



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL



LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE LOS PASTOS RYEGRASS (*Lolium multiflorum*) Y
FESTUCA (*Festuca arundinaceum*) ESTABLECIDOS EN LA ZONA DE
AMORTIGUAMIENTO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA
NEVADO DE TOLUCA, COMO ESTRATEGIA AMBIENTAL EN LA
ALIMENTACIÓN DE OVINOS ”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

P R E S E N T A

JENIFER FLORES VELÁZQUEZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

CODIRECTOR

DR. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA

TOLUCA DE LERDO, MÉXICO, OCTUBRE DEL 2024

RESUMEN

El pasto es considerado como uno de los productos forrajeros más utilizados por los productores en las regiones donde se presentan los climas fríos y/o cálidos, la relación que existe en la actividad agropecuaria en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca es altamente destacable, ya que los productores ejidatarios que viven en las faldas del volcán han encontrado una manera de subsistencia con actividades de sembradío de cultivos principales como la papa, maíz y avena, así como también el pastoreo de animales para su venta o consumo propio. Sin embargo, se desconocen algunas características de los pastos y su implicación en la producción animal, lo cual nos lleva a la necesidad de evaluar dos pastos seleccionados para mejorar la alimentación de los animales, especialmente para las ovejas por su alta presencia en la comunidad de Agua Blanca.

Se evaluó la Acumulación Neta de Forraje Forraje (ANF) durante los meses de enero, junio, agosto y septiembre, que mostró diferencias significativas entre los pastos Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinaceum*), donde el mes de agosto fue el más apto para el crecimiento del pasto debido a la alta precipitación presentada en ese mes, siendo también Ryegrass el pasto más apto para la alimentación de las ovejas, aunque también los pastizales demostraron ser una buena alternativa de alimentación, ya que se obtuvieron resultados parecidos a comparación de Festuca y Ryegrass. La Fibra Detergente Neutro (FDN) y la Fibra Detergente Ácido (FDA) fueron variables importantes en la evaluación de los pastos para determinar su calidad nutritiva, al igual que la Proteína Cruda (PC), determinando que la Festuca es el mejor indicador de digestibilidad para los animales, que también tuvieron relación con la precipitación para su aumento.

ABSTRACT

Grass is considered one of the most used fodder products by producers in the regions where cold and/or warm climates are present, the relationship that exists in agricultural activity in the Flora and Fauna Snowy Protection Area of Toluca is highly remarkable, since the ejidatarian producers who live on the slopes of the volcano have found a way of subsistence with planting activities of main crops such as potato, corn and oats, as well as the grazing of animals for their own sale or consumption. However, some characteristics of pastures and their involvement in animal production are unknown, which leads us to the need to evaluate two pastures selected to improve the feeding of the animals, especially for sheep due to their high presence in the community of Agua Blanca.

Its Net Accumulation of Forrale Fodder (ANF) was evaluated during the months of January, June, August and September, which showed significant differences between the Regrass (*Lolium multiflerum*) and Festuca (*Fastuca arundiaceum*) pastures, where the month of August was the most suitable for the growth of the grass due to the high precipitation presented in that month, being Regrass the most suitable pasture for the feeding of sheep, although also the grasslands proved to be a good feeding alternative, since similar results were obtained compared to Festuca and Regrass. Neutral Detergent Fiber (FDN) and Detergent Fiber Acid (FDA) were important variables in the evaluation of pastures to determine their nutritional quality, as well as Crude Protein (PC), determining that Festuca is the best indicator of digestibility for animals, which were also related to precipitation for its increase.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
ANTECEDENTES	12
1. MARCO TEÓRICO.....	14
1.1. Introducción a la Agricultura	14
1.1.1. Principales trabajadores.....	16
1.1.2. Máquinas y herramientas.....	17
1.1.3. Aportes de Mesoamérica a la Agricultura Mundial.....	18
1.1.5. Principales cultivos de origen americano	20
1.1.6. Los aportes mexicanos a la agricultura.....	23
1.1.7. Tipos de agricultura.....	24
1.2. Introducción a la ganadería	26
1.2.1. Sistemas ganaderos	27
1.2.3. La ganadería en América Latina	27
1.3. Sistema agrosilvopastoril	29
1.3.1. Tipos de sistema agrosilvopastoril	30
1.3.2. Ventajas de un Sistema Agrosilvopastoril	30
1.4. Sistemas silvopastoriles	30
1.4.1. Tipos de sistemas silvopastoriles.....	31
1.4.2. Ventajas del sistema silvopastoril	33
1.5. Movimiento de la agricultura orgánica	33
1.6. Certificación en la agricultura orgánica	39
1.7. Pastoreo en México	40
1.8. Identificación de especies	41
1.8.2. Festuca (<i>Festuca arundinacea</i>).	42
2. MARCO LEGAL.....	45
2.1. Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2024)	45
2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2012)	47

