

EXPERIENCIAS

GANADERAS, AGRÍCOLAS Y FORESTALES
EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES

Coords.

Francisco Herrera Tapia
Tizbe Teresa Arteaga Reyes
Julieta Gertrudis Estrada Flores
Juan Carlos Escobedo Alcántara
Juan Antonio Reyes González



Con apoyo de



EXPERIENCIAS

GANADERAS, AGRÍCOLAS Y FORESTALES
EN LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS
NATURALES

Coords.

Francisco Herrera Tapia

Tizbe Teresa Arteaga Reyes

Julieta Gertrudis Estrada Flores

Juan Carlos Escobedo Alcántara

Juan Antonio Reyes González

ISBN: 978-607-422-993-6

Fecha de edición: 06 de enero de 2019.

Toluca, Estado de México. México.

La presente publicación se sometió a un proceso de dos dictámenes de pares académicos, garantizando su calidad y pertinencia académica y científica.

Experiencias ganaderas, agrícolas y forestales en la conservación de los recursos naturales

Primera edición, 2019

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México

(ICAR-UAEMEX)

<http://icar.uaemex.mx/>

Toluca, Estado de México

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Agencia de la GIZ en México

Torre Hemicor, PH Av. Insurgentes Sur No. 826

Col. Del Valle C.P. 03100 CDMX, México

giz-mexico@giz.de

www.giz.de/mexico-mx

COORDINACIÓN INSTITUCIONAL

Francisco Herrera Tapia – ICAR-UAEMEX

Tizbe Teresa Arteaga Reyes – ICAR-UAEMEX

Paulina Campos – GIZ

Juan Antonio Reyes González – GfA Consulting Group

Juan Carlos Escobedo Alcántara – GfA Consulting Group

Gloria F. Tavera Alonso – DR-CEN-CONANP

Gina E. R. Castillo Picazo – DR-CEN-CONANP

Personal de las ANP:

Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Chichinautzin

Área de Protección de Recursos Naturales Valle de Bravo

Parque Nacional Izta-Popo

COORDINACIÓN DE LA PUBLICACIÓN

Francisco Herrera Tapia

Tizbe Teresa Arteaga Reyes

Julieta Gertrudis Estrada Flores

Juan Carlos Escobedo Alcántara

Juan Antonio Reyes González

AUTORES y AUTORAS DE CAPÍTULOS (en orden alfabético)

Angel R. Endara Agramont

Carlos Contreras Servín

Carlos Galdino Martínez García

Carlos González Rebeles Islas

Carlos Manuel Arriaga-Jordán

Cynthia Patricia Pliego Collins

Dalia Benítez López

Daniel Hernández Valenzuela

Ernesto Sánchez Vera

Fabiola Rojas-García

Fernando Prospero-Bernal

G. Brendali Hernández-Luna

Gregorio Álvarez Fuentes

José Velarde-Guillén

Juan Antonio Reyes

Juan Carlos Escobedo

Juan Carlos García López

Juan Valdés Reyna

Juana Martínez Hernández

Julieta Gertrudis Estrada Flores

Luis Miguel Argueta

Manuel de Jesús Herrera Sánchez

Manuel González Ronquillo

María Guadalupe González Castorena

Mario González Aranda

Michel A. Wattiaux

Miriam López Andrade

Mónica Elizama Ruíz Torrez

Ricardo A. Morales Virgen

Rober Armando Sejas Bernal

Rocío Rosa García

Rubén López Cano

Sergio Franco Maass

William Gómez Demetrio

DISEÑO GRÁFICO

SAKBE Comunicación para el Cambio Social

Alexis Bartrina

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación forma parte de las actividades derivadas de los Foros de Ganadería Sustentable, realizados entre 2016 y 2018 en el marco del Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en el Eje Neovolcánico (COBEN)”. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Hecho en México.

Distribución gratuita.

Prohibida su venta.

Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material

contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

Forma de citar de la obra completa:

Herrera-Tapia, F., Arteaga-Reyes, T., Estrada-Flores, J., Escobedo, J.C. y Reyes, J.A. (Coords.). 2019. Experiencias ganaderas, agrícolas y forestales en la conservación de los recursos naturales. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México (ICAR-UAEMEX) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. México.

Ciudad de Toluca, 2019

CONTENIDO

Introducción	6
I. Caracterización de la Ganadería y sus Funciones en los Modos de Vida, en un Área Protegida de Alta Montaña, en México	8
Daniel Hernández Valenzuela, Ernesto Sánchez Vera, William Gómez Demetrio, Carlos Galdino Martínez García	
II. La Ganadería Mexicana ante el Cambio Climático	21
Fernando Prospero-Bernal, José Velarde-Guillén, Carlos Manuel Arriaga-Jordán	
III. Desafíos de la Agricultura Ganadera Frente al Cambio Climático	33
Michel A. Wattiaux	
IV. La Producción y Alimentación del Ganado en el Sistema de Alta Montaña: Caso Nevado de Toluca	48
Juana Martínez Hernández, G. Brendali Hernández-Luna, Carlos. M. Arriaga Jordán, Carlos González Rebeles Islas, Rocío Rosa García, Juan Valdés Reyna, Angel R. Endara Agramont, Manuel González Ronquillo, Julieta Gertrudis Estrada Flores	
V. Sustentabilidad Económica y Social en la Ganadería Lechera Familiar en San Luis Potosí, México	58
Miriam López Andrade, Gregorio Álvarez Fuentes, Mónica Elizama Ruíz Torrez, Juan Carlos García López, Carlos Contreras Servín	
VI. Huella Hídrica de la Producción de Alimentos de Origen Animal en México	68
Cynthia Patricia Pliego Collins, Ricardo A. Morales Virgen	

VII. Caracterización de Modelos Ganaderos con Enfoque de Conservación de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos en cuatro Áreas Naturales Protegidas de Montaña en México	81
Juan Carlos Escobedo, Juan Antonio Reyes, Luis Miguel Argueta	
VIII. Identificación de Áreas Perturbadas en el Estado de México a través de un SIG de Restauración y Reforestación	99
Mario González Aranda, Manuel de Jesús Herrera Sánchez	
IX. Análisis de los Incendios 2017 en la Zona Alpina del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y su Relación con la Ganadería Extensiva	115
Rubén López Cano, María Guadalupe González Castorena, Dalia Benítez López	
X. Mejoramiento y Manejo del Bosque Nativo, como Estrategia para Fortalecer la Producción Bovina, Municipio de Pasorapa, Cochabamba, Bolivia	131
Rober Armando Sejas Bernal, Angel R. Endara Agramont, Sergio Franco Maass, Fabiola Rojas-García	

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola y ganadera es un desafío en la actualidad por diversas razones, entre las que se encuentran el cambio climático, la degradación de los suelos y la contaminación. En algunas zonas, estas actividades se llevan a cabo en áreas destinadas a la conservación de la naturaleza, por lo que tienen el reto de garantizar la producción de alimentos para una población creciente, y a su vez de conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la región.

El libro **Experiencias Ganaderas, Agrícolas y Forestales en la Conservación de los Recursos Naturales** presenta trabajos de investigación y acción donde concurren actividades de producción rural y de conservación y uso sostenible de la biodiversidad, de tal manera que pueden servir como ejemplo para la integración de la biodiversidad en actividades productivas.

Dentro del marco de los compromisos internacionales, México ha establecido el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible hasta el 2030, para lo cual se deberán tomar decisiones sobre la gestión territorial de manera articulada, tomando en consideración los relacionamientos rurales como urbanos, y ambientes costero-marinos. Con medidas pertinentes se podrá avanzar en la conservación y el uso sustentable de los recursos naturales y culturales, como es el caso de la ganadería sustentable.

Por ello, en atención a estos temas de interés mundial, surge este libro derivado del trabajo colaborativo del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el marco del proyecto de cooperación “Conservación de la Biodiversidad en el Eje Neovolcánico” implementado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ, Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable) por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, BMZ por sus siglas en alemán) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), así como de la participación de otras universidades, organizaciones sociales y gubernamentales.

El libro contiene versiones extensas de algunas de las contribuciones del Primer, Segundo y Tercer Foros “Ganadería Sustentable en Territorios de Montaña”, incorporando temas sobre la producción sustentable y la conservación y regeneración del suelo, a través de actividades ganaderas, agrícolas y forestales.

En los foros participaron productores, organizaciones civiles, instituciones académicas y de cooperación, nacionales e internacionales, por lo que fueron espacios para desarrollar una visión más integral y participativa de los actores concurrentes en las Áreas Naturales Protegidas

(ANPs). Esto con la finalidad de fortalecer la función articuladora que tienen las ANPs en temas ambientales, sociales y productivos, para atender de manera intersectorial las actividades ganaderas, agrícolas y forestales.

El libro retoma enfoques productivos que precisan la intención de armonizar la producción con la conservación de los recursos naturales en ANPs, especialmente en zonas de montaña, como en el Eje Neovolcánico (Faja Transvolcánica) de México. Bajo esta perspectiva, el libro analiza a través de diversos capítulos temas estratégicos relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la implementación de la Agenda 2030, en el contexto de la ganadería, el cambio climático y la participación de la mujer en las actividades pecuarias, principalmente. Todo lo anterior acompañado de valiosas experiencias de referencias teóricas y prácticas que enriquecen la reflexión y la acción en torno a las actividades productivas y temas hacia la sustentabilidad en diversas regiones de México.

En ese sentido, se marca la importancia de articular los conceptos teóricos con las experiencias prácticas en la ganadería, especialmente en el contexto de las ANPs. Esta visión de aprendizaje demuestra la necesidad de afianzar acciones que generen y fortalezcan comunidades de práctica y aprendizaje en materia de ganadería sustentable; es decir, espacios para la creación de redes de colaboración y cooperación en torno a proyectos específicos.

Con las contribuciones en esta publicación se busca impulsar e incidir en políticas públicas que ayuden a crear instrumentos normativos, financieros e institucionales para transitar hacia esquemas de sustentabilidad. El fin último es alinear subsidios, créditos, programas y demás decisiones políticas, para que sean acordes al perfil de productoras y productores ganaderos en código de sustentabilidad.

Así, el libro aspira a ser un espacio de proyección académica y social para el diálogo transdisciplinario con el fin de incidir en políticas públicas que fomenten la ganadería sustentable. Ello con una visión territorial, participativa, incluyente y articuladora de la acción pública, en favor de la conservación de la biodiversidad y la provisión de los servicios ecosistémicos, considerando en escenarios de cambio climático.

Caracterización de la ganadería y sus funciones en los modos de vida, en un área protegida de alta montaña, en México

Daniel Hernández Valenzuela, Ernesto Sánchez Vera, William Gómez Demetrio, Carlos Galdino Martínez García

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales,
Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

Con el enfoque de Modos de vida se analizaron los capitales de los hogares, con la finalidad de contar con un marco de descripción de la actividad ganadera, en el Área de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca. Se realizó una encuesta no probabilística a hogares que habitan esta área. Los datos se analizaron con estadística multivariada y univariada. Se identificaron cuatro grupos de hogares, que se diferencian por la cantidad de animales que poseen y por las funciones que le asignan al ganado. Se puede concluir que los hogares usan los recursos naturales de un modo racional, combinándolos con todos los capitales con que cuentan.

Palabras clave: hogares, capitales, recursos naturales, Nevado de Toluca.

ABSTRACT

The households' assets were analysed, with livelihoods approach, in order to construct a framework for description of the livestock in the protected area "Área de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca". A non-probabilistic household survey, was conducted. The data was analyzed with multivariate and univariate statistics. Four households groups were founded, that are different by the amount of animals and their functions. It was possible to conclude that households use natural resources rationally and combine these with all assets that they possessing.

Key words: households, assets, natural resources, Nevado de Toluca.

Introducción

El ganado contribuye a los Modos de Vida de múltiples formas, se identifica como fuente de alimento, de ingresos, ahorro, seguridad y financiamiento, ante la falta de servicios financieros (Valdivia, 2004:8). Asimismo, la ganadería tiene una estrecha relación con los recursos naturales. Sin embargo, esta interacción se encuentra en un fuerte debate en torno a los impactos ambientales que el ganado puede ocasionar, ésta discusión de los impactos de la ganadería se exagera en el caso de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), donde la presencia humana y sus actividades productivas se han incrementado (Wittemyer *et al.*, 2008:123), lo que implica un dilema entre la restricción o liberación en el uso de los recursos naturales, por parte de las personas que tradicionalmente los han usado (Hull *et al.*, 2011:3029).

Con las consideraciones previas se destaca la necesidad de caracterizar las actividades ganaderas en áreas naturales protegidas, con la finalidad de comprender las lógicas de producción y el uso de los recursos que aporten información para la toma de decisiones en los planes de manejo de las ANP. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la actividad ganadera en el Área Natural de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca, con base en los capitales de los hogares que lo habitan, que permita tener una línea base de la ganadería en estas regiones, analizada desde un enfoque socioeconómico.

Marco conceptual

Se estima que tres cuartas partes de los extremadamente pobres del mundo, crían alguna especie de ganado, en las que combinan cultivos y ganadería con actividades no agrícolas (Pica-Cimarra *et al.*, 2011:3). El ganado tiene un papel esencial en las estrategias de los hogares pobres rurales, porque además del aporte de ingresos contribuye a los modos de vida como fuente de alimento, ahorro, seguridad, financiamiento e incluso como bienestar y estatus social (Valdivia, 2004:7).

A pesar de la importancia que tiene el ganado en los hogares rurales, éste es cuestionado por los impactos potenciales que tiene sobre los recursos naturales (Herrero *et al.*, 2009:111). Esto cobra mayor importancia en Áreas Naturales Protegidas (ANP) porque aparentemente choca con los esfuerzos de conservación. Las ANP cubren cerca del 13% de la superficie terrestre y tienen diferentes categorías normativas, pero en términos generales se consideran como áreas de importancia ecológica que tienen restricciones para las actividades humanas (Jenkins y Joppa, 2009:2169), lo que impacta a los modos de vida porque limitan el uso de los recursos disponibles.

Los Modos de Vida (MV) se definen como la integración de posibilidades, activos (materiales y sociales) y actividades que los hogares emplean para desarrollarse en la vida, en un contexto de vulnerabilidad (Chambers y Conway, 1991:10). El hogar es la unidad de análisis (Upton, 2004:6), se define como “los grupos de personas co-residentes que comparten la mayoría de aspectos de consumo, uso y asignación de un fondo común de recursos para asegurar su reproducción material” (Haan y Zoomers, 2005:12).

En este enfoque, los activos (o capitales) se definen como los recursos humanos y no humanos, que los hogares emplean en el diseño de estrategias para alcanzar su desarrollo. Los capitales se agrupan en cinco categorías: natural, físico, social, humano y financiero, que se movilizan y sustituyen cuando es necesario (Barrera-Mosquera *et al.*, 2010:1192). El ganado, que es uno de los capitales más versátiles para los hogares rurales, por las múltiples funciones que cumple dentro del hogar (Chaminuka *et al.*, 2014:89).

Materiales y métodos

Área de estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna, Nevado de Toluca se localiza en el Estado de México, México, entre los 3000 y 4660 msnm, con un clima semi-frío subhúmedo C(E) cuya temperatura media anual oscila entre -2 y 7 °C y la precipitación anual es de 1000 a 1400 mm. El Nevado de Toluca tiene una extensión de cerca de 54 mil hectáreas y en ella se ubican 20 localidades, con una población aproximada de 10 mil personas (CONANP, 2013:20). Esta área protegida es de gran importancia por la diversidad ecológica y los servicios ambientales que brinda, como la recarga de mantos de agua, regulación del clima, fijación de carbono y refugio de especies de flora y fauna endémica (Pérez-Ramírez *et al.*, 2009:41).

Colecta y análisis de información

Se realizó una encuesta a 180 hogares mediante muestreo por conveniencia, en 18 localidades dentro del Nevado de Toluca y en su zona de amortiguamiento. Se recolectó información sobre los cinco capitales de los hogares (humano, social, físico, natural y financiero), las principales variables observadas aparecen en el Cuadro 1. Para tratar con la diversidad de las formas de medición de los capitales, se elaboraron índices para evaluar el capital social y físico, de manera similar a otras investigaciones de modos de vida (Barrera-Mosquera *et al.*, 2010:1194; Ansoms y McKay, 2010:586). Por ejemplo, para evaluar la vivienda se le asignó un valor de 1 a 3 a los materiales de suelos, paredes y techo y una escala de 1 a 5 a la percepción de seguridad del entrevistado, el valor máximo posible fue 14 y éste se convirtió en el divisor del registro

particular de cada hogar. Para evaluar servicios del hogar, electrodomésticos y maquinaria se consideró el total máximo posible de cada rasgo evaluado y se usó como divisor del registro de cada hogar.

Dentro de las variables de capital social se evaluó la representación y liderazgo, para ello se obtuvo el valor promedio de participaciones de los miembros del hogar en estas actividades y se obtuvieron los valores promedio. La colaboración, confianza y relaciones externas se evaluaron preguntando la importancia de estas interacciones para el hogar, se empleó una escala tipo Likert, donde 0 fue ninguna importancia y 4 mucha importancia.

Se rescataron aspectos técnicos de ganadería, como número y diversidad de especies animales, para poder comparar la cantidad de las diferentes especies animales entre los hogares, se empleó la estandarización de Unidad Animal empleada por Pica-Cimarra *et al.* (2011:8), en la que los animales de cada especie se multiplican por un factor de conversión. Se investigó también sobre el manejo alimentario, reproductivo y sanitario de los animales. La información se trianguló con entrevistas a profundidad. Para abordar la complejidad del análisis multidimensional de aspectos socioeconómicos y ambientales se recurrió a métodos estadísticos multivariados, como el análisis clúster que permitió formar grupos homogéneos de hogares, dentro de cada grupo se analizaron características cuantitativas (análisis de varianza y pruebas de Chi cuadrada) y cualitativas de ganadería.

Análisis de resultados

Agrupación de hogares en el Nevado de Toluca

El análisis clúster permitió formar cuatro grupos de hogares, con base en sus capitales. A continuación, se describen las características de cada grupo, destacando los capitales que mostraron diferencias entre ellos (Cuadro 1). El Grupo 1 (28% de la muestra) reunió los hogares con mayor edad promedio y menor nivel de estudios. Sus integrantes tienen menor liderazgo y relaciones externas y a la vez están limitados en cuanto a capital natural y financiero, lo que representa menos tierras de cultivo, unidades animales e ingreso mensual. Con estas características fueron categorizados como hogares descapitalizados. El Grupo 2 (35%) se caracteriza por su escasa colaboración con otros hogares y escasos contactos de relaciones externas, por lo que se describen como hogares con pobre capital social.

En el Grupo 3 (31%) se encuentran los hogares más jóvenes, con alto capital social que se observa en muchas participaciones de representación, liderazgo y relaciones externas, el cual sirve de plataforma para su desarrollo. Los resultados sugieren que se trata de hogares en

crecimiento, ya que mostraron niveles bajos en la calidad de su vivienda y servicios del hogar. El Grupo 4 (6%) son los hogares con mayor escolaridad, capital físico y natural, que se refleja en la posesión de más terrenos de cultivo, unidades animales y maquinaria de uso agropecuario. Lo que se traduce en mayor ingreso mensual por lo que se categorizaron como los hogares más capitalizados de la región.

Cuadro 1. Capitales de los grupos de hogares identificados mediante análisis clúster, en el Nevado de Toluca

Variables por capital	Grupo 1 (50) ^{&}	Grupo 2 (63) ^{&}	Grupo 3 (56) ^{&}	Grupo 4 (11) ^{&}	P
Capital humano					
Edad (años)	39.3±16.0	34.0±14.6	31.8±11.9	33.6±7.3	0.052
Escolaridad (años)	5.0±2.7 ^a	6.1±2.3 ^b	6.0±2.2 ^{ab}	7.7±2.1 ^b	0.005
Capital social					
Liderazgo*	0.5±0.7 ^a	0.8±1.1 ^a	1.5±1.3 ^b	0.7±1.3 ^{ab}	0.000
Colaboración*	2.6±1.2 ^a	0.7±1.3 ^b	2.8±1.1 ^a	2.3±1.6 ^a	0.000
Confianza*	3.5±0.5 ^a	2.8±0.6 ^b	3.0±0.7 ^b	3.3±0.5 ^{ab}	0.000
Relaciones externas*	1.6±1.8 ^a	1.9±2.0 ^a	3.9±2.6 ^b	2.5±2.4 ^{ab}	0.000
Capital Físico					
Vivienda*	0.8±0.1 ^a	0.8±0.1 ^a	0.7±0.1 ^b	0.9±0.1 ^a	0.000
Servicios hogar*	0.7±0.1 ^a	0.8±0.1 ^a	0.6±0.2 ^b	0.8±0.1 ^a	0.000
Electrodomésticos*	0.5±0.2 ^a	0.6±0.2 ^b	0.4±0.2 ^a	0.6±0.1 ^{ab}	0.000
Maquinaria*	0.3±0.1 ^a	0.4±0.2 ^b	0.3±0.2 ^{ab}	0.8±0.1 ^c	0.000
Capital natural					
Hectáreas (Ha)	2.2±1.4 ^a	2.6±2.1 ^a	2.9±2.7 ^a	10.1±8.1 ^b	0.000
Unidades animal (UA)	5.2±3.6 ^a	6.3±5.3 ^a	6.5±6.9 ^a	28.8±23.8 ^b	0.000
Capital financiero					
Ingreso mensual (\$)	6935.1± 8339.8 ^a	10824.8± 16134.3 ^b	9794.8± 6983.6 ^b	34738.0± 320726.2 ^c	0.000
Ingreso ganadero (%) [#]	17.5 ^a	15.7 ^{ab}	13.8 ^b	52.5 ^c	0.000

&Entre paréntesis el número de hogares dentro de cada grupo. *Indica un índice. #Indica el porcentaje, con respecto al total de ingreso mensual.

Características de la ganadería en los grupos de hogares

La cantidad de animales representada en unidades animales (UA) mostró diferencia altamente significativa entre el grupo de hogares capitalizados respecto a los otros ($P < 0.001$), las UA se asocian estrechamente a los ingresos del hogar, ya que en los hogares capitalizados la ganadería representa alrededor del 50% de los ingresos totales, mientras que en los otros grupos aporta menos del 20%. Los resultados mostraron que independientemente del grupo, los ovinos aportan alrededor del 70% del total de ingresos por ganadería, lo que indica la alta relevancia de esta especie dentro de los hogares que habitan el Nevado de Toluca (Cuadro 2).

En el nivel de producción los cuatro grupos son similares, el porcentaje de partos es adecuado (entre 80 y 97%) considerando que el manejo reproductivo se basa en empadre continuo y no se aplican técnicas de manejo reproductivo. Sin embargo, la tasa de mortalidad es alta (del 15 al 25%), lo que limita la productividad de la ganadería en esta zona. Estos resultados sugieren que la aplicación de tecnología es similar entre los grupos identificados.

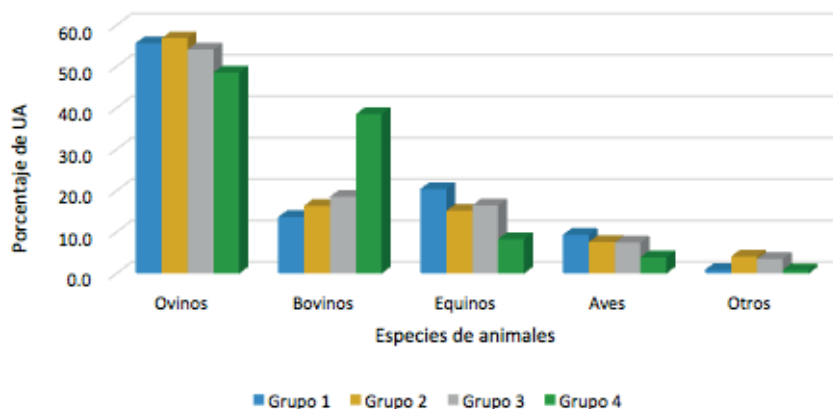
Cuadro 2. Características de la actividad ganadera en el Nevado de Toluca, de acuerdo a grupos de hogares identificados

Características	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	P
Unidades Animales	5.2±0.5 ^a	6.3±0.6 ^a	6.5±0.9 ^a	28.8±7.5 ^b	.000
Ingreso/Ganadería (%)**	17.5±3.0 ^a	15.7±2.8 ^a	13.8±2.8 ^a	52.5±10.4 ^b	.000*
Ingresos por Ovinos (%)	73.9±6.1	80.6±4.9	68.8±6.1	70.5±14.8	.500*
Partos (%)	80.8±4.9	90.4±4.5	96.9±12.5	88.9±5.0	.583*
Mortalidad (%)	18.6±3.8	24.9±4.0	14.8±3.4	24.7±12.8	.278*

*Analizados con la prueba de Ji cuadrada. **Porcentaje del ingreso total del hogar.

La cantidad de especies animales (3) y especies cultivadas (2) fue similar entre grupos, lo que indica que la diversificación productiva es una práctica común y que no depende del grado de capitalización de los hogares. Sin embargo, se observó alguna tendencia en el porcentaje de las especies animales dentro de cada grupo ($P > 0.05$), en la figura 1 se aprecia que los ovinos constituyen alrededor del 50% de las UA, lo que confirmó la relevancia de estos animales en la región de estudio. Los bovinos aparecen en mayor porcentaje en los hogares capitalizados, mientras que aves y equinos se encuentran en mayor proporción, en los hogares menos capitalizados. Otros animales (cabras, cerdos, conejos y venados) son poco frecuentes en la región.

Figura 1. Proporción de unidades animal dentro de los hogares



Fuente: elaboración propia con datos de campo.

Manejo alimentario del ganado en el Nevado de Toluca

El manejo alimentario es diferenciado de acuerdo a la especie animal, la base de alimentación de los ovinos es el pastoreo que se realiza principalmente sobre los recursos herbáceos del área forestal (bosque) del ANP, durante la época seca (marzo a mayo), cuando baja la cantidad y calidad en los pastizales de propiedad comunal del ejido¹. En la época de lluvias (mayo a octubre) se usan los pastizales y en menor proporción el bosque y de noviembre a febrero se pastorea principalmente en rastrojos y en las orillas de caminos. Sin embargo, debido a la reducción de las áreas de pastoreo, por las restricciones en el acceso al área protegida, los hogares han recurrido a emplear el sistema semi-estabulado.

En la figura 2 se observa que el manejo semiestabulado es el más común en el área. Los ovinos son llevados a pastorear al inicio de la mañana y son regresados al corral por la tarde, donde reciben algún complemento, principalmente heno de avena y rastrojos de los cultivos. En menor medida se emplean alimentos comerciales (16% de los hogares) debido al costo elevado de los mismos y mezclas con productos como soya, salvado, triticale o sorgo (12%).

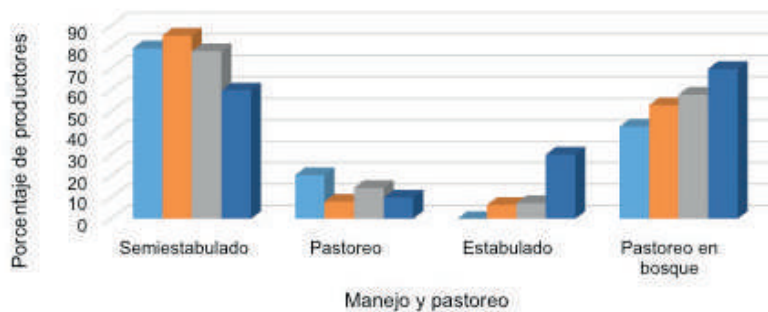
El pastoreo exclusivo es poco frecuente, algunos hogares que tienen pocos animales usan sus praderas propias (de 0.2 hasta 1 ha), en la Figura 2 se aprecia el pastoreo de todas las especies, no obstante, al considerar de manera exclusiva los ovinos, son los hogares más capitalizados quienes más pastorean de forma exclusiva y quienes más acuden al bosque, debido a que la compra de alimentos eleva los costos de producción. Mientras que los productores con número intermedio de animales pueden comprar pequeños volúmenes de alimentos.

1. Son tierras ejidales y por tanto están sujetas a las disposiciones relativas de esta ley las que han sido dotadas al núcleo de población ejidal o incorporadas al régimen ejidal. Art 43 de la Ley Agraria, consultado en: <http://leyco.org/mex/fed/13.html#t3c2>.

El pastoreo en el bosque aumenta con la cantidad de animales (Figura 2), éste se realiza en circuitos que atraviesan las áreas forestales sin detenerse más de 10 a 15 minutos en cada espacio. Este pastoreo circulante no ha permitido estimar la carga animal, ya que dificulta contabilizar la cantidad de animales que pastan en un área determinada. Los recorridos de pastoreo son elegidos por los pastores, con base en su percepción de la disponibilidad de forraje, lo que sugiere que los recursos disponibles se emplean de manera estratégica a lo largo del año.

El estabulado (encierro completo) es menos frecuente porque eleva los costos de alimentación. No obstante, algunos hogares suelen estabular un grupo de corderos para aumentar las ganancias de peso y obtener mejores precios de venta. En la Figura 2 se observa que esta práctica es más frecuente a medida que la cantidad de animales aumenta, esto se debe a la mayor capacidad de inversión para engordar corderos y al manejo alimentario de bovinos, que se describe más adelante.

Figura 2. Manejo de los animales y pastoreo en el bosque, en el Nevado de Toluca



Fuente: elaboración propia con datos de campo.

En la alimentación de bovinos y equinos principalmente se recurre al sistema estabulado donde reciben heno de avena y rastrojos, ya que los animales son grandes y más difícil de manejar en pastoreo, además de que causan daño por pisoteo. En esta investigación solo se identificaron dos productores que tienen una cantidad grande de bovinos, que son pastoreados en el bosque, pero uno de ellos mencionó estar interesado en estabularlos, reducir la cantidad de animales y aumentar la producción de leche.

Los cerdos se alimentan a base de maíz y combinado con desperdicios de cocina, algunos hogares (55%) emplean alimentos comerciales combinados con desperdicios. Las aves se dejan en libertad; sin embargo, la mayoría de los hogares (86%) les complementa la dieta con maíz o alimento comercial (17%). Los conejos se encuentran confinados, la mayoría son alimentados con hierbas (70%) y en algunos casos (44%) se les complementa con alimento comercial.

Funciones del ganado en los hogares del Nevado de Toluca

Las especies animales cumplen diferentes funciones dependiendo del tipo de hogar (Cuadro 3), de acuerdo a la cantidad de UA (Cuadro 1) en esta sección se consideran dos grandes grupos de hogares, los que tienen más animales (grupo 4) se designan como capitalizados y quienes tienen menos animales (grupos 1, 2 y 3) se designan como descapitalizados. Las aves² cumplen una función de seguridad alimentaria para los hogares descapitalizados, ya que aportan huevo y carne y pueden venderse en casos de emergencias económicas, mientras que en los hogares capitalizados se encuentran aves de combate cuya función es el esparcimiento. Los equinos sirven de transporte y trabajo en los cultivos a los hogares descapitalizados y en los hogares capitalizados son dedicados a pasear, ya que el trabajo agrícola se realiza con maquinaria.

Los hogares descapitalizados también usan bovinos, si cuentan con ellos, para el trabajo agrícola, las hembras son ordeñadas y sus productos son consumidos en el hogar, con ventas esporádicas. En los hogares capitalizados, los bovinos suelen constituirse en una verdadera inversión, en términos de la producción y comercialización de leche, sus derivados y animales.

Otros animales como cabras, cerdos, conejos y venados, son empleados de manera diversificada en los hogares descapitalizados, permiten el ahorro, el consumo de proteína y fibras de origen animal. Mientras que la satisfacción fue la principal función en los hogares capitalizados. Los ovinos tienen una función similar para todos los hogares, ya que son una fuente importante de ingresos. Sin embargo, a los hogares menos capitalizados les sirven como una forma de ahorro, lo que se complementa con la facilidad de venta de esta especie (Cuadro 3). La mayoría de los hogares, independientemente de sus características diferenciales, emplean el estiércol como abono para los cultivos, lo que destaca la estrecha relación entre agricultura y ganadería.

Cuadro 3. Funciones de la ganadería de acuerdo al nivel de capitalización de los hogares, en el Nevado de Toluca.

Especie	Funciones del ganado por tipo de hogares	
	Descapitalizados	Capitalizados
Aves	Consumo, venta ocasional	Esparcimiento (aves de combate), consumo
Equinos	Trabajo	Esparcimiento y trabajo
Bovinos	Trabajo, ahorro y consumo de productos	Inversión, ingresos (venta de productos)
Otras*	Ahorro, consumo, satisfacción	Satisfacción y consumo
Ovinos	Ingreso, seguridad financiera, uso del bosque	Ingresos y seguridad financiera

* Se incluye a especies poco frecuentes: cabras, cerdos, conejos y venados.

2. En las aves se incluyeron: gallinas, pavos, patos, gansos, pichones y aves de combate (las primeras tuvieron mayor presencia).

Discusión

En diferentes estudios, en los que se han analizado los modos de vida en áreas protegidas, se ha podido observar que los hogares cuentan con una diversidad de capitales (activos) que son integrados de manera integrada (Ansoms y McKay, 2010:590), por lo que no es factible diferenciar algún activo con especial preponderancia.

Los aspectos productivos de la ganadería en áreas naturales protegidas han sido poco estudiados. Sin embargo, es posible destacar que las múltiples funciones de esta actividad rebasan la generación de ingresos, por lo que otras funciones como la seguridad y ahorro adquieren una mayor importancia para los hogares que habitan estas regiones (Chaminuka *et al.*, 2014:89). El principal recurso alimentario del ganado ovino en el Nevado de Toluca es el pastoreo circulante, similar al descrito en el Mediterráneo Francés (Lasseur, 2005:93). Sin embargo, esta actividad no se realiza exclusivamente en las áreas forestales, de manera que los hogares usan todos los recursos posibles de manera organizada a lo largo del año (Galaviz-Rodríguez *et al.*, 2011:59-60). Además, en la investigación se observó una tendencia a la intensificación de la ganadería que se observa en la adopción del sistema semi-estabulado y en la búsqueda de insumos para elaborar dietas alimenticias. Este manejo integrado de los recursos se asemeja al manejo agrosilvopastoril tradicional descrito por Choocharoen *et al.* (2014:420-421), donde los recursos se usan de manera integrada.

Conclusiones y recomendaciones

La agrupación permite observar diferentes estrategias en el uso de los capitales de cada grupo de hogares. La ganadería permite a los hogares emplear los recursos herbáceos de las áreas protegidas, pero este uso es racional, ya que se combina con otros recursos forrajeros que se ubican fuera de los espacios forestales. De este modo, el ganado tiene relevancia dentro de los capitales del hogar, por su versatilidad de funciones, ya que además de la generación de ingresos permite una forma de ahorro y la conversión de forrajes en proteína y fibras de origen animal.

En el uso de los recursos de pastoreo y la integración del ganado con las actividades agrícolas, se observa un manejo similar a los arreglos que se proponen en los sistemas agrosilvopastoriles. Por lo que se sugiere aprovechar el conocimiento tradicional, de la disponibilidad de alimentos, para proponer modelos de producción adaptados a las condiciones preexistentes de manejo que se observan en esta región.

Referencias

- Ansoms, A. y McKay, A. (2010). "A quantitative analysis of poverty and livelihood profiles: The case of rural Rwanda". *Food Policy*, 35(6), pp. 584-598.
- Barrera-Mosquera, V., de los Rios-Carmenado, I., Cruz-Collaguazo, E. y Coronel-Becerra, J., (2010). "Analysis of available capitals in agricultural systems in rural communities: the case of Saraguro, Ecuador". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(4), pp. 1191-1207.
- Chambers, R. y Conway, G. (1991). *Sustainable Rural Livelihoods: Practical concepts for de 21st century*. IDS: Institute of Development Studies (UK).
- Chaminuka, P., Udo, H. M. J., Eilers, C. H. A. M. y Zijpp, A. J. van der (2014). "Livelihood roles of cattle and prospects for alternative land uses at the wildlife/livestock interface in South Africa". *Land Use Policy*, 38, pp. 80-90.
- Choocharoen, C., Neef, A., Preechapanya, P. y Hoffmann, V. (2014). "Agrosilvopastoral Systems in Northern Thailand and Northern Laos: Minority Peoples' Knowledge versus Government Policy". *Land*, 3(2), pp. 414-436.
- 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*.
- Galaviz-Rodríguez, J. R., Vargas-López, S., Zaragoza-Ramírez, J. L., Bustamante-González, A., Ramírez-Bribiesca, E., Guerrero-Rodríguez, J. y Hernández Zepeda, S. (2011). "Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala". *Rev Mex Cienc Pecu*, 2(1), pp. 53-68.
- Haan, L., y Zoomers, A. (2005). "Exploring de frontier of livelihoods research" *Development and Changes*, 36(1), pp. 27-47.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P. y Reid, R. S. (2009). "Livestock, livelihoods and environmental: understanding the trade-offs". *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, pp. 111-120.
- Hull, V., Xu, W., Liu, W., Zhou, S., Viña, A., Zhang, J., Tuanmu, M.N., Huang, J., Linderman, M., Chen, X., Huang, Y., Ouyang, Z., Zhang, H. y Liu, J. (2011). "Evaluating the efficacy of zoning designations for protected area management". *Biological Conservation*, 144(12), pp. 3028-3037.
- Jenkins C. N. y Joppa L. (2009). "Expansion of the global terrestrial protected area system". *Biological Conservation*, 142(10), pp. 2166-2174.
- Lasseur, J. (2005). "Sheep farming systems and nature management of rangeland in French Mediterranean mountain areas". *Livest Prod Sci*, 96(1), pp. 87-95.

Pérez-Ramírez, C., Zizumbo-Villarreal, L. y Monterroso-Salvatierra, N. (2009). "Turismo e identidad de resistencia: La oposición local a proyectos turísticos en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México". *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 18(1), pp. 36-52.

Pica-Ciamarra, U., Tasciotti, L., Otte, J. y Zezza, A. (2011). "Livestock assets, livestock income and rural households. Cross-country evidence from household surveys". FAO - ESA working paper, (11-17).

Upton, M. (2004). "The rol of livestock in economic development and poverty reduction". FAO. PPLI.

Valdivia, C. (2004). "Andean livelihood strategies and the livestock portfolio". *Culture & Agriculture*, 26(1-2), pp. 69-79. doi:10.1525/cag.2004.26.1-2.69.

Wittemyer, G., Elsen, P., Bean, W. T., Coleman A., Burton O. y Brashares, J. S. (2008). "Accelerated human population growth at protected area edges. *Science*, 321(5885), pp. 123-126.



