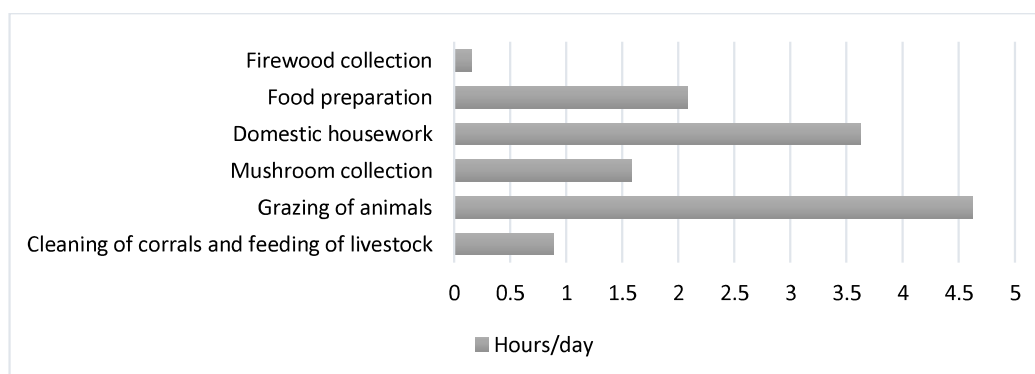


Figure 3. Proportion of dominant animals in the PU of Agua Blanca.

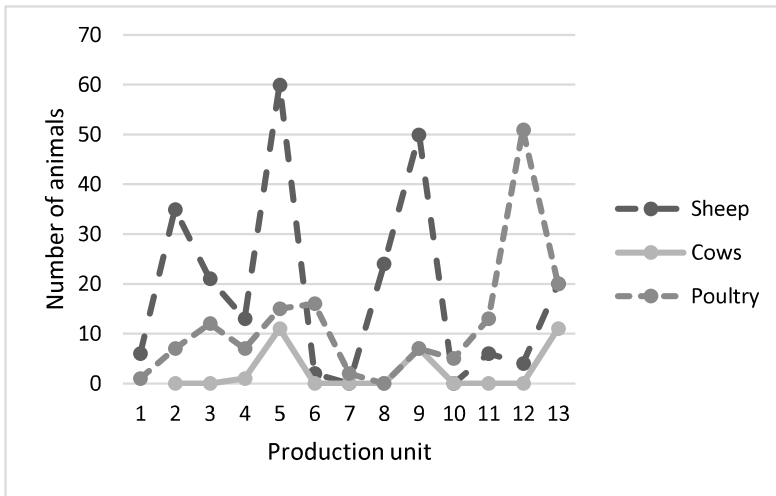


Figure 4. Importance of livestock activities in Agua Blanca (n=13).

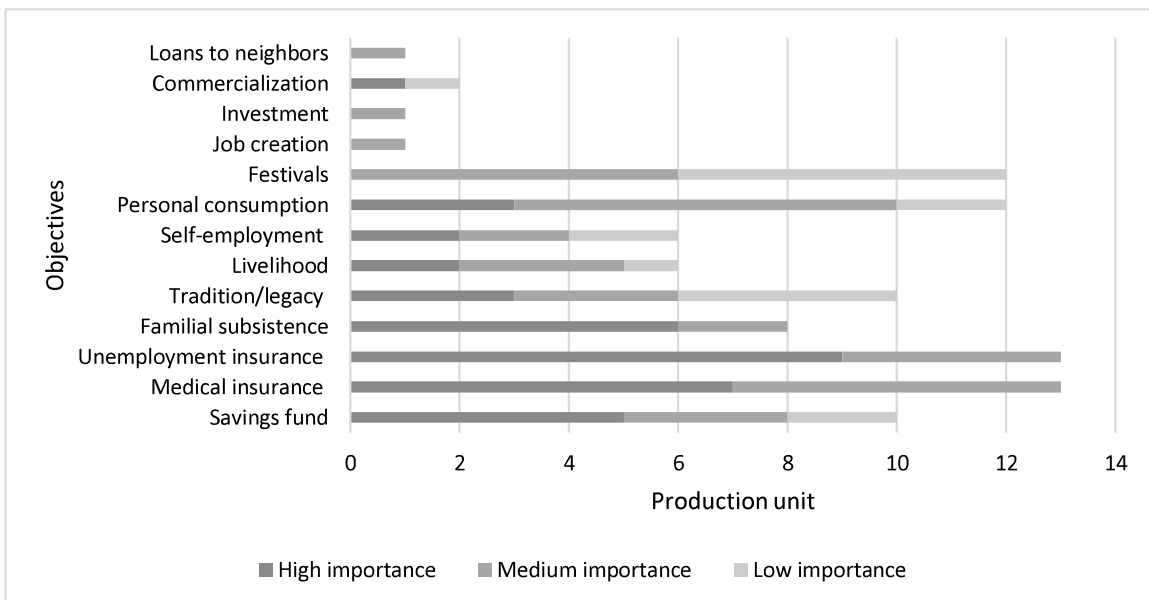


Figure 5. Economic profitability (net present value) of the 13 PU analyzed in Agua Blanca during the dry and rainy seasons.

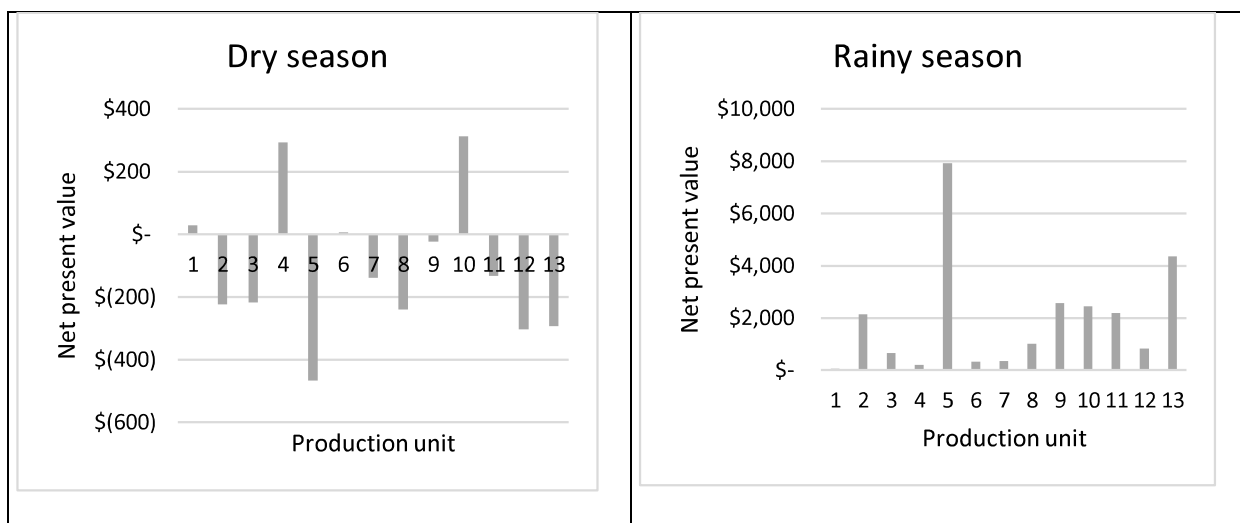


Table 1 outlines the sociodemographic characteristics of the PU (n=13).

	Average	Minimum	Maximum
Age of owner	39.8	20	65
Number of family members	4.2	2	6
Number of family members who work outside	1.2	0	2

Table 2. Maximum and average income (USD) from different activities in the PU of Agua Blanca during one year (n=13).

Activities	Maximum	Average	%
Agricultural and livestock activity	\$9,610.5	\$995.9	34
Salary of the head of the family	\$1,926.7	\$990.0	34
Mushroom collection	\$3,634.7	\$640.8	22
Social programs	\$494.5	\$190.4	7
Manure sale	\$562.0	\$96.2	3

7.3 Artículo enviado 3. "Livestock in the sustainability of changing livelihoods in high mountain communities in a Natural Protected Area in Central Mexico"

De: em.trop.0.6b1d3b.c1226763@editorialmanager.com <em.trop.0.6b1d3b.c1226763@editorialmanager.com> en nombre de Tropical Animal Health and Production <em@editorialmanager.com>

Enviado: jueves, 7 de mayo de 2020 05:45 a. m.

Para: Julieta Gertrudis Estrada Flores

Asunto: TROP-D-20-00757 - Acknowledgement of Receipt

Dear Dr Estrada Flores:

I am writing to acknowledge the receipt of your manuscript entitled "Livestock in the sustainability of changing livelihoods in high mountain communities in a Natural Protected Area in Central Mexico".

The submission id is: TROP-D-20-00757

Please refer to this number in any future correspondence.

Thank you for submitting this paper to Tropical Animal Health and Production. During the review process, you can keep track of the status of your manuscript.

Your username is: jgef2012

If you forgot your password, you can click the 'Send Login Details' link on the EM Login page at <https://www.editorialmanager.com/trop/>.

Yours sincerely,

Leslie JS Harrison PhD
Tropical Animal Health and Production

As a result of the significant disruption that is being caused by the COVID-19 pandemic we are very aware that many researchers will have difficulty in meeting the timelines associated with our peer review process during normal times. Please do let us know if you need additional time. Our systems will continue to remind you of the original timelines but we intend to be highly flexible at this time.

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/trop/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

**Livestock in the sustainability of changing livelihoods in high mountain communities
in a Natural Protected Area in Central Mexico**

Juana Martínez-Hernández¹, Rocío Rosa-García², Benito Albarrán-Portillo³, Carlos Manuel Arriaga-Jordán¹, María Guadalupe Valdés-Piña⁴, Julieta Gertrudis Estrada-Flores⁵

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo, Toluca, C.P. 50090, Estado de México, México.

² Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Carretera a Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa, Asturias, España.

³ Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Universidad Autónoma del Estado de México Carretera Toluca – Tejupilco, Km 67.5, Temascaltepec, C.P. 51300, Estado de México, México.

⁴ Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México, Mariano Matamoros s/n, Toluca, C.P. 50130, Estado de México, México.

ORCID:

Rocío Rosa-García: 0000-0002-4169-6708

Benito Albarrán-Portillo: 0000-0001-9807-8452

Carlos Manuel Arriaga-Jordán: [0000-0002-6140-0847](https://orcid.org/0000-0002-6140-0847)

Julieta Gertudis Estrada-Flores: 0000-0002-3376-5128

Author for correspondence:

Dr. Julieta G. Estrada Flores

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Campus UAEM El Cerrillo, Toluca, C.P. 50090, Estado de México, México.

Telephone: (52) 180 61 24 / 481 16 07 E-mail: jgestradaf@uaemex.mx

Livestock in the sustainability of changing livelihoods in high mountain communities in a Natural Protected Area in Central Mexico

Abstract

Livelihoods of communities within the high mountain Natural Protected Area for Flora and Fauna ‘Nevado de Toluca’ (NPAFFNT) in the central highlands of Mexico have changed due to statutory limitations to the traditional agro-silvopastoral activities of smallholder *campesino* subsistence communities, who still rely on livestock, mainly sheep production. There is no knowledge on the sustainability, strengths and weaknesses of these systems and the influence of seasons in this area of marked bioclimatic seasonality. The IDEA method to assess sustainability was applied in a small village within NPAFFNT in the dry as in the rainy season. Sustainability is limited by the economic scale while their main strengths were in the agroecological scale in both seasons. Indicators show deficiencies in farmer education, lack of technical assistance, poor local infrastructures, lack of access to institutional support programmes, and the revision of norms for the natural protected area. Results are useful for improving the sustainability of these systems that may improve the quality of life of high-mountain communities and provide ecosystemic services relevant for society. Diversification of income sources are needed given the limitations that the new statute create on livestock and agricultural activities. There is a need to revise the conflict between the livelihood needs of communities and the environmental protection norms, that need a common ground and a truly participatory process that takes into consideration the voice of local inhabitants.

Keywords: Sustainability assessment; seasonality; IDEA method; local ecological knowledge, high mountain systems; indicators.

Introduction

The future of society is jeopardised by patterns of consumption and exploitation of natural resources that threaten the diversity and resilience of human communities and the ecosystems they inhabit. Therefore, there is a need to redirect production systems and livelihoods towards more sustainable strategies (FAO, 2018).

Some of the most vulnerable territories are mountain areas where plant and animal species live, adapted to environmental conditions many times extreme, sensitive to changes in the use of soils and climate change. About 10% of the world population obtain their livelihoods directly from the mountains, from produce generated in subsistence livestock farms, on steep soils, in isolated area and under extreme climatic conditions that hinder the development of productive activities (Price, 1998).

Under those high mountain conditions, some crops and livestock rearing constitute the basis for the livelihoods and subsistence of those communities (Lasanta, 2019), who at the same time exert a strong activity that shapes rural landscapes (González-Díaz et al., 2019).

Among mountain territories, there is a special interest in the development sustainable livestock strategies for those systems located in protected areas, because there the objectives for the use of natural resources must be strongly aligned to the parallel efforts of environmental conservation. A mountain natural protected zone with singular characteristics is the Natural Protected Area for Flora and Fauna 'Nevado de Toluca' (NPAFFNT) in the central highlands of Mexico, since it not only holds an important natural heritage, but has moved from the status of National Park decreed in 1936 to that of a protected natural area in 2013, with the objective of conciliating the socio-economic interests of communities living within the area, and the environmental protection objective (Depraz, 2017; Granados-Ramírez et al., 2018).

The volcano 'Nevado de Toluca' (Snowed mountain of Toluca) or *Xinantecatl* in the native nahua language, is the fourth highest peak in Mexico at an altitude of 4,660 m, and the protected area comprises 53,590 ha of which 1,941 ha are the totally protected nucleus and

51,649 ha comprise the buffer zone, where 16 small rural villages are located with a population of 5,297 people live (CONANP, 2016).

A source of knowledge on the current situation and the evolution of the natural and cultural heritage are the local communities since they possess the ecological knowledge of their surroundings from their experience and adaptation to optimise the use of natural resources. This knowledge enables the inhabitants of the area to valorise changes from a holistic perspective attending socioeconomic and environmental components, as well as identifying causes for those changes and possible consequences (Santana-Medina, 2012).

However, local ecological knowledge has received little attention by the scientific community, in spite of its potential to implement strategies better adapted to local conditions (Santana-Medina et al., 2013) and better valued by communities who inhabit those areas (Caro-Borrero et al., 2017).

Several authors have analysed the main factors that may jeopardise the sustainability of livestock rearing in Mexico (Fadul-Pacheco et al., 2013; Salas-Reyes et al., 2015; Vences-Pérez et al., 2015; Prospero-Bernal-Bernal et al., 2017) and in NPAFFNT (Endara-Agramont et al., 2012; Santana-Medina, 2012; Santana-Medina et al., 2013; Granados-Ramírez et al., 2018).