2.3. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (2016)	49
3.1. Componentes naturales	52
3.1.1. Localización	52
3.1.2. Clima.....	53
3.1.3. Flora.....	53
3.1.4. Fauna.....	53
3.2. Componente social	53
3.2.1. Población total.	53
3.3. Componente económico	55
3.4. Sector Agropecuario	56
Justificación	60
Pregunta de investigación	61
Objetivo general	62
Objetivos específicos	62
Planteamiento del problema.....	63
4. METODOLOGÍA.....	64
4.1. Determinación de la acumulación neta de forraje (ANF)	65
4.2. Relación vivo-muerto y hoja-tallo	66
4.2.1. Relación vivo-muerto	66
4.2.2. Relación hoja-tallo	66
4.3. Pastoreo simulado	67
4.4. Características de las praderas	67
4.5. Medición de la altura del pasto	68
4.6. Acumulación Neta de Forraje (ANF)	68
4.7. Análisis químico del pasto	68
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
CONCLUSIONES	79
ANEXOS	82
LITERATURA CITADA.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población en Agua Blanca y % de analfabetismo.....	54
Tabla 2. Población económicamente activa de Zinacantepec... ..	55
Tabla 3. Población económicamente activa en Agua Blanca.....	55
Tabla 4. Actividades económicas primarias.....	56
Tabla 5. Terrenos disponibles por unidad de producción en Agua Blanca.....	58
Tabla 6. Acumulación Neta de Forraje (ANF) de los pastos Ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i>), Festuca (<i>Festuca atundinacea</i>) y pastizales del ejido de Agua Blanca	73
Tabla 7. Alturas de los pastos Ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i>), Festuca (<i>Festuca atundinacea</i>) y pastizales del ejido de Agua Blanca	74
Tabla 8. Calidad nutricional de los pastos Ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i>), Festuca (<i>Festuca atundinacea</i>) y pastizales del ejido de Agua Blanca.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cronología de la agricultura, la ganadería y la pesca.....	16
Figura 2. Producción ganadera regional... ..	29
Figura 3. Semilla Ryegrass... ..	42
Figura 4. Ryegrass... ..	42
Figura 5. Semilla Festuca.....	43
Figura 6. Festuca	43
Figura 7. Localización del ejido de Agua Blanca en el APFF Nevado de Toluca ..	52
Figura 8. Volumen de producción pecuaria en el municipio de Zinacantepe.....	59
Figura 9. Esquema metodológico.....	64
Figura 10. Jaulas de exclusión.....	65
Figura 11. Medición del pasto.....	65
Figura 12. Crecimiento del pasto	66
Figura 13, Pastoreo de ovinos	66
Figura 14. Pastómetro	68
Figura 15. Temperatura (°C) y precipitación (mm) de enero a agosto de 2025 en el APFF Nevado de Toluca.....	72
Figura 16. Digestor K-449	86
Figura 17. Ácido Bórico con indicador verde de bromocresol-rojo de metilo.....	87
Figura 18. Muestra alcalinizada.....	87
Figura 19. Ankom 200	88
Figura 20. Solución Detergente Ácida	93

INTRODUCCIÓN

En el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, una de las principales actividades que predominan es la agropecuaria, es una actividad de subsistencia para muchas de las familias que habitan dentro de la zona de amortiguamiento del Nevado de Toluca, donde sus cultivos dominantes son el maíz, la avena y la papa, junto con el pastoreo de ganado; aun así, la mayoría de los agricultores y ganaderos emplean estas actividades para el autoconsumo.

De esta manera, se han generado diversos problemas ambientales dentro de esta Área Natural Protegida, los agroquímicos aplicados para poder llevar a cabo esta actividad, han producido daños a los suelos de esta área, como, por ejemplo: la degradación de la tierra, la salinización, el exceso de extracción de agua y la reducción de la diversidad genética agropecuaria (Silva Arguello, 2014), entre otras cosas.