La ganadería mexicana ante el cambio climático

Fernando Prospero-Bernal, José Velarde-Guillén, Carlos Manuel Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales,
Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

Los sistemas de producción agropecuarios se enfrentan hoy al reto de disminuir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y aumentar la productividad a nivel global. Los escenarios de cambio climático con lluvias erráticas y sequías más prolongadas dificultan cumplir estos retos; sin embargo se desarrollan estrategias de mitigación para afrontar esta situación. El objetivo de este trabajo fue identificar el impacto que tiene la ganadería mexicana sobre las emisiones de GEI y que elementos permiten reducir esta emisión. En un estudio realizado en el noroeste del Estado de México se identifica la disminución en la intensidad de emisión de metano por kg de leche producida en sistemas de producción de leche en pequeña escala al adoptar estrategias de alimentación que se basan en el uso de forrajes de calidad (ensilado de maíz y pastoreo de praderas cultivadas), logrando reducir hasta un 21% las emisiones de metano por concepto de alimentación. El metano es de los principales GEI que se emiten por la ganadería, lo que permite concluir que el uso eficiente de los recursos locales tiene un efecto favorable para lograr disminuir la huella de carbono por estos sistemas de producción.

Palabras clave: Emisiones de GEI, Sistemas de producción de leche, Metano.

ABSTRACT

On a global scale, agricultural production systems face the challenge to reduce greenhouse gas (GHG) emissions and to increase their productivity. Scenarios brought about by climate change, with erratic rains and prolonged droughts, make it difficult to meet these challenges. However, there are mitigation strategies. The objective of this work was to identify the effect that Mexican livestock production has on GHG emissions, and what elements reduce these emissions. In a study in NW State of Mexico, the intensity of methane emission per kg of milk produced in small-scale dairy systems was achieved by implementing the use of quality forages (maize silage and pasture grazing), which enabled a reduction of 21% of methane emissions from feeding. Methane is one of the main GHG emitted by livestock, so that conclusions are that the efficient use of local resources has a favourable effect in reducing the Carbon footprint in these livestock systems.

Key words: GHG emissions, Dairy production systems in Mexico, Methane.

Introducción

En la actualidad existe una gran preocupación por los cambios que se han venido suscitando en las condiciones climáticas. En el quinto reporte preliminar que publicó el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en Marzo de 2014, se informa que la temperatura a nivel global se ha elevado 1°C de 1880 a 2012 y reforzó las conclusiones del cuarto reporte que mencionan que el calentamiento del sistema climático es sostenido y se han tenido en las últimas tres décadas, las más calientes en la historia, donde se han rebasado los promedios proyectados con datos desde 1960 a 1990, el cual es de 14°C, teniendo temperaturas promedio de 14.12, 14.28 y 14.47 grados centígrados para las décadas de 1980's, 1990's y 2000's respectivamente notándose que en las últimas décadas el aumento de la temperatura es constante.

Es prácticamente seguro que este cambio climático está dado por la actividad humana, puesto que se ha observado y registrado un amplio calentamiento de la superficie terrestre (Troposfera) y un enfriamiento de la atmósfera (superficie más elevada), además existe una confianza muy alta sobre el hecho de que los impulsos naturales contribuyen al desbalance con una fracción muy pequeña, la cual se da de manera regular. En las últimas décadas se ha dado un aumento en la temperatura del aire, el derretimiento de los polos (disminuyendo de superficie en un 11%), calentamiento de los océanos (en las últimas décadas se ha aumentado la profundidad que se calienta, pasando de los 700 a los 2000 m, lo cual inhibe su capacidad de captación de carbono, por la acidificación de los océanos), lo que produce que los fenómenos naturales sean más extremos, como sequías más prolongadas y severas, fríos más intensos, lluvias más fuertes, entre otros (IPCC, 2014).

En el año 2010 se produjeron 31 mil millones de t de CO₂ (bióxido de carbono), de origen antropogénico, dentro de las cuales se encuentran las actividades de generación de energía, transporte, construcción, industria y las actividades agropecuarias, forestales y cambio del uso de suelo (AFOLU por sus siglas en inglés) (IPCC, 2014). En la pasada década los sistemas agropecuarios emitieron de 5.0 a 5.8 Gt CO₂/año, produciendo del 10 al 12% de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) (IPCC, 2014).

Las emisiones de GEI por la ganadería provienen principalmente de cuatro procesos, las cuales son: fermentación entérica, manejo del estiércol, producción de alimentos y consumo de energía.

Emisiones de Gases Efecto Invernadero por la ganadería en México

En 2010 las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) a nivel nacional fueron de 0.748 Gt de CO₂ equivalente (CO₂eq), lo que representa un aumento de 33.4% respecto a 1999 donde fueron de 0.561 Gt de CO₂eq. El aporte por cada categoría en 2010 fue la siguiente: 67.3 % para energía, 12.3% para agricultura, 8.2% Procesos industriales, 6.3% para cambio de uso de suelo y silvicultura y 5.9% para desechos. Respecto a la agricultura, 1.81% fue del uso de energía, 6.21% de suelos agrícolas y 6.08% de la fermentación entérica (CMNUCC, 2012).

Los principales GEI provenientes de la ganadería son el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (Gerber *et al.*, 2010). El sector agropecuario está compuesto por las emisiones agrícolas (aplicación de fertilizantes y quema de residuos agrícolas) y pecuarias (fermentación entérica y manejo de excretas) que juntas aportan el 22.8% del metano y 76.5% de las emisiones de N₂O a nivel nacional, el ganado aporta el 49.8% de las emisiones a nivel nacional referentes al sector agropecuario que son de 0.092 Gt de CO₂eq.

Las emisiones del sector agropecuario en México son similares a las que reporta a nivel internacional la FAO (2010) que son de 10 a 12%, teniendo en México 12.3% respecto a las emisiones totales.

Fuentes de emisión de GEI

Steinfeld *et al.* (2009) identificaron las principales fuentes de emisión de GEI a lo largo de la cadena de suministro, las cuales son, el uso del cambio en el uso de suelo, la producción de piensos, la producción animal, la gestión del estiércol y el procesamiento y transporte de los productos.

Estudios de Roy *et al.* (2009), Gerber *et al.* (2010) y Thoma *et al.* (2013), mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en sistemas de producción pecuaria han demostrado de las principales contribuciones de GEI por la ganadería son realizadas por la producción de carne (41%) y leche (20%) (principalmente bovinos). De acuerdo a Hristov *et al.* (2013), los rumiantes (por la fermentación entérica y manejo de estiércol) son un foco principal de atención para un programa exitoso de mitigación de GEI.

Los monogástricos son especies que tienen un menor aporte de GEI con relación a los rumiantes, la producción de cerdos y aves aporta únicamente el 9.5 y 9.7%, respectivamente por cada

sistema de producción del total de los GEI emitidos por la ganadería a nivel internacional (Gerber *et al.*, 2012). Los pequeños rumiantes aportan el 6.07% de las emisiones totales de GEI por la ganadería.

A nivel internacional se debe enfatizar en la mitigación de GEI principalmente por los países en desarrollo, de acuerdo al IPCC (2014), el 70% del potencial técnico de mitigación de los sistemas agropecuarios se encuentra en estos países.

El sector pecuario como un importante usuario de los recursos naturales tiene un gran reto por delante, reducir su huella de carbono y aumentar la producción de alimentos, ante una población mundial que está en aumento (9600 millones para el año 2050) y se ha proyectado que se requerirá un aumento (70%) en la producción de alimentos para el 2050 (Gerber *et al.*, 2013).

Existe una diferencia en la intensidad de emisión de los diferentes productos pecuarios por kilogramo de producto producido en relación a la cantidad de CO₂eq emitido. En la tabla 1 se muestran la intensidad de emisión por cada producto de origen pecuario.

Tabla 1. Intensidad de emisión por kg de producto en CO₂ equivalente

Especie	Producto (CO ₂ equivalente)		
	Carne	Leche	Huevo
Bovinos	46.2	2.6	
Ovinos	23.4	8.4	
Caprinos	23.3	5.2	
Suínos	6.1		
Aves	5.4		3.7

Fuente: Gerber *et al.*, 2013.

Estudios realizados por Gerber y colaboradores (2013) identificaron una fuerte correlación en la intensidad de emisión en relación a la productividad.

En el caso de los sistemas de producción de leche, se emite el 4% del total de GEI a nivel mundial (FAO, 2010), que representan el 20% de las emisiones del sector pecuario, en el 2007 los sistemas lecheros emitieron 1969 millones de toneladas de CO₂-eq donde el 67% es relacionado a la producción de leche y el 33% a la producción de carne. Sin embargo, es importante mencionar que la lechería produce el 13% de la carne de bovino que se consume

a nivel internacional lo que representa la generación de co-productos de alto valor proteico (Gerber *et al.*, 2010). De acuerdo al IPCC (2006) y la FAO (2010) la vocación de los sistemas de producción de leche es de producir proteína para la alimentación humana con una alta calidad nutricional.

Los sistemas de producción de leche emiten del 70 al 90% del total de los GEI en la producción primaria, lo que indica que es el eslabón en donde mayor se puede trabajar para la mitigación de GEI y disminuir su huella de carbón. Por efecto de la fermentación entérica (CH_4) y manejo de residuos orgánicos (N_2O) se emiten entre el 70 y 90% de los GEI (Flysjö *et al.*, 2011, Thomassen *et al.*, 2008, Gerber *et al.*, 2010). Para los procesos de transporte, transformación y empaquetado se hace empleo de la energía fósil (CO_2) mediante el uso de combustibles y energía eléctrica (Flysjö, 2011). Para la huella de carbono en la producción lechera estos son los principales gases que se emiten.

Gerber *et al.* (2010) indican que existe gran variación en la emisión de GEI tanto por regiones como por sistemas de producción, teniendo un promedio de 2.4 kg de CO_2eq en promedio a nivel mundial, con producciones del 52% de CH_4 , 27 y 38% de N_2O y de 21 y 10% de CO_2 para países en desarrollo y desarrollados respectivamente, lo que indica la variabilidad en las emisiones. Actualmente existe una brecha considerable referente a las emisiones de GEI entre los países desarrollados con promedios de 1.7 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$ de leche corregida y países rezagados con promedio de 9 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$ de leche corregida, Gerber *et al.* (2010) indican que esto se da principalmente por la especialización y tecnificación de la actividad, lo que da un aumento en la huella de carbono por unidad animal, pero una disminución por litro de leche corregida.

Respecto a México, son pocos los estudios sobre emisiones de GEI por la lechería, Castelán-Ortega *et al.* (2014) realizaron un ejercicio de simulación de emisión de metano para los dos principales eco-zonas en los sistemas de producción en México (Zona templada y zona tropical), basándose principalmente en las directrices del IPCC (1996) para el nivel 1 de emisiones de metano, obteniendo resultados de 19.62 y 32.5 g de metano por litro de leche producida para las zonas templada y tropical respectivamente, lo que es similar a lo reportado por Garg *et al.* (2013) que obtuvo 18.87 g/l en la india en sistemas de producción en pequeña escala.

Mitigación de GEI

De las Políticas públicas a nivel internacional se tiene como pauta disminuir las emisiones de todos los sectores productivos en el mundo, en la ganadería se plantea como mitigar las emisiones de óxido nitroso y metano (FAO, 2010).

Las opciones para mitigar la emisión de metano se centran principalmente en optimizar el uso eficiente de la energía, parte de la energía ingerida en el alimento se pierde en forma de metano, y no es transformada en productos (leche, carne), además de las emisiones al ambiente, se tienen pérdidas económicas, los alimentos representan el mayor costo en la producción en rumiantes, además la producción de alimentos genera movilización de recursos naturales tal como: tierra, agua, combustibles fósiles, fertilizantes, entre otros, lo que afecta varias dimensiones de la sostenibilidad de los sistemas de producción. También existen pérdidas de metano por la gestión del estiércol (se sugiere la producción de biogás) y con relación a las dietas (cualquier cambio en la dieta es benéfico si está acompañado de una mayor digestibilidad de los alimentos).

La reducción de metano se ha ensayado desde la incorporación de suplementos alimenticios en las dietas como inhibidores (como el bromoclorometano, 1,2-bromoetano sulfónico, cloroformo y la ciclodextrina, que redujeron la producción de CH₄ hasta en un 50% in vivo e inhiben principalmente las arqueas del rumen), uso de ionóforos (monensina), compuestos bio-activos de las plantas (variedad de compuestos secundarios de las plantas, específicamente taninos, saponinas, aceites esenciales y sus ingredientes activos), lípidos dietéticos (aceites vegetales y grasas animales), uso de enzimas exógenas, uso de levaduras como agentes microbianos, manipulación de arqueas y bacterias del rumen. Además de la gestión de la alimentación, principalmente, efectos del consumo del alimento, inclusión de concentrados, manejo de la calidad de los forrajes (aumentar la digestibilidad), raciones mezcladas y frecuencia en la alimentación (Gerber *et al.*, 2013).

Referente a la gestión del estiércol se proponen las siguientes opciones de mitigación: digestión anaeróbica, separación de sólidos, aireación, acidificación del estiércol, disminución del tiempo de almacenamiento, cobertura del estiércol con paja, aireación durante el almacenaje, compostaje, regular temperaturas de almacenamiento.

Las emisiones provenientes de óxido nitroso ya sean directas o indirectas por pérdidas de amoníaco, son formas de pérdida de nitrógeno. El nitrógeno es un macronutriente de las plantas y mejoran el rendimiento, suministrar nitrógeno reactivo a las plantas (en forma de estiércol o de fertilizante inorgánico) y conservar el nitrógeno en los suelos mediante prácticas agronómicas, es una forma eficiente de usar el nitrógeno en las unidades de producción. Las emisiones de N₂O provenientes del almacenamiento y la elaboración del estiércol, y de su aplicación a los cultivos y pastizales, representan cerca de 3 millones de toneladas de nitrógeno. Esta cantidad es aproximadamente el 15% del uso de fertilizante nitrogenado que se puede atribuir a la producción de alimentos (cultivos y pastizales) para el sector ganadero (FAO, 2006). Pérdidas adicionales de nitrógeno tienen lugar en forma de emisiones de NH₃ y NO_x en la atmósfera, y de

lixiviación de formas solubles de nitrógeno en las aguas subterráneas, aunque no contribuyen al potencial de calentamiento global, estas emisiones plantean problemas ambientales, como la acidificación y eutrofización de los hábitats naturales.

Las emisiones que competen al CO₂ están dadas por el uso de combustibles fósiles y el aprovechamiento de tierras (Gerber *et al.*, 2010) se puede disminuir la dependencia de combustible fósiles mejorando las prácticas de gestión de maquinaria y equipos en la finca además de la implementación de fuentes alternas de energía.

Resultados

En un estudio realizado en el altiplano central mexicano, con datos de 22 unidades de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), se compararon las estrategias de alimentación tradicionales (EAT) contra las estrategias de alimentación optimizadas (EAO) desde un punto de vista productivo, económico y ambiental con el objetivo de conocer la intensidad de emisión de metano (CH₄) por vaca según las estrategias de alimentación que usan.

Entre las estrategias de alimentación, las EAO dieron preferencia a forrajes de calidad (ensilado de maíz y pradera bajo sistema de pastoreo) y suplementos (maíz molido y pasta de soya), ingredientes que pueden ser producidos dentro del mismo SPLPE o en la misma región. Además, las EAO tienen como característica el no uso de pajas, versus la alimentación convencional que tiene un uso activo de estas en sus estrategias de alimentación (Pincay-Figueroa *et al.*, 2016). Respecto al rendimiento de leche por vaca al día, las EAO tienen un promedio mayor respecto a las EAT (17.99 vs 14.01 kg/vaca/d, para EAO y EAT respectivamente), el uso de forrajes de calidad es un elemento clave en la reducción de costos de alimentación y mejorar la rentabilidad de las unidades de producción (Prospero-Bernal *et al.*, 2017), en este estudio las EAO tienen los costos de alimentación menores respecto a las EAT, aunado al mayor rendimiento por vaca al día resulta en un mayor margen de ganancia para las EAO en sistemas de producción de leche en pequeña escala US\$4.42 vs US\$2.74, para EAO y EAT respectivamente, según Moretti *et al.* (2016) los sistemas de producción que hacen eficiente el uso de los recursos locales y de calidad tienden a incrementar o ser más sustentables respecto a los que hacen un bajo uso de estos, además, los EAO respecto a las EAT son más rentables al incrementar la producción de alimentos dentro de la unidad de producción y depender menos de insumos externos lo que les confiere mayor resiliencia (Wolf, 2010).

Ambientalmente, no existen diferencias en las emisiones totales de metano entre la adopción de una u otra estrategia de alimentación (324 vs 335 g de CH₄/d/vaca, para EAT y EAO respectivamente), de igual forma, la emisión de gases por kg de materia seca ingerida sigue la

misma tónica, sin diferencia entre estrategias de alimentación. Sin embargo, estas emisiones tuvieron un efecto de dilución gracias al rendimiento de leche (cuando se mide en g de CH₄/kg de leche) que repercute en la huella de carbono por kg de leche producido donde las emisiones por kg de leche de las EAO son significativamente diferentes ($P < 0.05$) a las obtenidas con las EAT (18.8 vs 23.7 g CH₄/kg de leche), lo que demuestra la eficiencia en el uso de forrajes de calidad para la producción de alimentos de alto valor nutricional para los humanos, con una menor intensidad de emisión de metano por litro de leche producida.

Los resultados del estudio demuestran que al aumentar la producción de leche sin aumentar significativamente los GEI totales, la huella de carbono de ese producto disminuye significativamente; sin embargo, estos resultados son exclusivos por concepto de alimentación.

Conclusiones

Los retos que enfrenta la ganadería actualmente requieren el uso eficiente de los recursos disponibles (económicos, ambientales y sociales) con desarrollo sostenible en las unidades de producción generando, estrategias que incrementen la rentabilidad, pero que a su vez conserven la base de los recursos naturales, y que representen una herramienta para el alivio a la pobreza y desarrollo en el medio rural.

Los sistemas de producción en pequeña escala son una herramienta viable para combatir la pobreza (al generar empleos directos, indirectos y ganancias atractivas), el hambre (la leche representa una fuente económica de proteína animal con alto valor nutricional) y la contaminación ambiental (al elegir productos de la región, así como optimizando las dietas). Al aumentar la producción sin aumentar significativamente las emisiones de GEI se puede disminuir la huella de carbono por unidad de producto. Sin embargo, los resultados que aquí se mostraron corresponden a una modificación en la alimentación por lo que se requieren estudios a nivel de granja y vigilando el ciclo de producción para ver el efecto total de estas optimizaciones.

Realizar estudios ambientales de los sistemas de producción es un elemento clave para determinar lineamientos y planes a seguir en sistemas de producción poco estudiados, en México las unidades de producción de leche en pequeña escala representan el 78% de las unidades especializadas según el INEGI del total de unidades de producción, lo que cobra un relace para su evaluación y seguimiento.

Referencias

Castelán-Ortega, Octavio Alonso; Ku-Vera, Juan Carlos; Estrada-Flores, Julieta G. (2014), Modeling methane emissions and methane inventories for cattle production systems in Mexico, *Atmósfera*, vol. 27, núm. 2, pp. 185-191. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-62362014000200006&script=sci_abstract.

Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático-CMNUCC (2012), Quinta Comunicación Nacional Sobre el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc5s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO (2006), *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*, Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0701s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO (2010) *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment*. Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>

Flysjö Anna, Henriksson Maria, Cederberg Christel, Ledgard Stewart y Englund Jan-Eric (2011) “The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden” en *Agricultural Systems*, 104, pp.459-469. DOI:10.1016/j.agsy.2011.03.003.

Gerber, P., Hristov, A., Henderson, B., Makkar, H., Oh, J., Lee, C., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J. and Oosting, S. (2013), Technical options for the mitigation of direct methane and nitrous oxide emissions from livestock: a review, *Animal*, 7, (2), pp.220-234. DOI:10.1017/S1751731113000876

Gerber P., MacLeod M., Opio C., Vellinga T., Falcucci A., Weiler V., Tempio G., Gianni G. y Dietze K. (2012), “Greenhouse gas emissions from livestock food chains: a global assessment”, en *European Federation of Animal Science (comp). 63th Annual Meeting EAAP*. Bratislava: Slovaquia. Disponible en: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/04_13_55_EAAP_2012.pdf

Gerber Pierre, Vellinga Theun, Opio Carolyn y Steinfeld Henning (2011), “Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems”, en *Livestock Science*, 139, pp. 100-108. DOI:10.1016/j.livsci.2011.03.012.

Garg, M.R., Sherasiaa, P.L., Bhanderia, B.M., Phondbaa, B.T., Shelkea, S.K. y Makkar H.P.S. (2013), “Effects of feeding nutritionally balanced rations on animal productivity, feed conversion efficiency, feed nitrogen use efficiency, rumen microbial protein supply, parasitic load, immunity and enteric methane emissions of milking animals under field conditions”, en *Animal Feed Science and Technology*, 179, pp. 24-35. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.11.005>

Hristov Alexander, Joonpyo Oh, Chanhee Lee, Robert Meinen, Felipe Montes, Troy Ott, Jeff Firkins, Al Rotz, Curtis Dell, Adegbola Adesogan, WenZhu Yang, Juan Tricarico, Ermias Kebeab, Garry Waghorn, Jan Dijkstra y Simon Oosting, (2013), “Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera: Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO₂”, en Pierre Gerber, Benjamin Henderson y Harinder Makkar (comps), Producción y Sanidad Animal FAO Documento No. 177, Roma: FAO. E-ISBN 978-92-5-307659-8 (pdf).

Moretti Michele, De Boni Annalisa, Roma Rocco, Fracchiolla Mariano, Van Passel Steven, (2016), “Integrated assessment of agro-ecological systems: The case study of the “Alta Murgia” National park in Italy”, en *Agricultural Systems*, 144, pp. 144–155. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2016.02.007>.

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- IPCC (1996), Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual, vol. 3. Intergovernmental Panel on Climate Change. London: Blackwell. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>.

Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático- IPCC (2006), Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, Tokio: IGES. Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>.

Pincay-Figueroa Pincay, López-González Felipe, Velarde-Guillén José, Heredia-Nava Darwin, Martínez-Castañeda Francisco, Vicente Fernando, Martínez-Fernández Adela y Arriaga-Jordán Carlos Manuel, (2016), “Cut-and-carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico” en *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110, 349–363. Disponible en: DOI: 10.12895/jaeid.20162.496.

IPCC (2014), Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change, Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_frontmatter.pdf.

Roy Poritosh, Daisuke Nei, Takahiro Orikasa, Qingyi Xu, Hiroshi Okadome, Nobutaka Nakamura y Takeo Shiina, (2009), “A review of life cycle assessment (LCA) on some food products”, en *Journal of Food Engineering*, 90, pp. 1–10. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2008.06.016.

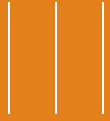
Steinfeld Henning, Gerber Pierre, Wassenaar Tom, Castel Vincent, Rosales Mauricio, de Haan Cees, (2009), *La larga sombra del ganado – problemas ambientales y opciones*. Roma: FAO. ISBN 978-92-5-305571-5.

Thoma Greg, Jennie Popp, Darin Nutter, David Shonnard, Richard Ulrich, Marty Matlock, Dae Soo Kim, Zara Neiderman, Nathan Kemper, Cashion East y Felix Adom, (2013), “Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment”, en

International Dairy Journal, 31(Supplement 1), pp. S3-S14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.08.013>.

Thomassen M.A., Van Calster K. J., Smits M. C. J., Lepema G. L. and de Boer I. J. M. (2008), Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands, *Agricultural Systems*, 96, pp. 95-107. DOI:10.1016/j.agsy.2007.06.001.

Wolf C.A., (2010), “Understanding the milk-to-feed price ratio as a proxy for dairy farm profitability”, en *Journal of Dairy Science*, 93, 4942– 4948. DOI: 10.3168/jds.2009-2998



Desafíos de la agricultura ganadera frente al cambio climático

Michel A. Wattiaux

Department of Dairy Science
University of Wisconsin-Madison, USA

RESUMEN

El cambio climático es uno de los muchos retos que enfrenta la agricultura ganadera en el mundo. El ganado contribuye al desarrollo sostenible de muchas maneras diferentes en el mundo, pero también es fuente de preocupaciones ambientales y sociales. Utilizando la sostenibilidad como marco conceptual, la industria ganadera de cada nación debe prosperar hacia su propio potencial de producción, lo que explica las condiciones locales. Dado que los productos de origen animal forman parte del suministro de alimentos de una creciente población, la intensificación sostenible debe diseñarse de manera que funcione mejor para los productores, la sociedad a la que sirven y el planeta. Usando la industria láctea como un estudio de caso, identificamos tres áreas de problemas y oportunidades: a) Pérdida y desperdicio de leche; 2) la ganadería lechera como opción de alivio de pobreza y desarrollo rural; y 3) huella de carbono de la leche (emisiones de gases de efecto invernadero). Abordar estas cuestiones localmente contribuirá a la sostenibilidad del sector lácteo a escala mundial.

Palabras clave: agricultura ganadera, desperdicio de alimento/residuo de alimentos, revolución de agricultura ganadera, gases de efecto invernadero, sostenibilidad

Introducción

El consumo de productos de origen animal/ganadero contribuyen a una dieta balanceada y es particularmente importante para el desarrollo cognitivo de los niños y, por lo tanto, para la capacidad humana de nuestra próxima generación. La agricultura para animales desempeña un papel clave como complemento de – en lugar de competir con estos- la producción de alimentos, especialmente cuando los rumiantes son alimentados con forrajes y subproductos agrícolas. El papel de que la agricultura sirve a las sociedades humanas en el mundo es sin embargo similar a un “cuento de dos ciudades”, con contribuciones drásticamente diferentes en los países desarrollados en comparación con los países en desarrollo. En las sociedades occidentales la ganadería se ha beneficiado de cien años de investigación y desarrollo tecnológico para alcanzar altos rendimientos de producción.

La principal razón de ser del ganado es satisfacer el apetito de una población que demanda alimentos de origen animal. En estos países la tecnología avanzada ha permitido que solo 1-2% de la población esté involucrada en la propiedad del ganado. Por el contrario, la investigación agrícola dentro de naciones tropicales y en desarrollo es relativamente nueva. La ganadería realiza una gran variedad de funciones y propósitos y se refiere a menudo como “ineficiente” cuando se mide con el criterio utilizado en las naciones desarrolladas. Sin embargo, el sustento del 30-80% de la población en muchos países en desarrollo depende directamente de la propiedad del ganado. Las proyecciones de la FAO indican un crecimiento sustancial en la demanda de productos de origen animal ya que se prevé que aproximadamente el 90% del crecimiento de la población hasta 2050 se produzca en países en desarrollo donde el nivel de vida seguirá aumentando. El término “revolución ganadera” ha sido acuñado para describir la enorme magnitud de estas tendencias (Delgado *et al.*, 1999; Delgado, 2003). Bajo la hipótesis general de que la mayoría de los productos animales se producirán en el país, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales negativos asociados con la agricultura aumentarán sustancialmente más en los países en desarrollo en comparación con los países desarrollados. Aunque los desafíos son distintos en diferentes regiones del mundo, el ritmo de incremento de las emisiones nacionales debe ser reducido (si no se invierte) en todo el mundo. El aumento continuo de la eficiencia de la conversión alimenticia contribuirá a una solución, pero no es de ninguna manera la única solución. Asimismo, los sistemas de producción ganadera deberán sacar provecho de su potencial para mitigar las emisiones (almacenando carbono o desplazando las emisiones a través de la generación de bioenergía) y proporcionando servicios ecosistémicos. En este artículo trataremos primero de definir la sostenibilidad como un marco conceptual para discutir los retos de la producción ganadera. Entonces, se abordarán los desperdicios de alimento/residuo de alimentos como una forma de aumentar la eficiencia de nuestros sistemas alimentarios actuales y reducir su carga ambiental; la revolución ganadera se describirá en términos de oportunidades para el alivio de la pobreza

y la seguridad alimentaria; y la administración de los recursos naturales se discutirán como un marco para desarrollar futuros sistemas de producción ganadera que maximicen los beneficios para la sociedad con los menores costos económicos, ambientales y sociales.

Marco conceptual: sostenibilidad

El concepto de desarrollo sostenible fue definido por primera vez en el informe de Bruntland de las Naciones Unidas (UN, 1987) como “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Esta definición sencilla, pero extremadamente poderosa, puede servir de principio rector al desarrollo de cualquier “sistema” que se desee estudiar, ya sea económico, biológico, social, local o global. Del mismo modo, la agricultura sostenible no se había definido hasta hace relativamente poco. En los Estados Unidos, la agricultura sostenible se refiere a “un sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales que tiene una aplicación específica que a largo plazo cumpla con: a) satisfacer las necesidades humanas de alimentos y b) mejorar la calidad del medio ambiente y la base de los recursos naturales sobre la economía agrícola, c) aprovechar al máximo los recursos no renovables y los recursos de granjas e integrar, cuando es apropiado ciclos y controles biológicos naturales, d) mantener la viabilidad económica de las actividades agrícolas, y e) mejorar la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad en su conjunto” (USDA, 2016).

De acuerdo con esta definición, la sostenibilidad de un sistema de producción ganadera se mide no sólo a través de sus resultados técnicos y económicos, sino también de su administración de los recursos naturales que son inherentemente parte del sistema (los animales, la tierra, el aire y el agua) así como su “aptitud” social (por ejemplo, la aceptabilidad de las prácticas) en relación con las normas culturales de los consumidores que buscan servir y las políticas institucionales de la sociedad en la que opera el sistema. La sostenibilidad ha sido reconocida como un problema pernicioso: no se puede resolver, solo se puede gestionar (Peterson, 2013). Hasta hace poco, se suponía que la mayor productividad se traduciría automáticamente en una mayor eficiencia. Sin embargo, un enfoque de alta producción o indicadores simples de eficiencia técnica únicamente no es probable que aborde los múltiples desafíos de sostenibilidad (Toma *et al.*, 2013). Por lo tanto, una discusión de los sistemas de producción ganadera no puede hacerse sin una definición clara de los límites, los componentes estructurales interactivos, los objetivos funcionales del sistema y sus relaciones con su contexto económico, ambiental y social.

Por ejemplo, la alimentación de un rebaño de vacas lecheras ya no puede ser exclusivamente sobre el cumplimiento de los requerimientos de nutrientes de los animales para la plena expresión de su potencial genético, debe ser discutido en relación con los otros componentes de

la granja (base de la tierra), la economía local (proveedores / procesadores) y las declaraciones compartidas de misión y visión que el propietario o los administradores han desarrollado para su negocio.

Dicho de otra manera, no hay una sola definición de una granja lechera, sino una multitud de estrategias para asignar insumos económicos (capital, mano de obra, etc.) para manejar el ganado lechero dado una base de tierra, un patrón climático, una fuerza de trabajo, y una miríada de otros factores (internos y externos) que hace que cada granja lechera sea única. Sin embargo, es seguro afirmar que la gestión adecuada de una granja lechera vista como un sistema con múltiples entradas y resultados se refiere a identificar las cosas correctas que hay que hacer (efectividad) y hacerlas correctamente (eficientemente).

Contribuciones de la Agricultura Ganadera en el Mundo

Informes recientes (Steinfeld *et al.*, 2006; Herrero *et al.*, 2009) identificaron las siguientes contribuciones del sector ganadero a nivel mundial. Primero, ocupa el 45% de la superficie global y es un activo global significativo valorado en al menos 1,4 billones de dólares. Segundo, los sectores ganaderos son una fuente importante de sustento en el mundo ya que están organizados alrededor de cadenas de mercado que emplean al menos 1.300 millones de personas en todo el mundo y apoyan directamente el sustento de 600 millones de pequeños agricultores pobres en el mundo en desarrollo. Tercero, el ganado puede ser utilizado como seguro y, por lo tanto, es una importante estrategia de reducción del riesgo para las comunidades vulnerables. Cuarto, el ganado es un importante contribuyente del estiércol y el estiércol de ganado son fuentes importantes de fertilidad del suelo para el cultivo en sistemas de pequeñas granjas. Quinto, en los países en desarrollo en particular, la propiedad del ganado a menudo se asocia con cierta condición social y riqueza (Herrero *et al.*, 2013).

Sexto, los mismos autores describieron la importancia del ganado para las mujeres (cuestiones de género) al menos dos tercios de los mil millones de ganaderos pobres del mundo son mujeres rurales. Séptimo, el vínculo entre la ganadería y la salud humana no se limita a la nutrición (véase más adelante), sino también a la transmisión de enfermedades infecciosas (zoonosis) y enfermedades transmitidas por los alimentos (diarrea). Octavo, una extensa investigación ha establecido la existencia de una fuerte asociación entre la ingesta de alimentos de origen animal y un mejor crecimiento, la función cognitiva y la actividad física de los niños, mejores resultados del embarazo y reducción de la morbilidad por enfermedad (Neumann *et al.*, 2003). Noveno, los productos pecuarios pueden contribuir al alivio del hambre para aproximadamente 800 millones de pobres que sufren desnutrición (la gran mayoría de los cuales son paradójicamente propietarios de ganado) y la inseguridad alimentaria. Globalmente, los productos de ganado

contribuyen sustancialmente a la alimentación humana con el 17% de las calorías y el 33% de las proteínas consumidas en el mundo. Existen; sin embargo, grandes diferencias entre países con graves insuficiencias en muchos países en desarrollo (especialmente en sub-Sahara, África) coexistiendo con el exceso de consumo en muchos países en desarrollo. Es probable que el mismo patrón de desigualdad sea cierto cuando se comparan los ricos y los indigentes dentro de un país. El consumo excesivo de productos pecuarios (en particular la carne) se ha asociado con problemas de salud humana relacionados con el sobrepeso (1.000 millones de personas) y obesidad (300 millones de personas). Décimo, la producción ganadera puede contribuir sustancialmente a la contaminación del aire y del agua y tienen una gran huella de agua y carbono en comparación con otros alimentos humanos (Eshel *et al.*, 2014).

Los impactos del cambio climático en el ganado

Considerando el trabajo de Thornton *et al.*, (2009), los impactos del cambio climático en el ganado se describen en las siguientes seis áreas. Primero, “cantidad y calidad de los alimentos.” El cambio climático alterará el equilibrio dinámico dentro de las comunidades vegetales (composición de las especies), los patrones de crecimiento de los cultivos y de los cultivos, así como la composición de las plantas (valor químico y nutritivo). Aunque un aumento en las concentraciones atmosféricas de CO₂ y las temperaturas pueden aumentar la productividad, este efecto puede ser compensado por la mayor incidencia de la sequía y el aumento de la intensidad de las lluvias. Segundo, “estrés por calor.” Aumentar las temperaturas alterará el intercambio de calor entre los animales y el medio ambiente, y puede afectar potencialmente la ingesta de alimento, la mortalidad, el crecimiento, la reproducción, el mantenimiento y la producción. Los rumiantes tienen una zona térmica neutral más baja que los animales monogástricos. Las condiciones de calor y humedad afectan negativamente el consumo de alimento y la productividad, especialmente en la raza especializada (lechería) que no está bien adaptada a las condiciones tropicales. Tercero, “Agua”. Hay una considerable incertidumbre asociada con la estimación de los recursos disponibles de agua subterránea y sus tasas de recarga, lo que hace que las evaluaciones del uso del agua sean particularmente difíciles. A nivel mundial, cada persona consume 30-300 litros de agua por día para fines domésticos, pero se necesitan 3000 litros por día para cultivar los alimentos de cada persona. Publicaciones recientes han indicado que la mayor proporción de la huella hídrica del sistema ganadero está asociada con el riego de cultivos como alimento para el ganado (Matlock *et al.*, 2013). Cuarto, “Enfermedades del ganado y vectores de enfermedades”. Los efectos del cambio climático sobre las cargas de enfermedades infecciosas pueden ser extremadamente complejos y dependen de muchos otros factores en la dinámica de la transmisión de la enfermedad y la susceptibilidad de la población en riesgo. Sin embargo, el estudio de estos efectos ha recibido una atención limitada. El cambio climático probablemente influirá en los patógenos, los huéspedes y los

vectores en complejas interrelaciones que son difíciles de predecir. Quinto, “Biodiversidad”. La pérdida de biodiversidad (variación genética en cultivos y en el ganado) no es un problema nuevo. Gran parte de esta erosión genética se atribuye a las prácticas globales de producción ganadera y a la creciente marginación de los sistemas de producción tradicionales y de las razas locales asociadas. Ciertos sistemas de ganado son los principales impulsores del cambio del hábitat y del paisaje, y por lo tanto desempeñan un papel importante en la pérdida de biodiversidad. Es probable que los ecosistemas y las especies muestren una amplia gama de vulnerabilidades al cambio climático. Sin embargo, la investigación ha indicado un potencial de devastación genética generalizada en el futuro como resultado del aumento de las temperaturas. Cabe destacar que los pastores y los pequeños propietarios son los guardianes de gran parte de los recursos genéticos ganaderos del mundo. Sexto, “Sistemas y medios de subsistencia”. Los sistemas ganaderos en los países en desarrollo son extremadamente dinámicos. Se pueden identificar varios factores de cambio: el aumento de las poblaciones y los ingresos se combinan para impulsar un crecimiento considerable de la demanda de productos pecuarios, y se prevé que continúe en el futuro (Delgado *et al.*, 1999), aunque en ritmos decrecientes (Steinfeld *et al.*, 2006). Hasta la fecha, ha habido pocos intentos genuinamente integrativos para desentrañar la complejidad de la evolución de los sistemas en los países en desarrollo en relación con el cambio climático (ver más abajo este tema).

Soluciones sostenibles a escala global

Los futuros agricultores tendrán que adoptar enfoques más holísticos para abordar y resolver los problemas de los sistemas alimentarios. Además de la investigación disciplinaria que utiliza un enfoque reduccionista, nuevos métodos serán necesarios para integrar datos de diferentes tipos para abordar los “sistemas” componente del “sistema alimentario”. No sólo la investigación multidisciplinaria, sino transdisciplinaria se hará más común. Con una perspectiva muy amplia, Eisler *et al.* (2014) destaca una serie de estrategias para reducir los costos medioambientales y económicos del mantenimiento de la leche y de los animales productores de carne de determinados rumiantes, al tiempo que aumenta las ganancias netas por la cantidad y calidad de los alimentos que producen. Sus principales recomendaciones son las siguientes:

Primero, “alimentar a los animales con menos comida para humanos”. Los rumiantes han evolucionado con un sistema digestivo adaptado para utilizar recursos de alimentación inadecuados para el consumo humano. Sin embargo, si el objetivo es maximizar el rendimiento animal (producción diaria de leche o ganancia diaria promedio) altos niveles de grano innecesarios se incluirán en la dieta. Aunque algunos granos en la dieta mejoran la conversión alimenticia, los productores deben buscar las estrategias óptimas de alimentación que

dependan de los recursos locales de alimentación en lugar de confiar en los granos importados. Centrándose en cultivar pastos nutritivos, los productores lecheros de Nueva Zelanda han mantenido a la vaca lechera dentro de su nicho ecológico.