However, available information on sustainable strategies to solve the challenges in this protected natural area is scarce, and not from a holistic assessment of current productive systems taking into account environmental, socioeconomic, and cultural factors including governance; and that integrates both scientific as well as local ecological knowledge.

The NPAFFNT represents a challenge for human settlements that have lived within the area for around a hundred years. The area was initially established as a national park in 1936, and although formally there should be no human settlements within the park, many small villages founded before the decree of national park remained. Their livelihoods were linked to a silvopastoral system based mainly on sheep rearing and some cattle that used to be grazed in the forest and in openings in the forest, complemented with crop residues during the dry season.

However, in 2013 the statute of the area changed and became a Natural Protected Area of Flora and Fauna, that enables human settlements within the buffer zone, and several productive activities as cropping, livestock rearing, and forestry, although with a strictly enforced new statute limiting many of these activities. Grazing has been banned in most of the forested area, severely limiting the traditional activities of the silvopastoral systems.

The objective was to assess the sustainability of the farms in a community located within the NPAFFNT that live under the new statute, in order to identify strengths and weaknesses, and if these are limited by season of the year. The objective was met by an integrated analysis of information from a battery of sustainability indicators together with that derived from de local ecological knowledge of the people that inhabit the area.

Materials and methods

Study area

Work was undertaken in the village of *Agua Blanca* located at 19°04'45'' N and 99°50'25'' W, in the municipality of Zinacantepec in the State of Mexico in the central highlands of the country. Altitude is 3200 m and the village is located in the buffer zone, at 6.5 km from the nucleus protected area. Predominant climate is sub-humid semi-cold, with mean annual rainfall of 1300 mm and mean annual temperature of 12°C (INEGI, 2018). The village is very small, with only 17 families living in the community.

Collection of information

Collection of information followed the case study methodology (Yin, 2018) in terms of agro-silvopastoral activities. The assessment of sustainability was from December 2017 to November 2018. All 17 families were invited to participate in the study. All households kept animals. All of them kept sheep as the main livestock species in these high mountain systems, and most keep poultry and some also kept cattle. Eventually, only 13 households accepted to participate in the study during the whole year. In spite of new restrictions brought about by the new statute as a natural protected area, families keep relying on livestock, mainly sheep, as the basis for their livelihoods.

Farmers do not keep any records, so information was collected through monthly visits when semi-structured questionnaires were applied to collect detailed information of the family activities, including productive activities with crops, livestock management, land use, and incomes from off-farm work, subsidies from government support programmes, and the follow-up of the family economy over time. Interviews were complemented with direct and participant observation at each farm to gather information on the local ecological knowledge and its role in daily activities including the management of the sheep flock (and cattle when present), as well as complementary activities like mushroom collection in the forest.

Sustainability assessment

The IDEA method (*Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*) version 3.0 was used. The method enables the integral assessment of the sustainability at farm level through 42 indicators grouped in 10 components that comprise the three scales of sustainability: (agro-ecological, socio-territorial and economic (Zahm et al., 2008; Vilain et al 2008).

The method establishes a 0 to 100 point score for each of the sustainability and the sustainability level is determined by the scale with the lowest score identified as the limiting scale for the overall sustainability scales (Vilain et al 2008). Several indicators were adapted to the context of the NPAFFNT as a protected natural area (Table 1).

The study area does have a marked bioclimatic seasonality, with well defined rainy (May to October) and dry (November to April) seasons, that may determine how farming systems function and the timing of activities. Therefore, information was collected and analysed for each season.

The profitability of farming for each season was calculated using a variant of the cost-benefit analysis (CBA) that enabled to determine incomes, costs, losses and productivity (López-Sánchez and Musálem, 2007).

Results

Although the total area for the village of Agua Blanca is 2,820 ha of pine (mainly *Pinus hartwegii*) - fir (*Abies religiosa*) forest, that used to be grazed by flocks and herds of the

community, the area destined by the new statute for NPAFFNT to the village of Agua Blanca is only 48.5 ha for houses, crops, and livestock rearing with strict norms in place limiting the access of the community livestock to areas outside the village. Therefore, farms are very small, from 0.6 to 6.1 ha where 61% of land is destined for cropping maize and faba beans (*Vicia faba*) for self-consumption, and oats (and straws from maize and faba beans) as forage for livestock.

Grazing has been banned from most of the forest areas in the remaining 2,771.5 ha, so that the traditional silvopastoral management has been severely limited. Families can undertake approved activities in the forest area, mainly the collection and sale of wild mushrooms that are an important source of complementary income in the rainy season (Martínez-Hernández et al., 2019); but the ban on grazing has meant a need to reorganise their activities, although livestock rearing is still the basis of their livelihoods.

Table 2 shows the animal inventories of the 13 participating farms, who raised a total of 241 sheep, 30 cattle, and 156 diverse poultry (chickens, turkeys and one farm had quails). Sheep is the basis of the livestock system, although two farms sold their sheep during the study to meet economic needs. One farm also had one goat, and one farm kept one pig, but these species are not common in these high mountain systems.

Sheep (and cattle from the four farms that keep cattle) are grazed during daytime for a mean of 4h/day around the village and kept in pens overnight when supplementary roughages are provided mainly in the dry season. Families in Agua Blanca have had to reorganise their livelihoods since they are now unable to graze their livestock outside the village boundaries imposed by the new statute.

The overall sustainability assessment for the three scales of the 13 farms is shown in Table 3 for both seasons. In the dry season, the economic scale with a score of 49 points determines the sustainability, having a large seasonal variation since the score for the economical scale was 74 in the rainy season. It is the socio-territorial scale that limits sustainability in the rainy season with a score of 59 points. The agroecological scale had the highest scores similar in both seasons with 79 in the dry season, and 82 points in the rainy season (Table 3).

Table 4 shows the scores for indicators in the agroecological scale. Strengths in the were management practices, stable in both seasons (indicators A12 to A18), soil protection (A16), (A16), manure (A13) and water management (A17) had top scores in both seasons; as did fertilizer use (A12) which was slightly higher in the rainy season, and pesticide use (A14) which has a higher score in the dry season, but both with high scores in both seasons.

Other indicators in the agroecological scale showed variation between seasons, and notable potential for improvement. Lowest scores were for crop diversity (A1 and A2), crop rotation (A5), and in the contribution to environmental issues of the territory (A9). The indicator for veterinary medicines (A15) has a null score, indicating the lack of any animal health management.

Indicators for the socio-territorial scale (Table 5) were heterogeneous in their scores. Indicators related to quality of products and the land (B6 to B11) with 22 points in the dry season and 21 in the rainy season showed little inter-season variation, but are low at only over 60% of the maximum score possible. High scores were obtained in the quality of manure (B1) that got 7 out of 10 points, such that the sale of sheep manure is a source of income for participating families. Areas to improve relate to the management of inorganic residues (B3) and the accessibility of space (B4).

There was no inter-season variation for indicators related to employment and services, with the majority of indicators obtaining high scores, as in short trade (B6) and services and multi-activities (B7), or in the probable farm permanence in time (B11). However, there were two indicators that are key for the improvement of these livestock systems: contribution to employment (B9), and collective work (B10). In terms of quality of buildings (B18) the score is very low since families live on small houses made from pine-wood planks, most with an earthen floor, and many without any sanitation or services.

In relation to indicators related to ethics and human development, scores were around 50% of maximum possible scores, although with important differences among indicators and between seasons, observing a 14% decrease in scores in the rainy season. Variations ranged from high scores for isolation (B17) to a null score for intensity of work (B15) and training and education (B14). The indicator on reliance of purchased concentrates (B12) also showed a large inter-seasonal variation with a higher dependence of purchased feeds in the dry season

and lower in the rainy season. There are two indicators that may clearly be improved: animal welfare (B13) and training and education (B14).

Incomes in the economic scale were from the sale of livestock (mainly sheep), manure (in the dry season), and wild mushrooms (in the rainy season). Some families have started to provide services to tourists, as eco-tourism is promoted as means to generate incomes and wellbeing in these poor mountain communities. One family rented a place to spend the night, and one family prepared and sold meals to visitors, although this activity is very incipient as Agua Blanca is away from the main areas visited by tourists and hikers.

Indicators for the economic scale showed large variation between seasons (Table 6). Indicators for economic viability were particularly low in the dry season (only 12 of 30 possible points), that increase in the rainy season (19 points). The indicator for transmissibility (C5) is slightly higher with 13 out of 20 possible points.

Discussion

Arriaga-Jordán et al. (2005) documented the livestock agrobiodiversity of small-holder *campesino* farms on hill-slope indigenous agricultural communities of the highlands, and the importance that livestock rearing have in the survival of these families.

Sustainability in the high mountain communities in the study area is dependant on the season, limited strongly by the economic scale (mainly in the dry season), with the socio-territorial scale limiting sustainability in the rainy season. The strengths of the system are in the agroecological scale.

These results are similar to those obtained in specialised market oriented small-scale dairy systems in temperate agricultural valleys (Fadul-Pacheco et al., 2013; Prospero-Bernal et al., 2017), as well as in dual-purpose silvopastoral cattle systems in sub-tropical areas (Salas-Reyes et al., 2015; Vences-Pérez et al., 2015).

Scores obtained in the agroecological and socio-territorial scales in this study are higher than findings by Fadul-Pacheco et al. (2013) in small-scale dairy systems in temperate agricultural valleys, or by Vences-Pérez et al. (2015). Higher agroecological scores herein reported may be due to the fact that the studied farms are within a natural forested area in a silvopastoral system based on mainly sheep production that makes use of the natural vegetation of the area.

Currently, there is great interest in agro-silvopastoral systems that include livestock in ecosystems that integrate crops, grasses, shrubs and trees that offer a range of resources, and at the same time provide important environmental services (Godinho et al., 2018). Agro-silvopastoral management enable multifunctional and more productive systems than if the activities they include were independent as in monocultures (Albarrán-Portillo et al., 2019).

Studies with sheep production in Morocco confirm higher sustainability scores for extensive and agro-silvopastoral systems, that showed higher strengths in the agroecological scale and the use of local breeds, as well as weakness in the economic scale (Araba and Boughalmi, 2016).

The high score in animal diversity (A3) is because, although sheep is the dominant species, there are other domestic animal species in the farms as cattle, poultry (with one farm raising Japanese quails), and one farm with a goat and one farm with a pig (Table 2). Multispecies livestock systems enable a more efficient use of natural resources, particularly in complex agro-silvopastoral systems characterised by a range of varied resources (from crop residues to forest biomass) that may be valorised by the diverse selection of diets and grazing behaviour of different species (Fraser and Rosa, 2018).

In this study, the different stratified use of areas was observed in the height of grazed vegetation, such that sheep grazed the lower strata, while cattle the higher stratum. In the area, sheep consume at least six different plant species (Esquivel-Domínguez and Estrada-Flores, 2014).

This contrasts to silvo-pastoral subtropical systems where cattle consume up to 22 plant species in the rainy season and other 27 species (many woody species) are used as cattle browse, and by humans as food, firewood, or as timber for buildings (Albarrán-Portillo et al., 2019).

It is the agrobiodiversity of both plant and animal species linked to agro-silvopastoral systems that may contribute to food self-sufficiency and productive diversification in farms that need to improve on the economic scale for which management options must be developed (Ochoa-Espinoza et al., 2009).

Low scores for the cropping indicators (A1, A2, and A3) reflect the little crop production in the studied village, where families till an average of 0.11 ha of a limited number of plant

species with low yields. Inter-season variability may be due to the presence and intensity of frosts, as well as by rainfall which is dependent on geographic latitude (Herrera-Tapia et al., 2015), which limits the possibility of crops in the dry season. Only one farmer sowed oats (*Avena sativa*) as forage, and faba beans (*Vicia faba*) for self consumption in the dry season, whilst in the rainy season most farmers sowed oats for forage, and maize and faba beans for their family. Straw and residues from these latter two are fed to livestock.

The indicator for the contribution to the environmental challenges (A9) is determined by the statute on the use and management of the protected area, in terms of approved activities in the two zones in the area according to the management plan of NPAFFNT (CONANP, 2016). As mentioned, the area for agricultural activities is now severely limited to the 48.5 ha of the village, with most of the other land set off-limits to grazing in order to protect the forest since work previous to the change of statute from national park to natural protected area identified grazing and uncontrolled fires (many due to burning grassland to promote regrowth) as two factors, together with illegal logging, that were hampering the renewal and conservation of the forests in the area (Endara-Agramont et al., 2012).

Now farmers have to face for the seasonality of available feed resources, and the low productivity of forages, particularly in the dry season (Martínez-Hernández et al., 2018), coupled with the very low land endowment per farm (1.3 ha on average). Extensive grazing in the forest is now banned and authorities promote confined rearing of their livestock even though these families have subsisted and come from a grazing tradition. According to the current statute, confining livestock could increase the risk of environmental damages from a high livestock density.

The statute for the NPAFFNT fails in its socioeconomic objectives of providing sustainable livelihoods for communities that live within the area by severely limiting the size and growth possibilities of farms. There is no possibility of intensifying livestock rearing under total confinement as proposed, since that would require forage cropping which is not possible given the very small land endowment for crops in each farm, the low education and training level of farmers, and the impossibility to open new lands to cropping. The establishment of livestock production in confinement would also require investment in infrastructure that the poor inhabitants of these communities can not afford.

It therefore calls for a revision of the current statute in order to take into consideration the activities and needs of the people in these communities, designing conservation strategies within the social context and the distribution of natural resources in time and space. The need for this revision has been pointed out by other authors (Santana-Medina et al., 2013) that show the dire circumstances faced by the inhabitants in terms of pollution, lack of health services, transport, low levels of community participation, problems with animal health, lack of secondary schools for children, and limited possibilities for income generation or employment.

Recent studies by Granados-Ramírez et al. (2018) have highlighted these circumstances and show that the change in statute from national park to natural protected area have meant little changes in the poverty conditions of the people.

As observed by Santana-Medina et al. (2013), there is little management of animal health (A15) and veterinary assistance to farmers, although almost 50% vaccinate and 75% dewormed their livestock. Survival rates of lambs are low (48%) and the incidence of respiratory problems is high 47.5% (Maldonado-Ferrucho et al., 2014).

Isolation, difficult access, and poor dirt roads limit the technical assistance farmers get, who treat their livestock with their own resources and from their experience. Animal health issues linked to poor farm management and preventive strategies in poor communities is a worldwide problem that limits the prospects of a sustainable livestock production. There is a need for the promotion of clinical and preventive veterinary services as well as a regional approach for the control of animal diseases that have an economic impact on these smallholder communities (Awa and Achukwi 2010; Maldonado-Ferrucho et al., 2014), which would also diminish risks for human health (Awa and Achukwi 2010). A viable alternative to improve animal health services is the training of members of the community in the treatment and prevention of the main health ailments affecting their livestock (Mockshell, 2014).