Es por ello, que se busca el establecimiento de praderas mejoradas con pastos como Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinaceum*), que van de la mano con la aplicación de un abono orgánico a base del estiércol de los ovinos predominantes en el APFF Nevado de Toluca (SEMARNAT & CONANP, 2016)

La localidad de Agua Blanca pertenece al ejido de Santa María del Monte, limita al norte con el ejido de Contadero; al noreste con el Parque de los Venados; al este con el Cráter del Nevado de Toluca; al sureste con ejido de Pueblo Nuevo; al sur con ejido de Coatepec Harinas; al oeste con el ejido el Varal y al noroeste con ejido la Comunidad y el ejido de Albarranes, Esta comunidad se localiza dentro del Área Natural Protegida Nevado de Toluca (APFFNT), el cual se localiza entre los paralelos 18°58' y 19°13' de latitud norte y los 99°37' y 99°58' de longitud oeste (Pedraza Roque, 2013).

Esta área se ha utilizado por parte de los habitantes de esta comunidad para poder realizar actividades agropecuarias y el aprovechamiento de los recursos naturales

del APFFNT. La comunidad de Agua Blanca ha empleado estas actividades para el sustento económico de las familias pertenecientes a esta zona.

Existen algunas razones fundamentales para considerar el uso de Ryegrass para la alimentación de las ovejas, ya que tiene una muy buena calidad de forraje y de digestibilidad para los animales, mientras que Festuca, también produce una alta calidad de forraje.

La introducción de estos pastos a la alimentación de los animales rumiantes como lo son las ovejas, ayuda a su digestión, provocando que el estiércol de estos animales sirva como un abono orgánico amigable con los suelos de la zona de amortiguamiento de Agua Blanca, que, a su vez, ayuda al crecimiento de los pastos sembrados en las praderas de esta misma zona.

Además, la producción de los pastos Festuca y Ryegrass, ayudan a reducir la presión de pastoreo al interior del bosque, disminuyendo la degradación de los bosques, así como también del suelo, ya que la introducción de pastoreo afecta de manera directa por el pisoteo continuo de los animales, relacionándose con la pérdida de la cubierta vegetal.

ANTECEDENTES

Según lo menciona Estrada Flores et al., (2018) el área de amortiguamiento del APFFNT está sujeta a una actividad pastoril bajo un sistema productivo de tipo extensivo. En general los productores son ejidatarios que emplean las áreas comunales para el pastoreo de ganado ovino. Estos territorios comunales están subdivididos según su uso en: áreas comunes, potreros y terrenos de cultivo, con el aprovechamiento de los residuos de cosecha en la alimentación del ganado ovino. La alimentación de los animales depende del pastoreo mediante recorridos en terrenos comunales y áreas con cobertura de bosque

Otras fuentes de forraje corresponden al suministro ocasional de rastrojo de maíz, forraje de avena, y residuos de cosecha, papa y avena. 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 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.

El Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca se encuentra sujeto a intensos procesos de deterioro ambiental. La creciente incidencia de las actividades humanas como la agricultura, ha ejercido una fuerte presión sobre las masas forestales. Este incremento de las fronteras agrícolas, ha fomentado la sobreexplotación de los recursos naturales e incrementado el cambio de uso del suelo. Consecuentemente, al revisar los antecedentes sobre la forma que se ha ido presentando en el deterioro, por un lado, y los procesos gubernamentales de las políticas ambientales y de la reforma agraria

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como finalidad recabar información acerca de la agricultura y la ganadería, sus beneficios y sus características, así como también se considera un apartado donde se mencionan algunos abonos orgánicos conocidos en la actualidad. También, se integró la descripción de las dos especies de pastos aplicados en la zona de amortiguamiento del APFFNT.

Las presentes definiciones son integradas por la interesante aportación de diversos autores con respecto a una introducción de la agricultura y de la ganadería, considerando principalmente sus tipos, para después pasar al punto de seguimiento más importante, que es el *Movimiento de la Agricultura Orgánica*, que motivó e inspiró para realizar este proyecto de investigación, donde también integra a sus orígenes, principios, etc., para poder tener un mejor entendimiento sobre el tema de la agricultura y todo lo relacionado con ella. También se visualiza la introducción a la ganadería y sus componentes, como punto importante de esta investigación y relación con la agricultura.

La incorporación de materia orgánica al suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas (como la estructura y permeabilidad, la capacidad de retención de agua) forma agregados más estables, y da capacidad de intercambio catiónico, facilitando la absorción de nutrimentos por la raíz, estimulando el desarrollo de la planta; en suelos arenosos mejora la cohesión de las partículas, la microflora nativa de la composta ayuda a controlar patógenos del suelo.