Segundo, “criar animales apropiados a nivel regional”. El ganado seleccionado en regiones templadas para altos niveles de rendimiento es poco adecuado para las condiciones tropicales de tierra baja (por ejemplo, la baja calidad de los recursos de alimentación local, alta temperatura / humedad y parásitos). Estos requieren Inversiones para proporcionarles un entorno propicio para la expresión de su potencial genético. Como indican los autores, para las familias pobres, una vaca nativa más pequeña es una mejor opción que un animal más grande que cuesta más mantenerlo sano y vivo.

Tercero, “Mantener a los animales sanos”. Bajo un manejo deficiente los animales se vuelven más susceptibles a los parásitos, enfermedades y la muerte. Las enfermedades prevenibles y terminales no sólo constituyen una pérdida innecesaria para el productor, sino que perjudican la eficiencia de todo el sistema de producción de alimentos. Los animales no saludables son incapaces de funcionar bien y potencialmente pueden convertirse en una fuente de infecciones para los seres humanos. Los animales enfermos continúan comiendo, produciendo estiércol y liberando metano a la atmósfera, por lo tanto, continúan contribuyendo a los negativos potenciales (costos ambientales) con contribuciones subóptimas a los beneficios económicos o sociales positivos.

Cuarto, “Adoptar suplementos inteligentes.” Eisler *et al.* (2014) argumentó que los recursos alimentarios locales deberían estudiarse más por su capacidad para contribuir al suministro local de fuentes de alimentación y la productividad animal (mejorar la utilización de proteínas o combatir los nemátodos gastrointestinales). Los autores utilizaron el ejemplo de un helecho de agua (*Azolla caroliniana*) cultivado en estanques locales en la India como suplemento proteico para ganado en lugar de pastos con deficiencia de proteínas.

Quinto, “Comer calidad no cantidad”. Como se indicó anteriormente, una gran fracción de la población de los países desarrollados están consumiendo en exceso productos animales (carne) con efectos nocivos, mientras que gran parte de la población de los países en desarrollo, especialmente los niños, se beneficiarían de una mayor inclusión en los productos de origen animal en su dieta. Los esfuerzos de salud pública deben dirigirse adecuadamente a grupos específicos para evitar confusiones sobre el impacto de los productos animales en la dieta.

Sexto: “Adaptar las prácticas a la cultura local”. El vínculo especial entre los seres humanos y los animales que producen alimentos ha sido consagrado, si no preservado, en las tradiciones culturales (e incluso religiosas). Por lo tanto, se debe tener cuidado al interrumpir la agricultura

tradicional y los valores. Las políticas para fomentar una gestión humana y eficiente deben considerar no sólo la economía local y los recursos naturales, sino también los valores humanos y la cultura.

Séptimo, “Seguimiento de costos y beneficios”. El ganado no es la única fuente de preocupaciones ambientales y de hecho los sistemas ganaderos pueden contribuir positivamente a elementos de sostenibilidad como la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la captura de carbono. Para tomar sólo un ejemplo, el estiércol de ganado es un recurso dentro de la granja que debe ahorrar fertilizantes comerciales de N y las emisiones de gases de efecto invernadero y de combustibles fósiles asociados con la fabricación de fertilizantes. Aunque el análisis del ciclo de vida tiene sus propias limitaciones, es una herramienta que puede ayudar a rastrear los costos y beneficios del sistema como un todo.

Un estudio de caso: formas de fortalecer la sostenibilidad del sector lácteo mundial

En esta última sección hemos tratado de destacar tres áreas de oportunidad para el crecimiento sostenible y el desarrollo de las industrias lácteas en el mundo: Pérdida y desperdicio de leche, ganadería lechera como opción para el desarrollo sostenible y el alivio de la pobreza y la huella de carbono de la leche (emisiones de gases de efecto invernadero). Abordar estas cuestiones a escala mundial podría contribuir a la sostenibilidad del sector lácteo mundial en su conjunto.

Pérdida y desperdicio de alimentos: Aproximadamente un tercio del alimento producido para el consumo humano en el mundo, se pierde o es desperdiciado y nunca llega a consumirse (FAO, 2011a). Las pérdidas de alimentos se refieren a la disminución de la masa de alimentos comestibles a lo largo de la cadena de suministro que conduce específicamente a alimentos comestibles para el consumo humano. Las pérdidas tienen lugar en las etapas de producción, poscosecha y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos. Por el contrario, el desperdicio se produce al final de la cadena alimentaria y se relacionan con el comportamiento de los minoristas y de los consumidores (Parfitt *et al.*, 2010). En general, las pérdidas son sustancialmente mayores que los desechos en los países de bajos ingresos. Por el contrario, los residuos por los minoristas y los consumidores son sustancialmente mayores que las pérdidas en los países de ingresos medios y altos. Este patrón resultó ser cierto para la leche y los productos lácteos también. Producir alimentos que no se consumen equivale a un desperdicio de recursos naturales y económicos (tierra, agua, energía y otros insumos). Reduce la eficiencia del suministro de la cadena alimentaria, provoca pérdidas económicas y provoca impactos ambientales innecesarios (por ejemplo, emisiones de gases de efecto invernadero).

Seguridad alimentaria, mitigación de la pobreza y sistemas lácteos de pequeña

escala: Más del 90% de los 570 millones de explotaciones en el mundo son explotados y administrados como pequeñas unidades familiares que dependen principalmente de la mano de obra familiar (FAO, IFAD and WFP, 2015). Estas granjas producen más del 80% de los alimentos del mundo, en términos de valor. A nivel mundial, el 84% de las explotaciones familiares tienen menos de dos hectáreas y la mayoría de ellas son pobres, inseguridad alimentaria y, paradójicamente, muchas de ellas poseen ganado (FAO, 2011b). Bajo condiciones de lluvia de los trópicos y subtrópicos, las familias que viven en una hectárea o dos no pueden sobrevivir económicamente con solo cultivos. El ganado en estas fincas son activos sociales y económicos que proporcionan una oportunidad única para aliviar la pobreza, mejorar la nutrición familiar y el desarrollo rural sostenible. Se ha estimado que el 14% de la población mundial depende directamente de la producción lechera para su subsistencia (Gall, 2013). De acuerdo a Steinfeld *et al.* (2006), el 53% de la leche producida en el mundo proviene de granjeros no especializados y de pequeña escala que participan en una diversa cartera de actividades que incluye cultivos, ganado y otras empresas (no agrícolas). La leche se produce en el mundo a través de una amplia variedad de sistemas de producción y una variedad de especies de rumiantes bajo distintos paisajes agroecológicos. Aunque las explotaciones agrícolas de pastoreo de bajo ingreso o de alto ingreso son típicas de los países desarrollados, Gall (2013) identificó otros sistemas más comúnmente encontrados en regiones tropicales o de tierras altas como sistemas de producción a pequeña escala, ganadería lechera, lecherías periurbanas y pastoreo. En las zonas rurales de los países de bajos ingresos, la producción de leche permite ganancias diarias, incluso con poco equipo e insumos (excepto la inversión inicial del animal). La producción de leche en pequeña escala a partir de un sistema integrado de cultivos y ganado puede tener éxito con los recursos locales como se muestra en las tierras altas de México (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Bajo buena gestión, estos sistemas integrados pueden hacer un uso altamente eficiente de los nutrientes. En sistemas con bajo contenido de nitrógeno, por ejemplo, el estiércol animal sirve como una mejora importante para los suelos de baja fertilidad y contribuye a aumentos sustanciales en el rendimiento de los cultivos (Powell, 2014). Estos sistemas tienen el potencial de mejorar los recursos naturales de la finca y proporcionar importantes servicios ecosistémicos. Además, investigaciones en África ha demostrado su contribución a la equidad de género y al empoderamiento de las mujeres (Owango *et al.*, 1998; InfoResource, 2007). Sin embargo, estos sistemas de pequeña escala de bajo insumo suelen caracterizarse por un bajo rendimiento, eficiencia de la producción e incapacidad para capitalizar las economías de escala. Sin embargo, sus contribuciones a la estabilidad y resiliencia de los sistemas alimentarios han sido reconocidas y el aumento de su productividad se está convirtiendo en una prioridad importante (FAO, IFAD and WFP, 2015). Hay grandes desafíos para fomentar innovaciones locales que sean económicamente, ambientalmente y socialmente sostenibles. Por muchas razones, las tecnologías desarrolladas en regiones templadas a menudo no

funcionan al mismo nivel cuando se implementan en los trópicos o subtrópicos (Stanton *et al.*, 1991). Las lecciones aprendidas de los intentos previos de transferir la tecnología de producción lechera a los países en desarrollo sin una comprensión del contexto local no deben olvidarse (Orskov, 1993). Tecnologías localmente adaptadas y apropiadas (Martínez-García *et al.*, 2015) deben fortalecer la productividad sin comprometer la sostenibilidad porque a largo plazo contribuirán a un crecimiento más inclusivo. Además, con una adecuada articulación de la cadena de valor alimenticio (Winger, 2011) el desarrollo de mercados locales o regionales que funcionen bien puede no sólo estimular la productividad agrícola sino también aumentar la demanda de mano de obra en las zonas rurales, generar empleos para los pobres y aumentar los salarios (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007). El acceso a la información y los servicios mediante la afiliación cooperativa puede contribuir a la productividad agrícola y la viabilidad económica (Martínez-García *et al.*, 2015). Sin embargo, el cambio es difícil, especialmente para aquellos con recursos limitados. Por lo tanto, las políticas apropiadas para mitigar los impactos de la inestabilidad producidos por impactos económicos o ambientales (fluctuación del mercado, desastres naturales, enfermedades, sequía, etc.) y la protección social pueden fomentar la capacidad de los pobres para asumir riesgos y participar con éxito en un sistema económico local. La adquisición local de alimentos (leche), como los programas de alimentación escolar, es otro ejemplo de enfoque pertinente para fortalecer a los pequeños agricultores familiares y el desarrollo rural sostenible (FAO, 2011b).

Emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono): tras la publicación de un informe inicial (“Livestock Long Shadow”; Steinfeld *et al.*, 2006) indicando que, además de otros impactos ambientales, el ganado contribuyó con 18% de las emisiones antropogénicas globales de gases de efecto invernadero, la FAO (2013) estimó más recientemente que la cadena de suministro de ganado emitió 71 gigatoneladas de CO₂-eq en 2005, lo que representó el 14,5% de todas las emisiones inducidas por el ser humano (FAO, 2013). Dentro del sector ganadero, el ganado lechero ocupó el segundo lugar detrás del ganado vacuno por emisión global de gases de efecto invernadero (2.188 contra 2.495 millones de toneladas de CO₂-eq). Las emisiones de otras especies de ganado fueron considerablemente menores: 668, 618, 612, 474 y 72 millones de toneladas de CO₂-eq para cerdos, búfalos, pollos, pequeños rumiantes y otras aves. El metano (principalmente procedente de la emisión entérica), el óxido nitroso (del manejo del estiércol y la producción de cultivos) y el dióxido de carbono (de la producción de cultivos, procesamiento, transporte y uso energético) representaron el 44%, el 29% y el 27% de las emisiones procedentes del sector ganadero. Aunque los inventarios nacionales de emisiones de metano procedentes del ganado dependen principalmente del número de animales y del sistema de alimentación (IPCC, 2006), la intensidad de emisión (CO₂-eq por kg de leche) está muy influenciada por el nivel de producción de leche de las vacas. En general, la huella de carbono (intensidad de emisión) es inferior a 1,7 kg de CO₂-eq por kg de leche en los países industrializados, pero se estima que es de aproximadamente 9,0 kg de CO₂-eq por kg de leche

en África subsahariana (FAO, 2013). La emisión diaria de metano entérico de una vaca lechera está estrechamente ligada al nivel de consumo de alimento, que a su vez está estrechamente ligado a la producción de leche. Así, las regiones del mundo con baja producción de leche por vaca tienen una baja tasa de emisión (kg de CH₄ por vaca al año), pero una alta intensidad de emisión de metano (metano como CO₂-eq por kg de leche). A medida que aumenta la producción de leche, la emisión diaria por vaca aumenta, pero la intensidad de emisión de metano disminuye rápidamente. En 2010, hubo una diferencia de casi 15 veces entre la región con menor intensidad donde la leche se produce en sistemas de alto ingreso (Norteamérica: 0,28 kg de CO₂-eq por kg de leche) y la región con mayor intensidad donde se produce la leche es producida en sistemas de bajos insumos (África Occidental: 4,14 kg de CO₂-eq por kg de leche). Aunque cada región tiene aproximadamente el mismo número de vacas, este último produce más de cuarenta veces la cantidad de leche con sólo tres veces la cantidad de metano entérico en comparación con el anterior (Wattiaux, 2016). Los datos actuales de la FAO indican que las regiones en las que se producirá la mayor parte del aumento de la producción de leche en el futuro se encontrarán en un camino de aumentos sustanciales de las emisiones de metano entérico. En contraste, la mayoría de las regiones de Europa tendrán emisiones más bajas en 2050 en comparación con 2010 debido al desgaste de la población de vacas. Estos datos alarmantes podrían utilizarse para argumentar la urgencia de medidas rápidas y eficaces para el desarrollo rural sostenible en los países en desarrollo.

Conclusiones

La sostenibilidad es un marco poderoso para abordar los retos económicos, ambientales y sociales que enfrenta el sector ganadero en el mundo. Los sistemas ganaderos son usuarios sustanciales de recursos naturales y globalmente contribuyen de manera significativa al cambio climático, mientras que al mismo tiempo hacen contribuciones de importancia crítica a los medios de subsistencia de al menos mil millones de personas pobres de hogares rurales, de los cuales casi todos son de países en desarrollo. A su vez, el cambio climático tendrá un impacto sustancial en los sistemas de ganadería, pero está claro que el cambio climático es sólo uno de los principales impulsores del cambio; el crecimiento de la población, la globalización, la urbanización, las cambiantes expectativas socioeconómicas y las preferencias culturales, por ejemplo, pueden tener impactos considerables en el sistema y en la seguridad alimentaria y la pobreza. Los problemas son distintos y, por lo tanto, los países desarrollados y en desarrollo deben encontrar soluciones locales a sus problemas locales y soluciones locales a los problemas mundiales.

Referencias

- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui S. y Courbois, C. (1999). "Livestock to 2020. The next food revolution". Food, Agriculture, and the Environment, Discussion Paper 28, Washington: IFPRI.
- Delgado, C. L. (2003). "Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution." *J. Nutr.* 133(11), p.4.
- Eisler, M. C., Lee, M. R. F., Tarlton, J. F., Martin, G. B., Beddington, J., Dungait, J. A. J., Greathead H., Liu J., Mathew, S., Miller, H., Misselbrook, T., Murray, P., Vinod, V. K., Van Saun, R. y Winter, M. (2014). "Agriculture: Steps to sustainable livestock". *Nature*, 507, pp. 32-34.
- Eshel, G., Shepon, A., Makov, T. y Milo R. (2014). "Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 11(33), pp. 11996-12001.
- Espinoza-Ortega, A., Espinoza-Ayala, E., Bastida-López J., Castañeda-Martínez, T. y Arriaga, M. C. (2007). "Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty". *Experimental Agriculture*, 43(02), pp. 241-256.
- FAO (2011a). "Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention". Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf> [Consultado el 28 de febrero de 2016].
- FAO (2011b). "World Livestock 2011 – Livestock in food security". Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e00.htm> [Consultado el 5 de enero de 2016].
- FAO (2013). "Tackling Climate Change Through Livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities". Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3437e.pdf> [Consultado el 20 de febrero de 2016].
- FAO, IFAD y WFP (2015). "The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress". FAO, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4646e/index.html>. [Consultado el 20 de febrero de 2016].
- Gall, C. (2013). "Production Systems Around the World". En Park, Y. y Haenlein, G. F. W., (eds.) (2013) *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. Wiley-Blackwell, Ames IA.
- Herrero, M., Thornton, P. K., Gerber, P. y Reid, R. S. (2009). "Livestock, livelihoods and the environment: Understanding the trade-offs". *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2), pp. 111-120.
- Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, J., Enahoro D., Silvestri, S. y Rufino, M. C. (2013). "The roles of livestock in developing countries". *Animal*, 7, suplemento S1, pp. 3-18.

InfoResource (2007). "The Livestock Revolution: An opportunity for Poor Farmers?". Switzerland: Swiss Agency for Development and Cooperation SDC. Disponible en: http://www.inforesources.ch/pdf/focus07_1_e.pdf [Consultado el 15 de febrero de 2016].

IPCC (2006). "Emission from Livestock and Manure management". IPCC secretariat Geneva. En: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. Ent: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> [Consultado el 15 de febrero de 2016].

Martínez-García, C. G., Ugoretz, S. J., Arriaga-Jordán C. M. y Wattiaux, M. A. (2015). "Farm, household and farmer characteristics associated with changes in management practices and technology adoption among dairy smallholders". *Trop Anim Health Prod*, 47(2), pp. 311-316.

Matlock, M., Thoma, G., Cummings, E., Cothren, J., Leh, M., y Wilson, J. (2013). "Geospatial analysis of potential water use, water stress, and eutrophication impacts from US dairy production". *International Dairy Journal*, 31(1), pp. S78-S90.

Neumann, C.G., Bwibo, N. O., Murphy, S., P., Sigman, M., Whaley, S., Allen, L. H., Guthrie, D., Weiss, R. E. y Demment, M. (2003). "Animal source foods improve dietary quality, micronutrient status, growth and cognitive function in Kenyan school children: background, study design and baseline findings". *Journal of Nutrition*, 133(2), pp. 3941S-3949S.

Orskov, E. R. (1993). *Reality in Development Aid with Emphasis on Livestock*. Aberdeen, UK: Rowett Research Services Ltd.,

Owango, M., Staal, S. J., Kenyanjui, M., Lukuyu, B., Njubi, N. y Thorpe, W. (1998). "Dairy co-operatives and policy reform in Kenya: effects of livestock service and milk market liberalisation." *Food Policy*, 23 (2), pp. 173-185.

Parfitt, J., Barthel M. y Macnaughton, S. (2010). "Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365(1554), pp. 3065-3081.

Peterson, H. C. (2013). "Sustainability a wicked problem". En: Kebreab, E. (ed.), *Sustainable Animal Agriculture*. CABI International Publishing, UK, pp. 1-9.

Powell, J. M. (2014). "Feed and manure use in low-N-input and high-N-input dairy cattle production systems". *Environmental Research Letters*, 9(11), p. 8.

Stanton, T. L., Blake, R. W., Quaas R. L. y Van Vleck, L. D. (1991). "Response to Selection of United States Holstein Sires in Latin America". *Journal Dairy Science*, 74(2), pp. 651-664.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar T., Castel, V., Rosales M. y DeHaan, C. (2006). "Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options". Rome, Italy: FAO.

Thornton, P. K., Van de Steeg J., Notenbaert, A. y Herrero, M. (2009). "The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know". *Agricultural Systems*, 101(3), pp.113-127.

Toma, L., March, M., Stott, A. W. y Roberts, D. J. (2013). "Environmental efficiency of alternative dairy systems: A productive efficiency approach". *Journal Dairy Science*, 96(11), pp. 7014-7031.

UN (1987). "Report of the world commission on environment and development: Our common future. United Nations". Disponible en: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> [Consultado el 11 de junio de 2016].

USDA (2016), "Sustainable Agriculture: Definitions and terms". United State Department of Agriculture. Disponible en: <https://afsic.nal.usda.gov/sustainable-agriculture-definitions-and-terms-1> [Consultado el 11 de junio de 2016].

Wattiaux, M. A. (2016). "Opportunities for growth and development of the dairy sector across the world". En: Beede, D. K. (ed.), *Large Dairy Herd Management*. Champaign, Illinois: American Dairy Science Association, pp. 3-18.

Winger, M.G. (2011). "Defining a common agenda to improve livestock contribution for poverty reduction in Latin America and the Caribbean" (in Spanish). *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 19(3/4), pp. 50-54.



La producción y alimentación del ganado en el sistema de alta montaña: caso Nevado de Toluca

Juana Martínez Hernández¹, G. Brendali Hernández-Luna¹, Carlos. M. Arriaga Jordán¹, Carlos González Rebeles Islas², Rocío Rosa García³, Juan Valdés Reyna⁴, Angel R. Endara Agramont¹, Manuel González Ronquillo⁵, Julieta Gertrudis Estrada Flores¹

1. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México
2. FMVZ. Universidad Nacional Autónoma de México
3. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) España
4. Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
5. FMVZ. Universidad Autónoma del Estado de México

RESUMEN

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) es un espacio dedicado a la conservación de la vida silvestre; sin embargo, en esta se llevan a cabo actividades silvopastoriles. Los pastizales nativos son utilizados para alimentar el ganado, aunque la producción de forraje varía en calidad y cantidad a través del año. El uso del muérdago como un componente más de la dieta para la alimentación de ovinos para engorda, representa una oportunidad, no solo para alimentar al ganado también como una oportunidad para sanear a los árboles con este problema.

Palabras clave: Pastizales, muérdago, calidad nutritiva.

ABSTRACT

Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (APFFNT) is a space dedicated to the conservation of wildlife; however, in this silvopastoral activities take place. Native grasslands are used to feed livestock, while forage production varies in quality and quantity throughout the year. The use of mistletoe as a component of the diet for feeding sheep for fattening represents an opportunity not only to feed livestock as well as an opportunity to clean up the trees with this problem.

Introducción

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), ocupa el cuarto lugar dentro de las cumbres más altas de México con una elevación de 4660 m s.n.m. Está sujeta a una actividad pastoril bajo un sistema productivo de tipo extensivo, en general los productores son ejidatarios y en un 100% emplean las áreas comunales para el pastoreo de ganado ovino y en menor escala de ganado bovino. Las razas de ovinos utilizadas corresponden a Suffolk (40%), cruces de Suffolk-Hampshire (40%), Hampshire (10%) y criollo local (10%). La producción ovina es una actividad con tradición y constituye una opción de percibir un ingreso en función del conocimiento de su territorio y de los recursos aprovechables mediante el pastoreo (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014).

Los productores de la zona son ejidatarios, la disponibilidad de terreno varía desde 0.25 ha hasta 3 ha, donde desarrollan actividades agrícolas de temporal. Los cultivos presentes son papa (*Solanum tuberosum*), avena (*Avena sativa*) y en menor proporción haba (*Vicia faba*), chícharos (*Pisum sativum*) y vegetales silvestres como el *Chenopodium sp.* (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014).

La alimentación de los animales depende del pastoreo continuo mediante recorridos en terrenos comunales y áreas con cobertura de bosque. Otras fuentes de forraje corresponden al suministro ocasional de rastrojo de maíz, forraje de avena, y residuos de cosecha, papa y avena (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014; Martínez-Hernández *et al.*, 2016). También se ha propuesto la incorporación del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Wiens), que es una planta parásita para los pinos, en las dietas de los ovinos (Hernández Luna *et al.*, 2014).

La ganadería tiene la capacidad de transformar vegetales en proteínas animales, aprovechando los recursos que de otra forma quedarían sin utilizar. En muchos lugares de montaña la ganadería es la principal actividad económica para la capitalización de sus habitantes ya que aporta lo imprescindible para la subsistencia de la gente (Lasanta, 2010). El manejo del pastoreo es uno de los usos más extensos de la tierra, pero los efectos sobre las comunidades de plantas, en muchos casos han revelado ser contradictorias. Algunos autores han relacionado estas contradicciones al carácter estocástico de los sistemas de pastoreo. Debido a eso es necesario implementar análisis específicos de efectos de pastoreo en cada comunidad, especialmente en Áreas Naturales Protegidas, con el fin de ofrecer la mejor información a los manejadores (Arévalo *et al.*, 2011).

El pastoreo es una importante herramienta en la gestión de la conservación y juega un papel importante en la diversidad de especies de plantas en pastizales alpinos y subalpinos. Un

aumento en la presión del pastoreo parece ser esencial para que la biodiversidad deba ser conservada (Komac *et al.*, 2014).

Las decisiones de manejo de un pastizal deben evitar los extremos (sobreutilización o subutilización), ya que una cobertura insuficiente limita el crecimiento y una utilización ineficiente significa desperdicio de forraje. Además, la calidad nutritiva y la cantidad de forraje son importantes recursos de pastizales y determinan el volumen de materia seca disponible para el ganado, afectando tremendamente a la capacidad de carga del pastizal. Ante esta situación es necesario mantener un equilibrio, entre la cantidad de forraje producido y la calidad de forraje consumido por el ganado. En el APFFNT los ovinos se gestionan bajo un sistema de producción extensivo, la mayor parte del año tienen una alimentación basada en el pastoreo en áreas comunales; sin embargo, se considera necesario conocer información sobre la producción y composición química de los pastizales.

En el caso de la planta parasita (muérdago enano), no se han identificado estudios investigaciones en las que se incluya la evaluación químico nutricional de esta especie de muérdago y su valor para pequeños rumiantes. En los últimos años las investigaciones sobre nuevas estrategias de alimentación para el ganado con el uso de piensos no convencionales han tomado una gran importancia, por lo que la generación de nuevas estrategias de alimentación que contengan la calidad nutritiva necesaria, especialmente en donde la disponibilidad de compra y/o adquisición de forrajes adecuados es limitada.

Los resultados de este trabajo ayudarán a entender la variabilidad en los valores de producción y composición química de los pastizales, así como del potencial y limitaciones nutricionales del muérdago enano. Por lo tanto, este estudio puede ofrecer datos de referencia para los comisionados para realizar planes de manejo relacionados con la ganadería en ésta importante Área Protegida localizada en el Estado de México.

Materiales y métodos

Evaluación de pastizales

El presente estudio se llevó a cabo en el APFFNT en el Centro de México. Los pastizales comunales seleccionados pertenecen a las localidades Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela del municipio de Zinacantepec. Se analizó la cantidad y calidad de forraje durante septiembre del 2013 a agosto del 2014. Las zonas se localizan en altitudes que oscilan entre 3177 m.s.n.m. y 3380 m.s.n.m. El establecimiento de las unidades experimentales se llevó a cabo a través de una invitación directa a pastores de las comunidades seleccionadas.

Acumulación Neta de Forraje y Componentes de la Cubierta Vegetal

En cada pastizal se delimitaron seis zonas de estudio, en cada una se colocó una jaula de exclusión de acuerdo con Hodgson (1990), pero con las siguientes medidas: 0.5 m alto, 1.20 m largo y 0.6 m ancho; distribuidas al azar, cada 28 días se rotaron las jaulas dentro de su zona correspondiente y al mismo tiempo se midió la altura del pasto y se colectaron las muestras de forraje utilizando un cuadrante de metal basado en el método descrito por Hodgson (1990) adaptado a: 1.15 m largo y 0.55 m ancho. La Acumulación Neta de Forraje (ANF) se estimó, con la fórmula: $ANF = [\text{peso promedio final de materia seca en el interior de la jaula el día 28}] - [\text{peso promedio inicial de materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero}]$.

Se tomaron tres muestras de las seis jaulas de exclusión por localidad con un total de 15 g para determinar la relación vivo/muerto. Se separaron, también 15 g de las tres jaulas restantes para determinar la relación hoja/tallo. Las muestras se secaron de 65-70°C hasta peso constante y su relación fue expresada en kg de MS/ha. También se extrajeron ejemplares de pastos en el área de estudio siguiendo lo recomendado por Koch (1986).

Alimentación de ovinos con muérdago enano

Para evaluar la calidad del muérdago como forraje se utilizaron 12 ovinos, donde el muérdago fue incluido en las dietas en tres niveles de inclusión. Este experimento tuvo una duración de 67 d, siete días de adaptación a las dietas experimentales y 60 d donde los animales se mantuvieron en corraletas individuales (1.20×1.20 m). Las variables evaluadas fueron; ganancia diaria de peso (GDP g/kg PV 0.75 día) con mediciones cada 15 d y el consumo de materia seca (CMS g/kg PV 0.75 día). Se determinó el contenido de metabolitos secundarios del muérdago de acuerdo con Makkar *et al.* (2007).

Composición química

Los análisis químicos de los pastos se tomaron de la producción de biomasa del día cero. Se estimó la materia orgánica (MO) (AOAC, 1990), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) con la técnica de Ankom Technology, 1998 (Van Soest *et al.*, 1991). El contenido de Proteína Cruda (PC) por el método de Kjendhal (AOAC, 1990).

Análisis de la información en los pastizales

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde los tratamientos fueron los meses evaluados, de acuerdo al siguiente modelo general lineal: $X_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$. Donde μ es la media general, T_i es el efecto al mes (12 meses) y e_{ij} es el error experimental. Las variables evaluadas fueron ANF, material vivo, material muerto, fibra neutro detergente (FND), fibra

ácido detergente (FAD), PC, cenizas, MO y dMS. Se utilizó el paquete estadístico SAS (2002) y cuando se observaron diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Análisis de la información en ovinos alimentados con muérdago

Para el experimento uno el CMS y la GDP se analizaron mediante un diseño completamente al azar con el procedimiento PROC MIXED (SAS 2002, versión 9.0); donde los tratamientos fueron la inclusión del muérdago en tres niveles T₀=sin muérdago, T₁₅=15% de inclusión de muérdago en la dieta T₃₀=inclusión del 30% de muérdago en la dieta.

Resultados

Las especies de gramíneas presentes en los pastizales fueron *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel, *Nassella mucronata* (Kunth) Pohl, *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt y *Muhlenbergia* sp. También se presentó *Potentilla candicans* Humboldt & Bonpland Ex. Nestl.

La ANF oscila a lo largo del tiempo ($P < 0.05$), máxima en septiembre y mínima en noviembre, tiene una producción de forraje variante (Tabla 1). La composición morfológica del pastizal aumenta en la época de lluvias y tiene variaciones en el periodo de secas. Durante los meses de noviembre a junio se tiene una alta producción de hojas y materia muerta. El material vivo es mayor comparado con el material muerto en la temporada de lluvias, que corresponde a los meses de septiembre y octubre de 2013 y julio y agosto de 2014. La producción de hojas es mayor en comparación con la de los tallos, excepto en los meses de julio y agosto (Tabla 1). Los contenidos de FND y FAD fueron similares a través del año ($P > 0.05$), mientras que el contenido de PC se incrementa ($P < 0.05$) en los meses con mayores precipitaciones (septiembre y octubre de 2013 y de junio a agosto de 2014). La dMS se mantuvo constante ($P > 0.05$) durante el periodo evaluado (657.3 g/kg MS).

En la tabla 2 se muestran las características nutritivas del muérdago, por sus contenidos de fibra y contenido de PC se le considera como un forraje de mediana calidad. Sin embargo, el muérdago tiene un contenido de metabolitos secundarios importante, especialmente en su contenido de taninos condensados (TC).

La inclusión del muérdago en la dieta tiene efectos en el peso de los animales a los 15 y 60 días ($P < 0.05$). La ganancia de peso de los ovinos es similar al incluir el muérdago en las dietas al 15 y 30% del nivel de inclusión (Tabla 3).

Tabla 1. Características agronómicas y calidad nutritiva de pastizales del APFFNT.

Mes	ANF (MS kg/ha)	Vivo (MS kg/ha)	Muerto (MS kg/ha)	FDN (MS kg/ha)	FDA (g/kg MS)	PC (g/kg MS)	dMS (g/kg MS)
Sep	526.6 ^a	340.6 ^a	186.0	586.0	289.7	123.0 ^a	663.4
Oct	252.2 ^{abc}	92.6 ^b	159.5	618.3	328.2	114.9 ^{ab}	633.3
Nov	25.2 ^c	14.8 ^b	10.4	621.3	344.7	99.7 ^{ab}	620.5
Dic	132.4 ^{bc}	40.3 ^b	92.2	596.0	300.8	90.0 ^{ab}	654.6
Ene	97.9 ^{bc}	19.1 ^b	78.8	590.7	286.3	95.0 ^{ab}	666.0
Feb	117.7 ^{bc}	24.8 ^b	92.9	606.0	308.3	88.3 ^b	648.8
Mar	190.5 ^{bc}	70.0 ^b	120.4	579.7	281.0	86.5 ^b	670.1
Abr	146.0 ^{bc}	49.0 ^b	96.9	611.3	294.8	82.0 ^b	659.3
May	140.9 ^{bc}	60.4 ^b	80.4	597.7	297.7	89.4 ^b	657.1
Jun	218.2 ^{abc}	75.4 ^b	142.7	553.0	283.0	110.0 ^{ab}	668.5
Jul	365.3 ^{ab}	182.3 ^{ab}	183.0	543.0	276.7	131.0 ^a	673.5
Ago	323.3 ^{abc}	145.5 ^b	177.7	531.7	278.0	125.4 ^a	672.5
Anual	2536.2	1114.8	1420.9	586.2	297.4	102.9	657.3
EEM	61.1	35.1	39.7	12.80	6.63	3.31	5.16
P	0.0004	<0.0001	0.1129	0.570	0.148	<0.001	0.147

ANF: Acumulación Neta de Forraje; EEM: Error Estándar de la Media; columnas con letras diferentes indican diferencias ($P < 0.05$).

Fuente: Martínez-Hernandez *et al.*, (2016).

Tabla 2. Características nutritivas del muérdago

Calidad nutritiva	MS (g/kg MS)	MO	PC	FDN	FDA
	909	856	70	401	275
Digestibilidad y metabolitos secundarios	DIVMS (g/kg MS)	DIVMO	FT (g/100g)	TT	TC
	626	597	21,9	18,8	16,2

MS=Materia seca, MO= Materia orgánica, PC=Proteína cruda, FND=Fibra neutro detergente
 FAD=Fibra ácido detergente, DIVMS=Digestibilidad in vitro de la MS, DIVMO=Digestibilidad in vitro de la MO, FT=Fenoles totales, TT=Taninos totales, TC=Taninos condensados
 Fuente Hernández-Luna *et al.*, (2014).

Tabla 3. Ganancia de peso de ovinos alimentados con muérdago

	Dietas				
	To	T15	T30	E.E.M.	valor P
Peso vivo inicial (kgo.75)	10.1 ^b	10.8 ^{ab}	12.1 ^a	0.38	0.14
Ganancia diaria de peso (g/kg PV^{0.75}.día)					
Día 15	25.3 ^a	19.6 ^{ab}	10.9 ^b	2.49	0.008
Día 30	8.9	7.0	12.43	1.71	0.13
Día 45	14.0	14.0	11.2	2.04	0.55
Día 60	12.8 ^a	10.8 ^{ab}	10.3 ^b	0.62	0.04

Fuente Hernández-Luna *et al.*, (2014)

Discusión

La mayor acumulación de forraje coincide con la presencia de lluvias (Skapetas *et al.*, 2004) y las bajas temperaturas hacen que las tasas de crecimiento de las plantas también sean bajas, a pesar de esto la ANF fue mayor que la reportada por Ramsay y Oxley (2001) en pastizales Andinos de Ecuador Central con un gradiente altitudinal de 3250 a 3450 m s.n.m., donde se obtuvo una ANF anual promedio para los claros del bosque montano de 1422.9 kg de MS/ha o con lo reportado por Wu *et al.*, (2014) en pastizales alpinos del Tibet con una producción de 815.8 kg/ha de MS. Los resultados indican que la mejor época para el pastoreo es el verano, cuando predominan las lluvias, hay una mejor calidad y cantidad del forraje. Para proteger los recursos de los pastizales naturales, se deben considerar las condiciones climáticas y las características de la vegetación, así como la selección de dieta y comportamiento en pastoreo del ganado para guiar de una forma adecuada los proyectos concernientes al pastoreo (Wu *et al.*, 2014).

El contenido de PC de los pastizales cambia en respuesta al envejecimiento de los tejidos; dicha reducción que se ha observado en los pastizales de altitudes menores podría atribuirse a los diferentes estados fenológicos de las plantas y a un aumento en la proporción de los tallos (Ammar *et al.*, 2004; Khachatur, 2006).

La inclusión del muérdago en la dieta de ovinos, representa una oportunidad ya que se le da uso a un recurso que es un problema de sanidad de los árboles en los bosques templados y desde el punto de vista nutritivo incluir este forraje con importantes contenidos de TC en las dietas permite mejorar la utilización de la proteína de la dieta, ya que las proteínas forman complejos con los TC; esto permite que la PC sobreviva a la degradación ruminal y llegue al intestino

delgado donde es absorbida directamente por el animal (Waghorn, 2008). La inclusión de muérdago enano en dietas para ovinos en crecimiento mostro tener efectos benéficos como, una adecuada ingesta de alimento y buena ganancia diaria de peso. Pero también se muestra un potencial efecto en la reducción de la GDP al aumentar las concentraciones de TC.

Conclusiones y recomendaciones

La cantidad y calidad nutritiva de los pastizales presentes en el APFFNT presentan una variación en los meses de evaluación, especialmente en la ANF y en el contenido de PC. Por lo que proporcionan a los gestores del Área Natural Protegida un instrumento para la toma de decisiones en los planes de manejo ganadero de los recursos naturales disponibles. Para proteger los recursos de los pastizales naturales, se deben considerar las condiciones climáticas y las características de la vegetación, así como la selección de dieta y el comportamiento en pastoreo del ganado, para guiar los proyectos de éste tipo de una forma adecuada.

El muérdago puede ser utilizado como un ingrediente más en la dieta para la engorda de ovinos; aunque se debe tomar en cuenta su contenido de metabolitos secundarios para no causar efectos negativos en los animales.

Agradecimientos

Se agradece al apoyo financiero de la UAEMex a través de los proyectos: 3564/2013CHT y 3268/2011 CHT por los recursos otorgados para el financiamiento de las investigaciones.

Referencias

Ammar, H., López, S., González, J., & Ranilla, M. (2004). Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Science and Technology*, 115 (3-4), 327-340. DOI:doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.03.003

AOAC. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Virginia. E.U., Association of Official Analytical Chemist.