In regards to the socio-territorial scale, in terms of quality of products and the land, there were low scores in the management of inorganic residues (B3), since villagers just burn or bury their inorganic rubbish. Low scores for accessibility of space (B4) highlights the need to improve roads in the area that will enable a better communication between these rural enclaves and urban centres.

High scores were obtained in the indicator on manure quality (B1), since farmers value sheep manure as the best organic fertiliser compared to manure from other species. This is local knowledge from observation, that coincides with what is established in the State standards for organic soil amendments, reaffirming the role of traditional local knowledge in the development of sustainable systems.

Sheep manure is fundamental not only to improve soil fertility and fertilise crops, but for income generation through its sale, within a diversified subsistence economy that combines the sale of seasonal products as manure which is sold in the dry season, and wild mushrooms that are sold in the rainy season, together with livestock sales year round.

Among other items related to the conservation of their forests, and set in a participatory community action plan local, villagers mentioned the importance of wild animals for the environment, the provision of firewood for their households, the sale of wild mushrooms as an important source of income, and the collection of moss, sold by some young members of the community in December for Christmas decorations (Santana-Medina et al., 2013).

Another indicator with high scores is related to short trade chains (B6), since the sale of their products is directly to consumers (mushrooms and manure) or to local diners and small roadside restaurants who sell lamb and mutton dishes. The obtained score agrees with reports by Salas-Reyes et al. (2015) in dual purpose cattle farms, and related to the low number of links in the trade chain of their produce.

The contribution to employment (B9) and collective work (B10) indicators are areas of improvement. The medium score for contribution to employment (indicator B9 with 3 points out of 6) relates to the possibility of families to obtain a subsistence livelihood from their small farms and small flocks, although through precarious incomes. As is typical of smallholder farms in Mexico (Posadas-Domínguez et al., 2014), studied farms rely on family labour.

In terms of collective work (B10), there is a tradition in Mexican rural communities to collaborate in work with other members of the community, be it in common tasks (i.e. road maintenance) or helping neighbours and family members on specific chores like harvest where help is rotated among participants (Ruiz-Torres, 2011; Vizcarra-Bordi et al., 2013). However, there was a low level of collective work in Agua Blanca, due to strong

individualism that limits the potential for the development of productive activities and the capacity of local communities to defend their rights and preserve their cultural heritage (Santana-Medina et al., 2013).

There is a high dependence on purchased concentrates and feeds for livestock (B12) with a strong seasonal variation, with high requirements of external inputs in the dry season. The ban on grazing in the forests has increased the need for purchased feeds.

The low scores in the economic scale, and the strong seasonal variation, are due to low scores in economic viability (C1) and productive efficiency (C6), closely related to the seasonal availability of forage resources. Sheep sales are the main source of income and essential for the family economy as a factor of financial security (Hernández-Valenzuela et al., 2019).

Indicators for economic independence (C3 and C4) did not show seasonal variation, and although high scores according to the IDEA method, they mask the real precarious situation of poverty of households. The indicator for financial autonomy (C3) means farmers do not resort to loans, which makes them economically independent. Reality is that due to marginalisation and poverty, inhabitants of these communities do not meet requirements to be able to opt for loans.

Indicator C4 relates to dependence of government support programmes, but studied farms usually do not have all the legal documentation required (as legal deeds on their farms), which leaves them out of several government support programmes.

In terms of transferability of farms (C5) that relates to the permanence of farms in time, farms are inherited to the children similar to reports by Srour et al. (2009) in Lebanon, with lower scores than those reported by Benidir et al. (2013) for sheep systems in Algeria probably due to the fact that farms in Agua Blanca do not have important infrastructure or equipment, since farms with high assets may be divided.

A common aspect that was not recorded are share farming agreements that has an effect on transferability. Share farming are oral agreements without any written documents between two persons (Flores-López, 2016) that is a usual subsistence strategy and means to build social bonds. A person provides livestock and the other one land, labour and inputs, and benefits are shared in equal parts. These shared agreements in some communities of

NPAFFNT enable larger incomes from the sale of sheep and manure (Estévez-Moreno et al., 2019).

It is concluded that the sustainability of the farms in the study area fluctuates along the year following the availability of natural resources. The agroecological scale has the higher scores, and the socio territorial scale shows the potential of the *campesino* social structure to subsist in the difficult environmental and structural situation in which communities live, but also showed the important need to improve collective work, residue management, and better infrastructure co communicate with urban centres. An outstanding issue is the need to improve education and training of farmers.

Improved education and training in technical aspects for community members are a starting point to improve the efficiency of farms so that they may also implement more sustainable practices in the use of natural resources.

The weakest scale of sustainability in the studied village is the economic scale both in indicators of economic viability and productive efficiency, as well as in the seasonal fluctuations observed in these indicators.

Alternative market spaces for produce from these high mountain communities should be promoted that value the attributes of products linked to these territories that may better contribute to income and employment opportunities in the villages, satisfying the needs and interests of consumers interested in knowing the origin of their foods. Diversification of activities and income sources are of paramount importance for these communities given the limitations that the new statute and its enforcement create on livestock and agricultural activities.

There is a need to revise the conflict between the livelihood needs of communities and the environmental protection norms enforced by government agencies, that need a common ground and a truly participatory process that takes into consideration the voice of local inhabitants.

Acknowledgements

Authors express their gratitude to the 13 families of Agua Blanca who participated in this study, and whose privacy is respected by not disclosing their names. Our gratitude also to

funding by *Universidad Autónoma del Estado de México* to this Project through grant UAEM 4334/2017/ CI, and to the Mexican Council for Science and Technology (CONACYT) for the postgraduate grant to Juana Martínez-Hernández.

Conflict of interest

Authors declare there are no conflicts of interests.

Statement on Ethical Standards and Animal Rights

The paper reports on community based field work undertaken with the active participation of 13 collaborating farmers who had knowledge of the objectives of the work and were duly informed at all times, and their privacy and that of their families is respected by not disclosing their names. Research with collaborating farmers followed accepted research procedures by *Universidad Autónoma del Estado de México*.

References

Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A., Ortiz-Rodea, A., Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J.F., and Arriaga-Jordán, C.M. 2019. Socioeconomic and productive characteristics of dual purpose farms based on agrosilvopastoral systems in subtropical highlands of central Mexico, *Agroforestry Systems*, 93, 1939-1947.

Araba, A, and Boughalmi, A. 2016. Assessment of extensive and oasis sheep farming systems sustainability in Morocco. In: M. Napoléone, H.B. Salem, J.P. Boutonnet, A. López-Francos, and D. Gabiña (eds), *The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems*, (Zaragoza, España; CIHEAM), 621-625.

Arriaga-Jordán, C.M., Pedraza-Fuentes, A.M., Nava-Bernal, E.G., Chávez-Mejía, M.C. and Castelán-Ortega, O.A., 2005. Livestock agrodiversity of *mazahua* small-holder *campesino* systems in the highlands of central Mexico, *Human Ecology*, 33, 821–845.

Awa, D.N., and Achukwi, M.D. 2010. Livestock pathology in the central African region: some epidemiological considerations and control strategies, *Animal Health Research Reviews*, 11, 235-244.

Benidir, M., Ghozlane, F., Bousbia, A., and Belkheir, B. 2013. The use of a critical analysis of a multicriterion method (IDEA) for assessing the sustainability of sedentary sheep rearing systems in the Algerian steppe areas, *African Journal of Agricultural Research*, 8, 804-811.

Caro-Borrero, A., Carmona-Jiménez, J., Varley, A., De Garay-Arellano, G., Mazari-Hiriart, M., and Adams, D.K. 2017. Local and scientific ecological knowledge potential as a source of information in a periurban river, Mexico City, Mexico, *Applied Ecology and Environmental Research*, 15, 541-562.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2013. Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicada en el Estado de México, México, https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DGCD/15.pdf; Accessed 4 May 2020

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. Management Program of "Nevado de Toluca" Flora and Fauna Protection Area [in Spanish]. Mexico City: CONANP. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf; accessed on 17 May 2019.

Depraz, S., Sanial, E., Rees Catalán, A.K., and Salinas, R.A. Less protection for better conservation? A politicised relationship between a city and its protected area in the vicinity of Nevado de Toluca (Mexico). *Journal of Urban Research*, 2017. <http://journals.openedition.org/articulo/3261>. Accessed 8 Apr 2020.

Endara-Agramont, A.R., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G., Valdez-Hernández, J.I., and Fredericksen, T.S. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico, *Journal of Forestry Research*, 23, 39-44.

Esquivel-Domínguez, A.L., and Estrada-Flores, J.G. 2014. La producción de ovinos en el Parque Nacional Nevado de Toluca. El caso de Agua Blanca, Zinacantepec, Estado de México. En: C.M. Arriaga-Jordán and J.P. Anaya-Ortega (eds), *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural*, (México, Editorial Reverté), 141-148.

- Estévez-Moreno, L.X., Sánchez-Vera, E., Nava-Bernal, G., Estrada-Flores, J.G., Gómez-Demetrio, W., and Sepúlveda, W.S. 2019. The role of sheep production in the livelihoods of Mexican smallholders: Evidence from a park-adjacent community, *Small Ruminant Research*, 178, 94-101.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., and Arriaga-Jordán, C.M. 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy productions systems in the highlands of Mexico during the rainy season, *Agroecology and Sustainability Food Systems*, 37,882–901.
- FAO. 2018. *World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 222-223.
- Flores-López, J.M. 2016. Expansión ganadera en la Sierra de Santa Marta, Veracruz: el caso de una comunidad zoque-popoluca. *Relaciones, Estudios de historia y sociedad*, 37, 227-257.
- Fraser, M.D., and Rosa-García, R. 2018. Mixed-Species grazing management to improve sustainability and biodiversity, *OIE Revue Scientifique et Technique*, 37, 247–57.
- Godinho, S., Surovy, P., Sousa, A., and Gil, A. 2018. Advances in remote-sensing applications in silvo-pastoral systems, *International Journal of Remote Sensing*, 39, 4565-4571.
- González-Díaz, J.A., Celaya, R., Fernández-García, F., Osoro, K., and Rosa-García, R. 2019. Dynamics of rural landscapes in marginal areas of northern Spain: Past, present, and future, *Land Degradation and Development*, 30, 141-150.
- Granados Ramírez, G.R., Toscana Aparicio, A., and Villaseñor Franco, A. 2018. Recategorización del Nevado de Toluca Elementos escénicos y turismo. *Teoría y praxis*, 36-66.
- Hernández-Valenzuela, D., Sánchez-Vera, E., Gómez-Demetrio, W., and Martínez-García, C.G. 2019. Productive and socioeconomic characterization of a sheep production system in a natural protected area in Mexico, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10, 951-965.
- Herrera-Tapia, F., Vizcarra-Bordi, I., and Torres-Oregón, F. 2015. Políticas públicas y actores locales: aportes para el estudio de la dimensión institucional de las Áreas Naturales

Protegidas en México. En: M.G. Rivera Herrejón, A.R. Martínez-Campos and Y.A. Gheno Heredia (eds), *Acercamientos teórico-metodológicos para el estudio de las áreas naturales protegidas*, (Ediciones EÓN-Universidad Autónoma del Estado de México. México), 167-188.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Mapa Digital de México: Clima (1921-1975)*. México. 2018. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>. Consultado 24 abr 2019.

Lasanta, T. 2010. Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio, *Estudios Geográficos*, 71, 203-233.

López-Sánchez, E., and Musálem, M.A. 2007. Agroforestry systems with cedro rojo, cedro nogal and primavera as alternative for the establishment of commercial forest plantations in los Tuxtlas, Veracruz, México, *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13, 59-66.

Maldonado-Ferrucho, G., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G., and García-Martínez, A. 2014. La ovinocultura del Nevado de Toluca: factor de deterioro o elemento de desarrollo y manejo ambiental en zonas naturales protegidas. En: C.M. Arriaga-Jordán and J.P. Anaya-Ortega (eds), *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural*, (México, Editorial Reverté), 149-166.

Márquez-Díaz, C.L., and Castro M., J.F. 2015. Uso del Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio-Costo en la Evaluación Financiera de un Programa de Vacunación de Fiebre Aftosa en el estado Yaracuy, Venezuela, *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56, 58-61.

Martínez-Hernández, J., López-González, F., Arriaga-Jordán, C.M., González-Rebeles Islas, C., Rosa García, R., Hernández-Luna, G.B., Valdés Reyna, J., and Estrada-Flores, J.G. 2018. Characterization of grasslands in the “Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area” for sheep production, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 477-486.

Martínez-Hernández, J., Valdés-Piña, M.G., Arriaga-Jordán, C.M., Albarrán-Portillo, B. and Estrada-Flores J.G. 2019. Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México, *Agro Productividad*, 12, 17 – 23. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1399>

Mockshell, J., Ilukor, J., and Birner, R. 2014. Providing animal health services to the poor in Northern Ghana: rethinking the role of community animal health workers? *Tropical Animal Health and Production*, 46, 475-480.

Norma Técnica Estatal Ambiental NTE-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos.

Ochoa-Espinoza, J.J., Sifuentes-Lugo, C.A., and Zamarrón-Rodríguez, E.M. 2009. Programa de manejo pecuario: una herramienta para la conservación, (CONANP, México).

Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M., and Martínez-Castañeda, F.E. 2014. Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 46, 235.

Price, M.F. Mountains: globally important ecosystems. *Unasylva-Moving Mountains*. 1998. <http://www.fao.org/3/W9300E/w9300e03.htm#mountains:%20globally%20important%20ecosystems>. Accessed 25 Feb 2020.

Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C.G., Olea-Pérez, R., López-González, F., and Arriaga-Jordán, C.M. 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 49,1537-1544.

Ruiz-Torres, M.E. 2011. Modos de vida en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Estudio de caso: Raíces, municipio de Zinacantepec, [unpublished Master thesis, Universidad Autónoma del Estado de México].

Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., and Albarrán-Portillo, B. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1187–1194.

Santana Medina, N.J. 2012 Valoración local participativa de la sustentabilidad en las localidades de Agua Blanca y La Puerta del Monte en el Parque Nacional Nevado de Toluca, [unpublished PhD thesis, Universidad Autónoma del Estado de México].

Santana-Medina, N., Franco-Maass, S., Sánchez-Vera, E., Imbernon, J., and Nava-Bernal, G. 2013. Participatory generation of sustainability indicators in a natural protected area of Mexico, *Ecological Indicators*, 25, 1-9.