Arévalo, J.R., De Nascimento, L., Fernández, S., Mata J. & Bermejo L. (2011). Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands). *Acta Oecologica*. 37 (3), 230-238. DOI: doi.org/10.1016/j.actao.2011.02.006

Hernández-Luna, G. B., Endara-Agramont, A. R., González-Ronquillo, M. & Estrada-Flores, J. G. (2014). Use of parasitic plants in feeding small ruminants in a mountainous region of Central Mexico. *Proceedings*

- Aust. Anim. Prod. 30:P. 177. ISNH / ISRP International Conference 2014. Harsening the Ecology and Physiology of Hervibores. 8 – 12 September. Canberra Australia. ISSN: 0728-5965.
- Hodgson, J. (1990). *Grazing Management: Science into Practice*. Essex: Longman Scientific and Technical
- Khachatur, M. (2006). In vitro digestible organic matter and energy contents in wild growing forages of Armenia. *Journal of Central European Agriculture*, 7(3), 445-450.
- Koch S. D. (1986). Gramíneas y graminoides. En: Lot A. & Chiang F. (eds.) *Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. México, Consejo Nacional de la Flora de México A.C. pp. 96-101.
- Komac, B., Domènecha, M. & Fanlo, R. (2014). Effects of grazing on plant species diversity and pasture quality insubalpine grasslands in the eastern Pyrenees (Andorra): Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*, 22(3), 247-255. DOI: 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*. 71, 203-233. DOI: doi.org/doi.org/10.3989/estgeogr.0459
- Makkar H. P. S., Siddhuraju P., Becker C. (2007). “Plant Secondary Metabolites”. En: Walker, J. M. (ed.), *Methods in molecular Biology*. Totowa, New Jersey: Human Press, pp. 93-100.
- 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. (eds.). *Contribución de la Producción Animal en pequeña escala al desarrollo rural*. México, Reverte, pp.149-165.
- Martínez-Hernández J., Arriaga Jordán C.M., González Rebeles Islas C., García R. Rosa., Hernández Luna G. B., Valdés Reyna J. & Estrada Flores J. G. (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: Ma. D. Baéz Bernal *et al.* (Eds.). *Innovación sostenible en pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. España, 55^a Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, pp. 381-386.
- Ramsay, P.M. & Oxley E.R.B. (2001). An Assessment of Aboveground Net Primary Productivity in Andean Grasslands of Central Ecuador. *Mountain Research and Development*, 21 (2), 161-167. DOI: doi.org/10.1659/0276-4741(2001)021[0161:AAOANP]2.0.CO;2
- SAS (Statistical Analysis System) (2002). *SAS for Windows, Release 9.0*. Cary, Carolina del Norte: SAS Institute.
- Skapetas, B., NItasb, D., Karalazosa, A. & Hatziminaogloua, I. (2004). A study on the herbage mass production and quality for organic grazing sheep in a mountain pasture of northern Greece. *Livestock Production Science*, 87 (2-3), 277–281. DOI: doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.08.002
- Van Soest, P., Robertson, J. & Lewis B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.



Sustentabilidad económica y social en la ganadería lechera familiar en San Luis Potosí, México

Miriam López Andrade¹, Gregorio Álvarez Fuentes², Mónica Elizama Ruíz Torrez², Juan Carlos García López², Carlos Contreras Servín³

1. Programas Multidisciplinarios de Posgrado en Ciencias Ambientales, UASLP
2. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, UASLP
3. Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología

RESUMEN

La ganadería familiar representa más del 80% de las explotaciones agrícolas en América Latina, genera empleos y es la fuente de ingresos para los más pobres, además favorece la preservación de especies vegetales y animales endógenas de la región. El objetivo del presente capítulo fue analizar la sustentabilidad económica y social de las unidades de producción lechera de tipo familiar (UPL) en la zona periurbana de San Luis Potosí. Se monitorearon 15 unidades familiares de producción lechera seleccionadas a través de un muestreo no probabilístico. El análisis económico se realizó a través de la determinación de ingresos, costos y utilidad neta en las UPL, mientras que el social se realizó a través de un análisis sociodemográfico. Se determinó que la sustentabilidad económica de las UPL depende de que se considere a la mano de obra familiar (MOF) dentro de los análisis de costos, adicional, el grado de sustentabilidad social depende de los roles domésticos asignados a cada miembro según su género, y la exitosa transferencia generacional del total de los activos del sistema productivo.

Palabras clave: sustentabilidad, análisis de costos, rentabilidad, transferencia generacional y roles de género.

ABSTRACT

Small Scale livestock represents more than 80% of farms in Latin America, generates jobs and is the source of income for the poorest and also contributes the preservation of plant and animal species that are endogenous to the region. The purpose of this chapter was to analyze the economic and social sustainability of small scale milk production units (MPU) in the peri-urban area of San Luis Potosí. 15 selected milk production units were monitored through a non-probabilistic sampling. The economic analysis was carried out through to the determination of income, costs, and profit in the MPU. The social analysis was carried out through of sociodemographic analysis. In conclusion, it was determined that the economic sustainability of MPU depends on the consideration family labour (FL) within the cost analysis, and the degree of social sustainability depends on the domestic roles assigned to each member according to their gender and the successful generational succession of the total assets of the productive system.

Key words: sustainability, cost analysis, profitability, generational succession, gender roles.

Introducción

La leche y sus derivados conforman una fuente nutrimental muy importante en la dieta del ser humano (Latham, 2002: 29). El abasto y la producción de leche se ha convertido en una de las prioridades de diversas naciones alrededor del mundo (SE, 2012: 4). En 2017 México ocupó el 8º lugar en la producción mundial de leche; con una producción de 12,465,000 litros de leche y el 6º lugar en compra de leche registrando importaciones de leche (polvo, líquida, evaporada, condensada, solidos lácteos, preparaciones y otros) por 50,000 toneladas (SIAP, 2017: 5-9). El estado de San Luis Potosí se ubica en la posición 17 de importancia productiva lechera, posee un registro de más de 16,000 cabezas de ganado y su producción anual estimada es de 128.77 millones de litros (SIAP, 2016: 8).

En la zona periurbana de la capital potosina, se tiene una ganadería de tipo familiar, que se caracteriza por la venta directa al consumidor, producción de forrajes y autoconsumo. La cercanía con las ciudades permite que la ganadería pueda apropiarse y utilizar subproductos agroindustriales y residuos alimenticios domésticos, además incrementa el valor comercial de los productos al evitar intermediarios (Santos-Barrios *et al.*, 2013: 229). Sin embargo, debido a las reformas de políticas internas, a la carencia de subsidios que fomenten la cadena productiva y a su baja rentabilidad, los sistemas ganaderos periurbanos se han visto seriamente frenados en su desarrollo (Cesín *et al.*, 2007: 61). La ganadería familiar periurbana potosina afronta diversos retos, el principal de ellos, incrementar su producción de manera sustentable (Tapia *et al.*, 2010: 183).

Para FAO (2012: 4), la ganadería familiar representa más del 80% de las explotaciones agrícolas en América Latina, provee de alimentos para las ciudades, genera empleos agrícolas y es la fuente de ingresos para los más pobres, crea redes de protección social y favorece la preservación de especies vegetales y animales endógenas de la región.

El objetivo del presente estudio fue analizar la sustentabilidad económica y social de la ganadería lechera de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí.

Materiales y métodos

Los datos presentados en el presente capítulo, fueron obtenidos a través de la utilización de métodos cuantitativos y cualitativos. El estudio se realizó en la zona conurbada de la ciudad de San Luis Potosí, México. Dos localidades fueron seleccionadas, la primera fue Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, ubicado a 1,850 msnm, en las coordenadas 22°13'38" N y 100°52'16" O. La segunda, delegación de Villa de Pozos, SLP, ubicada a 1,860

msnm en las coordenadas 22° 5' 48" N y 100° 52' 33" O (INEGI, 2010). El clima predominante de la región es semi-seco, con lluvias en verano (SAGARPA, 2011).

Se aplicaron encuestas y monitorearon 15 unidades de producción lechera (UPL), de tipo familiar, diez ubicadas en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez y cinco en la delegación de Villa de Pozos. La muestra se obtuvo por muestreo no probabilístico tipo bola de nieve que consiste en utilizar una cadena de referencias a partir de uno o dos actores clave (Mendieta, 2015: 1148).

Las características de la muestra determinantes para el análisis estadístico fueron: consumo de forrajes locales (alfalfa y avena) y ensilados de maíz; tamaño del hato de 3 a 50 vacas en ordeña, predominantemente de la raza Holstein, más reemplazos, ordeño mecanizado, uso de mano de obra familiar, comercialización a través de intermediarios y venta directa al consumidor, autoconsumo y uso del estiércol como abono y/o como insumo para la elaboración de ladrillos. El diseño del cuestionario incluyó rubros relacionados con datos generales del productor, tamaño del hato, producción, composición del ganado, infraestructura, comercialización, técnicas de manejo, participación de los integrantes de la familia en el proceso productivo, ingresos y egresos.

El análisis económico de la sustentabilidad se realizó a través de la determinación de ingresos, costos y utilidad neta en las UPL. Para determinar los costos de producción totales, en cada UPL se obtuvieron muestras de los ingredientes que integran la dieta del ganado y posteriormente se realizó el sondeo de precios actuales en el mercado. El costo de producción de un litro de leche se obtuvo integrando las variables: materia prima, mano de obra y gastos indirectos de producción (Reyes, 2005: 60). Con base en la determinación del indicador financiero de rendimiento sobre capital (ROE), se acuñó una apreciación de la rentabilidad. Finalmente se determinó el punto de equilibrio de las UPL de tipo familiar en el centro de México (Briseño, 2006: 13).

El estudio social de la sustentabilidad, se realizó a través de un análisis sociodemográfico para determinar los roles domésticos en los hatos periurbanos lecheros de tipo familiar. Para Fuenmayor y Paz (2006: 420) el énfasis de la problemática del desarrollo sustentable se transfiere directamente del área ambiental a la social ya que al hablar de satisfacción de necesidades innegablemente se involucran roles domésticos y de género.

Resultados y Discusión

Las características generales del hato lechero en las unidades de producción lechera (UPL) de tipo familiar en San Luis Potosí se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características del hato lechero en San Luis Potosí

	Promedio	
Vacas en ordeña	29.87	± 19.60
Vacas secas	3.67	± 3.64
Vacas preñadas	6.53	± 3.74
Vaquillas	5.00	± 2.39
Becerras	11.60	± 8.70
Sementales	1.00	± 1.10

Sustentabilidad Económica en Unidades de Producción Lechera

El costo de producción se integró a partir de los costos de materia prima, mano de obra directa (MOD) y gastos indirectos de fabricación (GIF). El factor de mayor impacto lo conformó la materia prima con un 79.28%, cabe mencionar que la alimentación del ganado fue la mayor erogación realizada por los productores. La MOD aportó el 14.36%, mientras que los GIF corresponden al 6.36% restante (Cuadro 2).

Cuadro 2. Integración del Costo de Producción en UPL de tipo familiar en el centro de México

	Conceptos	%*
Materia prima (MP)	Alimentación	79.28
Mano de obra directa (MOD)	Mano de obra familiar	
	Mano de obra subcontratada	
Gastos indirectos de fabricación (GIF)	Medicamentos	6.36
	Inseminación	
	Luz	
	Agua	
	Mantenimiento	
	Combustibles	
	Depreciación	
Total		100

*Estos datos se calcularon con una producción diaria promedio es de 14.15 lt por vaca y un precio de venta de \$5.74 MXN

El análisis económico reveló que la venta de leche de las UPL de tipo familiar en San Luis Potosí es rentable, siempre que no se considere el valor de la mano de obra familiar (MOF), resultando un ROE de 23%, con una utilidad neta de \$1.07 MXN por cada peso invertido en capital. Contario, al integrar el valor económico de MOF el costo se incrementó en un 75.20% generando una pérdida de \$0.47 por cada peso invertido en capital y un ROE de -8% (Cuadro 3). Para Posadas-Domínguez *et al.* (2014: 235), la MOF es crucial para incrementar la competitividad de los sistemas productivos lecheros en el centro de México.

Cuadro 3. Indicador financiero de Rendimiento sobre capital en UPL de tipo familiar en el centro de México

Concepto	Flujo de efectivo*	Presupuesto económico*
Precio de venta (\$)	5.74	5.74
MOF(\$)	0.00	1.54
Costo total (\$)	4.67	6.21
Utilidad (\$/lt)	1.07	- 0.47
ROE (%)	23	- 8

*Estos datos se calcularon con una producción diaria promedio es de 14.15 lt por vaca y un precio de venta de \$5.74 MXN, MOF = Mano de obra familiar

El punto de equilibrio (PE) es el punto de actividad productiva donde los costos y los ingresos son equivalentes, por tanto, los productores tienen una utilidad igual a cero, es decir, no incurren en pérdidas, pero tampoco en utilidades. En el caso de las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí se registró una producción diaria promedio de 14.15 lt por vaca, el precio de venta unitario fue de \$5.74 MXN con un promedio de 25 vacas en ordeña. En promedio, los productores destinan 5.7 lt de leche por día para autoconsumo (Cuadro 4). De acuerdo con Álvarez-Fuentes *et al.* (2004: 105-106), los sistemas de producción lechera

Cuadro 4. Indicador de costos de producción y punto de equilibrio en UPL de tipo familiar en el centro de México

Concepto	Resultado*
Costos fijos (\$)	3.32
Costo variable (\$)	1.87
Precio de venta (\$/lt)	5.74
Autoconsumo (lt/día)	5.37
Punto de equilibrio (%)	72.29

*Estos datos se calcularon con una producción diaria promedio es de 14.15 lt por vaca y un precio de venta de \$5.74 MXN

de tipo familiar en el centro de México han subsistido a través del tiempo, debido a que sus indicadores económicos superan el punto de equilibrio, utilizando mano de obra familiar, y realizando comercialización directa del producto al consumidor final, además de que brindan a los productores la oportunidad de mejorar su calidad alimentario a través del autoconsumo del producto.

Sustentabilidad Social en Unidades de Producción Lechera

En la zona periurbana de San Luis Potosí la unidad básica de organización social es la familia, con un promedio de nueve miembros por cada UPL. El 93% de las UPL tienen jefatura masculina, la edad media de los productores fue de 53 años y su nivel de escolaridad fue de 9 años cursados. El 7% restante posee jefatura femenina, la edad media de las productoras fue de 42 años y su nivel de escolaridad fue de 9 años cursados.

Cuadro 5. Edades y escolaridad de los productores de leche de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí

	Datos generales	
Edad	52.8	± 9.04
Escolaridad	9.4	± 4.05

El 100% de las UPL analizadas provienen de familias con al menos cuatro generaciones dedicadas a la actividad ganadera, por lo que la transferencia generacional de todos los activos del sistema es un fenómeno crucial para la sustentabilidad social en la región, sobre todo si se considera que un productor mayor posee poco más de 50 años de experiencia productiva. De acuerdo con Grubbström y Sooväli-Sepping (2012: 329), las decisiones sobre la sucesión de las tierras para la agricultura son cruciales para la supervivencia de las granjas, y la posibilidad de mantener la tierra dentro de la familia. El 86% de las UPL en la zona de estudio, consideran importante que sus hijos continúen con el sistema productivo, para preservar la inversión de capital presente en las granjas, y mientras la transferencia generacional se lleva a término, los hijos colaboran con las tareas de alimentar al ganado, ordeño, venta del producto, cultivo de forrajes, acarreo del estiércol a campos de cultivo, y mantenimiento de la granja en general.

Pinto-Correia *et al.* (2017: 136) consideran que la sucesión generacional de las granjas se produce a través de una combinación más diversa de actividades productivas y de intereses de consumo; el 14% de las UPL analizadas prefieren que sus hijos tengan otras opciones de trabajo diferentes a la ganadería dado que en los mercados actuales se enfrenta dificultades para colocar los productos.

La transferencia generacional de las UPL se inicia con la enseñanza de las actividades productivas a los hijos, a través de su involucramiento en las labores de la granja, y finaliza en promedio a los 24 años, edad en que se independizan. Es en el traspaso y en la vivienda donde los niños aprenden el “hacer” en el campo dado que se les enseña todo lo relacionado con las actividades productivas (Ruiz-Torres *et al.*, 2017: 367).

El jefe de familia es quien dirige el proceso de enseñanza dentro de las UPL. Este proceso de enseñanza-aprendizaje se basa en asignaciones de género y edad (Cuadro 6).

Cuadro 4. Indicador de costos de producción y punto de equilibrio en UPL de tipo familiar en el centro de México

	Actividades
Hombres	Alimentar al ganado, ordeño de tipo mecanizado, venta del producto, cultivo de forrajes, limpieza del hato, reparación y mantenimiento de la granja, cuidado de la salud del ganado, inseminación, asistir partos
Mujeres	Alimentar al ganado, limpieza del corral y la casa, alimentación de la familia, cuidado de la salud de los integrantes de la familia
Hijos varones	Alimentar al ganado, ordeño de tipo mecanizado, venta del producto, cultivo de forrajes, acarreo del estiércol a campos de cultivo, reparación y mantenimiento de la granja y cuidado de la salud del ganado
Hijas mujeres	Alimentar al ganado, participación en la limpieza del corral, los utensilios de ordeña y la casa, apoyo en alimentación de la familia
Ancianos Varones	Dirigen las actividades productivas basados en sus experiencias, cuidado del ganado
Ancianas Mujeres	Apoyo en la limpieza del corral, la casa y utensilios para la ordeña, alimentación de la familia,

Conclusiones y recomendaciones

Las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí son un elemento importante dentro de los sistemas económicos locales dado que son rentables y han perdurado a lo largo de cuatro generaciones.

La sustentabilidad económica de las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí depende de que se considere a la MOF dentro de los análisis de costos, porque de lo contrario generan pérdidas.

El punto de equilibrio permitió confirmar que las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí son rentables gracias a la comercialización directa del producto al consumidor. El grado de sustentabilidad social en las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí depende de los roles domésticos asignados a cada miembro y la exitosa transferencia generacional del total de los activos del sistema productivo.

Para mejorar la sustentabilidad económica y social de las UPL de tipo familiar en la zona periurbana de San Luis Potosí, se recomienda buscar medios de capacitación para los productores, sobre todo enfocados en el correcto registro y manejo del hato ganadero, de tal manera que, este nuevo conocimiento forme parte de la transferencia de los activos hacia los hijos, para lograr en el futuro sistemas productivos flexibles y adaptados a las nuevas condiciones del mercado.

Referencias

Álvarez, G., Herrera, J., Bárcenas, R., Martínez-Castañeda, F. E., Hernández-Garay, A. y Pérez, J. (2004). “Calidad de la alimentación y rentabilidad de las granjas lecheras familiares del sur de valle de México”. En Archivos de Zootecnia, 53(201), pp. 103-106. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/495/49520113> [Consultado el 16 de septiembre de 2016].

Briseño, H. (2006). Indicadores Financieros, México: Ediciones Umbral.

Cesín, A., Aliphath, M., Ramírez, B., Herrera, J. y Martínez, D. (2007). “Ganadería lechera familiar y producción de queso. Estudio en tres comunidades del municipio de Tetlatlahuca en el estado de Tlaxcala, México”. Técnica Pecuaria en México, 45(1), pp. 61-76. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345105> [Consultado el 29 de noviembre de 2017].

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012). Marco estratégico de mediano plazo de cooperación de la FAO en agricultura familiar en América Latina y El Caribe 2012-2015. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as169s/as169s.pdf>. [Consultado el 22 de febrero de 2018]

Fuenmayor, J. y Paz, J. (2006). “Desarrollo sustentable y sostenible a partir del proceso de descentralización en Venezuela: El caso de la Gobernación del Estado Carabobo” Revista Venezolana de Gerencia, 11(35), pp. 420-472.

Grubbström, A. y Sooväli-Sepping, H. (2012). “Estonian family farms in transition: a study of intangible assets and gender issues in generational succession”. Journal of Historical Geography, 38(3), pp. 329-339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2012.03.001>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=240280001> [Consultado el 19 de septiembre de 2017].

Latham, M. (2002). “Carne, pescado, huevos, leche y productos derivados”. Nutrición humana en el mundo en desarrollo, 29, Roma: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/W0073S/w0073sox.htm> [Consultado el 19 de marzo de 2018].

Mendieta, G. (2015). “Informantes y muestreo en investigación cualitativa”. Investigaciones Andina, año 17, núm. 30, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2390/239035878001> [Consultado el 30 de noviembre de 2017].

Pinto-Correia, T., Almeida, M. y González, C. (2017). "Transition from production to lifestyle farming: new management arrangements in Portuguese small farms". *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 3(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1329753>

Posadas-Domínguez, R. R., Arriaga-Jordán, C. M., y Martínez-Castañeda, F. E., (2014). "Contribution of family labour to the profitability and competitiveness of small-scale dairy production systems in central Mexico". *Trop Anim Health Prod*, 46(1), pp. 235-240. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0482-4>. [Consultado el 20 de febrero de 2018]

Reyes, E. (2005). *Contabilidad de costos/Cost Accounting*. (Vol. 2), México: Limusa.

Ruiz-Torres, M. E., Moctezuma-Pérez, S., Arriaga-Jordán, M. y Martínez-Castañeda, F. E. (2017). "Espacios productivos y roles domésticos en granjas de leche en pequeña escala en México". *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(3), pp. 367-381.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011). *San Luis Potosí, Panorama Agroalimentario y Pesquero 2011*. (SAGARPA). Disponible en: <http://www.campopotosino.gob.mx/docs/Panorama%20Agroalimentario%20SLP.pdf> [Consultado el: 30 de mayo de 2016].

Santos-Barrios, L., Ruíz-Torres M. E., Sánchez, E., Perea-Peña, M. y Martínez-Castañeda F. E. (2013). "Los cerdos y la cultura. Patrones socioculturales involucrados en la cría de cerdo a pequeña escala en el Estado de México". En: Cavalloti Vázquez, B., Rojo Martínez G. E., Marcof Álvarez, C. F. y Ramírez Valverde, B. (comps.), *La ganadería en la Seguridad Alimentaria de las familias campesinas*, México: UCh, pp. 229-234.

SE. Secretaría de Economía (2012). *Análisis del sector lácteo en México*. Dirección General de Industrias Básicas. Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf [Consultado el 22 de enero de 2018].

SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016). *Boletín de leche abril-junio 2016*. México. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B_de_Leche_abril-junio_2016%20.pdf [Consultado el 30 de enero de 2017].

SIAP. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017), *Panorama de la lechería en México*. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B_leche_%20junio2017.pdf [Consultado el 22 de enero de 2018].

Tapia, Z., Pérez, L. B., Márquez, O., Espinosa, E. y Castillo, D. (2010). "Sustentabilidad socioeconómica de leche en pequeña escala: estudio de caso el municipio de Amecameca de Juárez, Estado de México". En: Cavalloti Vázquez, B., Marcof Álvarez, C. F. y Ramírez Valverde, B. (comps.), *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental*, México: UCh, pp. 183-190.



Huella hídrica de la producción de alimentos de origen animal en México

Cynthia Patricia Pliego Collins, Ricardo A. Morales Virgen

AgroDer SC

RESUMEN

El agua y la producción pecuaria tienen una relación mucho más intensa y profunda de lo que normalmente se asume. En este artículo exploramos las implicaciones que tiene la producción pecuaria en el recurso hídrico a través del concepto de huella hídrica, haciendo énfasis en cómo los patrones de consumo y la dieta de los mexicanos influyen en esta relación. Además, vinculamos esta relación y los impactos que pueden tener las buenas prácticas y la eficiencia en este sector con el cambio climático y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (Organización de las Naciones Unidas).

Palabras clave: huella hídrica, cambio climático, ganadería, objetivos de desarrollo sostenible, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

Water and livestock production have a deeper and more intense relationship than what is normally assumed. In this article we explore the implications that livestock production has in water through the concept of water footprint, emphasizing how consumer patterns and diets of the Mexican people influence this relationship. Furthermore, we link this relation and the impacts that good practices and efficiency in this sector with climate change and the United Nations Sustainable Development Goals.

Key Words: water footprint, climate change, livestock, sustainable development goals, food security.

Objetivo

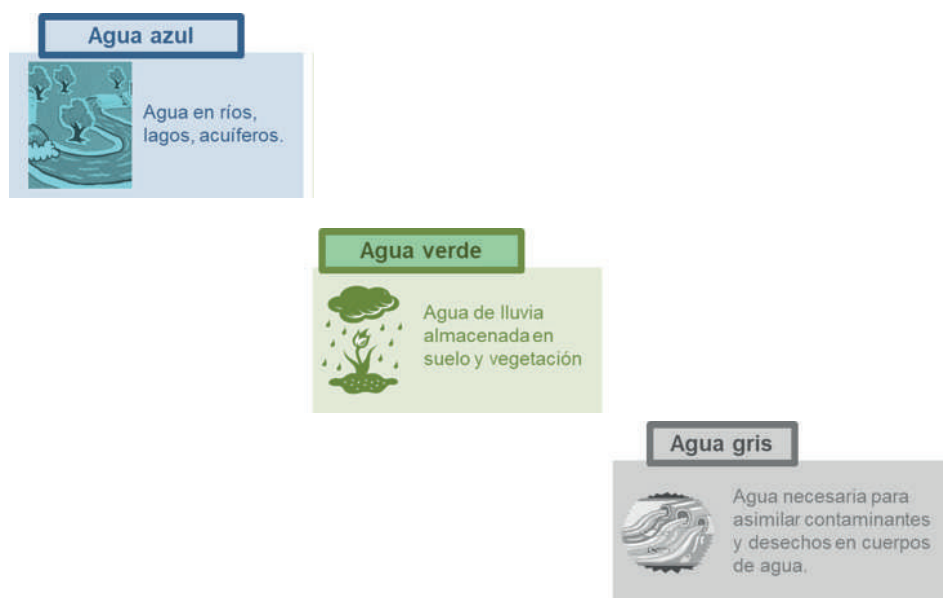
Dar a conocer y generar conciencia sobre el consumo de agua de la producción pecuaria y el impacto que este sector tiene sobre los recursos hídricos, así como presentar el contexto global en términos de cambio climático y objetivos de desarrollo sostenible, en los que mejores prácticas en la producción pecuaria tendrían un efecto positivo significativo.

HH del mexicano y el peso de productos animales

La huella hídrica es un concepto multidimensional que hace explícito el lugar de origen, la fuente (color) y el momento en que el agua es utilizada en la creación de productos o servicios (Hoekstra, 2011). Considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos:

- Volumen
- Color/Clasificación del agua
- Lugar de origen del agua
- Momento de extracción del agua

Esto permite utilizarse a distintas escalas: por producto, cadena de producción o suministro, región geográfica, unidad de producción rural, entre otros. Para más información, sugerimos la lectura de (AgroDer, 2012).



Huella Hídrica de consumo en México

La huella hídrica de un mexicano, en promedio, es de 1,978 m³/año (AgroDer, 2012), y se compone de todos los productos que consumimos y utilizamos para llevar a cabo nuestras actividades; de este total, el 92% son productos de origen agropecuario, en su mayoría alimentos (Tabla 1).

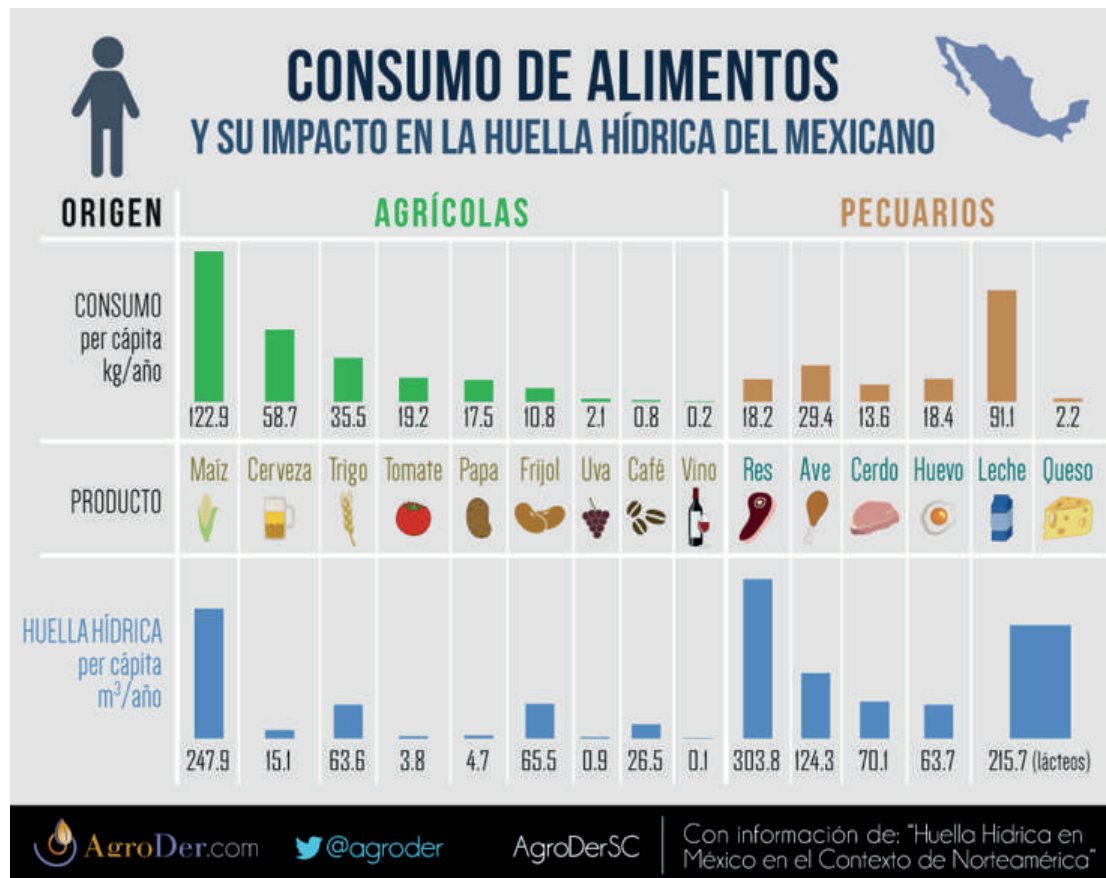
Tabla 1. Huella Hídrica del mexicano, con desglose por sector, incluyendo detalle del subsector pecuario

Concepto	m ³ / año	% de la HH total
Carne de bovino	303.8	15.4%
Lácteos	215.8	10.9%
Carne de ave	124.3	6.3%
Pieles y cueros	72.6	3.7%
Carne de cerdo	70.1	3.5%
Huevo	63.7	3.2%
Otros tipos de carne	44.3	2.2%
Grasas animales	27.8	1.4%
Carne de caprino	13.1	0.7%
Productos de origen pecuario	935.6	47.3%
Otros productos del sector primario	884.8	44.7%
Productos industriales	53.5	2.7%
Agua de consumo doméstico	104.0	5.3%
Total	1978	

Elaboración propia, con datos de AgroDer 2012, Mekkonen 2011 y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés) 2018.

Un componente importante de esto son los productos de origen pecuario, que representan en su conjunto el 47% del total (equivalente a 935 m³/año). No únicamente la carne (que en su conjunto representa 555 m³/año), sino también huevo, lácteos, otros derivados, así como productos para vestido y calzado (380 m³/año).

Imagen 1. Huella hídrica del mexicano y consumo per cápita promedio de los principales productos agrícolas y pecuarios.



Elaboración propia, con datos de AgroDer 2012, Mekkonen 2011 y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés) 2018.

A pesar de que el consumo per cápita de otros alimentos es superior al de los de origen animal (como el maíz, con 122.9 kg / año, contra 18.2 kg/año de carne de res), su huella hídrica total es menor (247.9 m³/ año para maíz, contra 303.8 m³/año para carne de res), debido a que la huella hídrica de cada kg de maíz (2.02 m³ / kg) es considerablemente inferior que el de la carne (16.7 m³/kg).

De las diversas fuentes de proteína, aquellas de origen animal son las que representan un mayor volumen de agua utilizan en su producción:

Imagen 2. Uso de agua promedio para producir 1kg de diversas fuentes de proteínas.



Elaboración propia, con datos de FAO (nd).

Huella hídrica de la producción pecuaria en México

Desde una perspectiva de producción, la cifra reciente más confiable sobre huella hídrica en México es de 148,527 hm³ / año (AgroDer, 2012). De este total, el 91% corresponde al sector agropecuario (135,283 hm³ / año).

Ese 91% tiene dos componentes principales:

- El 18.1% es atribuible al sector ganadero: 25,916 hm³ corresponden a pastoreo, y 995 hm³ a consumo pecuario directo.
- El 73% de la huella hídrica de producción nacional está relacionada directamente con el sector agrícola.

De esta última cifra, la producción destinada a granos forrajeros también es parte de la cadena de producción pecuaria, por lo que su huella hídrica también debe ser atribuida a este sector.

Tabla 2. Huella hídrica de producción en México

HH Total			Color		
Sector	hm ³	%	Naranja	Crema	Gris
Producción Agrícola	108,372	73.0%	13%	77%	10%
Pastoreo	25,916	17.4%		100%	
Consumo Pecuario	995	0.7%	100%		
Producción Industrial	2,864	1.9%	7%		93%
Consumo Doméstico	10,380	7.0%	13%		87%
HH TOTAL	148,527	100.0%			

Elaboración propia, con datos de AgroDer 2012.

Como podemos ver a detalle en la tabla 3, la producción pecuaria ha aumentado considerablemente en el periodo de 1990 al 2016, llegando incluso a tener un incremento de más de 300% para aves, tanto en carne como en pie. Otro producto que tuvo un incremento considerable es también derivado de producción avícola, el huevo-plato, que tuvo un crecimiento de 169% en producción. La producción de carne de ovino tuvo un incremento del 144% mientras que su venta en pie aumentó 121% en ese mismo periodo. Los únicos productos que tuvieron un decremento son derivados de la producción apícola, la cera y la miel con un decremento del 41 y del 17 por ciento, respectivamente. Con ello, la cantidad de agua utilizada en el proceso de producción también crece.

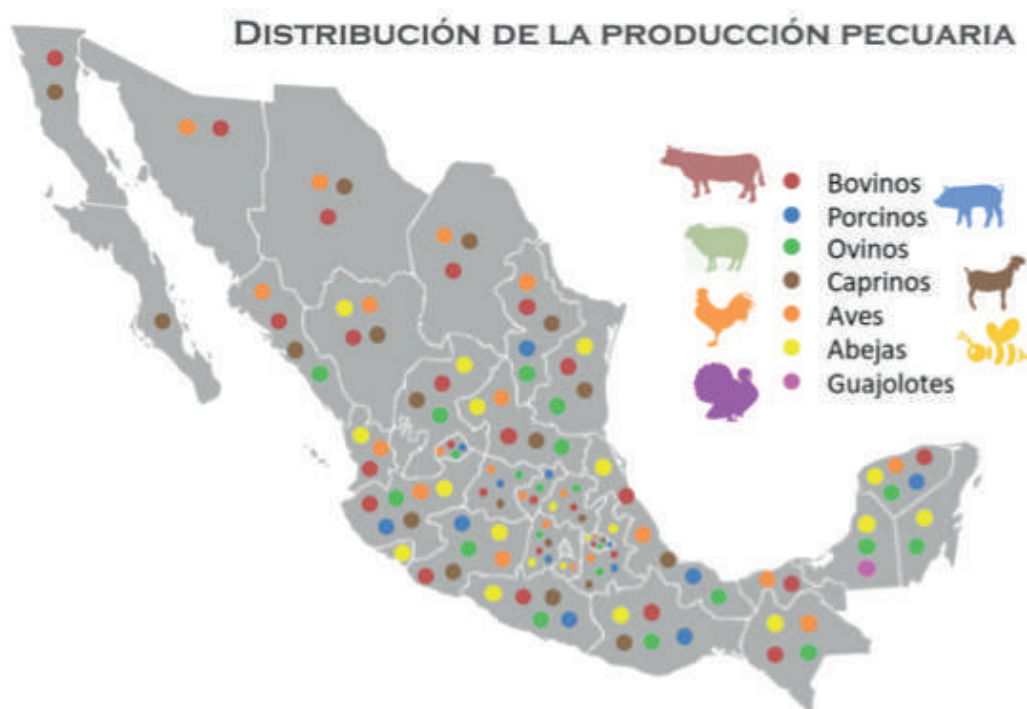
Tabla 3. Producción pecuaria en México, en pie y en canal, y su evolución 1990-2016.

Producto / Especie		Producción (toneladas)				Crecimiento (1990-2013)
		1990	2000	2010	2016	
Ganado en Pie	Ave	947,856	2,330,231	3,369,915	3,798,928	301%
	Bovino	2,063,564	2,706,138	3,333,473	3,451,231	67%
	Caprino	75,445	76,480	87,777	77,090	2%
	Guajolote		29,974	27,780	22,319	
	Ovino	53,386	65,316	108,658	117,862	121%
Carne	Ave	750,427	1,825,249	2,681,117	3,077,874	310%
	Bovino	1,113,919	1,408,618	1,744,737	1,878,705	69%
	Caprino	36,102	38,760	43,867	39,531	9%
	Guajolote		23,485	20,852	16,759	
	Ovino	24,695	33,390	54,966	60,362	144%
Otros productos pecuarios	Cera (Abeja)	3,120	2,340	2,016	1,844	-41%
	Miel (Abeja)	66,493	58,935	55,684	55,358	-17%
	Huevo-plato	1,009,795	1,787,942	2,381,375	2,720,194	169%
	Leche Bovino	6,141,545	9,311,444	10,676,691	11,608,400	89%
	Leche Caprino	124,391	131,177	161,796	160,217	29%
	Lana	4,517	4,176	4,683	4,854	7%

Elaborado con información de SIAP, 2016. (consultado en enero de 2018)

La ganadería se extiende por todo el país. Cada estado cuenta con producción, al menos de una especie (caso de Baja California Sur, con caprinos, y de Colima, con producción apícola), de manera importante. Las especies de mayor producción en cada uno de los estados dependen de las condiciones geográficas, climáticas y ecológicas, así como de las tradiciones culturales. La distribución de las especies de mayor producción para cada estado de la república se muestra en el mapa 1.

Mapa 1. Distribución de la producción pecuaria en el territorio nacional



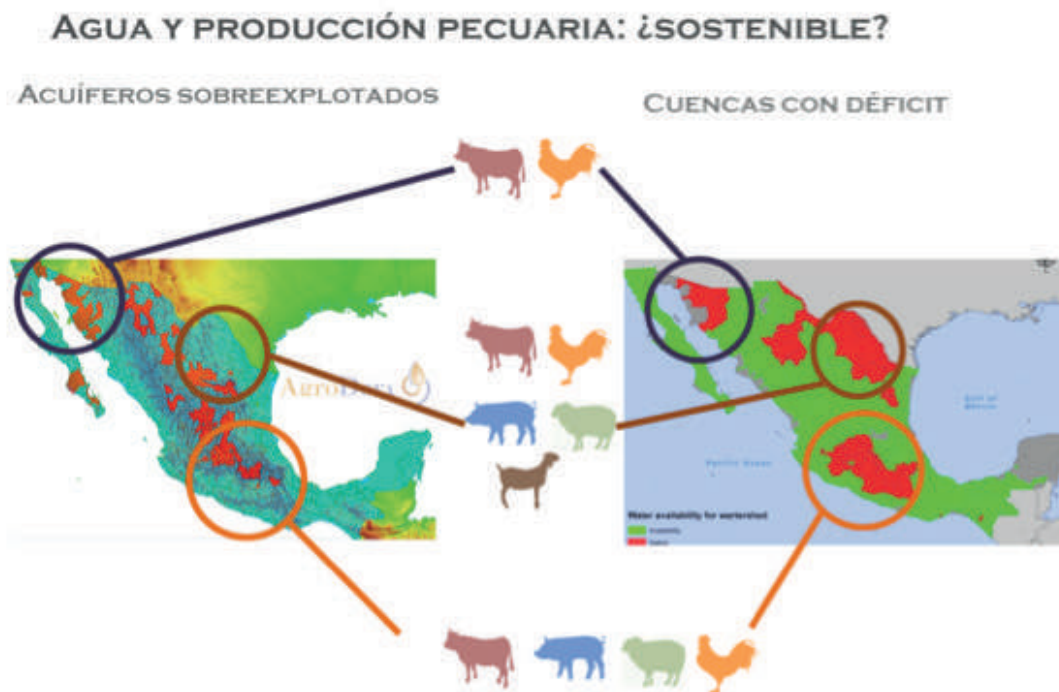
Elaboración propia, con datos de SIAP (Sistema de Información Agrícola y Pecuaria, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

Producción pecuaria y vulnerabilidad hídrica, ¿sostenible?

Como ya hemos visto, esta producción está soportada por grandes cantidades de agua. Teniendo en cuenta la situación hídrica del país, en la que lamentablemente contamos con acuíferos sobreexplotados y cuencas hidrológicas con déficit, el impacto que la producción pecuaria tiene sobre el territorio en el que se encuentra es variable, dependiendo de la disponibilidad de agua que exista en el mismo. En la imagen 3, se presentan las cuencas con déficit del norte y centro del país (ilustradas en rojo) indicando en un círculo las regiones en donde se producen las

especies indicadas. En estas regiones la producción pecuaria tiene impactos significativos sobre el recurso hídrico, y contribuye al estado negativo que tienen dichas cuencas y acuíferos. En este sentido, es necesario preguntarnos si la producción pecuaria tiene cabida en esas regiones y si puede ser una producción sostenible, en el presente o en el futuro.

Imagen 3. Hotspots de producción pecuaria en acuíferos con estrés hídrico y cuencas con déficit.



Ganadería y ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), adoptados por los Estados Miembros de la ONU mediante la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, son 17 objetivos –con 169 metas asociadas– (ONU, 2016) que servirán como guía a gobiernos, organizaciones internacionales, sector privado y la sociedad civil para construir juntos un futuro de progreso de la humanidad³. Integran las dimensiones social, económica y ambiental, así como algunos principios básicos, como el de no dejar a nadie atrás.

3. Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, sus descripciones y sus metas pueden ser consultados en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

A pesar de que no sea tan evidente en un primer vistazo, la ganadería tiene relación con todos y cada uno de los 17 ODS, por lo que su implicación en la consecución de las metas es indiscutible; en algunos casos la relación es directa, mientras que en otros es indirecta, también llamados co-beneficios. Esto quiere decir que los avances y el progreso hacia una ganadería verdaderamente sostenible social, económica y ambientalmente, es a la vez un avance hacia las metas de todos los ODS.

Un ejemplo fácil de relacionar (FAO, s.f.), en el que la ésta resulta directa, es en el Objetivo 2 Hambre Cero. Para lograr este objetivo, la actividad pecuaria contribuye en: 1) Alimentos (energía y proteínas de calidad); 2) Tracción y fertilizantes para la producción de cultivos; y 3) Ingresos. Un ejemplo no tan evidente es con el Objetivo 13 Acción por el clima, en el que se relaciona mediante: 1) los ganaderos de bajos recursos tienen una alta vulnerabilidad al cambio climático; 2) la ganadería es responsable de parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, existe gran potencial de mitigación al implementar buenas prácticas en el manejo de ganado y los pastizales o cultivos de los que se alimentan.

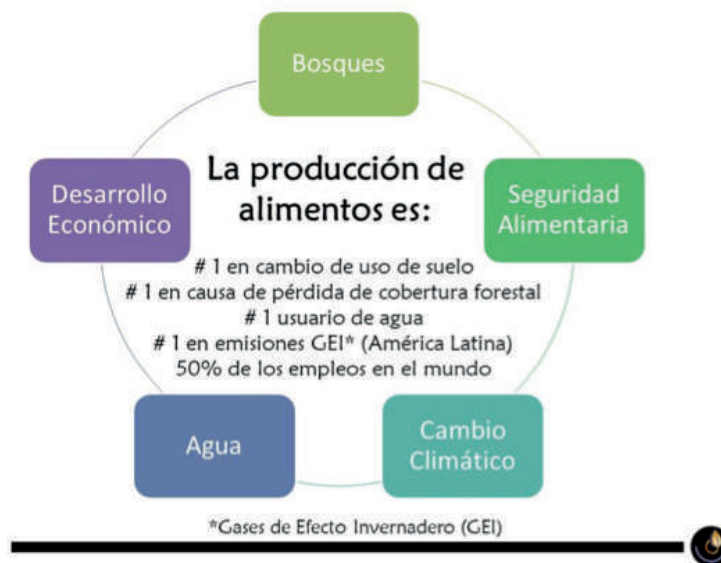
En cuanto al Objetivo 6 Agua limpia y saneamiento, la ganadería: 1) utiliza una gran cantidad de agua –como hemos visto a lo largo de este capítulo; 2) es una fuente de contaminación de cuerpos de agua; 3) el agua contaminada por el ganado causa problemas de higiene, y 4) el ganado puede contribuir a proteger la calidad del agua (pastos).

Conclusiones y recomendaciones

La producción de alimentos es una actividad muy relevante, no únicamente para la seguridad alimentaria, sino también en temas como cambio de uso de suelo, conservación de cobertura forestal, desarrollo económico y ante el reto del cambio climático, ya que:

- Es el principal factor de cambio de uso de suelo a nivel mundial (Lambin, 2001)
- Primera causa de pérdida de cobertura forestal (FAO, 2017)
- Mayor usuario de agua en el mundo (OCDE -Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, por sus siglas en inglés-, nd)
- Principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina (FAO, 2017).

Imagen 4. Relevancia de la producción de alimentos.



La actividad pecuaria, en particular, representa una proporción mayúscula de esto: usa 30% de la superficie terrestre del planeta (en su mayoría pastizales) y ocupa, además, 33% de la superficie cultivable destinada a producir forraje (FAO, 2006).

El incremento en el consumo per cápita en el consumo de carne a nivel mundial y en México –en 1990, el consumo per cápita era de 67kg, tanto en México como a nivel mundial, cifra que creció a 81.5 y 111 kg per cápita, respectivamente (FAO, n.d.)- ha originado un crecimiento en la producción, frecuentemente dejando de lado factores de sostenibilidad, en particular suelo y agua.

Las tendencias futuras indican que esto continuará creciendo. Este incremento ha traído consigo graves consecuencias ambientales, principalmente en deforestación (y cambio de uso de suelo en general), así como en el uso de agua. Principalmente, debido a que los modelos de producción pecuaria se han desarrollado con una orientación comercial, buscando satisfacer esta demanda creciente (mercado natural para la producción nacional), sin embargo, careciendo de una visión holística (y políticas) orientadas al uso eficiente de recursos naturales, principalmente suelo y agua.

Si a lo anterior le añadimos que 20% de la población mexicana se encuentra en pobreza alimentaria (Coneval, 2016), la producción no únicamente no es sostenible: tampoco está siendo suficiente bajo parámetros de producción, distribución, consumo y desperdicio.

El cambio se dará en dos ejes principales:

Los consumidores modificando las tendencias e impulsando las buenas prácticas: El crecimiento en la demanda de productos pecuarios tiende a incrementar la presión sobre los recursos hídricos. Por esto, las modificaciones que puedan realizarse a nivel de individuo en la dieta alimenticia podrán tener un impacto significativo sobre la conservación de recursos hídricos, en particular al diversificar las fuentes de proteína. A la par, la exigencia de los consumidores por producción éticamente responsable (esquemas de producción humanitarios, libres de antibióticos y tendientes a lo orgánico), podrán impulsar prácticas ganaderas sostenibles en los productores.

Las políticas públicas y la investigación, acompañando a los productores:

Históricamente, la producción pecuaria ha ocupado espacios regionales basados en la demanda, y no necesariamente factores críticos como la vocación productiva (o características propias de cada especie), la disponibilidad de recursos hídricos y suelos (incluyendo la producción de forrajes o existencia de pastizales). Un nuevo modelo debe considerar una visión integral mucho más exigente y robusta, considerando como eje rector el manejo integrado del territorio, del agua, en donde se utilicen tanto la huella hídrica como el caudal ecológico como herramientas de planeación, considerando adicionalmente al resto de usos potenciales de cada recurso (preponderantemente, suelo y agua).

La distribución de la producción pecuaria y de las concesiones de agua no es congruente con las características propias de las especies producidas, los volúmenes de producción pecuaria, ni con la disponibilidad relativa de recursos hídricos en cuencas y acuíferos; es decir: se encuentra en función de las necesidades productivas, que a su vez están orientadas a mercados, y no en función de los volúmenes de agua que pueden ser aprovechados sostenible y eficientemente en la producción.

El agua dulce es un servicio ambiental proveído por los ecosistemas y el ciclo biogeoquímico del agua en el planeta. Todos dependemos de ella, y la producción pecuaria no es una excepción. En la medida en que el sector pecuario haga uso racional del recurso hídrico, podrá contar con mejores condiciones para transitar hacia la sostenibilidad.

Referencias

- AgroDer (2012). Huella Hídrica en México en el Contexto de Norteamérica. WWF y AgroDer, México.
- CONEVAL (2016). Evolución de la Pobreza 2010-2016. Disponible en: <http://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/Comunicado-09-Medicion-pobreza-2016.pdf> [Consultado el 5 de marzo de 2018].
- CONAGUA (2016). Atlas del Agua en México 2016. Disponible en: http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf [Consultado el 12 de marzo de 2018, 16 de marzo de 2018 y 22 de marzo de 2018].
- FAO (s.f.) FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/> [Consultado el 12 de marzo de 2018].
- FAO (s.f.). Síntesis – Ganadería y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Programa Mundial de Ganadería Sostenible. Draft preparado por AGAL. Livestock Information, Sector Analysis and Policy Branch. Programa Mundial de Ganadería Sostenible.
- FAO (2006). La ganadería amenaza el medio ambiente. Disponible en: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html> [Consultado el 5 de abril de 2018].
- FAO (2017). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Roma, FAO.
- FAO (2017). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el caribe. Santiago de Chile: FAO.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. y Mekonnen, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Londres: Earthscan.
- Lambin, E. *et al.* (2001). “The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths”. *Global Environmental Change* 11, pp. 261-269. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/40143592_The_causes_of_land-use_and_land-cover_change_Moving_beyond_the_myths [Consultado el 19 de marzo de 2018].
- Mekonnen, M. M. y Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, *Hydrology and Earth System Sciences*. 15(5), pp. 1577-1600. Disponible en: http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf [Consultado el 5 de marzo de 2018].
- OCDE (s.f.). Water use in agriculture. Disponible en: <http://www.oecd.org/agriculture/water-use-in-agriculture.htm> [Consultado el 25 de marzo de 2018].
- ONU (2016). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Consultado el 18 de marzo de 2018].
- SIAP (s.f.). Cierre de la producción pecuaria. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/anpecuario_siapx_gobmx/apecmpio.jsp?id=3 [Consultado el 22 de marzo de 2018].



Caracterización de modelos ganaderos con enfoque de conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en cuatro áreas naturales protegidas de montaña en México

Juan Carlos Escobedo^{1,2,4}, Juan Antonio Reyes^{1,3}, Luis Miguel Argueta^{1,4}

1. GFA Consulting Group, Proyecto “Conservación de la Biodiversidad en el Eje Neovolcánico” (CONANP-GIZ)
2. Red Temática de Sistemas Agroforestales de México (Red SAM)
3. Red de Investigación Gestión Territorial del Desarrollo Rural (Red GTD)
4. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura (AMTEO)

RESUMEN

Se realizó entre octubre de 2016 y enero del 2017 un diagnóstico con metodología cualitativa y participativa, la cual caracterizó los modelos pecuarios que se encuentran dentro o cerca de 4 Áreas Naturales Protegidas (ANP) del Eje Neovolcánico y poder describir la presión de la ganadería convencional de montaña en la fragmentación de paisajes. Los principales resultados son: Prevalecen sistemas de producción semi-extensivos de carne ovina, y extensivos de bovinos de doble propósito, realizada en un 85% por productores de subsistencia con escasos conocimientos técnicos. Esto resulta en más horas-hombre trabajadas al día y al año, así como pérdidas económicas. Ambientalmente existe una falta de ordenamiento territorial para el pastoreo, nula gobernanza en los recursos hídricos, contaminación del agua por excretas del ganado, disminución de la población de especies endémicas y mal uso de fuego asociado a la ganadería. Las recomendaciones se fundamentan del análisis de la información obtenida con los talleres participativos, entrevistas y transectos realizados en campo y son: Desarrollo de Capacidades con Asistencia técnica y Capacitación. Con el objetivo de disminuir la presión ganadera por medio de la reducción de la carga animal en las zonas con la selección de animales improductivos. Disminuir el uso del fuego por alternativas de alimentación. Contribuir para implementar un sistema Silvopastoril. Promover acciones de ordenamiento territorial para la conservación del suelo en áreas de pastoreo y recuperar zonas de conservación. Orientar esquemas de organización para la comercialización, gobernanza y planeación territorial e hídrica. Fomentar la perspectiva de género. Promover la realización y vinculación de monitoreo biológico con énfasis en actividades ganaderas.

Palabras clave: ganadería sustentable, servicios eco sistémicos, silvopastoreo, género, áreas naturales protegidas de Montaña.

ABSTRACT

A diagnosis was made between October 2016 and January 2017 with qualitative and participatory methodology, which characterized the livestock models that are within or near 4 Natural Protected Areas (ANP) of the Neovolcanic Axis and to describe the pressure of conventional livestock of mountain in the fragmentation of landscapes. The main results are: Semi-extensive production systems of sheep meat and extensions of double-purpose cattle prevail carried out in 85% by subsistence producers with little technical knowledge. These results in greater man-hour worked per day and per year, as well as economic losses. Environmentally there is a lack of territorial ordering for grazing, no governance in water resources, and water contamination by livestock excreta, a decrease in the population of endemic species

and misuse of fire associated with livestock. The recommendations are based on the analysis of the information obtained with the participatory workshops, interviews and transects carried out in the field and are: Capacity Development with Technical Assistance and Training. In order to reduce livestock pressure by reducing the animal load in areas with the selection of unproductive animals. Reduce the use of fire by food alternatives. Contribute to implement a Silvopastoral system. Promote land management actions for soil conservation in grazing areas and recover conservation areas. Orient organization schemes for marketing, governance and territorial and water planning. Promote the gender perspective. Promote the realization and linking of biological monitoring with emphasis on livestock activities.

Keywords: sustainable Livestock, eco systemic services, silvopastoralism, gender, protected natural areas of Mountain.

Introducción

A pesar de que la ganadería de montaña ocupa un vasto territorio en la tierra, su importancia ha permanecido en segundo plano, o incluso ha sido relegada, por la agricultura de Altiplano, caracterizada por la disponibilidad de agua, el buen clima, la forzada fertilidad de sus suelos, la dedicación de inversiones en investigación y experimentación y, como consecuencia, una elevada productividad. Es cierto que la ganadería de montaña presenta evidentes limitaciones orográficas, estructurales, climatológicas y, por lo tanto, productivas, siendo por ello el eslabón más débil en la crisis general que la ganadería ha sufrido en las últimas décadas, con las consecuencias que ya conocemos a nivel mundial: tierras de pastoreo degradadas del 20 al 70% (Bernues, 2007). A nivel global esta actividad es una de las mayores fuentes de gases de efecto invernadero ya que contribuyen con el 18% de emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) de los cuales el 9% de dióxido de carbono, 37% de metano y 65% de las emisiones de óxido nitroso y uno de los causantes principales de la pérdida de biodiversidad (Hernández, 2016). un análisis de la Lista Roja de Especies Amenazadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) muestra que la mayoría de las especies amenazadas en el mundo se deben a la pérdida de hábitats debido a la actividad ganadera (UICN, 2017).

Mientras que en los países desarrollados y emergentes es quizá la principal fuente de contaminación del agua. La ganadería a nivel mundial es también un agente fundamental en la economía agrícola, ya que contribuye con el 1.4% del PIB total. Además, es un importante proveedor de medios de vida para los pobres ya que en ella participan más de 1,300 millones o el 20 por ciento de la población mundial. Asimismo, en la seguridad alimentaria aporta al consumo alimentario total de proteínas 25 g/persona/día. Finalmente juega un papel clave socialmente hablando en zonas de conflicto por agua o zonas de pastoreo (FAO, 2017).

En México económicamente la ganadería contribuye con el 6.45% al Producto Interno Bruto. Genera 134 mil millones de pesos. En el aspecto social más de 27 millones de personas dependen de ella y en la Seguridad alimentaria produce alrededor de 1.8 millones de toneladas de carne de res y 11 mil millones de litros de leche cada año. Finalmente, en el aspecto ambiental la superficie con suelos degradados por sobrepastoreo representan alrededor de 30 millones 825 mil 705 ha. Lo que indica que más de 2.6 millones de hectáreas de matorrales, selvas o bosques se están sobrepastoreando y deteriorando. Finalmente esta actividad contribuye con el 6% CO_2^4 , 80% CH_4^5 , 14% N_2O^6 de los GEI (SAGARPA, 2014).

4. CO_2 = Bióxido de Carbono;

5. CH_4 = Metano

6. N_2O = Óxido Nitroso

Por esta razón el papel de la ganadería en los problemas del medio ambiente debe considerarse en el contexto de sus múltiples y variadas funciones, en una gran diversidad de ambientes naturales y económicos, y en función de objetivos de políticas muy diversas. El enfoque actual parte de dejar de culpar al rápido crecimiento y a la intensificación del sector pecuario a escala global por los daños producidos al medio ambiente, sino más bien el de alentar la toma de medidas decisivas en las esferas técnicas y políticas orientadas a la mitigación de estos daños. La manera de conseguirlo es impulsando sistemas de desarrollo que generen estabilidad económica, sociocultural y medioambiental. Uno de los posibles pilares en los que se puede apoyar la recuperación y revitalización de las zonas de montaña, es la producción de alimentos de calidad, utilizando para ello, la agricultura y ganadería sustentable.

Marco conceptual

En este contexto surgió la necesidad de crear una conciencia global sobre la importancia que la ganadería y los sistemas de montaña tienen en el mundo, tanto como fuentes de recursos económicos, sociales, ambientales como culturales. Por lo anterior aquí se anuncian algunas iniciativas que se han realizado como:

El Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) del protocolo de Kyoto (1997) el cual financia la difusión de iniciativas para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero como el uso de biogás y silvopastoreo vinculadas a la forestación y reforestación (INECC, 2018). El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en conjunto con la Fundación Centro para la investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIVPAV) en Colombia y el Instituto de Investigación y Desarrollo (Nitlapan) de la Universidad Centroamericana en Nicaragua implementaron el proyecto “Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas” (2002-2008) con el propósito de fomentar sistemas más sostenibles en fincas ganaderas (Banco Mundial, 2013). Entre 2000 y 2007, la Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD, por su sigla en inglés) funcionó como un proyecto de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) apoyado por diversas instituciones. Los trabajos de esta Iniciativa van dirigidos a la protección y mejora de los recursos naturales afectados por la producción pecuaria, así como a la mitigación de la pobreza (FAO, 2016). En la Conferencia de las Partes (COP 16), se generó la Estrategia de Desarrollo Bajo en Emisiones (LEDS) (2010). Son las siglas del término “Low Emissions Development Strategy”, derivadas de actividades humanas, principalmente agricultura, ganadería, energía, transporte, industrias y al cambio de uso de suelo, responsables del Cambio Climático. Durante la COP 16 de La Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en Cancún, México 2010, las partes “Alientan a los países en desarrollo a que formulen estrategias o planes de desarrollo con bajas emisiones de carbono en el contexto del

desarrollo sostenible”. (CMNUCC, 2010). Las Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas (NAMA, en su sigla en inglés), son una opción de mitigación para los países en desarrollo en el contexto de la negociación sobre acción cooperativa a largo plazo en el marco del Plan de Acción de Bali adoptado en la 13ª sesión de la COP, celebrada en Bali (Indonesia) en el año 2007 (CMNUCC, 2008). En la Cumbre sobre el clima en el 2014. El principal objetivo de esta cumbre celebrada en Nueva York es hacer que los países pongan sobre la mesa sus compromisos para la protección del medio ambiente y queden reflejados en la negociación de un nuevo tratado sobre el cambio climático (Naciones Unidas, 2014). La Iniciativa 20x20 Latinoamérica y el Caribe realizada en el 2014. Pretende llevar 20 millones de hectáreas de tierras degradadas a la restauración para el 2020. Lo que resultará en la captura de carbono, reforestación, agricultura y ganadería más productiva, deforestación evitada y mejora de las fuentes de sustento. Las ambiciones anunciadas en la Iniciativa 20x20 también contribuirán al Reto de Bonn, la meta global de llevar a 150 millones de hectáreas de tierra degradada a la restauración para el 2020. México se comprometió restaurar 8.5 millones de hectáreas. A través de la Iniciativa 20x20, los países e inversionistas trabajarán en la restauración de bosques en áreas en las que han sido talados y mejorar la productividad de los “paisajes mosaico” a través del mejor uso de los árboles en la agricultura (agroforestería) y en la crianza de ganado (silvopastoreo) (UICN, 2014). El informe, titulado Pastoralismo y economía verde: ¿un nexo natural? presentado en la III Conferencia Científica de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD por sus siglas en inglés) en Cancún, destaca la importancia del pastoralismo para salvaguardar el capital natural de una cuarta parte de la superficie terrestre del planeta. El informe revela que un pastoreo sostenible en los ecosistemas de pastizales — pastizales desérticos, bosques y estepas—, ayuda a mantener la fertilidad de los suelos y el carbono en suelo, y contribuye a la regulación del agua y la conservación de la biodiversidad. También proporciona otros bienes como productos alimenticios de alto valor (UICN, 2014). En el 2015 se lanza la iniciativa Beef Carbón es un plan de acción que busca comprometer al sector vacuno de carne a reducir la huella del vacuno de carne un 15% en los próximos 10 años de forma colectiva y compartida en los 4 principales países europeos productores de vacuno de carne (Italia, Francia, Irlanda y España), (Naciones Unidas, Cambio Climático, 2015). En el 2016 el CATIE lanzó la iniciativa sobre Ganadería Sustentable en Mesoamérica. En el marco del proyecto Fortalecimiento de las capacidades nacionales y regionales para el desarrollo de políticas para la intensificación sostenible de los sistemas de producción ganadera en América Central (CATIE, 2016). Finalmente en el 2018 el CATIE y la SAGARPA lanzaron en México el Proyecto BioPasos es una nueva iniciativa busca apoyar la conservación de la biodiversidad y los ecosistemas que hacen de México el país más diverso del continente. Se trata del proyecto Biodiversidad y Paisajes Ganaderos Agrosilvopastoriles Sostenibles, conocido como BioPaSOS, el cual será implementado en los estados de Chiapas, Campeche y Jalisco (CATIE, 2018).

En México existe un buen trabajo plasmado y visibilizado en los documentos rectores de cambio climático y el sector agropecuario como son el Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018,

los programas sectoriales de SAGARPA y SEMARNAT, la Estrategia y el Programa Especial de Cambio Climático. Sin embargo, hay grandes oportunidades en la ejecución o puesta en marcha de iniciativas de la Ganadería Sustentable en todo el país. Todas estas experiencias demuestran resultados palpables de la Ganadería Sustentable.

El Proyecto Conservación de la Biodiversidad en el Eje Neovolcánico (COBEN) es una iniciativa de colaboración entre la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) con la Cooperación Alemana al Desarrollo Sostenible (GIZ). Está centrada en el fortalecimiento de las capacidades de gestión de las ANP para lograr la conservación de la biodiversidad y brindar servicios ecosistémicos a la región central de México, en relación estrecha con la Dirección Regional Centro y Eje Neo volcánico (DR-CEN) (GIZ, 2014). La DR-CEN se integra por 10 Entidades y 27 ANP, de las cuales 17 manifiestan problemas de sobrepastoreo (Arriola, 2014). Asimismo, la revisión de al menos 6 programas de Conservación y manejo de las ANP describen a la ganadería tradicional como un problema. De igual manera tanto en los talleres estatales donde se presentaron las situaciones locales sobre conservación por estado (Estado de México, Morelos, D.F., Hidalgo, Tlaxcala, Puebla) como en el Taller Análisis y Focalización de los subsidios se hace mención de la problemática ganadera que se tiene tanto en las zonas de conservación estatal como en las federales. Pese al conocimiento de esta información en esta región hoy en día no existe ninguna caracterización del modelo ganadero, ni tampoco una alternativa homologada que permita a las ANP enfrentar esta problemática y orientarla hacia actividades de mayor sustentabilidad.

Cabe hacer mención de que la presente propuesta no conceptualiza fomentar la ganadería en áreas protegidas, ni tampoco señalarla como una actividad culpable del daño ambiental sino con un gran potencial de mejora. Si bien el sector tradicional emite una gran cantidad de GEI, se constata que con cambios y propuestas se puede aprovechar el gran potencial de mitigación y adaptación que este sector posee.

Por lo tanto, el reto es poner en marcha un modelo que permita fortalecer, transformar y mejorar los sistemas ganaderos que se encuentran dentro o alrededor de los territorios de las ANP en la región, con la misión de reducir la pérdida de capital natural y social, incrementando los servicios ecosistémicos de la biodiversidad y mejorando los parámetros productivos con rentabilidad financiera y social.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó mediante investigación descriptiva la cual buscó caracterizar los modelos pecuarios que se encuentran dentro o cerca de las áreas naturales protegidas federales

de Montaña del centro del país (Cazau, 2006). Este trabajo describe las actividades realizadas para la obtención de la información que da pie al diagnóstico y caracterización de la producción ganadera en la región del Corredor Biológico Chichinautzin, el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, El Nevado de Toluca y Valle de Bravo.

Para el presente trabajo se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión bibliográfica de Planes de manejo de las 4 ANP.
- 2 Talleres institucionales con la DR-CEN.
- Espacio de análisis y propuestas de trabajo (Foro de Ganadería Sustentable)
- Se realizaron 7 talleres, con un total de 96 asistentes en las cuatro ANP, en donde 36 asistentes fueron mujeres y 60 hombres. Mediante la estrategia de “mapa parlante” los grupos determinaron la caracterización de la producción en su localidad, retroalimentando con el consultor se analizó la forma básica de la producción. Para este ejercicio se utilizaron medios como videos de biodiversidad, rotafolios para ejercicios grupales.
- Agenda de trabajo con ANP participantes. - Elección de localidad de intervención y recorrido en transecto.
- 15 Entrevistas con actores clave en localidades.

Análisis de resultados

Aspectos Sociales

De acuerdo a estudios realizados por la FAO y la SAGARPA, (2012) y los resultados que arrojan las encuestas realizadas, además de lo visto en los talleres participativos, se considera que de acuerdo a la tipología el 100% de los productores de las comunidades pilotos se clasifican como unidades económicas rurales familiares de subsistencia (estrato E1) con una gran desvinculación al mercado, en un 90%. Mientras que a nivel de ANP el 85% se encuentran en un estrato E1 y el resto en E2 y E3. En referencia a los resultados obtenidos en las encuestas y talleres realizados, se muestra que el 70% de los entrevistados cuentan con estudios de primaria trunca, el 19% completaron la primaria, el 10% tienen secundaria y solo el 1% cuenta con licenciatura. Es de señalar que del 70% de aquellos que tienen la primaria trunca el 99% saben leer y escribir. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010) muestra que el 95% de la población son alfabetos, de los cuales el 96% son hombres y el 93% son mujeres. De cada 100 personas de 15 años y más, 4 no tienen ningún grado de escolaridad, 52.9 tienen educación básica terminada, 25 finalizaron la educación media superior, 17.9 concluyeron la educación superior y 0.2 no especificaron. Con respecto a la tenencia de la tierra en los 4 pilotos es ejido

con extensiones de terreno que van de dos a tres hectáreas (con uso irracional de los pastizales) y el resto son de uso común y explotación controlada maderable. El porcentaje de mujeres que es dueña de la tierra es apenas del 10%, el 90% restante son hombres, la participación de la mujer se ve reducida o invisibilizada, ya que se ven limitadas a la posibilidad de acceder a recursos y subsidios gubernamentales, estos resultados coinciden con los trabajos hechos por Gumucio (2016) en Colombia y Costa Rica.

La organización del ejido se basa en un comisario ejidal y la junta directiva (constituidas solo por hombres), de tal manera que los mismos dirigen las acciones de la localidad, sin embargo, se detectó que las actividades por explotación de los recursos forestales son realizadas por todos los pobladores hombres el 100%; aunque estos reciben una menor participación de las ganancias obtenidas, lo cual impide una estructura sólida que ayude a la adquisición de apoyos comunales. Los apoyos recibidos por parte de CONANP, La Protectora de Bosques (PROBOSQUE), La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), son administrados por las juntas ejidales compuestas al 100% por hombres, pero el 30% de los pobladores no está de acuerdo ya que existe un antecedente en la repartición de las ganancias obtenidas por la tala controlada, lo cual manifiesta la desconfianza hacia las autoridades y pone en evidencia que no existe una organización para el bien común del ejido. Dentro de las labores de pastoreo, el 98% de los ejidatarios llevan los animales a las planicies que se forman en la montaña, sin embargo, el 2% de los habitantes deciden sobre los sitios de rotación, lo que demuestra que la gobernanza no está presente, ya que la decisión es de unos pocos en búsqueda de bienestar particular. La edad entre los participantes muestra una población del 20% con rangos de entre 20 y 30 años, personas que tienen trabajo en la ciudad, pero que laboran en otro ejido; el 50% están dentro de los 40 a 60 años, personas que tuvieron algún tipo de educación y que saben leer y escribir, por lo que están abiertos al aprendizaje. El 100% de las personas en estos rangos de edad han trabajado o trabajan la ganadería conforme lo realizaron sus antecesores; de esta manera se ejercen prácticas convencionales que no siempre son benéficas al medio ambiente, las habilidades se describen en la caracterización económico-productivo. Con respecto al tema de equidad de género se encontró que la mujer cobra gran importancia en las labores del hogar, el cuidado de los hijos, así como, en las actividades agropecuarias. Los resultados obtenidos de las entrevistas arrojan que sólo el 30% de las mujeres tienen poder de decisión sobre los ingresos familiares que generan las ventas, el 70% restante no tiene injerencia sobre este tema, los integrantes de la familia reconocen la importancia de la mujer en el seno del hogar, pero aún se siguen con arraigos ideológicos en los que la mujer no tiene voz ni voto en la toma de decisiones, incluso con el alto porcentaje de participación de las mismas en las actividades diarias. Se establece que la mujer es partícipe de los eventos, sin embargo, la propiedad de la tierra corresponde al hombre (100%), participa en el 30% en la toma de decisiones y es en el 10% de los casos beneficiaria de los ingresos por ventas.

Aspectos ambientales

Los animales presentes en zonas protegidas, destinadas para conservación inducen daños latentes, de los cuales no se conocen indicadores cuantitativos, como la contaminación con materia fecal a fuentes de agua, incremento de bacterias patógenas para el hombre como; *E. coli* y *Salmonella spp.*, que afecta de forma consecuyente la fauna ruminal y cecal de especies protegidas como liebres, gato montés, venado, conejo silvestre, aves endémicas, entre otras. Otras especies como peces endémicos o de uso económico para la población; como los charales, disminuyen su población por factores que no se conocen y que puede estar influenciado por la ganadería. La contaminación de agua implica que la flora nativa presente en los bordos de los ríos y lagos cambie, uno de los ejemplos más conocidos, es la aparición de buchón de agua, palatable para rumiantes, de esta manera, vacas y borregos que se encuentran dentro del área protegida, entran al agua a comer y continúan la contaminación de los recursos hídricos. La situación se convierte en un círculo vicioso, razón por la cual se debe plantear una solución.

En el ejido, los suelos han cambiado sus características y su calidad debido al crecimiento de la ganadería, una de las prácticas comunes es la siembra de papa, la cual es utilizada para venta y generación de ingresos, el remanente se utiliza para alimentación animal. Este manejo de pastoreo extensivo y siembra de tubérculos implica mayor erosión, compactación y muerte de especies de insectos generadores de suelo, como la lombriz de tierra y el escarabajo estercolero. Otro factor importante es la erosión presente en la zona, son las viejas rutinas agrícolas como; la quema y deforestación, que traen consigo otro tipo de consecuencias; presión y muerte de especies nativas. Posterior a la quema, el rebrote de pasto es lento y se forman planadas que las personas comienzan a utilizar como áreas de pastoreo de poca calidad nutricional, que inducen al mismo tiempo erosión, compactación, cambio de acidez en el suelo, disminución de la conductividad eléctrica, deficiencia de minerales, agotamiento de la materia orgánica, en definitiva, pobreza del suelo que impide el crecimiento de vegetales ricos en proteína y energía. La deficiencia de minerales que impiden el crecimiento forrajero, reduce la oferta para los animales, el forraje disponible para mantenimiento, lactación y gestación es pobre. Se contabiliza un 64.8% de incendios con relación a quema agropecuaria para consumo animal de *Muhlenbergia macrorura* en pastoreo / Malezas de cultivo agrícolas. Con datos de La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2016).

Aspecto económico-productivo

Se caracteriza un modelo de ganadería semiextensiva para los ovinos y extensiva para los bovinos de doble propósito, los borregos pastan en el día durante un lapso de 8 a 10 hrs y regresan en la noche sobre todo los ovinos, el 70% de los animales son ovinos, el 20% son bovinos y el 10% son equinos. El ejido se caracteriza por la presencia de pequeños productores (90%), con un promedio de 30 borregos y alrededor de seis vacas por ejidatario, el 10% restante son productores con 50 cabezas de ovinos y al menos 10 vacas. El nivel de conocimiento acerca de la

ganadería es de nulo a básico, según comunicación personal, se reportó que existió capacitación técnica por parte de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), sin embargo, ésta no favoreció el desarrollo de capacidades, por lo cual, no hubo un cambio importante dentro de los indicadores y la producción efectiva del ejido. Los ejidatarios reconocen el hecho de que hace falta capacitación y trabajo en equipo para el desarrollo comunal.

- Incremento en los incendios relacionados a la ganadería (29.5% en la actualidad reportados por CONAFOR).
- Aumento en el uso de agroquímicos para el control de plagas que indirectamente salinizan los terrenos agrícolas y deterioran su calidad.
- Pérdida de biodiversidad del suelo a través del pastoreo ineficiente, carga animal excesiva y degradación del territorio por compactación, erosión e incendios forestales en 4,000 hectáreas.
- Pérdida paulatina de la biodiversidad monitoreada por las especies endémicas en la región, reptiles, aves, mamíferos y especies acuáticas.
- Producción de 83,037 Kg/Metano/año a través de la ganadería tradicional bovina en las 2 localidades visitadas en las ANP.
- Producción de 49,275 Kg/Metano/año a través de la ganadería tradicional ovina en las 2 localidades visitadas en las ANP.
- Contaminación de recursos hídricos para consumo de 10,336 habitantes en las localidades visitadas en las ANP.
- Ineficiencia en la producción por periodos de tiempo alargados en la obtención de carne y leche a través de 7,500 borregos y 1,750 vacas en las localidades visitadas en las ANP.
- Degradación y pérdida de toneladas del suelo fértil por esquemas de erosión.
- Pérdida de la producción de carne y leche para consumo dentro de las localidades para su seguridad alimentaria.
- Pérdida de terrenos en conservación dentro de las Áreas Naturales Protegidas.
- Desinterés social para la equidad y participación de la mujer rural en actividades productivas.
- Ingresos menores a 1 Salario Mínimo por la actividad pecuaria, atrayendo un estancamiento de la economía local a través de la nula rentabilidad por la producción pecuaria.
- Búsqueda de fuentes de ingreso familiar alternas que no garanticen la conservación de la biodiversidad.

Discusión

Las zonas protegidas son partes importantes para la generación de oxígeno, pulmones necesarios para la descontaminación de grandes ciudades, se ha encontrado que se requieren 22 árboles para suplir la demanda de oxígeno de una persona al día (PNUMA, 2009); esto es 0.41 hectáreas con árboles, el ejido Loma Alta cuenta con 1,500 hectáreas en promedio, era capaz de suplir oxígeno a 3,658 personas; San Mateo Almomoloa cuenta con 1,416 hectáreas, las cuales proveían oxígeno a 3,453 personas y el ejido Capilla Vieja daba oxígeno a 2,926 personas. A medida que la población rural se ha ido asentando y las familias han ido creciendo, cambiando el uso de suelo y necesidades: incremento en el requerimiento de agua potable, autoconsumo de proteína de origen animal y vegetal (Stamoulis, 2003). En este orden el agua ha sido acopiada para consumo, se han hecho talas de bosque para asentamientos humanos y pastoreo animal, cada vez que se formaron pastizales creció pasto nativo, el cual fue pastoreado por rumiantes que generan compactación del suelo, cuando se incrementa la presión del suelo el pasto crece poco y se lignifica poco, aunado a las malas prácticas como el sobrepastoreo o rotaciones largas, el pasto se convierte en maleza, nacen prácticas como la quema que inducen más daño al ecosistema. Las personas han creado espacios de siembra para la venta o el autoconsumo, disminuyendo las hectáreas dedicadas al bosque, así, San Mateo Almomoloa ahora cuenta con 708 hectáreas de conservación, es decir, que sólo produce oxígeno para 1,726 personas, Loma Alta provee oxígeno a 1,829 personas y el ejido de Capilla Vieja provee 1,463 personas. Este panorama muestra, que los servicios ambientales hechos en el pasado por los ejidos han ido disminuyendo y ha ido incrementando la contaminación y emisión de gases de efecto invernadero. Crowther *et al.* (2010) mostraron que el promedio de árboles por habitante en el planeta es de 422, la necesidad de conservación de áreas naturales o zonas de generación de oxígeno para las grandes ciudades es más importante y económicamente viable respecto a la producción tradicional de ganado. Programas como el pago de servicios ambientales son el incentivo para que los ejidatarios tomen conciencia de la situación. El panorama actual en estos ejidos muestra que la cultura de conservación no es la prioridad debido a que se sigue pensando que la producción tradicional de ganado generará recursos suficientes para el sustento familiar, no obstante, el trabajo de caracterización ha permitido vislumbrar que dicha actividad está generando un impacto ambiental negativo sobre las áreas naturales protegidas y sobre la economía de las familias que ahí radican, debido a que, como se observa en la ilustración 23, las vacas liberan alrededor de 95% de gas metano a través del eructo; el metano (principal gas de efecto invernadero) es 21 veces más dañino para la atmósfera que el dióxido de carbono, de esta manera, según la FAO una vaca puede llegar a emitir hasta 60 kilogramos de metano diarios, en este sentido, San Mateo Almomoloa es responsable de producir alrededor de 12,000 kilos diarios de este gas diarios, Capilla Vieja emite 4,800 kilos diarios y Loma Alta provoca la emisión diaria de 18,900 kilos; los ovinos, por su parte, son responsables de producir 8 kilogramos diarios de metano, Capilla Vieja emite 3,200 kilos, San Mateo Almomoloa ocasiona 6,400 kilos

y Loma Alta produce 10,800 kilos, datos recabados según los inventarios encontrados. Al año la producción de metano de San Mateo Almomoloa es de 6,716,000 kilos de metano; Capilla Vieja provoca 2,920,000 kilos y Loma Alta origina 10,840,500 kilos.