Srour, G., Marie, M., and Abi Saab, S. 2009. Evaluation de la durabilité des élevages de petits ruminants au Liban. In: F. Pacheco and P. Morand-Fehr (eds). *Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21st century: research, tools, methods and initiatives in favour of a sustainable development*. (Zaragoza: CIHEAM/DRAP-Norte/FAO), 21-35.

Vences-Pérez, J., Nájera Garduño, A., Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar, S., Arriaga-Jordán, C.M., and García-Martínez, A. Utilización del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades de producción de ganado bovino. In: D. Iglesias Piña, F. Carreño Meléndez, A.N.J. Carrillo Arteaga (eds), *Sustentabilidad Productiva Sectorial. Algunas evidencias de aplicación*, (Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México), 15-39.

Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P., and Zahm, F. 2008. *La méthode IDEA, Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles*. 3e édition. (Educagri Editios, Dijon).

Vizcarra-Bordi, I., Lutz, B., and Ramírez-Hernández, R. 2013. El mismo fogón: migración y trabajo reproductivo femenino en comunidades mazahuas, *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 61, 193-218.

Yin, R.K. 2018. *Case study research and applications: design and methods*. 6th. Ed, (SAGE, Thousand Oaks, California).

Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, F., and Mouchet, C. 2008. Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method—from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms, *Sustainable Development*, 16, 271-281.

Table 1. Summary of modified indicators to assess sustainability in Agua Blanca.

Scale	Component	Indicators
Agroecological	Organization of space	A9 Assessed according to the management plan for Natural Protected Areas (CONANP, 2016).
	Farming Practice	A15 The score was changed to 0–6 points, penalising self diagnostics and the application of treatments without veterinary advice, as well as lack of records.
	Quality of products and the land	B1 It was following state norms, with 3 pints if protected denomination of origin or green label.
Socio-territorial	Employment and services	B8 It was considered as services to the community (common work, road and water spring maintenance)
	Ethics and human development	B14 It was scored according to schooling of farmer. 0= no schooling, 1= primary education, 2= secondary education, 3= high school, and 4= Children with university education.
Economic	Viability	C1 Assessed by Benefit/Cost Ratio (BCE) (Márquez-Díaz and Castro, 2015), and not in terms of minimum wage.

Table 2. Animal inventories for 13 participating farms.

Species	Farm													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Sheep	6	35	21	13	60	2	0	24	50	0	6	4	20	241
Goat	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cattle	0	0	0	1	11	0	0	0	7	0	0	0	11	30
Poultry	1	7	12	7	15	16	2	0	7	5	13	51	20	156
Pigs	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Table 3. Sustainability score by three scales per season.

Scale	Season		Maximum possible score
	Dry	Rainy	
Agroecological	79	82	100
Socio-territorial	60	59	100
Economic	49	74	100

Table 4. Scores for the agroecological scale of the locality Agua Blanca per season.

Indicators		Score		Maximum possible score
		Dry	Rainy	
Diversity of annual and temporary crops	A1	2	2	14
Diversity of perennial crops	A2	6	6	14
Animal Diversity	A3	14	14	14
Valorization and conservation of genetic resources	A4	3	3	6
Diversity	Sub-total	25	25	48
Crop rotation	A5	0	3	8
Dimension of fields	A6	6	6	6
Management of organic waste	A7	3	3	5
Ecological buffer zones	A8	7	7	12
Contribution to environmental issues of the territory	A9	1	1	4
Improvement of the space	A10	2	2	5
Fodder area management	A11	2	3	3
Organization of space	sub-total	21	24	43
Fertilization	A12	6	8	8
Manure management	A13	3	3	3
Pesticides	A14	11	10	13
Veterinary products	A15	0	0	3
Soil resource protection	A16	5	5	5
Water resource management	A17	4	4	4
Energy independence	A18	4	3	10
Farming practices	Sub-total	33	33	46
Total		79	82	137

Table 5. Scores for the socio-territorial scale of the locality Agua Blanca.

Indicators		Score		Maximum possible score
		Dry	Rainy	
Quality of manure	B1	7	7	10
Enhancement of buildings and landscape heritage	B2	6	5	8
Inorganic waste management	B3	2	2	5
Space accessibility	B4	2	2	5
Social involvement	B5	5	5	6
Quality of the products and the land	Sub-total	22	21	34
Short trade	B6	7	7	7
Autonomy and enhancement of local resources	B7	8	8	10
Services, multi-activities	B8	5	5	5
Contribution to employment	B9	3	3	6
Collective work	B10	1	1	5
Probable farm sustainability	B11	3	3	3
Employment and services	Sub-total	27	27	36
Dependence on commercial concentrates	B12	0	1	10
Animal welfare	B13	1	1	3
Training–education	B14	2	1	6
Labour intensity	B15	0	0	7
Quality of life	B16	4	4	6
Isolation	B17	3	3	3
Quality of buildings	B18	1	1	4
Ethics and human development	Sub-total	11	11	39
Total		60	59	109

Table 6. Scores for the economic scale of the locality Agua Blanca.

Indicators		Score		Maximum possible score
		Dry	Rainy	
Economic viability	C1	2	9	20
Economic specialization rate	C2	10	10	10
Viability	Sub-total	12	19	30
Financial autonomy	C3	12	12	15
Sensibility to government subsidies	C4	7	7	10
Independence	Sub-total	19	19	25
Transferability	C5	13	13	20
Transferability	Sub-total	13	13	20
Efficiency of the productive process	C6	5	23	25
Efficiency	Sub-total	5	23	25
Total		49	74	100

8. DISCUSIÓN GENERAL



8.1 Caracterización del manejo de los sistemas de producción agropecuarios en Agua Blanca

El pastoreo de ganado en las ANPs cada vez se convierte en un desafío sobre todo en las áreas de montaña. De acuerdo con el programa de manejo que elaboró la CONANP (2016) para el APFFNT, al pertenecer a la Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas: Áreas agropecuarias B, los habitantes de Agua Blanca tienen permitido hacer actividades agrosilvopastoriles, agricultura orgánica sin ampliar la frontera agrícola, aprovechamiento forestal no maderable, así como ganadería sustentable, estabulada y semi-estabulada entre otras. Siendo todas las anteriores prácticas habituales para los pobladores, solo en el caso del pastoreo, los pastores manifiestan su preocupación debido a que algunas áreas de bosque han sido cerradas para el pastoreo a causa de las reforestaciones o para destinarlo como áreas de servicios ecosistémicos ya que se cree que el ganado se come los árboles pequeños y los rebrotes, por lo que en ocasiones deben recorrer más distancias para que sus animales cumplan con sus requerimientos alimenticios.

Cabe destacar la importancia de las mujeres en el desarrollo de la actividad pecuaria en las UP, que sumado a sus tareas domésticas, representa el principal pilar de la familia en cuanto a su contribución a la realización cotidiana de sus tareas tanto domésticas como productivas. A pesar de que las mujeres realizan la ardua actividad del pastoreo y manejo del ganado, es común que atribuyan esta responsabilidad a los hombres, restando importancia al papel que ellas desempeñan dentro de la UP.

El trabajo en el seno de las familias de Agua Blanca está claramente dividido en función del género. Desde el enfoque de socio ecosistemas Martínez-Torres y colaboradores (2016) mencionan que la participación de las mujeres en los usos tradicionales del bosque debe reconocerse y abordarse desde un enfoque de género, ya que esto podría proporcionar nueva información y perspectivas sobre las

actividades que desempeñan y el uso de los recursos naturales. En particular, si las mujeres son conocedoras de los usos de los recursos del bosque.

En Agua Blanca se desarrollan diversas actividades y se ven favorecidas por los fuertes vínculos de las mujeres con el ecosistema, que a partir del pastoreo, les permite aprovechar los recursos del bosque a la vez que permiten la transmisión de conocimiento ambiental. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Mitchell y Brown (2002), quienes reportan las estrategias de adaptación de los *Aymara*, una población de montaña ubicada en la región del los Andes del Perú, muestran diversas similitudes con Agua Blanca, como lo es la situación geográfica, roles de género, el régimen tradicional de subsistencia y manejo del estiércol producido por los animales, aunque los autores reflejan un fenómeno cultural específico, a su vez este pueblo de montaña refleja similitudes con otras culturas de las regiones montañosas del Asia central y del Himalaya.

Las diversas actividades que desarrolla la población, se reflejan en sus horas de trabajo (12.9 horas de trabajo/día), la mayor parte de su tiempo lo dedican al pastoreo y labores domésticas. En contraste con lo descrito por Mathez-Stiefel y colaboradores (2016) quienes reportan un total de 15.5 hrs/día de trabajo en la región de montaña del Perú donde las actividades que ocupan la mayor cantidad de tiempo son la agricultura, tareas domésticas y el cuidado del ganado.

La participación de las mujeres en el sustento familiar se ha vuelto cada vez más importante. Van't Hooft y colaboradores (2012) indican que muchas mujeres y sus hijos pequeños están solas la mayor parte del año, teniendo así la responsabilidad de realizar las actividades agropecuarias, y del hogar, debido a la migración de algunos miembros de la familia, sobre todo en búsqueda de mejores condiciones laborales. Kiptot y Franzel (2012), para el caso de África reportan un aumento del 30% en el liderazgo de las mujeres en los hogares rurales, siendo la razón principal la migración rural-urbana de los hombres en busca de ingresos no agrícolas, por lo que la responsabilidad de obtener alimentos, leña y forraje queda a cargo de las mujeres, tal y como pasa en la zona de estudio. En el caso de Agua Blanca, los

hombres salen a trabajar fuera de la comunidad diariamente en trabajos asalariados como: ayudantes jornaleros en el campo, en minas, y en labores dedicadas al cuidado del bosque, regresan por la tarde-noche y sólo participan en las actividades productivas cuando tienen vacaciones o días de descanso.

La situación de las mujeres en Agua Blanca tiene similitudes con otros trabajos que resaltan el importante papel que desempeñan las mujeres en el sistema de producción pecuario; sin embargo, las mujeres siguen estando en desventaja, una muestra de ello, es el limitado acceso a la tenencia de tierra que privilegia a los hijos varones, el restringido acceso a educación, el poco reconocimiento a su labor en las actividades productivas, además del limitado acceso a la toma de decisiones en el hogar y el dinero (Kiptot y Franzel, 2012; Vizcarra y Loza, 2015). De manera que es necesario reconocer el conocimiento ambiental femenino y la contribución de las mujeres en las actividades domésticas y productivas, que como se observa en Agua Blanca, tienen relación estrecha con el aprovechamiento de recursos naturales.

El estudio demuestra que el sistema de producción de Agua Blanca hace uso de los recursos del territorio. Lasanta (2010) menciona que la ganadería tiene la capacidad de transformar forraje en proteína animal, aprovechando los recursos que, quedarían sin utilizar. El ganado proporciona beneficios al bosque, como el aporte de materia orgánica, dispersión de semillas y la reducción de biomasa combustible reduciendo el riesgo de incendios forestales (Bartolomé et al., 2011). Los pequeños rumiantes tienen roles más específicos en el ecosistema, su estiércol es una fuente importante de alimento para insectos y otras especies de fauna, además es un medio para que las semillas puedan viajar a nuevas áreas (El Aicha & Waterhouseb 1999; Celaya et al., 2012). Si se controla la carga animal, también favorecen la conservación de las especies de plantas más comunes en la zona (Komac et al., 2014). Para el caso de Agua Blanca, se necesitan estudios para conocer el efecto del pastoreo del ganado en los bosques y pastizales, así como determinar las especies de plantas que consumen y los efectos del pastoreo sobre el ecosistema.

Con respecto a la agricultura, los bajos rendimientos observados en los cultivos, pueden estar relacionados con las características edafoclimáticas del lugar (Ottonello Reynoso y Ruthsatz, 1982). En época de secas la temperatura disminuye, se presentan heladas que dañan el cultivo limitando rendimientos y generando pérdidas económicas. Aunado a esto, el suelo sobre el que se encuentra establecida la localidad es Andosol (INEGI, 2018), que se caracteriza por tener un alto contenido en fósforo; por lo que se recomienda mantenerlos con cubierta forestal para favorecer su conservación (FAO, 2007). Para que el sistema de producción sea más eficiente sin elevar la presión de pastoreo en el bosque, se deben realizar prácticas como la suplementación de alimentos, que permitan elevar la disponibilidad de alimentos para el ganado sobre todo en época de secas que es la época con menor oferta de biomasa (Martínez-Hernández et al., 2018).

Las comunidades rurales son sistemas socio-ecológicos debido a que en ellas interactúan componentes sociales, naturales, políticos y económicos que son interdependientes, acoplados y co-evolucionan en el tiempo. Conceptualizar y formalizar estos socioecosistemas requiere identificar y entender las interacciones que en ellos se dan, así como sus estresores, de esta manera se puede estudiar la complejidad del medio rural (Ávila-Foucat y Martínez, 2018). El presente trabajo muestra que la estrategia de apropiación de la naturaleza en el socio-ecosistema estudiado, es un elemento central de la interacción entre las personas que la constituyen y su medio natural. Los resultados evidencian las relaciones de las estrategias de manejo de recursos naturales de los habitantes.

La mayor parte de los ovinos en México se encuentran en manos de campesinos sin tierra, que no piensan en su rebaño con fines económicos, sino como un patrimonio al cual recurrir en situaciones de emergencia (Cuéllar et al., 2012). Por su parte la FAO (2018), menciona que más del 90% de los jornaleros mexicanos no cuentan con seguro social, no reciben aguinaldo y vacaciones con goce de sueldo, además de trabajar sin contratos laborales y condiciones precarias. Ante estas circunstancias el ganado es un activo muy importante de los hogares rurales, debido a las funciones que cumplen dentro de los modos de vida de las personas, entre

ellas la generación de alimentos e ingresos por venta de animales y sus productos, como fuente de ahorro, seguro y financiamiento, al ser convertido en efectivo cuando se requiere (Hernández-Valenzuela et al., 2016; Centeno-Bautista et al., 2009).

Otros estudios en el APFFNT, afirman que los animales son un bien disponible para alguna contingencia de salud, económica y festividades (Abasolo et al., 2011; Maldonado-Ferrucho et al., 2014). Por su parte, Martínez-Peña y colaboradores (2018) reportan en un sistema de producción ovino en la región del Bajo Mixe en Oaxaca, los ovinos se utilizan como forma de ahorro en tiempos de necesidad y como fuente de proteína para la familia, estos objetivos concuerdan con algunos de los mencionados en el presente trabajo.