Las prácticas conjuntas a la ganadería de alta montaña, traen consigo quemas de pastizal; el uso de desparasitantes, antibióticos, hormonas, herbicidas y plaguicidas que son utilizados para la producción del ganado generan efecto negativo sobre el ambiente. Un ejemplo de lo anterior, son los cultivos utilizados para alimentación animal y humana como el cultivo de papa, avena o maíz; los cuales, interfieren con la fijación de nitrógeno en el suelo, los químicos utilizados se absorben y drenan a los mantos freáticos, contaminando el agua de consumo animal y humano. El estiércol depositado en pastura sin ningún tipo de tratamiento trae consigo alrededor del 25% de emisión de gases de efecto invernadero, en las tres comunidades no existe manejo de excretas. Los fertilizantes utilizados para cultivos particulares causan el 5% de gas metano, óxido nitroso; gases que interfieren con el ciclo del agua, inducen a la lluvia ácida. La adopción de prácticas sustentables como el compostaje o la gestión de excretas libera sólo el 2% de gases de emisiones contaminantes (FAO, 2010). Muchos de los cultivos utilizados no son nativos y aquellos que no son leguminosa, como en el caso de la papa no tienen la propiedad de fijación de nitrógeno, por lo cual, este tipo de cultivos empobrecen el suelo. La pérdida de biomasa por talas clandestinas o aprovechamiento forestal, altera las corrientes fluviales causando inundaciones, incremento en los escurrimientos y lavado del terreno.

En los ejidos se encontró que el 80% son mayores de 40 años, analfabetas o con primaria inconclusa, no existen sistemas de gobernanza, no hay fines comunes, más que los que han sido impuestos por organizaciones externas como PROBOSQUE. La mujer juega un papel protagónico dentro del desarrollo de los ejidos, sin embargo, su labor no ha sido totalmente reconocida y su opinión no es tomada en cuenta para la toma de decisiones que implican el desarrollo económico familiar. Las prácticas utilizadas por los ejidatarios obedecen a sistemas tradicionales, la producción es poca (un ternero cada dos años o un borrego al año), el tiempo de salida a rastro incrementa (3 a 4 años en bovinos y 1 o 2 años en ovinos), produciendo sobrepastoreo y poco flujo de efectivo en las familias. Este tipo de producción afecta los ecosistemas, agreda la estabilidad económica familiar. Actividades como la falta de rotación de pradera y formación de pastizales en áreas con uso de suelo para reforestación generan menor calidad y cantidad de alimento disponible para los animales y para el autoconsumo; mucho de esto, se origina en la falta de capacitación y la disposición del productor para acceder a conocimiento nuevo, es notable que en ninguna de las áreas evaluadas hubo desarrollo de habilidades, por ende, el cambio de mentalidad y organización se plantea por medio de capacitaciones. El sistema de producción descrito muestra que no existe trazabilidad, falta identificación de los animales, no hay registros de ningún tipo, así, que la evaluación y toma de decisiones frente a parámetros productivos no se puede realizar y este sistema se convierte en improductivo.

Conclusiones

Según lo encontrado en las ANP se concluye lo siguiente:

- La tipología productores es de tipo básica o mínima o estrato 1 de autoconsumo principalmente.
- La actividad ganadera se caracteriza por producciones semi-extensivas con encierro nocturno principalmente para ovinos, con uso de prácticas convencionales transmitidas por los antecesores (padres, abuelos).
- Los ingresos de la actividad ovina se plantean 0.05 SDM, y la producción bovina permite el ingreso de 0.5 SDM, lo cual no cubre el ingreso mínimo de un ciudadano, por lo cual se considera a la actividad ganadera como una actividad secundaria.
- La carga animal establecida y los tiempos de pastoreo en las ANP's permiten la degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, mayor tiempo de tenencia de animales debido a prácticas convencionales, invasión de pradera del bosque como alternativa de búsqueda de alimento.
- El manejo reproductivo es poco rentable, ya que un bovino tiene alrededor de 14 meses en días abiertos, fertilidad del 50%, mortalidad del 40%, edad al primer parto de más de 28 meses, ganancias de peso promedio de 200 gramos diarios; en el caso de ovinos muestran alrededor de más de 8 meses en días abiertos, fertilidad del 65%, mortalidad del 30%, edad al primer parto de 18 meses, ganancias de peso diarias de alrededor de 80 gramos, estos parámetros muestran el manejo tradicional de las ANP's, ciclos largos de producción, reducido flujo de efectivo, inversión no remunerada en recursos naturales para la manutención de los animales.
- No existe gobernanza en el pastoreo, ya que las áreas comunes de pastoreo no se dividen de forma igualitaria, por ende, hay sobrepastoreo en las zonas con mayor calidad de forraje, baja calidad del mismo y por ende menores conversiones alimenticias. El sobrepastoreo genera pobreza en el suelo, degradación, erosión, compactación y pérdida de biodiversidad.
- Existe contaminación del agua por los animales que pastorean las zonas protegidas, ya que, el agua no se concentra en bebederos para uso animal, sino que se aprovecha desde el nacimiento y cauce de forma directa, por ello, permite la contaminación con materia fecal, urea que causa muerte de especies nativas acuáticas.
- Las emisiones de GEI y contaminantes a diferentes ciclos, como el ciclo del agua que generan los animales presentes en la ANP deben ser contrarrestados y disminuidos por esquemas de producción sustentable.

- Existe poca participación de la mujer en decisiones que conciernen al entorno económico familiar, por lo cual, es necesario fomentar su incidencia y protagonismo para la toma de decisiones.
- El establecimiento de objetivos comunes que se persiguen permiten la organización y gobernanza de las ANP, en el ámbito social, ambiental y económico.

Recomendaciones

El modelo de producción actual no tiene condiciones necesarias para ser un sistema con resiliencia ante la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático, no se puede concebir ninguna acción de mejora si no se llevan a cabo los siguientes:

Apoyo y seguimiento con la implementación de asistencia técnica y capacitación hacia las buenas prácticas pecuarias para desarrollar capacidades en los productores y mejorar la conservación de la biodiversidad a través de la ganadería en alta montaña.

- Disminuir la carga animal en las zonas con la selección de animales improductivos.
- Mejorar el manejo por medio de las buenas prácticas e incrementar los parámetros productivos.
- Impulsar acciones que disminuyan el uso del fuego por alternativas de alimentación.
- De manera gradual implementar acciones que contribuyan a tener un sistema Silvopastoril en zonas de montaña.
- Fomentar la mejoría en las instalaciones con respecto a ubicación, dimensiones, limpieza, y distribución.
- Orientar esquemas de organización para la comercialización.
- Consolidación en la gobernanza y organización territorial e hídrica para la planeación de espacios dedicados a la producción con menor carga animal y enfoque de conservación.
- Fomentar la perspectiva de género en la ganadería sobre todo en la ovinocultura para reconocer la participación y los beneficios que se obtiene al visibilizar el papel de la mujer en actividades productivas.
- Apoyos o estímulos económicos para la implementación del modelo de ganadería sustentable en alta montaña que potencialice las acciones en búsqueda de la conservación de la biodiversidad.
- Promover la realización y vinculación de monitoreo biológico con énfasis en actividades ganaderas.

- Conservación de áreas forestales y pastizales nativos por medio de la organización del pastoreo, oferta de alimento en corral y pastoreo en zonas permitidas por medio de pastoreo racional.
- Capacitación en el uso del fuego vs alternativas de alimentación en épocas de secas.
- El establecimiento de gobernanza en los ejidos permite la gestión de proyectos productivos para mejorar los ingresos familiares.

Referencias

Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo Sostenible (2014). Conservación de la biodiversidad en el Eje Neovolcánico. Disponible en <https://www.giz.de/en/worldwide/33542.html>. [Consultado el 20 de octubre del 2016]

Arriola Padilla, V. J., Estrada Martínez, E., Ortega-Rubio, A., Pérez Miranda, R. y Girón Hernández, A. (2014). “Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal”. *Investigación y Ciencia*, 22(60), pp. 37-49.

Banco Mundial (2013). Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. Disponible en <http://documents.worldbank.org/curated/en/967461468026070473/pdf/E43740V10SPANIOoBox382081BooPUBLICo.pdf>. [Consultado el 20 de octubre del 2018].

Bernues, J. (2007). “Ganadería de Montaña en un Contexto Global: Evolución, Condicionantes y Oportunidades”. *Revista PASTOS*, XXXVII(2), pp. 133-175.

Cazau, P. (2006). *Introducción a la Investigación en Ciencias Sociales*. Tercera Edición, Buenos Aires. Pp 16-31

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2016a). Una estrategia de ganadería sostenible y baja en emisiones para Mesoamérica y el Caribe. Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/una-estrategia-de-ganaderia-sostenible-y-baja-en-emisiones-para-mesoamerica-y-el-caribe>. [Consultado el 11 de febrero del 2017].

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2018b). Disponible en: <https://www.catie.ac.cr/catie-noticias/3295-nuevo-proyecto-promovera-buenas-practicas-agrosilvopastoriles-para-mejorar-la-ganaderia-en-mexico.html>. [Consultado el 11 de febrero del 2017].

Crowther, T. H., Glick, H. B., Covey, K. R., Bettigole, C., Maynard, D. S., Thomas, S. M., ... y Tuanmu, M. N. (2015). “Mapping tree density at a global scale”. *Nature*, 525 (7568), p. 201. Disponible en: <file:///C:/Users/dell9/Downloads/Crowtheretal.2015Nature.pdf>. [Consultado el 14 de enero del 2017].

Gumucio, T., Mora Benard, M. A., Twyman, J. Y Ceballos, H. (2016). "Género en la ganadería: Consideraciones iniciales para la incorporación de una perspectiva de género en la investigación de la ganadería en Colombia y Costa Rica". Documento de trabajo CCAFS no. 159. Copenhagen, Dinamarca: Programa de investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS).

Hernández, M. J. H. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero. Ciudad de México, México. 6to. Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático.

Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 13º período de sesiones, celebrado en Bali del 3 al 15 de diciembre de 2007. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/spa/06s.pdf>. [Consultado el 13 de noviembre del 2016].

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2018). Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL). Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/mecanismo-de-desarrollo-limpio-mdl>. [Consultado el 21 de enero del 2018].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). Informe de Actividades y Resultados. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>. [Consultado el 21 de octubre del 2016].

La Comisión Nacional Forestal (2016). Reporte semanal de Incendios 2016. Disponible en: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/reporte-semanal-de-incendios>

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (2010). Comunicado de Prensa. Disponible en: https://unfccc.int/files/press/news_room/press_releases_and_advisories/application/pdf/pr_20101211_cop16_closing_esp.pdf. [Consultado el 21 de febrero del 2017].

La Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (2008). Naciones Unidas, Cambio Climático (2015). Iniciativa Life Beef Carbon- Hacia una cría de ganado bajo en carbono. Disponible en: <https://unfccc.int/index.php/es/news/iniciativa-life-beef-carbon-hacia-una-cria-de-ganado-bajo-en-carbono>. [Consultado el 21 de febrero del 2017].

Naciones Unidas. (2014). Cumbre sobre el Clima. Disponible en: <http://www.un.org/climatechange/summit/es/>. [Consultado el 22 de febrero del 2017].

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016). Iniciativa de ganadera, medio ambiente y desarrollo (LEAD). Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/lead.html>. [Consultado el 22 de octubre del 2016].

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017): Más allá de la carne: configurar el futuro de la ganadería. Disponible en <http://www.fao.org/news/story/es/item/1098237/icode/>

Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) (2009). Informe de la Reunión de la Red Intergubernamental de Contaminación Atmosférica en América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.pnuma.org/forodeministros/17-reunion/documentos/Informe%20Reunion%20Red%20Contam%20Atmosferica2.pdf>. [Consultado el 23 de noviembre del 2016].

Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012. Ciudad de México. México.

Stamoulis, K. *et al.* (2003). El Estado de la Seguridad Alimentaria en el Mundo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/j0083e/j0083eo.htm>. [Consultado el 11 de diciembre del 2016].

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2014). Disponible en: <https://www.iucn.org/es/content/pa%C3%ADses-de-latinoam%C3%A9rica-y-el-caribe-lanzan-la-iniciativa-20x20-para-restaurar-20-millones-de>. [Consultado el 9 de diciembre del 2016].

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2014). Nota informativa. El pastoralismo y la economía verde – ¿un nexo natural?. Disponible en: http://cmsdata.iucn.org/downloads/policy_brief_2014___spanish_1.pdf. [Consultado el 10 diciembre del 2016].

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2017). Lista Roja. Disponible en: <https://www.iucn.org/es/tags/work-area/red-list>. [Consultado el 28 de agosto del 2017].

VIII

Identificación de áreas perturbadas en el estado de México a través de un SIG de restauración y reforestación

Mario González Aranda, Manuel de Jesús Herrera Sánchez

Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE),
Dirección de Restauración y Fomento Forestal, Departamento
de Reforestación

RESUMEN

La ejecución de iniciativas de restauración de bosques y paisajes varía considerablemente en cuanto a su escala, dimensión y propósito. Su objetivo puede consistir en la realización de una única función paisajística (por ejemplo, la adaptación al cambio climático o la mitigación de sus efectos, o la conservación de la biodiversidad), o en el logro de múltiples objetivos combinados. El enfoque de restauración de los bosques por mosaicos en el que se toman en consideración diversos tipos de uso de la tierra en el ámbito de un paisaje de amplias dimensiones, es el que se acepta como el más idóneo para restaurar hasta el 75 por ciento de los paisajes degradados según la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal. En este sentido, el presente trabajo documenta el proceso de construcción e implementación un Sistema de Información Geográfica (SIG) que aspira a consolidarse como herramienta estratégica de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), que a través de la interrelación de tiempo y espacio de áreas beneficiadas con Programas de Apoyo para el Desarrollo Forestal operados por este Organismo, exponga de manera gráfica la información recabada y que facilite la toma de decisiones para focalizar los esfuerzos de restauración, principalmente con enfoque de restauración por mosaicos de los bosques y paisajes del Estado de México. Para este fin, se desarrolló una metodología específica cuyo objetivo general fue integrar información geográfica en un software de código abierto estandarizado por Open Geospatial Consortium (OGC) para diseñar, desarrollar e implementar estrategias de zonificación de áreas potenciales de restauración que, posteriormente serán reforestadas con fines de restauración y/o productivos como estrategia. Además, el Sistema identifica áreas potenciales de conservación y manejo para fomentar la conectividad benéfica de los paisajes forestales del Estado de México. Dicha metodología incluyó tres etapas: I. Se realizó un análisis comparativo de las condiciones actuales del bosque respecto a las existentes en la década de 1990, para identificar las zonas con pérdida evidente de cobertura forestal y discriminarlas de zonas de baja cobertura natural; II. Se delimitaron las superficies potenciales a reforestar y superficies potenciales para realizar obras de conservación de suelos; y III. Se integró la información de deforestación ya existente, así como la generada en el presente estudio. Los principales resultados son: 1. Actualmente el sistema es utilizado para identificar áreas potenciales de reforestación, las cuales se integran a los planes anuales de trabajo como áreas prioritarias; 2. El sistema es el soporte técnico durante el proceso de verificación de predios que fueron beneficiados con Programas de Desarrollo Forestal, operados por PROBOSQUE; 3. Es una herramienta para la elaboración de material cartográfico de áreas específicas para atención particular; y 4. La medición de aumento y/o disminución de la cobertura forestal se realiza a través del uso de este sistema.

Palabras clave: áreas degradadas, sistema de información geográfica, restauración, mosaicos, paisaje, reforestación.

ABSTRACT

The implementation of initiatives to restore forests and landscapes varies considerably in terms of scale, size and purpose. Its objective may consist in the realization of a single landscape function (for example, adaptation to climate change or mitigation of its effects, or the conservation of biodiversity), or in the achievement of multiple objectives combined. The mosaic forest restoration approach, which takes into consideration various types of land use in the context of a large-scale landscape, is the one that is accepted as the most appropriate to restore up to 75 percent of the land, the degraded landscapes according to the Global Association on Forest Landscape Restoration. In this sense, this work documents the process of construction and implementation of a Geographic Information System (GIS) that aims to consolidate as a strategic tool of the Forest Protector of the State of Mexico (PROBOSQUE), which through the interrelation of time and space of areas benefited by Support Programs for Forest Development operated by this Organization, graphically display the information collected and facilitate decision-making to focus restoration efforts, mainly with a focus on restoration by forest mosaics and landscapes of the State of Mexico. To this end, a specific methodology was developed whose general objective was to integrate geographic information in open source software standardized by the Open Geospatial Consortium (OGC) to design, develop and implement zoning strategies for potential restoration areas that will later be reforested with restoration and / or productive purposes as strategy. In addition, the System identifies potential areas of conservation and management to encourage the beneficial connectivity of the forest landscapes of the State of Mexico. This methodology included three stages: I. A comparative analysis of the current conditions of the forest with respect to those existing in the 1990s was carried out to identify areas with evident loss of forest cover and discriminate them from areas of low natural cover; II. Potential areas to be reforested and potential surfaces were delimited to carry out soil conservation works; and III. The existing deforestation information was integrated, as well as the one generated in the present study. The main results are: 1. Currently the system is used to identify potential areas of reforestation, which are integrated into the annual work plans as priority areas. 2. The system is the technical support during the process of verification of properties that were benefited with Forest Development Programs, operated by PROBOSQUE. 3. It is a tool for the elaboration of cartographic material of specific areas for particular attention. And 4. The measurement of increase and / or decrease of the forest cover is made through the use of this system.

Introducción

La continua degradación de los bosques y de las tierras productivas representa uno de los graves obstáculos para erradicar la pobreza y el hambre; un reto para la reversión de la pérdida de biodiversidad, ya que provoca impedimento de la capacidad de los productores en comunidades locales para abastecer las necesidades poblacionales; en un contexto general, es una dificultad para adaptarse a los efectos del cambio climático; determina comportamientos de competencia por los recursos escasos; y es causa de posibles conflictos entre consumidores. Una alternativa para promover la recuperación de los bosques y tierras productivas es la restauración integral; la restauración se define como toda actividad intencional mediante la cual se inicia o se acelera el proceso de recuperación de un ecosistema en situación de degradación). Las iniciativas de restauración deberían planificarse a nivel del paisaje, con la finalidad de restablecer la integridad ecológica y fomentar el bienestar humano (Sayer *et al.*, 2003). Para identificar a mayor escala el comportamiento de los bosques y de las tierras productivas se requiere reflexionar la visión de paisaje, de manera planificada; el manejo integrado del paisaje. Un paisaje se considera como el mosaico heterogéneo de los diferentes usos de la tierra (actividades agrícolas, forestales, de protección del suelo, de suministro y distribución de agua, de conservación de la biodiversidad, de provisión de pastos, etc.) que se desarrollan a lo largo de una amplia extensión de tierras o en una cuenca hidrográfica. Un enfoque del paisaje busca lograr una comprensión completa de las interacciones que tienen lugar entre los diversos usos de la tierra y las partes interesadas, integrando tales usos y partes en un proceso de gestión combinada. Los recursos naturales se gestionan mejor al considerarlos desde una perspectiva más amplia, que englobe las percepciones, necesidades e intereses del conjunto de las partes involucradas, incluidas las comunidades locales y los usuarios de la tierra. Los enfoques del paisaje son los elementos esenciales de las estrategias sostenibles en el ámbito rural del uso de la tierra y de los medios de subsistencia (FAO, 2012).

La restauración de bosques y paisajes es un concepto nuevo que se aplica a todos los sectores afectados por los usos perjudiciales de la tierra; este concepto supone la aplicación de procedimientos participativos relacionados con la toma de decisiones. Según la Asociación Global sobre Restauración del Paisaje Forestal, la restauración de bosques y paisajes es “un proceso activo que reúne a las personas para identificar, negociar e implementar prácticas que restauren el balance óptimo acordado entre los beneficios ecológicos, sociales y económicos de los bosques y los árboles dentro de patrones más amplios de uso de la tierra”.

La restauración de bosques y paisajes es una actividad que busca equilibrar la reposición de los servicios del ecosistema en los hábitats silvestres con la biodiversidad, la regulación de los recursos hídricos, el almacenamiento de carbono y otros factores, y mantener las funciones productivas en beneficio de la agricultura y demás usos afines de la tierra (McGuire, 2014).

El cumplimiento de iniciativas de restauración de bosques y paisajes varía considerablemente dependiendo de su escala de intervención, dimensión e intención. Su objetivo puede radicar en la ejecución de una única función paisajística (por ejemplo, la adaptación al cambio climático, la mitigación de sus efectos o la conservación de la biodiversidad), o en el logro de múltiples objetivos combinados.

El análisis de los agentes y vectores de la degradación es una etapa esencial previa a establecer cualquier labor de restauración; la mayoría de las causas indirectas o directas de la degradación de bosques y paisajes es de origen humano y repercute en las tierras, ocasionando pérdida de biodiversidad, reducción de la superficie de tierras fértiles y merma de las existencias de carbono

Marco referencial

Este proyecto surge de la necesidad de identificar las áreas potenciales a reforestar y restaurar en el Estado de México que, a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG), funcione como herramienta integral para todos los programas operativos de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), de manera que se facilite la toma de decisiones y se prioricen los esfuerzos en las áreas. Para ello se desarrolló una metodología específica cuyo objetivo general fue el de diseñar, desarrollar e implementar un SIG a través de un software de código abierto (estandarizado por Open Geospatial Consortium -OGC) para zonificar áreas potenciales para la reforestación y restauración de suelos en áreas mayores a una hectárea, con la finalidad de:

1. Realizar un análisis comparativo de las condiciones actuales (2015) del bosque contra las existentes en la década de 1990, para identificar las zonas con pérdida evidente de cobertura forestal y discriminarlas de zonas de baja cobertura natural.
2. Delimitar las superficies potenciales a reforestar y superficies potenciales a obras de conservación de suelos.
3. Integrar a través del SIG la información pertinente al tema de deforestación ya existente, así como la generada en el presente estudio.
4. El presente documento resume las actividades llevadas a cabo como parte del Convenio de Colaboración suscrito entre PROBOSQUE y el Instituto de Geografía de la UNAM el 15 de octubre del 2015 (UNAM, 2015), a través del proyecto “Identificación de Áreas Perturbadas Mediante la Implementación de un SIG para la Restauración y Reforestación”.

Materiales y métodos

Para determinar las áreas “prioritarias” para reforestación y/o conservación de suelos en el Estado de México, se consideraron cinco etapas metodológicas con base en la información cartográfica disponible, imágenes satelitales y verificación en campo.

Etapa 1. Recopilación de la información

En esta primera etapa se incorporó la información digital base (Tabla 1).

Tabla 1. Información digital para el SIG

Tema	Fuente	Escala / resolución	Fecha
Continuo de elevación (CEM)	INEGI	15 m	2013
Fotografía aérea 1993-1994	INEGI	1:50:000 a 1:75,000	1993-1994
Ortofotos 2005	INEGI	1:20,000	2005
Imágenes Spot 2015	ERMEX	10m multiespectral; 2.5m pancromática	2015
Cartografía temática (curvas de nivel, hidrología, medios de comunicación, vegetación y uso del suelo, etc.)	INEGI	1:50,000	1976-2014
Base de datos del INF 2010	PROBOSQUE	1:250,000 vectorial 1:50:000 puntos	2010

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía; ERMEX: Publicación que contiene información acerca del monitoreo satelital; la antena Ermex es administrada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la constelación SPOT, la clasificación de las imágenes obtenidas por los satélites en órbita, así como el monitoreo de desastres naturales.

La información espacial fue homologada con la proyección UTM zona 14 y Datum WGS84 para el Estado de México de acuerdo a los límites establecidos en el Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM).

Etapa 2. Pre-proceso

Esta segunda etapa implicó la generación de algunos mapas, así como el “tratamiento” de la información digital.

Análisis hidrológico. El insumo básico para el análisis hidrológico es el continuo de elevación (CEM), a partir del cual se determinan los límites físicos de las cuencas, la dirección del flujo y el flujo acumulado con sus correspondientes mapas. Con este último parámetro se estimaron las zonas de escorrentía. Se seleccionaron las celdas que tienen un flujo teórico acumulado de

más de 1,000 celdas; es decir, si la celda tiene 15 m² el agua de 15,000 m² fluirá a ese punto. Con estas celdas se generó un mapa de los cauces en formato raster. A partir de este último se generó el mapa vectorial y se calculó un área circundante de 20 m a partir de los cauces.

Mapa de pendientes. A partir del CEM se generó la capa de pendientes en grados, seleccionando las zonas con pendientes mayores a 45%. Se generó una capa de polígonos a partir del mapa raster con pendientes de más de 45%.

Ortorectificación y generación de mosaicos de las imágenes SPOT. Con el programa ENVI, se generaron los mosaicos para todo el Estado de México; asimismo, se realizó una evaluación del registro mediante la comparación entre las imágenes y las ortofotos del INEGI 2005 de puntos aleatoriamente distribuidos en el territorio mexiquense.

Rectificación de fotografías aéreas 1993. Fue necesario corregir estas fotografías ya que la información proporcionada por INEGI no estaba correctamente registrada.

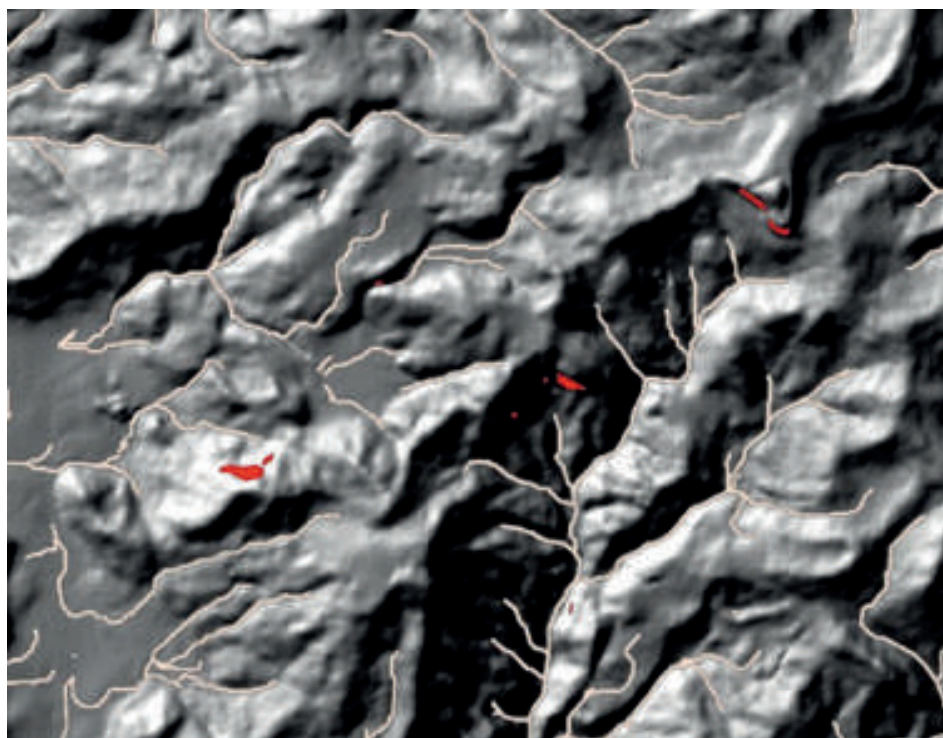


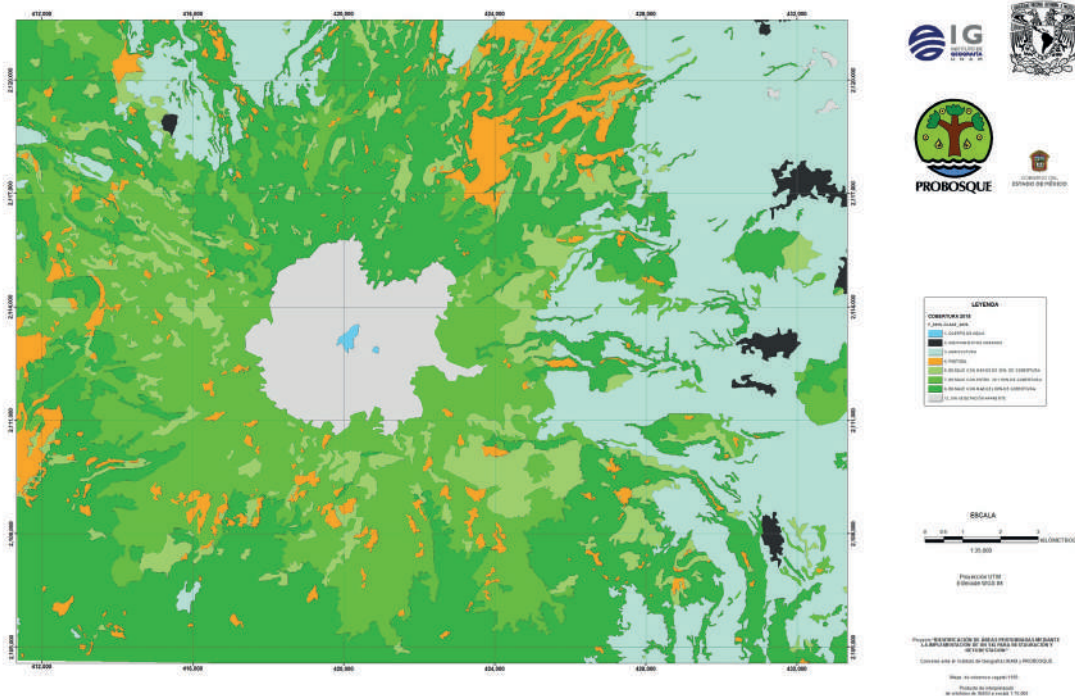
Figura 1. Detalle de los mapas vectoriales de cauces y pendientes mayores a 45% sobre el modelo de elevación sombreado

Etapa 3. Generación de mapas de cobertura 1993 y 2015

a) Mapa de vegetación y uso del suelo 2015, escala 1:20,000 (Figura 2). Se generaron a partir de la interpretación visual de las imágenes SPOT y con ayuda de los mapas de: vegetación y uso del suelo, serie V de INEGI; y los polígonos y puntos del Inventario Forestal 2010.

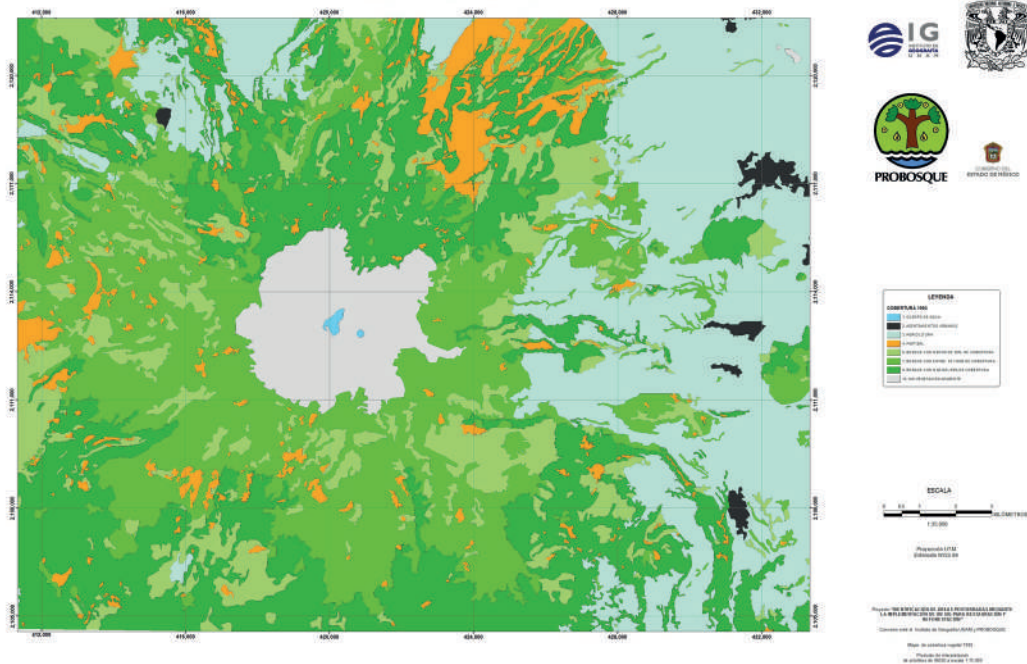
La discriminación entre bosque y selvas se realizó con base en la altitud máxima para las selvas en México, 1,500 msnm, según la clasificación de Rzedowski 2006. Las zonas con altitud mayor a 1,500 msnm pero que en los mapas de uso de suelo y vegetación del INEGI o del Inventario Forestal 2000-2001 se marcan como selvas, también fueron etiquetadas con la referencia de clasificación de vegetación Rzedowski 2006.

Figura 2. Ejemplo de mapa de cobertura vegetal 2015. Zona del Nevado de Toluca



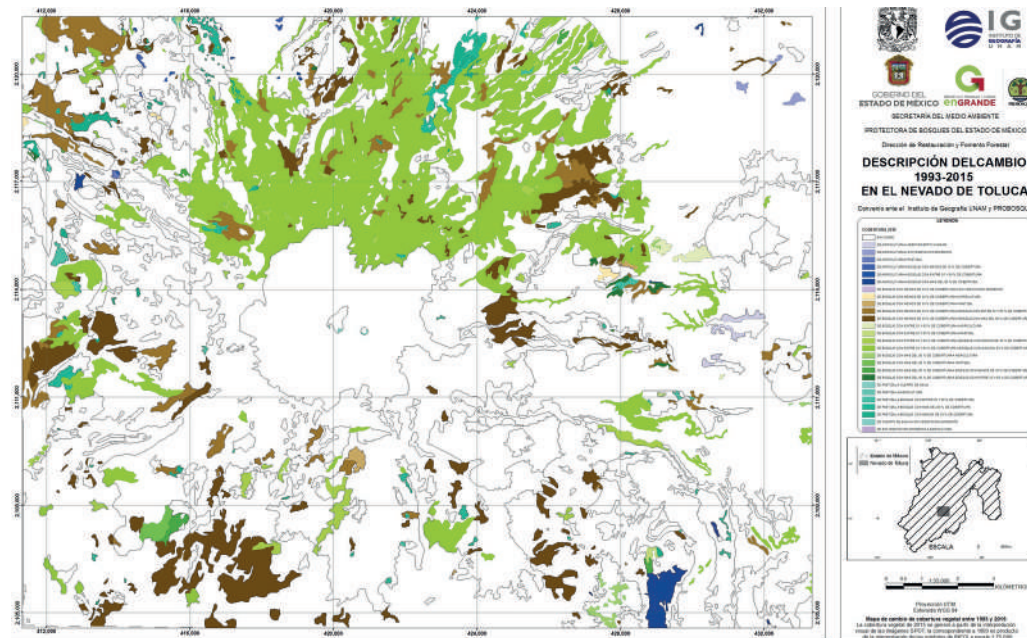
b) Mapa de vegetación y uso del suelo 1993, escala 1:20,000 (Figura 3). A las fotografías aéreas de 1993 se les sobrepuso el mapa de vegetación y uso del suelo 2015 para encontrar las zonas que han cambiado y se generó otra capa donde se integraron nuevamente los polígonos y se generaron nuevos cuando fue necesario.

Figura 3. Ejemplo de mapa de cobertura vegetal 1993. Zona del Nevado de Toluca



c) Mapa de cambio 1993-2015, escala 1:20,000 (Figura 4). De la combinación de ambos mapas (de vegetación y uso del suelo 2015 y 1993) se obtuvieron las zonas de cambio y se calcularon los valores correspondientes.

Figura 4. Ejemplo de mapa de cambio. Zona del Nevado de Toluca



Etapa 4. Generación de mapas de zonificación (Figura 5).

a) Zonas a reforestar, escala 1:20,000. A partir de los mapas de pendientes, Vegetación y uso del suelo 2015, escala 1:20,000, y cambio 1970-2015, escala 1:50,000 se identificaron las zonas que cumplen con las siguientes condiciones:

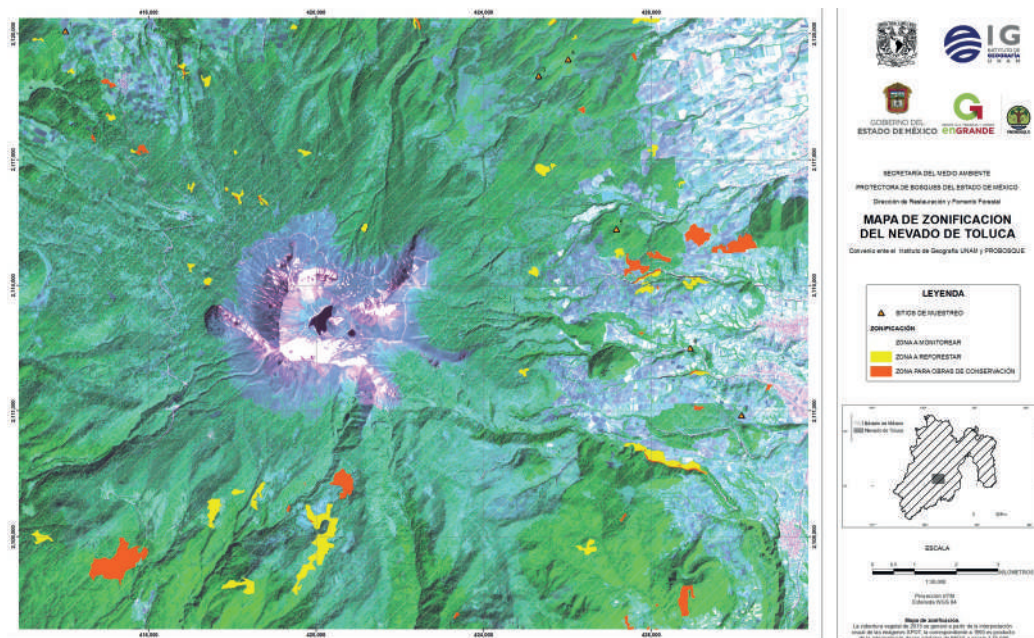
- Pendiente menor a 45°.
- Agricultura, pastizal, suelo desnudo y cobertura forestal menor a 30%.
- Pérdida de cobertura menor al 50%.

b) Zonas para obras de conservación, escala 1:20,000. A partir de los mapas de zonas de flujo acumulado, pendientes, cobertura forestal 2015 y 1993, y cambio 1993-2015, escala 1:20,000 se identificaron las zonas que cumplen con las siguientes condiciones:

- Distancia a zonas de flujo acumulado menor a 20 m.
- Pendiente mayor a 45° y cobertura forestal menor al 30%.
- Pérdida de cobertura mayor al 50%.

c) Zonas a monitorear, escala 1:20,000. Las áreas que no cumplieron con los criterios mencionados previamente para las zonas a reforestar y las zonas para obras de conservación, pero donde existe vegetación natural se consideraron como áreas que deben de ser vigiladas.

Figura 5. Ejemplo de mapa de zonificación. Zona del Nevado de Toluca



Etapa 5. Verificación de campo y calibración

Una vez obtenidos los mapas de zonificación se realizaron visitas de campo con el fin de corroborar los resultados del mapa, con la información validada, el personal técnico elabora una metodología aplicable para repetir las verificaciones en campo en el resto del territorio forestal del Estado de México.

Un aspecto relevante y novedoso fue el uso de Drones equipados con videocámaras; estos dispositivos permitieron obtener información desde una baja altura, donde es posible acceder a zonas de topografía muy accidentada, por lo que funciona como una escala intermedia entre el muestreo de campo y los mapas temáticos (Figura 6). La metodología de uso de Drones consistió en realizar vuelos a 60 m de altura sobre el terreno, describiendo un círculo de 200 m de diámetro. El uso de Drones permite registrar una gran cantidad de información en un periodo de tiempo muy corto para potenciar el trabajo forestal realizado en campo; la fotografía obtenida permite identificar la estructura de la vegetación, tipos de árboles y un estimado de su altura.

Figura 6. Ejemplo del mosaico rectificado, generado por restitución de imágenes obtenidas por el Dron



Finalmente, para calibrar los datos obtenidos por el Dron se realizó un levantamiento de información a nivel de suelo, obteniendo información de la vegetación (árboles) como diámetro, altura, ubicación, así como fotografías del sitio; esta información fue registrada en fichas de campo diseñadas para el proyecto. Se anexaron al SIG dos temas: los datos generales del sitio y las fotografías de campo; y el reporte de los datos dasonómicos de los árboles muestreados dividido por sitio.

Análisis de resultados

Al integrar la información cartográfica, así como la información obtenida en campo como línea base, se sistematizó la información para ser representada a través de mapas para una interpretación gráfica. Asimismo, se obtuvo información estadística que permite un análisis del cambio de coberturas de vegetación. Entre los resultados se identificó un cambio hacia las coberturas mayores de 129,365.97 hectáreas y un cambio hacia coberturas menores de 156,529.72 hectáreas representando un balance negativo hacia zonas de menor cobertura. Sin embargo, al analizar la Tabla 2 se observa que las zonas con mayor cambio son los asentamientos urbanos que pasan de 99,286 ha en 1993 a 205,221 ha en 2015 y que la mayor parte de esta superficie creció hacia zonas que en 1993 eran agrícolas (96,066 ha) y no hacia zonas forestales.

Al excluir los cambios de agricultura hacia asentamientos urbanos, se obtiene un balance muy diferente donde los cambios hacia una mayor cobertura son de 125,550 ha, mientras que las zonas con menor cobertura suman 50,653 ha, lo cual representa un balance neto positivo de 74,897 ha. Al analizar los bosques y las selvas del Estado de México, se identifica que en 87,900 ha existe un incremento en la cobertura, mientras que en 20,710 ha ocurrió una pérdida de cobertura forestal, por lo que el balance neto es de 67,191 ha. Los resultados permiten identificar que la frontera entre lo agrícola y lo forestal cambia poco y que los mayores cambios se dan en el incremento en la densidad al interior de los bosques, y no al contar con una mayor superficie forestal.

Tabla 2. Cambios en la cubierta vegetal (en hectáreas) del Estado de México entre 1993 y 2015

	Mapa 2015												
Mapa 1993	CUERPO DE AGUA	ASENTAMIENTO HUMANO	AGRICULTURA	PASTIZAL	MATORRAL	BOSQUE CON MENOS DE 30 % DE COBERTURA	BOSQUE ENTRE 30 Y 60 % DE COBERTURA	BOSQUE CON MÁS DEL 60 % DE COBERTURA	SELVA CON MENOS DE 20 % DE COBERTURA	SELVA CON MÁS DEL 20 % DE COBERTURA	HUMEDAL	SIN VEGETACIÓN APARENTE	Total general
CUERPO DE AGUA	19,793	59	1,035	356	0	1	2	12				96	21,376
ASENTAMIENTO HUMANO		99,286											99,286
AGRICULTURA	2,565	96,066	887,832	4,530	2,700	3,959	1,832	7,058	354	475	7	2,231	1,009,609
PASTIZAL	1,244	3,076	12,868	119,082	369	4,787	824	3,227	975	3,620	96	666	150,834
MATORRAL	11	1,814	448	1,061	45,787	842	549	583		24			51,437
BOSQUE CON MENOS DE 30 % DE COBERTURA	54	2,100	846	1,384	260	43,945	9,301	18,602				159	76,651
BOSQUE ENTRE 30 Y 60 % DE COBERTURA	1	352	1,159	597	1,224	3,367	62,227	45,845				71	114,844
BOSQUE CON MÁS DEL 60 % DE COBERTURA	14	471	1,914	1,103	283	4,807	7,395	482,927				48	498,962
SELVA CON MENOS DE 20 % DE COBERTURA	1	10	510	1,382	1				23,752	14,153		212	40,020
SELVA CON MÁS DEL 20 % DE COBERTURA			585	2,811					5,140	153,343	2	50	161,931
HUMEDAL	72	2	3	23							1,392		1,492
SIN VEGETACIÓN APARENTE	223	1,966	1,021	300	117	121	15	99	33	46		19,106	23,065
Total general	23,979	205,221	908,220	132,629	50,741	61,828	82,147	558,352	30,254	171,661	1,518	22,957	2,249,508

En verde se encuentran las áreas con cambios hacia coberturas mayores; en rojo los cambios a menor cobertura o con cambio de uso de suelo; y en azul en la diagonal se muestran las zonas que no han cambiado.

Tabla 3. Síntesis de los cambios en la cubierta vegetal (en hectáreas) del Estado de México entre 1993 y 2015

Cambio total		Cambio sin asentamientos	
Positivo	Negativo	positivo	negativo
129,365.97	156,529.72	125,550.12	50,653.16

Superficie total de bosques		Superficie total de selvas	
1993	2015	1993	2015
690,457.36	702,327.01	201,951.08	201,914.52

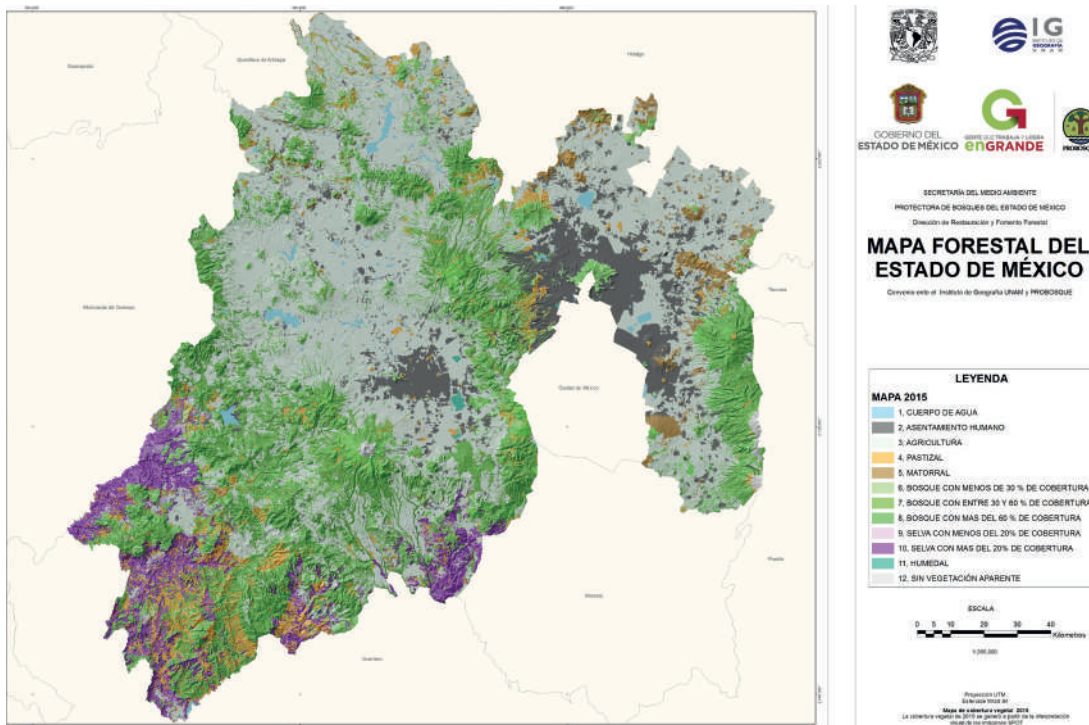
Tabla 4. Superficie, en hectáreas, por tipo de cobertura para el Estado de México en 1993 y 2015

CLASE	1993	2015	DIFERENCIA (ha)
Cuerpo de agua	21,376	23,979	2,603
Asentamiento humano	99,286	205,221	105,935
Agricultura	1,009,609	908,220	-101,389
Pastizal	150,834	132,629	-18,205
Matorral	51,437	50,741	-696
Bosque con menos de 30% de cobertura	76,651	61,828	-14,823
Bosque entre 30 y 60% de cobertura	114,844	82,147	-32,697
Bosque con más del 60% de cobertura	498,962	558,352	59,390
Selva con menos de 20% de cobertura	40,020	30,254	-9,766
Selva con más del 20% de cobertura	161,931	171,661	9,730
Humedal	1,492	1,518	27
Sin vegetación aparente	23,065	22,957	-108

La Base de Datos Espacial del Sistema de Información Geográfica de PROBOSQUE, actualmente proporciona acceso a la información integral, y atiende las demandas de la Dirección de Restauración y Fomento Forestal para promover el conocimiento del uso de los sistemas de información geográfica, particularmente en las áreas de oportunidad de PROBOSQUE así como en sus diferentes Departamentos, particularmente al Departamento de Reforestación, donde a través de esta área, se aportan esquemas organizados y representaciones gráficas de alto valor operativo (FAO, 2015).

La construcción del SIG se respalda al integrar en éste los procesos de los diferentes Departamentos de PROBOSQUE, contando con el soporte operativo, así como de información de alta relevancia en materia de manejo forestal. Actualmente el SIG incide en la planeación, desarrollo, monitoreo y evaluación de las acciones realizadas, particularmente en el Programa de Reforestación y Restauración Integral de Microcuencas (PRORRIM). La aplicabilidad del SIG radica en la generación y el uso de diversos mapas como son: el mapa forestal de clasificación supervisada de imágenes del sensor SPOT del año 2015, que incluye la integración de capas como vegetación, recursos hídricos, áreas urbanas, agricultura y sin vegetación aparente; el Mapa Forestal de clasificación supervisada de imágenes aéreas del año 1993 que incluye capas de vegetación, recursos hídricos, áreas urbanas, agricultura y sin vegetación aparente; el mapa de dirección de cambio, que representa una comparación entre 1993-2015. Uno de los resultados más relevantes del SIG es la identificación de áreas perturbadas a través de la zonificación actual ya que permite la integración de bases de datos con información detallada a nivel de predio y así obtener diversos análisis para la elaboración de proyectos con monitoreo de alta precisión. Finalmente, es posible visualizar áreas reforestadas a través de los ejercicios efectuados por el PRORRIM, Plantaciones Forestales Comerciales (PFC), Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) Y PROCARBONO de los ejercicios 2015 a la fecha.

Figura 7. Mapa forestal de clasificación supervisada



Discusión

La naturaleza de la información obtenida a través de este proyecto, fortalece en gran medida las actividades realizadas por PROBOSQUE, ya que produce constantemente material cartográfico; sin embargo, se requiere la integración de diversos componentes operativos, que sean herramienta para la diversificación de alternativas productivas, ya que se obtiene información precisa en materia forestal, pero no es el único componente que requiere la sociedad; los dueños y/o poseedores del territorio en el Estado de México actualmente necesitan medidas que contribuyan a la adaptación ante los efectos del cambio climático, y más si son herramientas gráficas que le permitan comprender estas dinámicas. En este sentido, tanto en la parte inicial como en la operación se contempló la recopilación, validación, sistematización, procesamiento y análisis de la información, captura de datos y generación de nuevos productos; sin embargo, las condiciones sociales, políticas, económicas, institucionales y de proyección de los escenarios en un contexto de cambio climático no fueron consideradas, particularmente que para establecer medidas de adaptación al cambio climático. Por otro lado, la información básica y temática al ingresar al sistema requiere ser georeferenciada, adoptando el sistema de coordenadas geográficas con valores de latitud y longitud, planteando una escala de representación cartográfica regional para difusión de la información obtenida, sin embargo, las capacidades operativas requieren una mayor precisión simultánea para optimizar los resultados que pretende este sistema. La estructura física del sistema contempla la comunicación de los componentes mediante redes de acceso local y la conexión por medio del internet a la base de datos utilizando la aplicación Quantum GIS y depende sustancialmente de las condiciones de comunicación en todas las Delegaciones Regionales Forestales de PROBOSQUE. La parte esencial en un sistema de información es el análisis de los datos; ésta es la pieza clave en el correcto diseño de todos los elementos que integran dicho sistema. Las herramientas que se implementan en este tipo de arquitecturas integran tecnologías complementarias que permiten el manejo de los datos, que son diferentes a los que normalmente se almacenan en una base de datos “alfanumérica” (FAO, 2015).

Conclusiones y recomendaciones

La optimización del proceso de reforestación, así como del acondicionamiento y conservación de suelos es una actividad importante para revertir la degradación de recursos del suelo, agua y biológicos, así como para aumentar la producción de cultivo y la ganadería, siempre y cuando se considere que la conservación y manejo de los recursos naturales y el fortalecimiento a productores como mitigación de los efectos de la deforestación es prioritario. Actualmente, con los resultados obtenidos a partir del SIG es posible incluir una visión integral en la elaboración de Dictámenes Técnicos para la evaluar las solicitudes recibidas al PRORRIM; esta acción

ofrece alternativas orientadas a la recuperación estratégica de los bosques en el Estado de México, así mismo fomentar alternativas productivas y medios de vida de las comunidades a través del establecimiento de plantaciones forestales comerciales.

El SIG de PROBOSQUE es una herramienta útil que permite a partir de los mapas y análisis de los resultados diseñar, desarrollar e implementar estrategias para zonificar áreas potenciales de restauración y posteriormente realizar reforestaciones estratégicas, así como acciones de restauración de suelos en áreas mayores a una hectárea. Es decir, la identificación de “áreas prioritarias” permite la implementación de diversas acciones de conservación de manera inmediata, con una visión de paisaje a través de mosaicos de vegetación obtenidas a partir de la generación de mapas. A pesar de que estas acciones son perceptibles localmente, al realizarse de manera simultánea se promueve la conectividad de paisajes con aptitud forestal, que benefician significativamente a la población de la entidad. Finalmente, se recomienda establecer acuerdos con instituciones del sector ambiental en los tres niveles de gobierno para fomentar acciones transversales y la identificación de áreas de oportunidad con información estandarizada a diferentes niveles, incluso regional, a través de acuerdos con otras entidades vecinas.

Referencias

FAO (2012). Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe.

FAO (2015). “Restauración de bosques y paisajes”. *Unasylva: Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5212s.pdf>

McGuire (2014). Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/ipbes.html>. [Consultado el 29 de octubre del 2015.]

Universidad Nacional Autónoma de México (2015). Identificación de áreas perturbadas mediante la implementación de un SIG para restauración y reforestación. Informe final. Instituto de Geografía-PROBOSQUE.

Sayer, J., Elliott C. y Maginnis, S. (2003). “Protect, manage and restore: conserving forests in multifunctional landscapes”, World Forestry Congress, Quebec, s/p.



Análisis de los incendios 2017 en la zona alpina del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y su relación con la ganadería extensiva

Rubén López Cano¹, María Guadalupe González Castorena²,
Dalia Benítez López²

1. CEPANAF-PROESNEVADO

2. ICAMEX

RESUMEN

Durante 2017 se realizó una evaluación comparativa de suelos expuestos a quemas forestales y en suelos no quemados de la zona núcleo (Subzona de Uso Restringido), y en la Subzona de Preservación del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), midiéndose temperatura ambiente, del suelo a 5 y a 10 cm de profundidad; parámetros fisicoquímicos de muestras de suelo de 30 cm superficiales y análisis bromatológico de tres especies representativas como *Festuca toluensis*, *Lupinus montanus* y *Eryngium proteiflorum*. La especie de mayor capacidad regenerativa y calidad nutritiva resultó ser *L. montanus*; se afectó fuertemente al pastizal alpino en una amplia zona, donde de acuerdo al Programa de Manejo, está prohibida la quema y el pastoreo, y además se encuentra *E. proteiflorum*, una especie endémica y sujeta a protección especial, de acuerdo al proyecto de modificación del anexo normativo de la NOM-ECOL-SEMARNAT-059-2010.

Palabras clave: incendios, subzona de uso restringido, especie sujeta a protección especial.

ABSTRACT

During 2017, a comparative evaluation of soils exposed to forest burns was made and the core area does not burn (restricted use subzone), and in the Subzona de Preservación del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), measuring room temperature between 5 and 10 cm deep, physicochemical parameters of soil samples of 30 cm surface and bromatological analysis of three representative species as *Festuca toluensis*, *Lupinus montanus* y *Eryngium proteiflorum*, the species with the greatest regenerative capacity and nutritional quality was *L. montanus*, the alpine pasture was strongly affected in a wide area, where is according to the Programa de Manejo, burning and grazing are prohibited even where *E. proteiflorum* is found, an endemic species and subject to special protection, according to the amendment draft of the normative annex NOM-ECOL-SEMARNAT-059-2010.

Introducción

Conforme al Resumen del Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Nevado de Toluca, la zonificación de ésta establece una zona núcleo con 1,941.39 ha, que se subdivide en una Subzona de Protección Área Alpina (SPA) (129.043 ha) y una Subzona de Uso Restringido El Cráter (SUR) (1,812,349 ha), donde existe la comunidad dominante de pastizal alpino, así como aislados y pequeños núcleos de *Juniperus sabinoides* montícola en salientes rocosas y un substrato frágil, predominantemente arenoso, con elevada capacidad de infiltración y con alto riesgo erosivo si está desnudo, por lo que la ganadería, el pastoreo y el uso de fuego o fogatas están prohibidos (SEMARNAT-CONANP, 2016).

Por otra parte, el uso del fuego para favorecer la regeneración vegetal para consumo de ganado es una antigua práctica que ha sido analizada desde diferentes ópticas, como es la de aumentar la productividad ganadera, evitar incendios catastróficos, quemas prescritas para aumento de la biodiversidad vegetal, sin afectar mayormente al equilibrio del suelo (Ladrach, 2009). Sin embargo, las quemas sucesivas en terrenos de alta pendiente y suelos arenosos y no desarrollado, afecta la capacidad de retención e infiltración del agua de lluvia y provoca la formación de estructuras de erosión en el inicio de las subcuencas del Nevado de Toluca, a más de 4,100 metros de altitud, que puede comprometer el equilibrio de ese frágil ecosistema e incidir negativamente en la recarga del Acuífero Valle de Toluca.

Incendios en la Zona Alpina Nevado de Toluca en 2017

En 2017, la humedad relativa en el primer cuatrimestre del año (enero-abril) tuvo un promedio de 60%, con extremos inferiores de 30% y máximas de 65%; en tanto que en el verano la humedad media fue del 80% (Meteoblue, 2018). En ese contexto, entre enero y mayo de 2017, el PROESNEVADO registró ocho incendios dentro y en el perímetro inmediato de la Subzona de Uso Restringido (SUR), de los cuales cuatro son principalmente sobre pastizal de alta montaña. Fuera de la SUR se afectaron 179 hectáreas, donde 74.98 ha fueron pastizal de alta montaña (PAM), 91.22 ha de bosque de *Pinus hartwegii* (BPh) y 21.09 ha de reforestaciones (Re). Dentro de la SUR, los 4 incendios registrados en enero, abril y mayo suman 115.85 ha, en donde el 65% correspondió a PAM y un 35% a BPh, todos ellos entre las cotas desde los 3,970 a los 4,144 msnm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de Incendios en la Subzona de Uso Restringido del APFF Nevado de Toluca entre enero y mayo de 2017 (con énfasis en el PAM)

Fecha detección (2017)	Fecha rodalización (2017)	Superficie afectada (ha)	Pastizal de alta montaña (ha)	Bosque de P. hartwegii (ha)	Altitud (msnm)	Sitio Afectado
	24-ene	0.32	0.32		4,039	Pastizal alpino; zona indefinida (SUR)
20-ene	24-ene	7.03	1.5	5.53	4,025	21.3% pastizal; 78.7% bosque denso de P hartwegii de la SUR. De una cuantificación al azar de 15 árboles afectados con diámetro a la altura del pecho (DAP) 15-60 cm; alturas de 4-23 m; volumen afectado por el incendio de 17.52 m3. En Google Earth para el 18 de febrero de 2016 no se detectaba superficie quemada; para el 21 enero 2017 ya se detectó. Zona indefinida en tenencia de la tierra.
25 abril	26-abr	103	67.98	35.02	3,970 - 4,110	Del 25 al 26 de abril de 2017. Se observaron 15 vacunos en la zona de incendio del 20 de enero. El 66% fue pastizal de alta montaña; 34.4% bosque de P. hartwegii dentro de la Subzona de Preservación. De las 103 ha quemadas, 66 ha corresponden al Comunal de Tlacopec; de ésta 56.2 ha es pastizal y el 10.6 ha es bosque de P. hartwegii. El resto es de la zona indefinida.
3 mayo	19-may	5.5	5.5		4,144	Incendio Caseta PROBOSQUE. Pastizal de alta montaña. Provocado por paseantes que no se les dejó pasar por la cadena de PROBOSQUE, en SUR.
						El 12 de julio de 2017: 12 vacunos, cuatro de ellos becerros, en el perímetro de la zona de pastizal alpino incendiada en 5.5 ha, justo en "La Z" de Calimaya, abajo de la caseta de radiocomunicación de PROBOSQUE, zona prohibida para el pastoreo y acción de fuego.
	TOTAL	115.85	75.30	40.55		
	%		65	35.00		

Materiales y métodos

El 24 de enero de 2017 se realizó la verificación física del primer polígono incendiado, utilizando un geoposicionador satelital (GPS) Garmin modelo 62sc siguiendo la línea perimetral del mismo, transfiriendo los datos a un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap. El 26 de abril se realizó una segunda poligonal de un incendio iniciado el 25 de abril y concluido en su extinción el 26 de abril; se utilizó el mismo procedimiento de recorrido perimetral con el GPS Garmin y la transferencia al SIG.

Los días 26 de abril y 2 de mayo de 2017 se tomó la temperatura ambiente y del suelo a 5 y 10 cm de profundidad con un termómetro de mercurio marca Brannan. El del 26 fue a un día de haberse experimentado el incendio en el PAM, mientras que para la zona incendiada con vegetación de bosque de *P. hartwegii* (2 de mayo), se tomaron también las mismas temperaturas. En ambos casos las lecturas se realizaron tanto en zona quemada como en zona no quemada, para tener la comparativa respectiva.

El 16 de agosto de 2017 se colectaron muestras de suelo quemado y no quemado de los mismos puntos donde se registró la temperatura de las zonas quemadas y no quemadas de los días 26 de abril y 2 de mayo; las muestras de suelo corresponden a los primeros 30 cm superficiales, en las zonas de PAM quemado y no quemado, y en el Bosque de *P. hartwegii* quemado y no quemado; las muestras de suelo fueron secadas al aire libre y se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos en el Laboratorio de Suelos de ICAMEX. Se realizó el análisis de textura mediante el Método de Bouyoucos; porcentaje de materia orgánica por Walkley & Black; capacidad de intercambio catiónico; fósforo, potasio, calcio y magnesio por Merlich 3; y metales pesados: cadmio, cobre, plomo y zinc por Merlich 3 y absorción atómica Perkin Elmer AA200.

En esa misma fecha se tomaron muestras de ejemplares de plantas herbáceas representativas del PAM, y que también estuvieran presentes en el BPh. De esta forma, se colectó una planta, con cepellón y raíz de *Festuca toluensis* (zacatón), *Lupinus montanus* (garbancillo) y *Eryngium proteiflorum* (flor de montaña) para sitios quemados y no quemados de los dos tipos de vegetación en PAM y BPh, transportándose hacia el Laboratorio de Aguas de ICAMEX para realizar los análisis bromatológicos respectivos, evaluando altura (cm), peso verde parte aérea, peso verde raíz, peso seco aéreo, peso seco radicular, peso verde total y peso verde. Posteriormente, las muestras se introdujeron en una estufa eléctrica, durante 72 horas a 70°C, obteniendo así las muestras secas y evaluando humedad total (%), humedad radicular, humedad parte aérea, materia seca total (%), materia seca radicular, materia seca parte aérea, calcio, magnesio, sodio, potasio, fierro (ppm), proteína, grasas, fibra, minerales y carbohidratos (Tejeda Hernández, 1980).

Resultados

El área de PAM del flanco Lerma del Nevado de Toluca, ubicado entre la carretera de acceso y los límites superiores con el BPh comprende una extensión de 198 ha. De éstas, fueron incendiadas 75 ha entre enero-abril 2017 (37.87%), más 40.55 ha del BPh; la gran mayoría dentro de la misma SUR, perteneciente a la Zona núcleo del APFFNT y en menor medida a la Subzona de Preservación (SPr) de la Zona de Amortiguamiento, una superficie significativa para una de las principales zonas de recarga vertical de la montaña, la cual empieza a manifestar daños de erosión y arrastre de materiales no solo por los incendios, sino por el pastoreo de ganado vacuno que altera la mínima fragilidad de un suelo poco desarrollado, empezando a generar estructuras de erosión (cárcavas) a más de 4,000 msnm (mapa 1). Muy desafortunadamente en avistamientos posteriores a los incendios, en todos los casos se observaron varias cabezas de ganado, por lo que se asume que la quema del pastizal y vegetación asociada fue provocada con fines de pastoreo, a pesar de que se ubican en zonas que por la zonificación y subzonificación del Programa de Manejo, está prohibido.

Temperatura ambiente y del suelo en zonas quemadas y no quemadas

El 26 de abril se tomó la lectura en el PAM quemado y no quemado, detectándose una temperatura ambiente de 17° y 19° C; sin embargo, en el suelo la variación fue más interesante, ya que en el PAM no quemado la temperatura a los 10 cm de profundidad fue mayor que la superficial de 5 cm, seguramente debido a la protección del pastizal y a la conservación del suelo sin perturbación. En los dos puntos de toma de muestras de pastizal quemado, la temperatura superficial fue mayor que la profunda, quizá esto obedezca a la radiación solar directa sobre la parte superficial, aunque a los 10 cm de profundidad, el no tener raíces protectoras y suelo estable, dio lugar a que la temperatura fuera sensiblemente menor.

En el caso del BPh, incendiado el 1 de mayo en la Zona de Preservación del Ejido de San Juan de las Huertas (ESJH), la temperatura ambiente entre la zona quemada y no quemada no presenta una diferencia consistente; sin embargo a nivel del suelo las diferencias son sumamente notables; en el suelo no quemado la temperatura a 5 cm de profundidad es de 15° C, disminuyendo en un orden de 5° C más, para estar entre 9° a 10° C; mientras que en el suelo

7. El proyecto de modificación del Anexo Normativo III de la norma NOM-ECOL-SEMARNAT-059-2010 (D.O.F.), 21 diciembre 2015 (p. 13) incluye a *Eryngium proteiflorum* (flor de la montaña o cardo santo) como una especie endémica y sujeta a protección especial (Pr). Asimismo, a la especie *Juniperus sabinoides monticola*, mencionada así en la NOM-ECOL-059-2010, en el nuevo proyecto de norma, se oficializa el nombre de *Juniperus monticola*, también como especie endémica y sujeta a protección especial (Pr), ambas especies en la zona alpina del Nevado de Toluca.

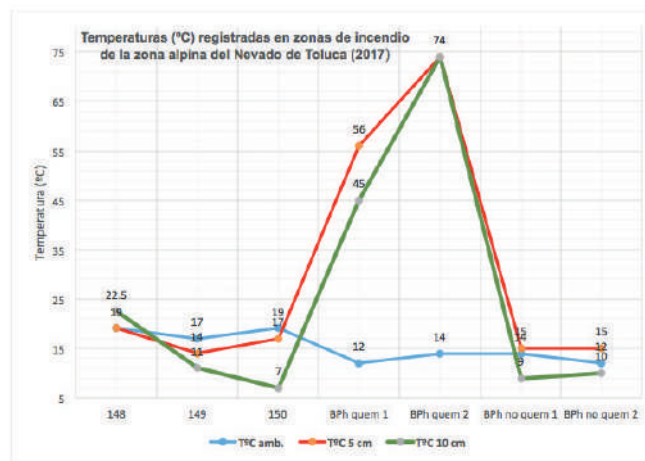
de bosque quemado, la temperatura superficial es de 56° C y 74° C, en tanto que la de 10 cm de profundidad son sumamente altas, entre 45° y 74°C, lo que representa una carbonización de la materia orgánica hasta esa profundidad (Cuadro 2 y Gráfica 1), afectando también a la fauna con menos capacidad de desplazamiento como anfibios y reptiles.

Cuadro 2. Comportamiento de la temperatura ambiente y del suelo en pastizal de alta montaña y bosque de *Pinus hartwegii* en el Nevado de Toluca (30 abril y 2 de mayo de 2017)

Punto	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura del Suelo (°C)		Fecha y hora
	E (m)	N (m)			5 cm prof.	10 cm prof.	
148 (PAM no quemado)	419494	2115206	4089	19	19	22.5	26 abril 13:54
149 (PAM quemado)	419449	2115256	4021	17	14	11	26 abril 14:08
150 (PAM quemado)	419241	2115313	3988	19	17	7	26 abril 14:19
Inc SJH (*) (BPh quemado)	416567	2116759	3747	12	56	45	2 mayo 16:20
Inc SJH 2 (BPh quemado)	416632	2116806	3746	14	74	74	2 mayo 16:30
Inc SJH 3 (BPh no quemado)	416640	2116711	3754	14	15	9	2 mayo 16:37
Inc SJH 4 (BPh no quemado)	416701	2116805	3745	12	15	10	2 mayo 16:38

(*) SJH = San Juan de las Huertas

Gráfica 1. Temperaturas en zonas de incendio y no incendio en zona alpina del Nevado de Toluca



Análisis fisicoquímicos de muestras de suelos

Todas las muestras de suelo muestran un pH ácido, signo del origen volcánico del tipo regosol en la parte alta del Nevado de Toluca, y andosol en el caso de las muestras del BPh, y si bien en textura todos son del tipo franco arenoso, puede observarse cómo de la fecha de incendio (abril-mayo) a la toma de muestras de suelo (agosto) se dio una reducción en la proporción de arenas entre los suelos quemados del PAM y BPh en comparación a las muestras de suelo no quemadas de los mismos sistemas, aumentando la proporción de limos y de arcillas en ambos casos. En cuanto a la materia orgánica (M.O.), se da una notable reducción de entre dos y tres órdenes en relación con la concentración en suelos no quemados, lo que representa una fuerte afectación a la fertilidad natural y productividad para los suelos expuestos al incendio forestal; más crítico aún en el PAM por lo ralo de la vegetación, el mínimo grado de desarrollo del pastizal, las condiciones extremas de clima, y la pendiente de más de 15° de inclinación; el mismo caso de reducción se observa en la capacidad de intercambio catiónico total (Cuadro 3).

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos en muestras de suelo quemados y no quemados en la zona alpina del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (16 agosto 2017)

PARÁMETRO	UNIDAD	TÉCNICA	M1. Zacate quemado (504)	M2. Zacate no quemado (505)	M3. Bosque quemado (506)	M4. Bosque no quemado (507)
pH	un. pH	1:2 en agua	5.52	5.97	5.6	5.77
Arena	%	Método de Bouyoucos	62	68	66	70
Limo	%		34	30	32	28
Arcilla	%		4	2	2	2
Textura			Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
M.O.	%	Walkley - Black	9.99	24.83	10.9	19.58
CICT (*)	meq/100 g	Mehlich 3	8.96	24.83	10.9	19.58
Fósforo	ppm	Mehlich 3 y fotocolorimetría Genesys 10S vis de Thermo scientific	43.96	101.32	45.6	80.32
Potasio	ppm	Mehlich 3 absorción atómica (Perkin Elmer AA200)	20	20	20	20
Calcio	ppm		20	20	20	20
Magnesio	ppm		20	60	20	20
Cadmio	ppm		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cobre	ppm		0.2	N.D.	0.6	0.4
Plomo	ppm		N.D.	0.2	N.D.	0.2
Zinc	ppm		4.6	2.8	8.2	7

(*) Capacidad de Intercambio Catiónico Total

N.D. No detectado

Análisis bromatológico de plantas en zonas quemadas y no quemadas

De la comparativa de peso húmedo y fresco en los tres ejemplares característicos del PAM, que son *Festuca toluensis* (zacatón), *Lupinus montanus* (garbancillo) y *Eryngium proteiflorum* (flor de la montaña), se observa que en general, el efecto de los incendios de enero-abril de 2017 generó que al menos *F. toluensis* y *L. montanus* tuvieran una alta tasa de recuperación, ya que ambas rebasaron con mucho en peso húmedo a sus pares de las zonas no quemadas en el PAM, lo que se confirma aún en peso seco. El índice peso verde aéreo/peso seco aéreo muestra elevada turgencia en los mismos ejemplares del pastizal quemado con relación al pastizal no quemado; incluso en el sistema radicular se observa el mismo comportamiento. Inversamente, las plantas no quemadas poseen mayor materia seca que las obtenidas de las zonas incendiadas: 41.44 vs 33.04% en el caso de *F. toluensis*, 29.72 vs 21.9% en el caso de *L. montanus*; no así con *E. proteiflorum*, donde quizá en la colecta en la zona no quemada se tomó un ejemplar reciente, ya que ahí la proporción de materia seca fue de apenas 18.89% contra 32% en la zona quemada. Con relación al contenido de proteína y otros elementos nutritivos son mayores en las plantas del PAM quemado que en el no quemado, excepto en el de carbohidratos, donde son mayores en los ejemplares del PAM no quemado (Cuadro 4, Gráfica 2).