Aun en sistemas diferentes a los descritos en este trabajo, como los Alpes Suizos, muestra ciertas similitudes en las principales motivaciones de los productores para utilizar los pastizales, como la provisión de forraje y los beneficios para la salud de los animales de pastoreo, disminución de la mano de obra en la granja y el mantenimiento de una tradición (Herzog y Seidl, 2018). Así como reporta Ng'ang'a y colaboradores (2018), en la región de Mozambique la gente privilegia tener ganado debido a los beneficios orientados al hogar como la financiación, los seguros, el ahorro, el estatus social e incluso como patrimonio para las mujeres cuando contraen nupcias. Dando menor importancia a los beneficios meramente comerciales.

Al igual que lo reportado por Wani y colaboradores (2019) en la India, la cría de animales fue el factor que más contribuyó a la generación de ingresos; sin embargo la actividad es menos remunerativa debido a diversos impedimentos y al acceso deficiente a los servicios básicos, tal y como ocurre en el caso de Agua Blanca, que tiene características de alta marginación, pobreza, aislamiento, desempleo, acceso a servicios de salud deficientes y dado que la mayor fuente de sustento es la actividad pecuaria, su probabilidad de desarrollo depende de esta actividad. Desde esta perspectiva, un modelo de desarrollo alternativo requiere de nuevas formas de participación directa de las comunidades campesinas e indígenas dentro de un

programa de creación de empleos en las áreas rurales, que incrementen los ingresos y mejoren los estándares de vida (Barkin, 2012).

La seguridad alimentaria en los hogares del área de estudio se ha visto limitada. Ponte (2001), sugiere que las actividades no agropecuarias (trabajo asalariado fuera de la comunidad, intercambio de alimentos en el tianguis, y colección de hongos) pueden mejorar las condiciones vida rurales, especialmente las áreas con limitaciones específicas relacionadas a su condición de ANPs; así como contribuir a una mejor comprensión de las condiciones que facilitan las mejoras en su calidad de vida, como posibles implicaciones para las áreas similares dentro y fuera del país.

En términos económicos, Martínez-Peña et al., (2018) reportan un ingreso de US \$4,018.23 en un sistema de producción ovino en una región de montaña en México a diferencia de ellos los resultados de este trabajo son más bajos (US \$ 1,331.2). Los bajos ingresos económicos a partir de actividades dentro y fuera de la UP han llevado a muchas personas de la localidad, a buscar otras fuentes de ingresos que dependen del bosque. En Agua Blanca la colecta y venta de hongos durante la temporada de lluvias se ha convertido en un medio importante de ingresos en efectivo para la población. Aunque el ingreso es menor comparado con la actividad agropecuaria, es importante para las mujeres ya que ellas son las encargadas de administrarlo, por lo que la comercialización de los hongos representa una opción de empoderamiento para las mujeres.

Existe una situación que muestra el empoderamiento de las mujeres a partir de un recurso natural, es lo reportado por Kiptot y Franzel (2012), en un estudio sobre la contribución del Karité a las familias rurales, se descubrió que el Karité aportaba bajos ingresos, pero era importante debido a que las mujeres eran capaces de controlar esa entrada, además representaba una forma de ganar dinero sin ninguna inversión.

La diversificación económica mejora los ingresos de las unidades de producción, algo también reconocido en otras partes del mundo. Ellis (1998), mencionó que la

capacidad de diversificar las fuentes de ingresos significa una mejora en la seguridad de los medios de vida y aumenta los ingresos de los hogares rurales. Al igual que Ashley y colaboradores (2018) en Cambodia, la diversificación de actividades mejora los ingresos proporcionando fondos monetarios adicionales, para apoyar las actividades pecuarias y ayudar a las familias a tener una mejor economía. Por lo tanto, son deseables las políticas que reducen las restricciones a la diversificación y amplían sus posibilidades. En el caso de Agua Blanca, la actividad agrícola en terrenos familiares y el pastoreo en áreas de uso común, permite la diversificación de actividades mediante el aprovechamiento de varios recursos del ANP.

Las actividades no agropecuarias como la colecta de hongos, no solo provee a los hogares de ingresos económicos, también contribuyen a la conservación del ecosistema, pues entienden la importancia de la preservación para seguir obteniendo recursos (McLellan y Brown, 2017; Martínez-Hernández et al., 2019). En el caso de Agua Blanca, las personas disminuyen el tiempo de pastoreo en el bosque para evitar que los animales pisoteen los ejemplares de hongos silvestres, además cuando van a recolectar los hongos, lo hacen utilizando una navaja o cuchillo para hacer el corte dejando la raíz, después los transportan en canastas o bolsas con agujeros, lo que permite una mejor diseminación de las esporas a lo largo de su trayecto.

Por otra parte, la asistencia al tianguis de trueque de Texcatitlán es una estrategia ante la falta de alimentos, estos intercambios no monetarios son importantes para mantener los medios de vida de las personas pobres, sus sistemas tradicionales de producción, valores y formas de vida que conservan la biodiversidad (Pimbert y Marti, 2006). El intercambio de productos alimentarios puede garantizar el acceso a la seguridad alimentaria y la nutrición por parte de algunos grupos sociales (Argumedo y Pimbert, 2010).

8.2 Evaluación de la sostenibilidad en los sistemas de producción ganadera de Agua Blanca

El estudio de la sostenibilidad en la zona de estudio reveló que ésta oscila en función de la época del año y está limitada en gran medida por la escala económica (época de secas), mientras que sus mayores fortalezas residen en la escala agro-ecológica. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otras zonas ganaderas de México (Fadul-Pacheco et al., 2013; Salas-Reyes et al., 2015; Vences-Pérez et al., 2015.; Prospero-Bernal et al., 2017).

Los mayores valores en las escalas agro-ecológica y socio-territorial obtenidos en este estudio son mayores a los citados por Fadul-Pacheco y colaboradores (2013) o Vences-Pérez y colaboradores (2015), posiblemente porque los autores trabajaron con sistemas intensivos de ganado lechero a pequeña escala, mientras que en este estudio se analizaron sistemas agro-silvopastoriles, sobre todo con ovino, y basados en gran medida en el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles (Tabla 7).

La mayor sostenibilidad de los sistemas silvopastorales con ovino frente a otros sistemas ganaderos, así como la fortaleza de estos sistemas en su faceta agroecológica ha sido constatado en otras partes del mundo. En su estudio sobre tres sistemas productivos con ovino en Marruecos Boughalmi y Araba (2016) detectan mayores valores de sostenibilidad para los sistemas extensivos y dentro de éstos para los agro-silvopastorales, los cuales están también limitados por la escala económica mientras que la mayor fortaleza recae en la agroecológica. Esta fortaleza se debe según los autores a la diversidad vegetal y animal presentes en esas granjas, así como en su manejo de razas locales (Tabla 7).

Tabla 7. Resumen de los niveles de sostenibilidad de la literatura citada.

Época	Escalas			Económica	Condiciones	Referencia
	Agro-ecológica	Socio-territorial	Socio-territorial			
Puntuación	59	53	43	Evaluaron la sostenibilidad de 22 granjas de bovinos productores de leche a pequeña escala en el noroeste del Estado de México.	Fadul-Pacheco et al. (2013)	
Lluvias	88	73	¹ MOF 59 ² S/MOF 64	Evaluaron la sostenibilidad de 10 granjas de ganado de doble propósito en un área subtropical localizada en Zacazonapan al suroeste del Estado de México.	Salas-Reyes et al. (2015)	
Secas	86	73	MOF 45 S/MOF 56			
Puntuación	74.34	65.31	48.97	Evaluaron el nivel de sostenibilidad de 29 unidades de producción de ganado a doble propósito en el municipio de Tlatlaya en el suroeste del estado de México.	Vences et al. (2015).	
Pastoreo Intensivo	75	66	52	Evaluaron los efectos en la sostenibilidad de 24 granjas lecheras a pequeña escala de dos estrategias de alimentación, el pastoreo intensivo y el ensilaje de maíz y lo compararon con las estrategias de alimentación convencional.	Prospero Bernal et al. (2017).	
Pastoreo Int + Silo Maíz	79	72	55			
Puntuación	56.3	35.8	52.8	Se realizó una evaluación de la sostenibilidad de 50 granjas de ovejas sedentarias en Argelia.	Benidir et al. (2013).	
Agrosilvo-Pastoral	57	52	39			
Olivar	48	44	45	75 granjas de ovino representativas de 3 sistemas de producción en el este de Marruecos	Araba y Boughalmi (2016).	
Sedentario	22	46	49			
Trashumancia vertical	50	57	52			
Cero pastoreo	32	51	54			
Semi nómada	32	62	54			
Trashumancia horizontal	38	46	58			
	46	52	60	129 explotaciones con pequeños rumiantes en Líbano	Srouf et al. 2009.	

¹ MOF=Mano de Obra Familiar; ² S/MOF=Sin Mano de Obra Familiar.

Los sistemas agro-silvopastorales son sistemas agroecológicos de gran escala espacial que incluyen el manejo ganadero en ecosistemas que integran cultivos con pastos herbáceos, árboles y arbustos que ofrecen una variada gama de recursos adicionales a la vez que brindan beneficios económicos y servicios ambientales (Godinho et al., 2018), además, permiten sostener sistemas multifuncionales y más productivos que los monocultivos (Albarrán-Portillo et al., 2019).

A continuación, se presenta un análisis más detallado de los indicadores que componen las diferentes escalas de la sostenibilidad.

8.2.1 Escala Agro-ecológica

El alto puntaje de A3 se debe a que, aunque domina el ovino, también manejan otras especies domésticas como bovinos, aves de corral, caprinos y porcinos. El manejo de sistemas ganaderos multiespecie permite el aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales, especialmente en estos complejos sistemas agro-silvopastorales donde la gama de recursos es muy variada (desde residuos de cosecha a biomasa forestal) y se pueden poner en valor las diferencias en selección de dieta y comportamiento en pastoreo de las diferentes especies (Fraser y Rosa-García, 2018).

En la comunidad de estudio se constató un aprovechamiento estratificado en altura de los pastos por las distintas especies, de manera que los ovinos aprovechaban los estratos más bajos y el vacuno los más altos. En esta zona los rebaños consumen al menos 6 especies distintas durante su recorrido hacia las zonas de pastoreo (Esquivel-Domínguez y Estrada-Flores, 2014). En sistemas agro-silvopastorales de selva baja caducifolia en el centro de México el vacuno consume hasta 22 especies de herbáceas en época de lluvias y otras 27 especies no herbáceas (muchas leñosas) pueden ser utilizadas para alimentación humana y del ganado, como leña o para la construcción (Albarrán-Portillo et al., 2019). Es decir, esta agrobiodiversidad tanto de los recursos vegetales como de las especies animales domésticas vinculadas a los sistemas agro-silvopastorales puede

contribuir a la autosuficiencia alimentaria y la diversificación productiva de unas UP que necesitan mejorar su escala económica y para lo cual existen ciertas alternativas de manejo (Ochoa-Espinoza et al., 2009).

Los bajos valores de los indicadores asociados a la actividad agrícola (A1, A2 y A5), son reflejo de su escaso desarrollo en la zona de estudio; la superficie agrícola tiene promedio de 0.11 ha y manejan un número limitado de especies vegetales con bajos rendimientos agronómicos. Las oscilaciones estacionales de los indicadores pueden estar influenciadas por la presencia e intensidad de las heladas, así como precipitaciones que a su vez dependen de la latitud geográfica (Herrera-Tapia et al., 2015) y la escasez de UP que siembren varias especies en época de secas. Sólo un productor sembró avena (*Avena sativa*) y haba (*Vicia faba*) para consumo propio y de los animales, mientras que en época de lluvias la mayoría de las UP sembraron avena, maíz (*Zea mays*) y haba. De los dos últimos cultivos los esquimos se utilizan para alimentación del ganado.

El indicador relacionado con la contribución a los desafíos ambientales (A9) está condicionado en gran medida por la normativa de uso y gestión del espacio protegido, la cual determina las actividades permitidas en las sub-zonas a las que pertenece la zona de estudio según el programa de manejo del ANP (CONANP, 2013). La superficie destinada a la *subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas: áreas agropecuarias B* abarca sólo el espacio en el que se encuentra asentada la localidad, por lo que la superficie disponible para la actividad agrosilvopastoral es reducida. Las UP deben enfrentarse a la estacionalidad de recursos y la baja productividad de biomasa forrajera, sobre todo en época de secas (Martínez-Hernández et al., 2018), a explotaciones con reducida base territorial propia (un promedio de 1.3 ha), y donde la ganadería extensiva es una actividad no permitida y se recomienda el confinamiento de los animales a pesar de que la mayoría de los productores subsisten gracias al pastoreo.

Atendiendo a la normativa vigente, el confinamiento del ganado aumentaría el riesgo de deterioro medioambiental derivados del manejo de altas cargas animales. Bajo estas condiciones, la normativa del espacio protegido fracasa en sus objetivos

socioeconómicos al incluir medidas que condicionan notablemente el crecimiento de las explotaciones, aun siguiendo los parámetros de sostenibilidad. La intensificación sostenible es poco viable también porque requiere mejorar e incrementar la producción de cultivos forrajeros y ésta limitada por el tamaño de las explotaciones, el bajo nivel de formación de los productores y la imposibilidad de extender su frontera agrícola, entre otros.

Por otro lado, el establecimiento de ganadería estabulada implica gastos para el manejo de los animales y el establecimiento de las instalaciones que no es posible financiar por parte de los empobrecidos habitantes. Por lo tanto, parece necesaria la reestructuración de dicho documento, tomando en cuenta las actividades de los habitantes y diseñando estrategias de conservación de acuerdo al contexto social y a la distribución de los recursos naturales en el tiempo y el espacio.

La necesidad de revisión de la normativa del ANP ha sido evidenciado por otros autores (Santana-Medina et al., 2013) que han identificado deficiencias asociadas a la contaminación del agua y por basura, la carencia de servicios de salud, deficiencia en comunicaciones y transporte, bajo nivel de participación comunitaria, incidencia de enfermedades animales, la falta de escuela secundaria y de empleo, etc. Todas estas circunstancias prevalecen hasta el día de hoy y estudios más recientes (Granados-Ramírez et al., 2018) reiteran las escasas mejoras derivadas de los cambios de categoría del espacio protegido debidos a la ineficiente aplicación de las políticas públicas en materia de explotación de recursos naturales, lo que derivó en la expansión de la agricultura, ganadería, acuicultura, extracción de productos maderables y no maderables.

En consonancia con lo observado por Santana-Medina y colaboradores (2013), en este estudio se detectaron también deficiencias en la gestión sanitaria del ganado en las UP, tal cual queda reflejado en el indicador relacionado con la aplicación de tratamientos veterinarios (A15). En el entorno del ANP cerca de la mitad de los productores aplican vacunas y casi el 75% utiliza antiparasitarios, sin embargo, las tasas de supervivencia de las crías o las incidencias de problemas respiratorios rondan el 48% y el 47.5% (Maldonado-Ferrucho et al., 2014) respectivamente.