Cuadro 4. Análisis bromatológico de ejemplares vegetales del Pastizal de Alta Montaña

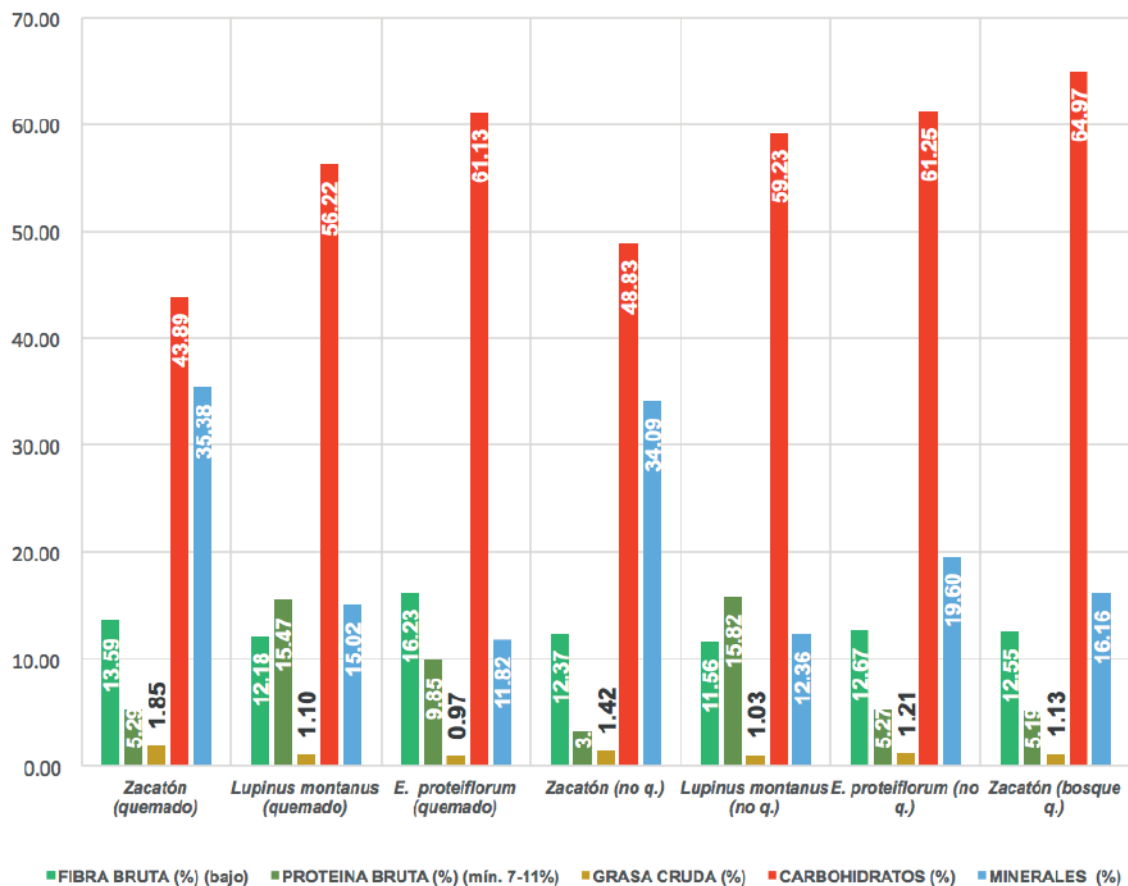
No.	Variables	Unidad	Pastizal de Alta Montaña Quemado			Pastizal de Alta Montaña Quemado			Bosque P. Hartwegii Quemado
			Zacatón (<i>F. toluensis</i>)	<i>Lupinus montanus</i>	E.	Zacatón (<i>F. toluensis</i>)	<i>Lupinus montanus</i>	<i>E. proteiflorum</i>	Zacatón (<i>F. toluensis</i>)
1.	Altura (h)	cm	42	30.5	62	68	21	69	80
2.	Diámetro basal (D) (mata en zacatón)	cm	10.9	0.5	1.4	40	0.5	2	25
3.	Peso verde parte aérea (PVA)	g	1,329	130	81	623	35	198	1,451
4.	Peso seco parte aérea (PSA)	g	415.92	28.91	38.2	258.14	11.6	40.41	554.27
5.	Índice peso verde aéreo/peso seco aéreo		3.20	4.50	2.12	2.41	3.02	4.90	2.62
6.	Peso verde radicular (PVR)	g	325	21	9	132	13	46	201
7.	Peso seco radicular (PSR)	g	130.43	4.59	5.32	54.67	3.85	8.68	79.64

8.	Índice peso verde radicular/peso seco radicular		2.49	4.58	1.69	2.41	3.38	5.30	2.52
9.	Peso verde total (PVT)	g	1,654	153	136	755	52	260	1,801
10.	Peso seco total (PST)	g	546.35	33.5	43.52	312.81	15.45	49.09	633.91
11.	Índice peso verde total/peso seco total		3.03	4.57	3.13	2.41	3.37	5.30	2.84
12.	Humedad Total (%)	%	66.96	78.10	68.00	58.56	70.28	81.11	64.80
13.	Humedad /peso seco parte aérea (PSA)	g	68.70	77.76	52.83	58.58	66.85	79.59	61.80
14.	Humedad/peso verde radicular (PVR) (%)	%	59.86	95.42	40.88	58.58	70.38	81.13	60.37
15.	Materia Seca (%) Total	%	33.04	21.90	32.00	41.44	29.72	18.89	35.20
16.	Materia Seca /peso seco parte aérea (PSA)	g	31.30	22.24	47.17	41.42	33.15	20.41	38.26
17.	Materia Seca /peso verde radicular (PVR) (%)	%	40.14	4.58	59.12	41.42	29.62	18.87	39.63
18.	Calcio (%)	%	N.D.	1.35	1.34	N.D.	0.35	0.25	0.07
19.	Magnesio (%)	%	N.D.	0.27	0.45	0.09	0.11	N.D.	0.03
20.	Sodio (%)	%	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
21.	Potasio (%)	%	0.05	0.73	1.35	0.23	0.02	0.21	0.35
22.	Fierro	ppm	2,372.04	1,227.72	628.93	2,278.01	1,341.55	1,045.96	846.85
23.	Proteína (%)	%	5.29	15.47	9.85	3.29	15.82	5.27	5.19
24.	Grasas (%)	%	1.85	1.10	0.97	1.42	1.03	1.21	1.13
25.	Fibra (%)	%	13.59	12.18	16.23	12.37	11.56	12.67	12.55
26.	Minerales (%)	%	35.38	15.02	11.82	34.09	12.36	19.60	16.16
27.	Carbohidratos	%	43.89	56.22	61.13	48.83	59.23	61.25	64.97

N.D. No detectado

Lo anterior muestra el resultado natural de las plantas forrajeras de monte al ser expuestas al fuego, donde se estimula la regeneración de la vegetación mediante la acción del fuego, con una calidad nutritiva mayor a la de la vegetación no expuesta al incendio; sin embargo, el problema de realizar estos incendios constantes en la zona alpina, particularmente sobre una comunidad sumamente frágil como el pastizal de alta montaña, es que potencialmente, por la erosión, puede perderse el banco de semillas de las plantas emergentes, e iniciar así un proceso de erosión, más crítico cuando una de las especies involucradas es *Eryngium proteiflorum*, una especie endémica que está próxima a ser decretada bajo estatus, en la categoría de “sujeta a protección especial”, lo que hace doblemente necesario respetar la regla de no incendiar, ni someter a pastoreo el “Pastizal de Alta Montaña” de la Subzona de Uso Restringido, dentro de la Zona Núcleo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Gráfica 2. Análisis bromatológico de muestras vegetales de Pastizal de Alta Montaña quemado y no quemado, y en bosque de *P. hartwegii* en el APFFNT, México (2017)



Discusión

El efecto de los incendios en las comunidades vegetales alpinas siempre será crítico, toda vez que en pastizal de alta montaña se tiene una comunidad verticalmente simple, un sólo estrato herbáceo, con una densidad que cada vez es menor por las quemas periódicas a la que está expuesta, por el ramoneo de que es objeto por parte del ganado vacuno, y en el caso particular del Nevado de Toluca, por la afectación adicional que sufre por motocicletas enduro, cuatrimotos, SUV's, jeeps y todo tipo de vehículos de fuerte tracción que han hecho del ascenso al volcán un pasatiempo favorito, sin tomar en cuenta ninguna consideración ambiental; el pastizal de alta montaña está plagado de rutas diversas de subidas de este tipo de vehículos, lo que viene a erosionar completamente este regosol, donde el único material que le da cohesión son las raíces del zacatón. Es evidente que ya existen varios casos de cárcavas incipientes en el pastizal de alta montaña.

El efecto de la precipitación promedio de hasta 1,200 litros/m² en una condición de pastizal de alta montaña cubierto de gramíneas y un pastizal quemado es sumamente contrastante, dando lugar a un empobrecimiento del suelo y de la comunidad de pastizal en el segundo caso, con la creación de cárcavas que adquieren además una aceleración hidráulica, por lo quebrado del terreno en las cotas de los 4,000 hasta los 3,600 msnm en el flanco Lerma del Nevado de Toluca; en esta segunda altitud, se agrava el tema de erosión y arrastre por el uso agrícola del suelo, el cual no tiene prácticas de conservación de suelo, y se generan grandes cárcavas.

El bosque contiguo de *Pinus hartwegii*, es un bosque relictivo muy valioso porque apenas a una distancia promedio de 400 m debajo de la carretera de terracería que va al cráter, ya se encuentra este tipo de bosque, por lo que funciona como un gran contenedor del escurrimiento que pudiera darse en el zacatonal alpino incendiado o alterado por las quemadas sucesivas; además de captador directo de lluvia por su cobertura de copa, y favorecedor de infiltración por la abundante capa de hojarasca u horizontes orgánicos que posee en su superficie. Las quemadas constantes y el pastoreo de que son objeto estos bosques han empezado a afectar este bosque tanto en su calidad, ya que son abundantes los manchones de árboles plagados con descortezador, como infestados por muérdago negro, todo ello debido a la debilidad progresiva que va teniendo el árbol por los incendios provocados. En cuanto a la regeneración natural, si bien es cierto que la liberación de espacio de copa da lugar a la regeneración natural, como se observa en varios puntos, en la zona incendiada en 2016, para estas fechas, no muestra todavía semillación de pino; lo que sí se observa tanto en la parte alta como en la parte baja quemada (32 ha del ESJH). Estas quemadas y derribo de arbolado pueden ser también una estrategia para ampliar terrenos de ganado y de cultivo, situación que está prohibida en el nuevo decreto y programa de manejo del APFFNT.

En el Nevado de Toluca no sólo los árboles son reservas de bióxido de carbono, también lo es la vegetación alpina y el mismo suelo. Investigaciones diversas han mostrado las enormes pérdidas que se dan en CO₂ fijado y liberado por los incendios; este compuesto es un gas de efecto invernadero (GEI). Asimismo, la pérdida de la fertilidad del suelo está comprobada; la capacidad de intercambio catiónico de un suelo disminuye severamente. De igual forma, la erosión puede llegar a ser intensa. Cerda y Jordán (2010: 197) refieren que “...después del incendio [forestal]...las tasas de erosión son muy altas (190 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en los primeros 2 meses) [un Mg = 1 tonelada] para descender progresivamente hasta las 2 Mg ha⁻¹año⁻¹ un año después...”.

De acuerdo a Gil *et al.* (2010), las áreas quemadas muestran un descenso significativo del contenido en todas las bases de cambio catiónico. Como promedio, este descenso llega a ser del 90.1, 85.0, 80.0 y 99.9% para Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺, respectivamente.

Se desconoce el grado de afectación sobre las comunidades vegetales alpinas por parte de la ganadería y quemadas inducidas en esas comunidades extremas; sin embargo, es sumamente extraño que los pequeños núcleos de *Juniperus monticola compacta* se ubiquen solamente en sitios escarpados, en sustrato rocoso.

Almeida-Leñero *et al.* (2004: 121) mencionan que "... la comunidad de *Juniperus monticola compacta* puede ser un relictos de una comunidad mucho más extendida que conectaba el bosque de *P. hartwegii* con el pastizal de alta montaña, la cual, por la incidencia continua del fuego, se fue eliminando hasta quedar como ahora, sólo en manchones en enclaves rocosos a salvo de las llamas...".

Sin embargo, el relato de José María Heredia y Heredia de su ascenso al Volcán en 1836 da a pensar que en esa fecha aún había una continuidad entre el bosque de *P. hartwegii*, el matorral de *J. monticola compacta*, ahora *J. compacta* y el pastizal de alta montaña: "...La disminución de los pinos continuó con rapidez, según subimos, hasta que los últimos apenas medían media vara de alto, ofreciendo el singular espectáculo de un bosque en miniatura. Al fin desaparecieron, quedando reducida la vegetación a una yerba menguada y marchita, entre la cual sobresalían con frecuencia los tallos espinosos de una especie de *Dipsacus* (vulgarmente cardo)" (Heredia, 1965: 191).

Rzedowskii *et al.* (2010) menciona que *J. monticola f. compacta* mide de 40-60 cm de altura, justo en el rango de media vara (vara = 83.5905 cm) que relata Heredia, lo que implicaría que esta comunidad arbustiva estaba continua entre el bosque de *Pinus hartwegii* y el pastizal de alta montaña, donde resaltó la presencia del *Dipsacus*, una especie muy parecida a *Eryngium proteiflorum*, lo que actualmente se ha perdido.

Conclusiones y recomendaciones

En el año 2017, de las 212.67 ha de pastizal alpino del flanco Lerma de la Zona Núcleo del APFFNT, se asume que fueron incendiadas intencionalmente 75 ha (35% del total) entre enero-mayo, así como 41 ha de bosque de *Pinus hartwegii* de la Subzona de Preservación, alcanzándose temperaturas de hasta 74° C en los primeros 5 y 10 cm del suelo en bosque de *Pinus hartwegii* (a los tres meses de haberse dado los incendios, ya estaban pastando vacuno en las zonas de rebrote).

El efecto en los suelos fue que tanto en el pastizal de alta montaña, como en el bosque de *P. hartwegii*, la concentración de materia orgánica disminuyó hasta 9.9 y 10.9%, mientras que en el mismo tipo de suelo no quemado la materia orgánica tuvo valores de 24.83 y 19.58%, respectivamente.

Hacia agosto, durante época de lluvias, se observó una cobertura vegetal de 40% en el pastizal de alta montaña incendiado, y procesos de arrastre de arenas y gravillas, desgajamiento en bloque de pastizal por efecto del fuego y la lluvia, así como zacatón ramoneado. Mientras que el zacatonal alpino sin incendio tiene una cobertura > 90%.

Este proceso de erosión en bloques se agrava por el pisoteo de ganado vacuno, manifestado por plantas indicadoras como *Eryngium proteiflorum*, así como la abundancia de *Lupinus montanus* como indicadora de incendio.

Las condiciones de baja estabilidad y mínimo desarrollo de los regosoles, pendientes dominantes promedio de 10 y >15° en cabeceras de las microcuencas alpinas y un estrato herbáceo disperso, con menos de 40% de cobertura en zonas de pastizal de alta montaña incendiados, propician elevada afectación al suelo y erosión.

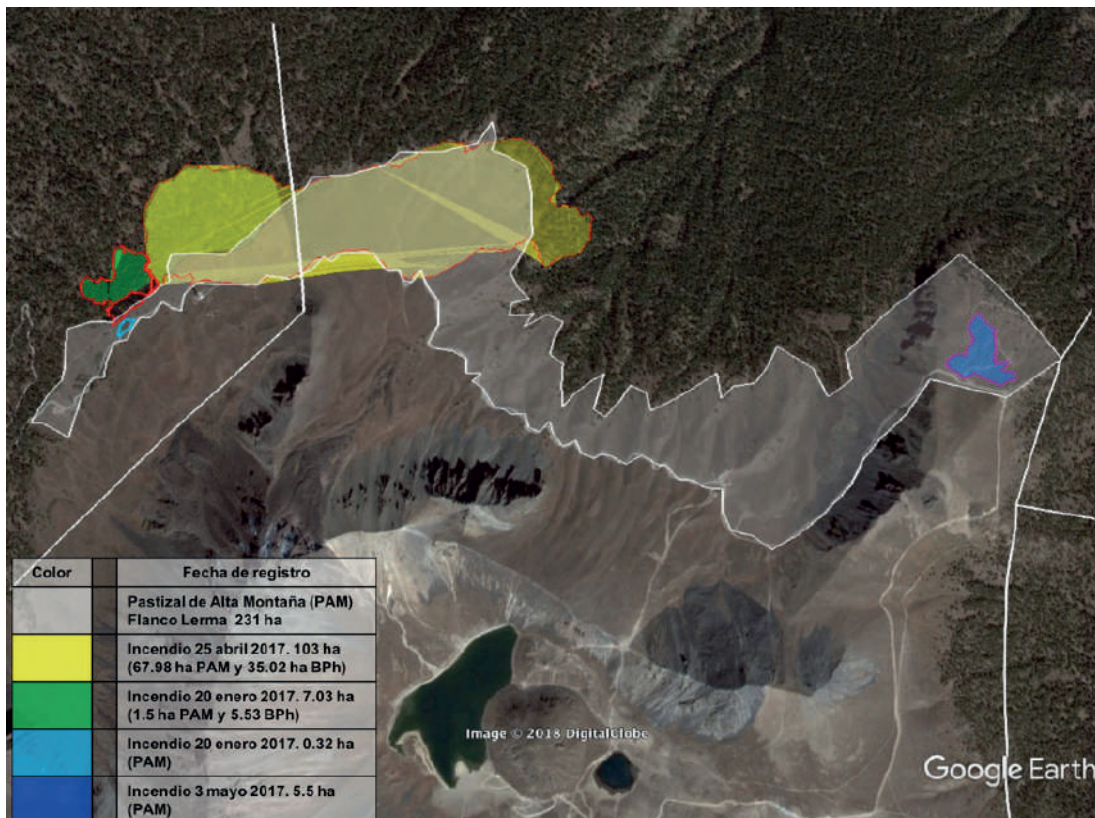
En el caso de algunas propiedades bromatológicas de muestras de plantas obtenidas de las zonas de pastizal quemado y no quemado, así como del bosque de *Pinus hartwegii* quemado, se observa que de las tres especies colectadas (*Festuca tolucensis*, *Lupinus montanus* y *Eryngium proteiflorum*, estas dos últimas, indicadoras de incendios y sobrepastoreo, respectivamente), los valores más altos de fibra bruta, proteína bruta, carbohidratos, se dieron en las plantas emergentes en las zonas incendiadas, ya que se estimula su germinación y desarrollo después del incendio; sin embargo, aun así, estas especies y su mínima cobertura en el suelo, no alcanzan a cubrir las necesidades alimenticias del ganado vacuno; y sin embargo, si afectan a la función hidrológica del Pastizal de Alta Montaña, además de que está prohibido el pastoreo en esta comunidad vegetal perteneciente a la Subzona de Uso Restringido.

En materia de carbono, se muestra que el pastizal de alta montaña sin quemar, integrado principalmente por *Festuca tolucensis*, *Agrostis tolucensis* y *Calamagrostis tolucensis*, es una importante reserva de carbono, ya que tanto a nivel de tallos como de raíz almacena importantes cantidades de carbono, con un índice de peso verde total/peso seco total de 2.41, que se mantuvo en las proporciones fresco-seco de parte aérea y de raíz.

Asimismo, en materia de captación e infiltración de agua pluvial, se observa que esta comunidad vegetal tiene una alta capacidad de retención e infiltración de agua de lluvia; sin embargo, cuando se somete a incendios, a pastoreo y pisoteo de ganado vacuno, se empieza a dar una erosión en bloques (de zacatón), que, aunado a la pendiente, empieza a formar estructuras de erosión de cárcavas, a más de 4,100 msnm, lo que puede generar torrentes erosivos aguas abajo.

En consecuencia, por los severos efectos ambientales de pérdida de vegetación nativa, compactación del suelo, erosión y escorrentía, contra una baja calidad nutritiva de los pastos de alta montaña, no es pertinente la ganadería extensiva ni el pastoreo en zonas de pastizal de alta montaña, en la zona núcleo del Nevado de Toluca, tal como lo establece el Programa de Manejo. Sin embargo, hay opciones aguas abajo; en las subzonas de Aprovechamiento Sustentable de Ecosistemas Áreas Agropecuarias A y B y aún en las subzonas de Asentamientos Humanos, que suman 11,253.62 ha, equivalente al 21% del total del área, donde puede llevarse a cabo una ganadería sustentable, estabulada y semiestabulada.

Es indispensable no continuar alterando el ecosistema alpino, tanto por su importancia ecológico-evolutiva, como por su función hidrológica.



Mapa 1. Superficie afectada por incendios en 2017 en el Flanco Lerma de la Zona Alpina del Nevado de Toluca (pastizal alpino entre la carretera al cráter y el Bosque de Pinus hartwegii)

Referencias

- Almeida-Leñero, L., Giménez de Azcárate, J., M. Cleef, A. y González Trápaga, A. (2004). “Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatepetl y Nevado de Toluca, Región Central de México”. *Phytocoenologia*, 34(1), pp. 91-132.
- Cerdá, A. y Jordán, A. (2010). “Métodos para la cuantificación de la pérdida de suelo y aguas tras incendios forestales, con especial referencia a las parcelas experimentales”. En: Cerdá A. y Jordán, A. (eds.), *Actualización de Métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales*. Cátedra de Divulgación de la Ciencia, Universidad de Valencia. Valencia: FUEGORED, pp. 185-242.
- Gil, J., Zavala, L. M., Bellinfante, N. y Jordán, A. (2010). “Acidez y capacidad de intercambio catiónico en los suelos afectados por incendios. Métodos de determinación e interpretación de resultados”. En: Cerdá A. y Jordán, A. (eds.). *Actualización de Métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales*. Cátedra de Divulgación de la Ciencia, Universidad de Valencia. Valencia: FUEGORED, pp. 327-347.
- Heredia, J. M. (1965). “Viaje al Nevado de Toluca”. En: Colín, M., Toluca, *Crónicas de una Ciudad*. Antología. Toluca: Biblioteca Enciclopédica del Estado de México, pp. 190-198.
- Ladrach, W. (2009). El efecto del fuego en los ecosistemas agrícolas y forestales. ISTF Noticias (International Society of Tropical Foresters). Informe especial, mayo. Disponible en: www.istf-bethesda.org. [Consultado el 14 de junio de 2017].
- Meteoblue (2018). Archivo meteorológico Parque Nacional Nevado de Toluca, Estado de México. Disponible en: www.meteoblue.com/en/weather/forecast/archive/parque-nacional-del-nevado-de-toluca_mexico_3817585. [Consultado el 117 de junio de 2017].
- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. y colaboradores (2010). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed., Pátzcuaro: Instituto de Ecología, A.C. y CONABIO.
- SEMARNAT (2015). Proyecto de modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.
- SEMARNAT-CONANP (2016). Acuerdo por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Área de Protección de flora y Fauna Nevado de Toluca. Diario Oficial de la Federación. 21 octubre 2016, 2ª y 3ª sección.
- Tejeda Hernández, I., Barruecos, J., Merino, H. (1980). “Análisis bromatológico de alimentos empleados como ingredientes en nutrición animal”. *Revista técnica Pecuaria en México*. (38), pp. 31-33.



Mejoramiento y manejo del bosque nativo, como estrategia para fortalecer la producción bovina, municipio de Pasorapa, Cochabamba, Bolivia

Rober Armando Sejas Bernal¹, Angel Rolando Endara Agramont², Sergio Franco Maass², Fabiola Rojas-García³

1. Escuela de Ciencias Forestales, Posgrado ESFOR, Universidad Mayor de San Simón, Bolivia
2. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México, México
3. Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, México

RESUMEN

Pasorapa es un municipio de vocación ganadera cuyo bosque nativo se encuentra fuertemente deteriorado debido a la quema y reconversión a la agricultura de los predios forestales, la explotación de madera para construcción y combustible y al pastoreo del ganado vacuno. La introducción de tecnologías apropiadas para el mejoramiento y manejo del bosque nativo permitiría mejorar la producción bovina a través de la introducción, producción y manejo forrajero. Los problemas de producción ganadera del municipio están íntimamente relacionados con la carencia de técnicas adecuadas de manejo que permitan incrementar la disponibilidad de forraje en el bosque. El estudio implicó la interacción con las comunidades rurales, el acercamiento a los ganaderos, así como la participación en las reuniones comunales ordinarias y en las visitas técnicas. Esto permitió generar información sobre la gestión actual del territorio y la producción ganadera. Asimismo, se profundizó en el estudio de diversas experiencias de manejo de bosques nativos en otras regiones de características similares. El objetivo de la investigación era plantear esquemas de acción que permitan transitar del escenario actual del “no manejo” hacia la gestión y mejoramiento del bosque nativo y la planificación de la actividad ganadera. Se buscó explorar alternativas para garantizar la provisión de forraje como una manera de fortalecer las capacidades de los ganaderos. Esto implica que los productores de ganado puedan incorporar en su accionar aquellas prácticas que faciliten el manejo del bosque y coadyuven a cubrir las necesidades de alimentación del ganado en épocas críticas inicialmente. Las principales alternativas son la implementación de silvopasturas, la producción de maíz forrajero y ensilados de maíz y, la producción de tuna forrajera.

Palabras clave: bosque nativo, ganadería, manejo.

ABSTRACT

Pasorapa is a municipality of cattle vocation whose native forest is strongly deteriorated due to the forest fires in order to convert the forest lands to agriculture, the exploitation of wood for construction and fuel and, the cattle grazing. The introduction of appropriate technologies for the improvement and management of the native forest would allow to improve the bovine production through the introduction, production and fodder management. The problems of livestock production in the municipality are closely related to the lack of adequate management techniques to increase the availability of forage in the forest. The study involved the interaction with rural communities, the approach to cattle producers as well as participation in ordinary community meetings and technical visits. This allowed generating information on the current management of the territory and livestock production. Likewise, it deepened in the study of

diverse experiences of management of native forests in other regions of similar characteristics. The objective of the research was to propose action plans that allow to move from the current scenario of “no management” towards the management and improvement of the native forest and the planning of the livestock activity. We sought to explore alternatives to guarantee the provision of forage as a way to strengthen the capacities of the ranchers. This implies that livestock producers can incorporate into their actions those practices that facilitate the management of the forest and help meet the needs of livestock feeding in critical times initially. The main alternatives are the implementation of silvopastures, the production of fodder corn and corn silage, and the production of fodder tuna.

Key words: managing, native mount, ranching.

Introducción

El municipio de Pasorapa se localiza en la porción central de Bolivia, dentro de la provincia de Campero que pertenece al departamento de Cochabamba en Bolivia. El municipio se caracteriza por su clima que varía de valle mesotérmico a semiárido mesotérmico, con una temperatura media anual de 15.5 °C, y una precipitación media anual entre 361 y 926 mm. Se caracteriza por ser una región de serranías altas y medias, con un pie de monte alternado con terrazas y planicies aluviales (Figura 1).

En las serranías altas tiende a desarrollarse un bosque nativo seco interandino, dominado por cactáceas y leguminosas de bajo porte. En dichas serranías se practica el pastoreo extensivo del ganado bovino. Las terrazas y planicies aluviales, por su parte, presenta potencial para el desarrollo de una agricultura que permite la producción de forrajes para el ganado.

Dado que la ganadería extensiva y agricultura constituyen las actividades más relevantes de las familias campesinas en el municipio, el Gobierno Autónomo Municipal de Pasorapa, definió la necesidad de implementar un proyecto de mejora de las condiciones de cría de ganado vacuno criollo (Figura 1), a través del manejo del bosque nativo.



Figura 1. Valle de Pasorapa

Un problema esencial de las familias campesinas en la municipalidad es la escasez de recursos económicos. Esto se debe, en buena medida a, los bajos niveles de producción y productividad de las actividades agropecuarias; los bajos precios para productos agropecuarios sin valor agregado (producción tradicional) durante la comercialización y; la falta de posibilidades para emprender nuevas actividades agrícolas y/o extra agrícolas, lo que permitiría diversificar la economía de las familias ganaderas. En estas condiciones resulta imprescindible desarrollar estrategias de manejo forestal que, en el contexto de la conservación ambiental, permitan elevar el nivel de vida de la población campesina.

Un hecho innegable es que los productores ganaderos de Pasorapa no disponen de técnicas adecuadas para el manejo sustentable del ganado, en función de la disponibilidad de forraje en los bosques nativos. El objetivo central del trabajo es explorar las actividades que podrían implementarse para el mejoramiento del manejo del bosque nativo, como una estrategia para fortalecer la producción bovina en el municipio de Pasorapa. Mediante la implementación de tecnologías que promuevan mayor eficiencia en el sistema productivo y coadyuven en la reducción de costos, se podrán lograr mayores beneficios al productor ganadero. Para el desarrollo de la propuesta se echa mano de la ingeniería del proyecto.

El bosque nativo en Pasorapa

Pasorapa está ubicada en la vertiente oriental y Valles Interandinos de Bolivia, donde se establecen los Bosques Secos interandinos (Figura 2) de vocación ganadera. Esta actividad está acentuada en función de sus tres pisos ecológicos (sub-andino, pie de monte y llanura). Se trata de un ecosistema frágil, que presenta un período de lluvias corto y una época seca larga, donde se practica una ganadería doméstica de productividad limitada (CIAT, 2007).

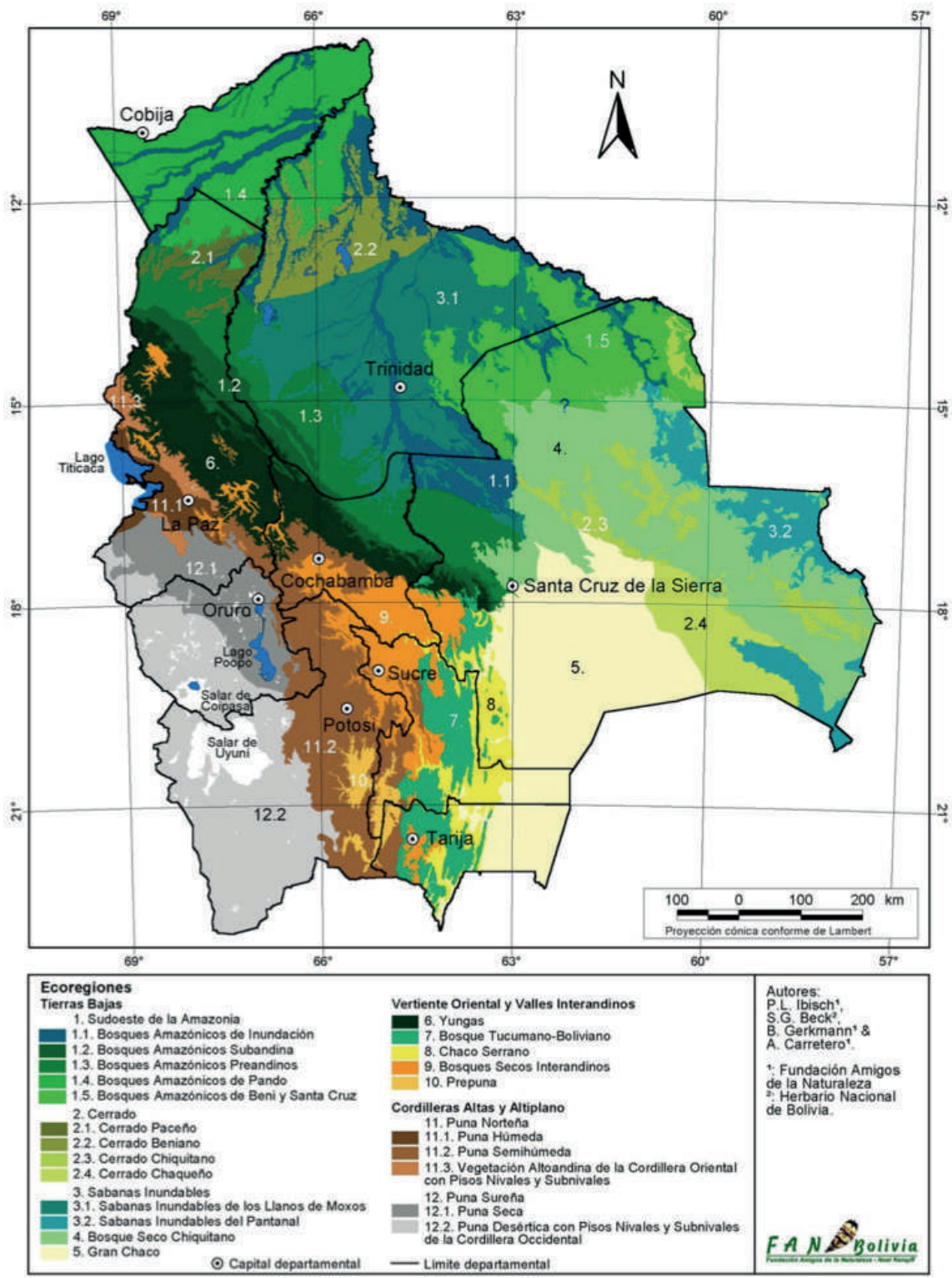


Figura 2. Mapa de ecoregiones de Bolivia (Ibisch *et al.*, 2003)

Los bosques nativos remanentes en el municipio se encuentran, en su gran mayoría, degradados. Esto se debe a siglos de explotación selectiva de madera y a la práctica de la ganadería extensiva no controlada, que sobrepasa la capacidad de carga de los ecosistemas. En su estado actual esos bosques nativos poco pueden contribuir a la producción ganadera (Figura 3). El adecuado manejo de los mismos, sin embargo, permitiría incrementar su valor económico y ambiental (Karlin, 1983).



Figura 3. Degradación del bosque a causa del pastoreo desmedido

La producción ganadera en Pasorapa

La población genera ingresos económicos producto de la ganadería, de manera específica, de la cría de ganado vacuno, aunque existe una producción agrícola de autoconsumo y en menor proporción para la venta. La rotación de cultivos es práctica habitual en Pasorapa y se encuentra estrechamente relacionada con la estructura de los cultivos a nivel familiar y la ubicación de las parcelas agrícolas. En las zonas secas se cultiva un producto por año, intercalando los cultivos de acuerdo con la preferencia del agricultor y en las zonas húmedas o de regadío se desarrollan dos cultivos por año.

Las actividades pecuarias en Pasorapa adquieren diversas formas como parte de las estrategias de vida de los campesinos y sus sistemas de producción. En algunas comunidades la ganadería es la principal fuente ingresos, En muchas otras comunidades, sin embargo, la ganadería resulta complementaria a la producción agrícola. La producción de ganado constituye una caja de ahorro que será utilizada en momentos de crisis económica. Adicionalmente, el ganado vacuno es utilizado como fuente de tracción y abonos orgánicos, a través del uso del estiércol de los animales como fertilizante (Figura 4).



Figura 4. Pastoreo de ganado vacuno en un bosque seco interandino

La producción ganadera en la región presenta serios problemas. En general los campesinos poseen poco conocimiento técnico de ganadería y difícilmente tienen acceso a material genéticamente mejorado. Se carece además de una adecuada infraestructura productiva y los mercados se encuentran poco desarrollados. Por otra parte, la composición del hato es inadecuada, los sistemas de manejo son rudimentarios y se carece de buenos sistemas de pastoreo.

Es importante señalar que, dentro de este panorama, los campos nativos de pastoreo a nivel comunal y familiar van reduciendo sus rendimientos, principalmente en época secas y, con el paso del tiempo, su sostenibilidad se ve comprometida debido al sobre pastoreo y la alta carga animal.

El aprovechamiento pecuario del bosque nativo

La actividad pecuaria en Pasorapa se basa en el uso de potreros (campos de cultivo de maíz con restos de forraje) durante las lluvias (julio-octubre) y el resto del año, en el pastoreo dentro de las estancias comunitarias o individuales, fundamentalmente en el bosque nativo. Este movimiento de ganado, sin embargo, se desarrolla de forma muy heterogénea entre los ganaderos. No todos los ganaderos mueven a la totalidad de su ganado y parte del ganado suele quedarse en el bosque durante todo el año. Esto tiene como consecuencia un progresivo

y cada vez más acelerado proceso de deforestación que viene aparejado de un cada vez mayor debilitamiento del ganado. La falta de alimento para el ganado entre los meses de agosto a diciembre incrementa la mortandad que puede alcanzar 40% del hato ganadero.

La infraestructura productiva agropecuaria del municipio de Pasorapa es mínima. No existen instalaciones adecuadas para el almacenamiento y depósito de los productos agrícolas que suelen almacenarse temporalmente en las viviendas. El forraje seco es almacenado en “calchas” sobre los árboles. La infraestructura pecuaria que poseen los productores se reduce a pequeños corrales construidos de soto (*Schinopsis hankeana*) y espinos, la mayoría carece de techos y generalmente los animales se encuentran hacinados. Evidentemente no existen condiciones de protección de los animales ante las inclemencias del tiempo o ante los riesgos de propagación de enfermedades.

Alternativas para la gestión del ganado y el mejoramiento del bosque nativo

El bosque nativo en el municipio enfrenta una problemática compleja. El aprovechamiento del bosque nativo se realiza sin ninguna orientación técnica dejando pastar al ganado libremente sin estrategias de manejo; los ganaderos en general desconocen la forma de procurar fuentes alternativas complementarias para la alimentación del ganado y no se han desarrollado cadenas de distribución a nivel regional o nacional que permitan hacer frente a la demanda insatisfecha de carne de res.

Hacer frente a estos problemas implica desarrollar varias estrategias, entre las que destacan:

a) Manejo silvopastoril

A la fecha, en el municipio no existe tal manejo ya que la población campesina no cuenta con la experiencia y la asesoría necesaria para llevarlo a cabo. Una propuesta importante se basa en fomentar el desarrollo del pasto Gatton Panic o *Panicum maximum* (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L. Jacobs. Esta gramínea se desarrolla bien en climas semiáridos y, aunque presenta baja resistencia a las heladas y a la salinidad, tiene innegables ventajas (Figura 5). Se desarrolla bien a la sombra del arbolado y, con ello, se prolonga su período verde aún entrado el invierno; resiste largos períodos de sequía, así como la quema y rebrota con las lluvias. Tiene un gran poder de resiembra natural sin necesidad de ninguna labor. La implementación de la pastura se lleva a cabo mediante un chaqueo selectivo, es decir la corta o eliminación del sotobosque del área (con maquinaria o manualmente), dejando plantas y arbustos nativos representativos y de buen porte. Posteriormente se remueve y afloja la tierra, esto de manera superficial, para garantizar la germinación de la semilla.



Figura 5. Introducción de gramíneas en el bosque de Pasorapa

b) Provisión de forraje

Tomando en cuenta que la carga animal óptima estimada para las características del bosque nativo en Pasorapa es de 20 hectáreas de bosque por cabeza de ganado bovino, y que actualmente se destinan 6 hectáreas por animal, existe una sobrecarga importante del bosque nativo. Una alternativa importante es la provisión de forraje complementario. La producción de maíz forrajero complementado con la elaboración de ensilaje, además de la producción de tuna forrajera (Figura 6). Son una alternativa importante. El ensilado es una técnica de conservación de forraje verde mediante fermentación anaeróbica, que permite mantener la calidad nutritiva, en este caso del maíz forrajero, durante mucho tiempo. El cultivo de la tuna, por su parte, posibilita una alta producción de biomasa por superficie, de gran palatabilidad, buen valor nutritivo, hábito siempre verde, resistencia a la sequía, tolerancia a la salinidad y adaptación a diferentes tipos de suelo.



Figura 6. Tuna forrajera en el Municipio de Pasorapa

c) Atajados

Se desarrolló un sistema de captación de agua de lluvias a través de obras civiles que consisten en la construcción de bordos que se ubica en la parte inferior de las cabeceras de cuencas, permitiendo en épocas de sequía la provisión de riego para los cultivos alternativos y agua para el ganado estabulado, lo que favorece la rotación de áreas de pastoreo, ya que al haber cultivos forrajeros se reduce la presión al bosque e induce a la rotación de pastoreo y la reducción de la carga animal (Figura 7).



Figura 7. Construcción de atajados en el municipio de Pasorapa

Este proceso de experimentación probado a nivel de campo con ganaderos del interior del municipio constituye la base para las alternativas técnicas que se plantean en el estudio.

Conclusiones y recomendaciones

Una de las limitaciones de los ganaderos del municipio es la escasez de recursos económicos, la misma es atribuida al bajo nivel de producción y productividad de las actividades agropecuarias y la inexistencia de posibilidades de emprender nuevas actividades económicas para diversificar la economía de las familias campesinas.

El manejo mejorado del hato ganadero encuentra su máxima expresión en las denominadas cabañas ganaderas, que se dedican a una fase de mayor especialización en la producción a partir de la cría de ganado de alta calidad genética y derivada de la aplicación de las más relevantes técnicas científicas. Se va reemplazando paulatinamente la reposición del hato ganadero derivada de la monta controlada del ganado predominante aún entre la mediana y gran ganadería con técnicas mejoradas de inseminación artificial, como la transferencia de embriones y la fertilización in vitro.

Mediante el manejo de bosque nativo se pretende que, a través de la asistencia técnica y la capacitación permanente bajo la metodología de diálogo de saberes de campesino a campesino, que los ganaderos, pasen de una situación actual de “no manejo” a planificar ordenadamente, el sistema de manejo bajo el sistema de cerramientos.

La provisión de forraje es una actividad que prevé fortalecer las capacidades de los ganaderos a través de la asistencia técnica permanente y la capacitación continua, para que incorporen en su accionar, prácticas que faciliten el manejo y refuercen las necesidades de alimentación del ganado en épocas críticas inicialmente. Teniendo la implementación por ganadero de silvopasturas con Gatton panic, incremento en la producción de maíz forrajero con la finalidad de elaboración de ensilaje y la producción de tuna forrajera.

Referencias

CIAT (2007). Proyecto de Innovación Estratégica Nacional–PIEN, Manejo de agua y monte para el Chaco boliviano. Santa Cruz, Bolivia.

Karlin U.O. (1983). “Recursos forrajeros naturales del Chaco Seco: Manejo de leñosas”. En: II Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas. Córdoba, Argentina: Centro Argentino de Ingenieros Agrónomos, pp. 78-96.

Ibisch P. L., Beck S. G., Gerkmann B. y Carretero A. (2003). “Mapa de las ecoregiones de Bolivia”. En Ibisch P.L., Biodiversidad: La riqueza de Bolivia, estado de conocimiento y conservación. Santa Cruz, Bolivia: FAN.