Las limitantes geográficas y de comunicación para acceder a los servicios veterinarios conllevan un asesoramiento técnico deficiente, recayendo la responsabilidad principalmente en propietarios que aplican los tratamientos bajo su propio criterio basado en su experiencia. Los problemas sanitarios asociados a la deficiente gestión de explotaciones y de las estrategias preventivas de las comunidades empobrecidas se repite a escala mundial y limita notablemente la producción animal sostenible. Por lo tanto, es necesaria la promoción de servicios veterinarios clínicos y preventivos, además de una adopción de un enfoque regional para el control de enfermedades de importancia económica (Awa y Achukwi, 2010; Maldonado-Ferrucho et al., 2014), así como para reducir los riesgos para la salud humana asociados con la transmisión de enfermedades animales (Awa y Achukwi, 2010). Una alternativa para mejorar los servicios de salud animal puede ser la capacitación técnica de los miembros de las comunidades (Mockshell et al., 2014).

8.2.2 Escala socio-territorial

Respecto a la escala socio-territorial, dentro del grupo de indicadores de calidad y producto de la tierra, se observó que las bajas puntuaciones del manejo de los desechos no orgánicos (B3) son debidas a la inadecuada gestión de residuos no orgánicos, la cual suele consistir en la quema o enterramiento de los mismos. La baja puntuación de la accesibilidad del espacio (B4) evidencia la necesidad de mejorar la accesibilidad de los caminos de la localidad y que permitirían una mejor comunicación entre el mundo rural y urbano.

Dentro de este grupo el indicador calidad del estiércol (B1) alcanza valoraciones altas. La población local valora el estiércol de ovino como mejor fertilizante en comparación con el de otras especies. Este resultado es fruto del conocimiento ecológico local y concuerda con lo estipulado por la NTE-006-SMA-RS-2006, reafirmando el potencial de los saberes tradicionales de productores locales para el desarrollo de sistemas sostenibles. Este recurso es clave no sólo para mejorar la calidad de los suelos y cultivos sino para la capitalización de las explotaciones a través de su venta. Dicha venta se engloba en unas economías de subsistencia

diversificadas que combinan la venta de productos estacionales como el estiércol en época de secas o los hongos en lluvias, con la venta de ganado durante todo el año.

Durante los procesos participativos coordinados por Santana-Medina y colaboradores (2013) en la zona de estudio, las propias comunidades locales priorizaron indicadores relacionados con el papel de la fauna salvaje, los hongos silvestres, la madera o el musgo. Los hongos fueron finalmente excluidos del estudio, aunque la importancia de su conservación y protección quedaron plasmados en el plan de acción propuesto por la comunidad, el cual estipulaba que a través de la conservación del bosque se podían preservar los recursos que alberga.

Otros indicadores con valores altos dentro de esta escala son los relacionados con la valorización de las cadenas de valor cortas (B6). Este puntaje concuerda con lo reportado por Salas-Reyes y colaboradores (2015) en granjas de doble propósito y está relacionado con la existencia de pocos eslabones en la cadena de comercio de los productos generados en las explotaciones. La alta valoración del (B9) puede apoyarse en la práctica de ayudar a otras personas con el trabajo de campo sin compromiso de pago de forma similar a la registrada por otros autores (Ruiz Torres., 2011; Vizcarra-Bordi et al., 2013). El trabajo familiar es un factor crucial en la rentabilidad y competitividad de las unidades de producción a pequeña escala y su importancia está directamente relacionada con el tamaño del rebaño (Posadas-Domínguez et al., 2014).

Hay otros dos indicadores importantes que informan sobre puntos débiles en su faceta socio-territorial: la contribución al empleo (B9) y el trabajo colectivo (B10). El bajo grado de desarrollo del trabajo colectivo en esta zona se correlaciona con una vigencia del individualismo campesino que limita el potencial de desarrollo de las actividades productivas, así como la capacidad de las comunidades locales para defender sus derechos, preservar su patrimonio cultural, etc. (Santana-Medina et al., 2013). Las oscilaciones estacionales del indicador dependencia de concentrados comerciales (B12) muestra una importante dependencia a insumos externos en época de secas.

Por otra parte, se constató que la mujer es la principal fuerza de trabajo en Agua Blanca, su función es fundamental para el abastecimiento de alimentos, la mejora de las actividades de subsistencia la protección del medio ambiente. Sin embargo, se observó poca visualización del trabajo de la mujer en la explotación y en la participación en la toma de decisiones. En este sentido, la igualdad de género se presenta como un reto social en la actualidad y en vías del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) rumbo a la agenda 2030.

Este estudio demostró que el método IDEA tiene limitaciones, ya que no cuenta con indicadores que nos permitan medir el índice de feminización. Es necesario, visibilizar el trabajo de las mujeres en las explotaciones y fomentar la igualdad y mejorar la calidad de vida en el medio rural. Independientemente, del reconocimiento y visibilización es necesario favorecer el acceso en igualdad de oportunidades tanto para hombres y mujeres a la capacitación, la tierra, los recursos naturales y productivos, los créditos, los programas de desarrollo y las estructuras de cooperativas que puedan ayudarlas a participar en mayor medida en el desarrollo sostenible (UN, 1995).

8.2.3 Escala económica

Las marcadas oscilaciones estacionales en la escala económica, son resultado del desplome de los valores de los indicadores viabilidad económica (C1) y eficiencia productiva (C6), donde es visible nuevamente el efecto de la estacionalidad de disponibilidad de recursos naturales. Aunque la producción ovina no es la fuente principal de ingresos, es esencial en la economía familiar porque es un factor de seguridad financiera (Hernández-Valenzuela et al., 2019).

El grupo de indicadores relacionados con la independencia no muestra variaciones estacionales, aunque los altos valores enmascaran la precaria situación real en las UP. Así, el indicador autonomía financiera (C3), si bien refleja que los productores no recurren a préstamos, lo que los haría autónomos económicamente, la realidad es que, debido a las condiciones de marginalización y pobreza, los campesinos no cumplen con los requisitos necesarios para poder optar a préstamos. El alto valor

del indicador (C4) sensibilidad a las ayudas, refleja su dependencia a los programas gubernamentales de carácter social. Sin embargo, en el caso del apoyo técnico a las explotaciones, los campesinos no suelen contar con la documentación necesaria (por ejemplo, título parcelario) para poder solicitar los proyectos promovidos por el gobierno.

El indicador transmisibilidad (C5), que analiza la persistencia de las UP en el tiempo. En la zona de estudio las UP son transmitidas por herencia familiar al igual que reportan Srour y colaboradores (2009) en el Líbano, y los menores valores respecto a los registrados por Benidir y colaboradores (2013) para sistemas de ovinos en Argelia pueden deberse a que en Agua Blanca el indicador privilegia las explotaciones que no tienen equipamiento demasiado importante; si el valor contable es alto en las UP pueden llevar a dividirse.

Cabe mencionar que la existencia de acuerdos “a medias” entre los pobladores es otro factor que no fue contabilizado, pero influye en la transmisibilidad. Los acuerdos “a medias” son un convenio que se entabla oralmente y sin documentos escritos entre dos personas (Flores-López, 2016) y constituye una estrategia de supervivencia y un medio para construir lazos sociales. Una persona aporta los animales y la otra la tierra, el trabajo y los insumos mientras que los beneficios se reparten a partes iguales. La existencia de este tipo de acuerdos en la localidad de Ojo de Agua (perteneciente también al PAFFNT) permite la obtención de mayores ingresos por la venta de animales y estiércol a las personas (Estévez-Moreno et al., 2019).

8.3 Recomendaciones con base a los resultados de sostenibilidad de los sistemas de producción ganadera de Agua Blanca

Los resultados de esta investigación, indican la importancia de la participación entre comunidades, instituciones y academia para implementar procesos que conduzcan a una mejora en la sostenibilidad de las prácticas ganaderas de la zona de estudio. Para mejorar la sostenibilidad de las actividades ganaderas en Agua Blanca será necesario resolver carencias fundamentales como son la educación de calidad e infraestructuras y el apoyo a la producción primaria de pequeñas y medianas PYMES.

La mejora de la educación de los campesinos y la capacitación de otros miembros de la comunidad para el asesoramiento técnico son puntos de partida necesarios para mejorar la eficiencia de las explotaciones y para que éstas puedan explotar los recursos naturales de una forma sostenible. Las producciones de las pequeñas explotaciones deben encontrar huecos de mercado en donde sean puestas en valor y puedan además aportar a la autosuficiencia alimentaria del resto de la sociedad, un valor estratégico como se ha puesto en evidencia ante la actual crisis sanitaria mundial.

Una alternativa para mejorar la economía de la zona de estudio es explorar la viabilidad para la producción y comercialización de abono orgánico a partir del estiércol producido por los animales, aunque ya es comercializado en la época de secas, se recomienda elaborar un proyecto de inversión que integre las fortalezas, debilidades, además de un estudio de mercado para poder comercializar ese producto. Para ello se requiere el apoyo de un grupo interdisciplinario donde se incluya la participación de las instituciones gubernamentales y educativas que colaboren en la elaboración de un proyecto que permita a los productores obtener un precio justo y razonable por la venta de dicho producto, tomando como punto de partida la perspectiva de género en cada una de las acciones. Esto podría representar la oportunidad de dar un manejo sustentable al recurso estiércol y al mismo tiempo obtener recursos económicos durante el periodo de sequía.

Otro punto en el que se debe trabajar es el desarrollo de la gestión comunitaria. Sobre todo, si se desea que la actividad ganadera siga prevaleciendo, se debe apostar a la organización local para llevar acciones colectivas con los diversos actores de la región para el fortalecimiento de habilidades y capacidades locales teniendo como punto de partida la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras.

Finalmente, el conflicto entre las comunidades rurales y las entidades de gestión del espacio protegido debe ser resuelto desde un enfoque común y desde procesos participativos no fingidos. Este trabajo ha evidenciado el potencial del conocimiento ecológico local, poco explorado, pero que debería integrarse junto con las otras formas de conocimiento a la hora de diseñar estrategias de manejo que se adapten a las difíciles condiciones ambientales y socioeconómicas locales.

9. CONCLUSIONES GENERALES



Las actividades pecuarias que se desarrollan en Agua Blanca son la principal fuente de ingreso familiar, el 100% de los productores ven la actividad ganadera como un medio de ahorro o una inversión a la cual se le puede echar mano en circunstancias de vulnerabilidad. La venta de estiércol, la colecta de hongos, el cuidado de animales y el trabajo fuera de la localidad desempeñan un papel importante en la mejora de las familias rurales, especialmente las áreas con limitaciones específicas relacionadas a su condición de ANP.

La sostenibilidad del sistema pecuario de la zona de estudio fluctúa a lo largo del año como también lo hacen los recursos naturales. De las tres escalas que configuran la sostenibilidad, la escala agro-ecológica es la que tiene mejor valoración, la escala socio-territorial pone de manifiesto el potencial de la estructura social campesina para subsistir en unas condiciones ambientales y estructurales difíciles, pero se evidencia también importantes necesidades de mejora en el trabajo colectivo, la gestión de residuos, mejores infraestructuras para la conexión rural-urbana, así como mejoras en la capacitación de los campesinos y educación de calidad. La escala más débil de estos sistemas es la económica, tanto por sus bajas valoraciones en los indicadores de viabilidad económica y eficiencia productiva así como las fluctuaciones estacionales de los mismos.

10. LITERATURA CITADA

- Abasolo Palacio VE. (2011). *Raíces. Nacimiento de un pueblo, configuración de una cultura. Un lugar entre el cielo y la tierra*. México: Editorial Académica Española.
- Albarrán-Portillo, B., García-Martínez, A., Ortiz-Rodea, A., Rojo-Rubio, R., Vázquez-Armijo, J.F., & Arriaga-Jordán, C.M. (2019). Socioeconomic and productive characteristics of dual purpose farms based on agrosilvopastoral systems in subtropical highlands of central Mexico. *Agroforestry Systems*, 93, 1939-1947.
- Anaya, F. & Espírito-Santo, M. (2018). Protected areas and territorial exclusion of traditional communities: Analyzing the social impacts of environmental compensation strategies in Brazil. *Ecology and Society*, 23 (1).
- Angón, E., García, A., Perea, J. & Barba, C. 2016. Evaluación de la sostenibilidad en sistemas ganaderos. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente-Universidad de Córdoba*, 116, 82-89.
- Araba, A, & Boughalmi, A. (2016). Assessment of extensive and oasis sheep farming systems sustainability in Morocco. En: M. Napoléone, H.B. Salem, J.P. Boutonnet, A. López-Francos, & D. Gabiña (Ed). *The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems* (pp. 621-625). España; CIHEAM.
- Argumedo, A., Pimbert, M. (2010). Bypassing Globalization: Barter markets as a new indigenous economy in Peru. *Development*, 53(3), 343–349.
- Arriaga-Jordán, C.M., Pedraza-Fuentes, A.M., Nava-Bernal, E.G., Chávez-Mejía, M.C. & Castelán-Ortega, O.A. (2005). Livestock agrodiversity of mazahua small-holder campesino systems in the highlands of central Mexico. *Human Ecology*, 33, 821-845.
- Ashley, K., Harrison, H., Chan, P.H., Sothoeun, S., Young, J.R., Windsor, P.A. & Bush, R.D. (2018). Livestock and livelihoods of smallholder cattle-owning households in Cambodia: the contribution of on-farm and off-farm activities to income and food security. *Tropical Animal Health and Production*, 50 (8) 1747-1761.
- Astier, M., García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C. E., & Masera, O. R. (2012). Assessing the Sustainability of Small Farmer Natural Resource

- Management Systems. A Critical Analysis of the MESMIS Program (1995-2010). *Ecology & Society*, 17(3), 236–255.
- Astier, M. & Hollands, J. (2007). Sustentabilidad y campesinado: seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica. 2da ed. México: Mundi-Prensa.
- Atickem, A., Williams, S., Bekele, A., & Thirgood, S. (2010). Livestock predation in the Bale Mountains, Ethiopia. *African Journal of Ecology*, 48(4), 1076.
- Avellaneda-Torres, L. M., León Sicard, T. E., & Torres Rojas, E. (2018). Impact of potato cultivation and cattle farming on physicochemical parameters and enzymatic activities of Neotropical high Andean Páramo ecosystem soils. *Science of the Total Environment*, 1600-1610.
- Avellaneda-Torres, L., Torres Rojas, E., & León Sicard, T. (2014). Agricultura y vida en el páramo: una mirada desde la vereda El Bosque (Parque Nacional Natural de Los Nevados). *Cuadernos De Desarrollo Rural*, 11(73), 105-128.
- Ávila-Foucat, S., Martínez, F. (2018). Índices de resiliencia ante huracanes de hogares en cuatro comunidades costeras en Oaxaca. En: Ávila-Foucat S. & Perevochtchikova M. (Ed). *Sistemas socio-ecológicos: marcos analíticos y estudios de caso en Oaxaca, México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas: México.
- Awa, D.N., & Achukwi, M.D. (2010). Livestock pathology in the central African region: some epidemiological considerations and control strategies. *Animal Health Research Reviews*, 11, 235-244.
- Ayers, J.C., (2017). *Sustainability: An Environmental Science Perspective*. Florida: CRC Press.
- Bagchi, S., Mishra, C., & Bhatnagar, Y.V. (2004). Conflicts between traditional pastoralism and conservation of Himalayan ibex (*Capra sibirica*) in the Trans-Himalayan mountains. *Animal Conservation*, 7(2), 121.
- Barkin D. 2012. Communities constructing their own alternatives in the face of crisis. *Mountain Research and Development*, 32.
- Bartolomé, J., Plaixats, J., Piedrafita, J., Fina, M., Adrobau, E., Aixás, A., Bonet, M., Grau J., & Polo, L. 2011. Foraging Behavior of Alberes Cattle in a Mediterranean Forest. *Ecosystem. Rangeland Ecology & Management*, 6, 319-324.

- Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S. & Sturaro, E. (2014). Environmental Sustainability of Alpine Livestock Farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13, 2.
- Benidir, M., Ghoulane, F., Bousbia, A., & Belkheir, B. (2013). The use of a critical analysis of a multicriterion method (IDEA) for assessing the sustainability of sedentary sheep rearing systems in the Algerian steppe areas. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 804-811.
- Binot, A., Hanon, L., Joiris, D. V., & Dulieu, D. (2009). The challenge of participatory natural resource management with mobile herders at the scale of a Sub-Saharan African protected area. *Biodiversity & Conservation*, 18(10), 2645.
- Caro-Borrero, A., Carmona-Jiménez, J., Varley, A., De Garay-Arellano, G., Mazari-Hiriart, M., & Adams, D.K. (2017). Local and scientific ecological knowledge potential as a source of information in a periurban river, Mexico City, Mexico. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15, 541-562.
- Celaya, R., García, U., Osoro, K. (2012). Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation. *Small Ruminant Research*, 107, 49–64.
- Centeno, B.S., & Manzo-Ramos F. (2009). Funciones de la ganadería familiar en comunidades campesinas: el caso del ejido de Almeya, Ixtacamaxtitlán, Puebla. En: Cavallotti, V.B.A., Marcof, A.C.F., Ramírez, V.B., Cesín, V.J.A. (Ed). *Ganadería y seguridad alimentaria en tiempo de crisis* (pp. 225-236). Universidad Autónoma Chapingo: México.
- Challenger, A. (2003). Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. En: Sánchez, O. Vega, E. Peters E. & Monroy-Vilchis O. (Ed). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México* (pp17-44). México: INE.
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Lazos, C.E., & Maass, M. (2014). La aplicación del concepto del sistema socioecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación ambiental*, 6 (2).
- Chávez, M.C., & Bastida, M.N. (2015). Relaciones sociales y conservación de la biodiversidad. El caso del compadrazgo mazahua. En: Chávez, M.C., Herrera-Tapia, F. (Ed). *Procesos Sociales en el Medio Rural. Acercamientos Teóricos y*

- Experiencias de Investigación* (pp. 351-384). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cochard, R., & Dar, M.E.U.I. (2014). Mountain farmers' livelihoods and perceptions of forest resource degradation at Machiara National Park, Pakistan-administered Kashmir. *Environmental Development*, 10, 84-103.
- CONAFE. Consejo Nacional de Fomento Educativo. 2017. <https://www.gob.mx/conafe>, consultado 19/07/2019.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2013. Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicada en el Estado de México, México.
- CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2016. Management Program of "Nevado de Toluca" Flora and Fauna Protection Area. Mexico City: CONANP.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2010. Índices de marginación. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_Publicaciones
- Cuéllar, O.J.A, Tórtora, P.J., Trejo-González A., Román R.P. (2012). *La producción ovina mexicana: particularidades y complejidades*. México, Ariadna Press.
- Dame, J. (2018). Food Security and Translocal Livelihoods in High Mountains: Evidence from Ladakh, India. *Mountain Research and Development*, 38(4), 310-322.
- Defries, R. (2017). The tangled web of people, landscapes, and protected areas. En: Beissinger S R, Ackerly D D, Doremus H D, & Machlis, G. E. (Ed). *Science, Conservation, and National Parks* (pp. 227-246). Chicago: University of Chicago Press.
- Depraz, S., Sanial, E., Rees Catalán, A.K., & Salinas, R.A. (2017). Less protection for better conservation? A politicised relationship between a city and its protected area in the vicinity of Nevado de Toluca (Mexico). *Journal of Urban Research*, Recuperado el 8 de abr 2020, de <http://journals.openedition.org/articulo/3261>
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (1936). Decreto que declara parque nacional el "Nevado de Toluca", México: DOF.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2013). Decreto que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se

- declaró Parque Nacional la montaña denominada “Nevado de Toluca” que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937, México: DOF.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (2019). Tipo de cambio y tasas. Recuperado el 5 de feb del 2019, de <http://dof.gob.mx/indicadores.php>
- El Aicha, A. & Waterhouseb, A. (1999). Small ruminants in environmental conservation. *Small Ruminant Research*, 34(3), 271-287.
- Ellis, F. (1998). Household Strategies and Rural Livelihood Diversification. *Journal of Development Studies*, 35 (1),1-38.
- Endara-Agramont, A.R., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G., Valdez-Hernández, J.I., & Fredericksen, T.S. (2012). Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forestry Research*, 23, 39-44.
- Esquivel-Domínguez, A.L., & Estrada-Flores, J.G. (2014). La producción de ovinos en el Parque Nacional Nevado de Toluca. El caso de Agua Blanca, Zinacantepec, Estado de México. En: Arriaga-Jordán, & and Anaya-Ortega J.P. (Ed). *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural* (pp. 141-148). México: Editorial Reverté.
- Estévez-Moreno, L.X., Sánchez-Vera, E., Nava-Bernal, G., Estrada-Flores, J.G., Gómez-Demetrio, W., & Sepúlveda, W.S. (2019). The role of sheep production in the livelihoods of Mexican smallholders: Evidence from a park-adjacent community, *Small Ruminant Research*, 178, 94-101.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., & Arriaga-Jordán, C.M. (2013). Evaluation of sustainability of smallholder dairy productions systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainability Food Systems*, 37, 882-901.
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo: Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional*. Recuperado el 6 de julio del 2018, de <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>

- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2014). *SAFA sustainability assessment of food and agriculture systems guidelines version 3.0*. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-i3957e.pdf>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Rural Mexico of the 21st century*. Recuperado el 17 de mayo del 2019, de <http://www.fao.org/3/i9548es/l9548ES.pdf>
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2018). World Livestock: Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 222-223.
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2019). *Mapping the vulnerability of mountain peoples to food insecurity*. Recuperado el 17 de mayo del 2019, de <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/358116/>
- FAO. Food and Agriculture Organization. (2020). *Sustainability Pathways*. Recuperado el 15 de mayo del 2020, de <http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/en/>
- Flores-López, J.M. (2016). Expansión ganadera en la Sierra de Santa Marta, Veracruz: el caso de una comunidad zoque-popoluca. *Relaciones, Estudios de historia y sociedad*, 37, 227-257.
- Fraser, M.D., & Rosa-García, R. (2018). Mixed-Species grazing management to improve sustainability and biodiversity. *OIE Revue Scientifique et Technique*, 37, 247–57.
- Fritz-Vietta, N., Tahirindraza, H., Stoll-Kleemann, S. (2017). Local people's knowledge with regard to land use activities in southwest Madagascar - Conceptual insights for sustainable land management. *Journal of environmental management* 199, 126-138.
- Galicia L, Chávez-Vergara, B.M., Kolb, M., Jasso-Flores, R.I., Rodríguez-Bustos, L.A., Solís, L.E., Guerra de la Cruz, V., Pérez-Campuzano, E., Villanueva, A. (2018). Perspectivas del enfoque socioecológico en la conservación, el aprovechamiento y pago de servicios ambientales de los bosques templados de México. *Madera y bosques*, 24(2).

- García-Frapolli, E., & Toledo, V.M. (2008). Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. *Argumentos*, 21, (56), 103-116.
- Girma, Z., Chuyong, G., & Mamo, Y. (2018). Impact of Livestock Encroachments and Tree Removal on Populations of Mountain Nyala and Menelik's Bushbuck in Arsi Mountains National Park, Ethiopia. *International Journal of Ecology*, 1-8.
- Godinho, S., Surovy, P., Sousa, A., & Gil, A. (2018). Advances in remote-sensing applications in silvo-pastoral systems. *International Journal of Remote Sensing*, 39, 4565-4571
- González-Díaz, J.A., Celaya, R., Fernández-García, F., Osoro, K., & Rosa-García, R. (2019). Dynamics of rural landscapes in marginal areas of northern Spain: Past, present, and future. *Land Degradation and Development*, 30, 141-150.
- Goodman L. 1961. Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1),148-170.
- Granados-Ramírez, G.R., Toscana-Aparicio, A., Villaseñor, F. A. (2018). Recategorización del Nevado de Toluca Elementos escénicos y turismo. *Teoría y praxis*, 26, 36-66.
- Grenz, J.; Mainiero, R.; Schoch, M.; Sereke, F.; Stalder, S.; Thalmann, C.; Wyss, R. (2016). RISE 3.0. Manual. Sustainability Themes and Indicators; HAFL: Zollikofen, Switzerland.
- Hendricks, H. H., Bond, W. J., Midgley, J. J., & Novellie, P. A. (2005). Plant species richness and composition a long livestock grazing intensity gradients in a Namaqualand (South Africa) protected area. *Plant Ecology*, 176(1), 19.
- Hernández-Valenzuela, D., Sánchez-Vera, E., Gómez-Demetrio, W., & Martínez-García, C. (2016). Funcionalidad de la ganadería en las estrategias socioeconómicas de hogares que habitan áreas protegidas de montaña. En: Cavallotti V.B.A., Ramírez V.B., Cesín, V.J.A. (Ed). *Ganadería, sociedad y Recursos Naturales* (pp. 75-87). México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Hernández-Valenzuela, D., Sánchez-Vera, E., Gómez-Demetrio, W., & Martínez-García, C.G. (2019). Productive and socioeconomic characterization of a sheep production system in a natural protected area in Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10, 951-965.

- Herrera-Tapia, F., Vizcarra-Bordi, I., & Torres-Oregón, F. (2015). Políticas públicas y actores locales: aportes para el estudio de la dimensión institucional de las Áreas Naturales Protegidas en México. En: Rivera Herrejón, M.G., Martínez-Campos, A.R., & Gheno Heredia, Y.A. (Ed). *Acercamientos teórico-metodológicos para el estudio de las áreas naturales protegidas* (167-188). México: Ediciones EÓN-Universidad Autónoma del Estado de México.
- Herzog F, & Seidl I. (2018). Swiss alpine summer farming: current status and future development under climate change. *The Rangeland Journal*, 40(5), 501-511.
- Honey-Rosés, J. (2009). Illegal logging in common property forests. *Society & Natural Resources*, 22, 916–930.
- INAH. Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2010). CONACULTA. Recuperado el 17 de octubre del 2017. <http://www.inah.gob.mx/boletin/9-declaratorias/4802-en-1915-venustiano-carranza-expidio-la-ley-agraria>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado el 24 de abril del 2019, de <https://www.inegi.org.mx/app/tmp/scitel/default?ev=5>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). Mapa Digital de México: Clima (1921-1975).
- Jacques, P. (2015). *Sustainability: the basics*. New York, USA: Routledge.
- Jarquín Ortega, M. T., (2004). Reseña de "La Gavia. Una hacienda en el centro de la historia " de Xavier Guzmán Urbiola Tzintzun. *Revista de Estudios Históricos*, 172-178.
- Kiptot E, & Franzel S. (2012). Gender and agroforestry in Africa: a review of women's participation. *Agroforest System*, 84, 35-58.
- Komac B, Domènech M, & Fanlo R. (2014). Effects of grazing on plant species diversity and pasture quality in subalpine grasslands in the eastern Pyrenees (Andorra): Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*. 22 (3), 247-255.
- Lasanta, T. (2010). Pastoreo en áreas de montaña: Estrategias e impactos en el territorio. *Estudios Geográficos*, 268: 203-233.
- Lasseur, J. (2005). Sheep farming systems and nature management of rangeland in French Mediterranean mountain areas. *Livestock Production Science*, 96. 87-95.

- Lebacqz, T., Baret, P. & Stilmant, D. (2013). Sustainability indicators for livestock farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 33.
- López-Sánchez, E., & Musálem, M.A. (2007). Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13 (1): 59-66.
- Madera-Pacheco, J. (2000). Organización y características sociodemográficas de las unidades domésticas de producción campesina. Un estudio exploratorio en tres comunidades productoras de tabaco en la región costa norte de Nayarit. *Papeles de la población*, 6 (26).
- Maldonado-Ferrucho, G., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G., & García-Martínez, A. (2014). La ovinocultura del Nevado de Toluca: factor de deterioro o elemento de desarrollo y manejo ambiental en zonas naturales protegidas. En: Arriaga-Jordán C.M. & Anaya-Ortega J.P. (Ed). *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural* (pp. 149-166). México: Editorial Reverté.
- Márquez-Díaz, C.L., & Castro M., J.F. (2015). Uso del Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno y Relación Beneficio-Costo en la Evaluación Financiera de un Programa de Vacunación de Fiebre Aftosa en el estado Yaracuy, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56 (1), 58-61.
- Martínez-Hernández, J., López-González, F., Arriaga-Jordán, C.M., González-Rebeles Islas, C., Rosa García, R., Hernández-Luna, G.B., Valdés Reyna, J., & Estrada-Flores, J.G. (2018). Characterization of grasslands in the “Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area” for sheep production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 477-486.
- Martínez-Hernández, J., Valdés-Piña, M.G., Arriaga-Jordán, C.M., Albarrán-Portillo, B. & Estrada-Flores J.G. (2019). Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México. *Agro Productividad*, 12, 17 – 23.
- Martínez-Peña, M., Villagómez-Cortés, J.A. & Mora-Brito, A.H. (2018). Profitability of the sheep production system in the Bajo Mixe, Oaxaca, Mexico. *Agrociencia* 52, 107-122.

- Martínez-Torres, H.L., Castillo, A., Ramírez, M.I., & Pérez-Salicrup, D.R. (2016). The importance of the traditional fire knowledge system in a subtropical montane socio-ecosystem in a protected natural area. *International Journal of Wildland Fire*, 25, 911-921.
- Masera, O; Astier, M. & López-Ridauro, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. GIRA Mundi-prensa: México.
- Mass M. (2018). Los sistemas socio-ecológicos (SSE) desde el enfoque socioecosistémico (SSE). En: Ávila-Foucat S. & Perevochtchikova M. (Ed). *Sistemas socio-ecológicos: marcos analíticos y estudios de caso en Oaxaca*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mathez-Stiefel, S.L., Ayquipa-Valenzuela, J., Corrales-Quispe, R., Rosales-Richard, L., & Valdivia-Díaz, M. (2016). Identifying Gender-Sensitive Agroforestry Options: Methodological Considerations from the Field. *Mountain Research and Development*. 36 (4), 417-430.
- McLellan, T., & Madeline, B. (2017). Mushrooms and Cash Crops Can Coexist in Mountain Livelihoods: Wild Mushrooms as Economic and Recreational Resources in the Greater Mekong. *Mountain Research and Development*, 37(1), 108-120.
- Mitchell, W.L. & Brown, P.F. (2002). *Los pueblos de las montañas: adaptación y pervivencia cultural en el nuevo siglo*. Unasyva 208, 53(1).
- Mitchel J.E., Wallace G.N., & Wells M.D. (1996). Visitor perceptions about cattle grazing on National -Forest land. *Journal of Range Management*. 49 (1), 81-86.
- Mockshell, J., Ilukor, J., & Birner, R. (2014). Providing animal health services to the poor in Northern Ghana: rethinking the role of community animal health workers? *Tropical Animal Health and Production*, 46, 475-480.
- Moço, G., Serrano, E., Guerreiro, M., Ferreira, A. F., Petrucci-Fonseca, F., Santana, D., Maia, M. J., Soriguer, R. C., & Pérez, J. M. (2014). Does livestock influence the diet of Iberian ibex *Capra pyrenaica* in the Peneda-Gerês National Park (Portugal)? *Mammalia: International Journal of the Systematics. Biology & Ecology of Mammals*, 78(3), 393.

- Ng'ang'a Stanley, K., Ritho, C., Herrero, M., & Fraval, S. (2018). Household-oriented benefits largely outweigh commercial benefits derived from cattle in Mabalane District, Mozambique. *The Rangeland Journal*. 40(6), 565-576.
- Norma Técnica Estatal Ambiental NTE-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos.
- ODM. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado el 17 de mayo 2020, de <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>
- Ochoa-Espinoza, J.J., Sifuentes-Lugo, C.A., & Zamarrón-Rodríguez, E.M. (2009). Programa de manejo pecuario: una herramienta para la conservación, (CONANP, México).
- Olde M. E., Frank W. Oudshoorn, Claus A.G. Sørensen, Eddie A.M. & Bokkers, Imke J.M. (2016). Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, 66, 391-404.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas. S/f. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado el 17 de mayo del 2020, de <http://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*. 325 (5939), 419-422.
- Otonello, de G., Reynoso, M., & Ruthsatz, B. (1982). Environment, Human Settlement, and Agriculture in the Puna de Jujuy, Argentina: A Case Study of Land-Use Change. *Mountain Research and Development*, 2(1), 111-126.
- Paudyal, R., Thapa, B., Neupane, SS & KC, B. (2018). Factors Associated with Conservation Participation by Local Communities in Gaurishankar Conservation Area Project, Nepal. *Sustainability*, 10, 1. 3488.
- Pérez-Suárez M, Flores-Navarro MA, Martínez-Campos AR, Estrada-Flores JG, & Chávez-Mejía MC. (2018). Impact of Extensive Grazing on Supporting and Regulating Ecosystem Services of Mountain Soils. *Mountain Research and Development*, 38(2), 125-134.

- Pimbert, M.P., & Marti, N. (2006). Barter Markets: Sustaining people and nature in the Andes. International Institute for Environment and Development (IIED). Series on Sustaining Local Food Systems, Agricultural Biodiversity and Livelihoods, London.
- PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2019). El enfoque de la agenda 2030 en planes y programas públicos en México Una propuesta metodológica centrada en la Gestión por Resultados para el Desarrollo. PNUD. México.
- Ponte, S. (2001). Trapped in Decline? Reassessing Agrarian Change and Economic Diversification on the Uluguru Mountains, Tanzania. *Journal of Modern African Studies*, 39(1), 81-100.
- Posadas-Domínguez, R.R., Arriaga-Jordán, C.M., & Martínez-Castañeda, F.E. (2014). Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46, 235.
- Price, M.F. (1998). Mountains: globally important ecosystems. Unasyuva-Moving Mountains.
- Primack R, Rozzi R, Feinsiger P, Dirzo R, & Massardo F. (2001). Fundamentals of Biological Conservation: Latin American Perspectives. México: FCE Press.
- Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C.G., Olea-Pérez, R., López-González, F., & Arriaga-Jordán, C.M. (2017). Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 49,1537-1544.
- RAN. Registro Agrario Nacional. 2017. Datos Geográficos de las tierras de uso común, por estado. Recuperado el 2 de septiembre del 2019, de <http://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-geograficos-de-las-tierras-de-uso-comun-por-estado--formato-shape>
- Riemann, H., Santes-Álvarez, R.V., & Pombo, A. (2011). El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local: El caso de la península de Baja California. *Gestión y política pública*, 20(1), 141-172.

- Rojo F. & Blanco V. (2014). Guía práctica para técnicos y técnicas rurales: el desarrollo rural desde el enfoque de género, UCAR, Ministro De Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina, pp. 89.
- Rosas-Rosas, O.C., Hernández-Saint Martin, A.D., Olvera-Hernández, J.I., Guerrero-Rodríguez, J.D., Aceves-Ruíz, E., & Tarango-Arámbula, L.A. (2015). Monitores comunitarios para la conservación e investigación participativa en áreas naturales protegidas. *Agroproductividad*, 8(5), 56.
- Ruiz-Torres, M.E. 2011. *Modos de vida en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Estudio de caso: Raíces, municipio de Zinacantepec*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Salas-Reyes, I.G., Arriaga-Jordán, C.M., Rebollar-Rebollar, S., García-Martínez, A., & Albarrán-Portillo, B. (2015). Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 47, 1187–1194.
- Santana-Medina, N.J. (2012). *Valoración local participativa de la sustentabilidad en las localidades de Agua Blanca y La Puerta del Monte en el Parque Nacional Nevado de Toluca*, Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Santana-Medina, N., Franco-Maass, S., Sánchez-Vera, E., Imbernon, J., and Nava-Bernal, G. (2013). Participatory generation of sustainability indicators in a natural protected area of Mexico. *Ecological Indicators*, 25, 1-9.
- Schleicher, J. 2018. The environmental and social impacts of protected areas and conservation concessions in South America. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 32, pp 1-8. 10.1016/j.cosust.2018.01.001.
- Srour, G., Marie, M., & Abi Saab, S. (2009). Evaluation de la durabilité des élevages de petits ruminants au Liban. En: Pacheco F. & Morand-Fehr P. (Ed). *Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21st century: research, tools, methods and initiatives in favour of a sustainable development (21-35.)*. Zaragoza: CIHEAM/DRAP-Norte/FAO.
- Thinley, P., Rajaratnam, R., Lassoie, J. P., Morreale, S. J., Curtis, P. D., Vernes, K., Leki, L., Phuntsho, S., Dorji, T., & Dorji, P. (2018). The ecological benefit of tigers (*Panthera tigris*) to farmers in reducing crop and livestock losses in the eastern

- Himalayas: Implications for conservation of large apex predators. *Biological Conservation*, 219, 119–125.
- Thivierge, Marie-Noëlle, Parent, D., Belanger, V., & Angers, D., Allard, G., Pellerin, D. & Vanasse, A. (2014). Environmental sustainability indicators for cash-crop farms in Quebec, Canada: A participatory approach. *Ecological Indicators*. 45. 677-686.
- Timko, J., & Satterfield, T. (2008). Criteria and Indicators for Evaluating Social Equity and Ecological Integrity in National Parks and Protected Areas. *Natural Areas Journal*, 28(3), pp 307–319.
- UN. United Nations. (1987). *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development. Annex to General Assembly document A/42/427*. Recuperado el 27 de mayo del 2019 en <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- UN. United Nations. (1995). *Beijing Declaration and Platform for Action*. USA:UN.
- Van Colen, W., Mosquera, P. V., Hampel, H., & Muylaert, K. (2018). Link between cattle and the trophic status of tropical high mountain lakes in páramo grasslands in Ecuador. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 23(4), 303.
- Van't Hooft, K, Wollen, T.S, & Bhandari, D.P. (2012). Sustainable livestock management for poverty alleviation and food security. CABI-Press.
- Vargas-de la Mora, A. L. (2018). Ganadería en zonas de amortiguamiento en Chiapas, México: análisis de los capitales de la comunidad. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 565.
- Vences-Pérez, J., Nájera Garduño, A., Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar, S., Arriaga-Jordán, C.M., & García-Martínez, A. Utilización del método IDEA para evaluar la sustentabilidad en unidades de producción de ganado bovino. In: D. Iglesias Piña, F. Carreño Meléndez, A.N.J. Carrillo Arteaga (eds), *Sustentabilidad Productiva Sectorial. Algunas evidencias de aplicación*, (Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México), 15-39.
- Vial, F., & Sillero, C., & Marino, J., & Haydon, D., & Macdonald, D. (2010). An analysis of long-term trends in the abundance of domestic livestock and free-roaming dogs in the Bale Mountains National Park, Ethiopia. *African Journal of Ecology*, 49, 91-102.

- Vilain, L., Boisset, K., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P. & Zahm, F. (2008). La méthode IDEA, Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles. 3e édition. (Educagri Editios, Dijon).
- Vizcarra-Bordi, I., & Loza-Torres, M. (2015). Violencia y desigualdad sociales en la feminización del medio rural mexiquense. Acercamiento a dos contextos: migración internacional y políticas sociales. En: Chávez-Mejía C, Herrera-Tapia, F. (Ed). *Procesos Sociales en el Medio Rural. Acercamientos Teóricos y Experiencias de Investigación* (pp. 197-229). México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vizcarra-Bordi, I., Lutz, B., & Ramírez-Hernández, R. (2013). El mismo fogón: migración y trabajo reproductivo femenino en comunidades mazahuas. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 61, 193-218.
- Wang, X., Huang, J., Connor, T. A., Bai, W., Zhang, J., Wei, W., Zhang, Z., Liu, D., & Zhou, C. (2019). Impact of livestock grazing on biodiversity and giant panda habitat. *Journal of Wildlife Management*, 83(7), 1592–1597.
- Wani, M.H., Baba, S.H., Bazaz, N.H., Zarger, B.A. & Bhat, A. (2019). Disadvantaged nomadic tribes of Jammu and Kashmir in the frame of livelihood security through animal rearing. *Indian Journal of Animal Sciences* 89(5), 562–566.
- Yin, R.K. (2018). Case study research and applications: design and methods. 6th ed. California: SAGE Press.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, F., & Mouchet, C. (2008). Assessing Farm Sustainability with the IDEA Method—from the Concept of Agriculture Sustainability to Case Studies on Farms. *Sustainable Development*, 16, 271-281.
- Zahm, F., Alonso, U.A., Boureau, H., Del'Homme, B., Barbier, Jean-Marc, Gasselin, P., Gafsi, M., Guichard, L., Loyce, C., Menet, A. & Redlingshöfer, B. (2015). Agriculture et exploitation agricole durables: état de l'art et proposition de définitions revisitées à l'aune des valeurs, des propriétés et des frontières de la durabilité en agriculture. *Innovations Agronomiques*, 105-125.

11. ANEXOS

Anexo 1

Tabla1. Ponderación de los indicadores que componen la escala agroecológica.

ESCALA AGRO-ECOLÓGICA				
Componente		Indicadores		Valores Máximos
Diversidad local	A1	Diversidad de los cultivos anuales y temporales	14	Puntaje máx. 33 unidades
	A2	Diversidad de los cultivos perennes	14	
	A3	Diversidad animal	14	
	A4	Valoración y conservación del patrimonio genético	6	
Organización del espacio	A5	Rotación de cultivos	8	Puntaje máx. 33 unidades
	A6	Tamaño de parcelas	6	
	A7	Manejo de la materia orgánica	5	
	A8	Zonas de regulación ecológica	12	
	A9	Contribución a los desafíos ambientales del territorio	4	
	A10	Valoración del espacio	5	
Prácticas de manejo	A11	Manejo de superficies forrajeras	3	Puntaje máx. 34 unidades
	A12	Fertilización	8	
	A13	Efluentes orgánicos líquidos	3	
	A14	Pesticidas	13	
	A15	Tratamientos veterinarios	3	
	A16	Protección del recurso suelo	5	
	A17	Manejo del agua	4	
	A18	Dependencia energética	10	

Tabla 2. Ponderación de los indicadores que componen la escala socio-territorial.

ESCALA SOCIO-TERRITORIAL			
Componente		Indicadores	Valores Máximos
Calidad y Producto de la Tierra	B1	Calidad del estiércol producido	10
	B2	Valoración del patrimonio y paisaje	8
	B3	Manejo de desechos no orgánicos	5
	B4	Accesibilidad del espacio	5
	B5	Participación social	6
			33 unidades
Empleo y servicios	B6	Valoración de cadenas de valor cortas	7
	B7	Autonomía y valorización de los recursos locales	10
	B8	Servicios y actividades múltiples	5
	B9	Contribución al empleo	6
	B10	Trabajo colectivo	5
	B11	Carácter perenne	3
			33 unidades
Ética y desarrollo humano	B12	Dependencia de concentrados comerciales	10
	B13	Bienestar animal	3
	B14	Formación	6
	B15	Intensidad de trabajo	7
	B16	Calidad de vida	6
	B17	Aislamiento	3
	B18	Hospitalidad, higiene y seguridad	4
			Puntaje máx. 34 unidades

Tabla 3. Ponderación de los indicadores que componen la escala económica.

ESCALA ECONÓMICA				
Componente		Indicadores		Valores Máximos
Viabilidad económica	C1	Viabilidad económica	20	30 unidades
	C2	Tasa de especialización económica	10	
Independencia	C3	Autonomía financiera	15	25 unidades
	C4	Sensibilidad a ayudas del gobierno	10	
Transmisibilidad	C5	Transmisibilidad	20	20 unidades
Eficiencia	C6	Eficiencia de los procesos productivos	25	25 unidades