Físicamente, la materia orgánica mejora la estructura del suelo al favorecer la permeabilidad, por lo que las raíces pueden penetrar con mayor facilidad; las sustancias húmicas incrementan la micorrización de las raíces, además forman complejos fosfo-húmicos para la planta (García Gutierrez & Félix Herrán, 2014).

1.1. Introducción a la Agricultura

En la agricultura es de vital importancia que en cada siembra se obtenga la mayor cantidad de beneficios y evitar que los cultivos sean dañados por organismos no

deseados que en ocasiones transmiten enfermedades al hombre. Por estas razones, desde tiempos remotos se han venido utilizando los plaguicidas, cuyos efectos tóxicos se han convertido en un problema mundial. Los agricultores que trabajan con plaguicidas están frecuentemente expuestos a estos tóxicos pudiendo sufrir intoxicaciones, las cuales no sólo producen una serie de signos y síntomas propios, sino que a posteriori podrían dar lugar a secuelas o efectos crónicos (William et al., 2004).

La agricultura ha sido y es una de las actividades fundamentales de los seres humanos, por la cual nos hemos transformado en reciprocidad con el entorno natural. La observación y coordinación con los ciclos biogeoquímicos fue clave para las prácticas agrícolas, de tal manera que se obtuvieran múltiples beneficios del entorno sin perjudicarlo (Wilhelmus Gerritsen & Mastache de los Santos, 2020).

Según lo menciona la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012) la agricultura se originó hace más de diez mil años (figura 1), y no fue en un solo lugar, la agricultura se desarrolló de manera independiente en varios puntos del planeta: en Mesopotamia y Egipto, donde se cultivó trigo y cebada; en Mesoamérica, con el maíz y el este de Asia, con el arroz. En esta época nació el comercio, ya que lo que sobraba de las cosechas se intercambiaba por otros productos.

A partir del comercio también inició la división del trabajo, es decir, que las personas se fueron especializando en sus actividades. Los primeros agricultores ocuparon varias regiones, y todas ellas produjeron grandes civilizaciones. En Medio Oriente: el espacio entre los ríos Tigris y Éufrates. En África: Egipto, a lo largo del río Nilo. En China: la cuenca del río Amarillo. En India: el valle del río Indo. En América: México y Perú.

Figura 1. "Cronología de la agricultura, la ganadería y la pesca"



Fuente: Obtenido de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012).

1.1.1. Principales trabajadores.

Una de las características específicas del sector agrícola es la falta de distinciones claras entre las diferentes categorías de trabajadores. Por consiguiente, existen numerosos tipos de relaciones laborales y diferentes formas de participación de la fuerza de trabajo. Las distintas categorías de trabajadores también varían dentro de cada país y, en ciertos casos, un agricultor puede pertenecer a más de una categoría. (Seguridad y Salud en la Agricultura, 2005). Dentro de este apartado, mencionaremos quiénes son los principales trabajadores dentro de la actividad agrícola.

- Campesinos.

Como menciona la autora Mora Donato (2018) un campesino es un hombre o una mujer, que tiene una relación directa y especial con la tierra y la naturaleza a través

de la producción de alimentos u otros productos agrícolas. Los campesinos trabajan la tierra por sí mismos y dependen sobre todo del trabajo en familia y otras formas en pequeña escala de organización del trabajo. Los campesinos están tradicionalmente integrados en sus comunidades locales y cuidan el entorno natural local y los sistemas agroecológicos.

- Agricultores.

Según SAGARPA (2012), cuando hablamos de agricultores hablamos de agricultura moderna. Los agricultores tienen extensiones grandes de tierra, ya sean propias o rentadas a campesinos tradicionales. Para cultivarlas, usan tractores y maquinarias modernas que permiten cultivar grandes espacios de tierra. Para la realización del trabajo contratan a otros campesinos, llamados jornaleros, que no tienen tierras. A ellos se les paga un salario por su trabajo y sólo están contratados por el tiempo que se necesita, particularmente en la cosecha.

1.1.2. Máquinas y herramientas.

- Herramientas.

El Instituto Nacional de Seguros (2013) argumenta que, en la agricultura, por la diversidad de tareas que se llevan a cabo es variado el uso de las herramientas manuales que se requieren para las labores, se dispone para las tareas agrícolas: sierras, hachas, palas, azadores, machetes, picos, macanas, chuzas, limas, entre otras, encontrándose éstas de diversas formas y tamaños. Así mismo para labores agrícolas misceláneas se pueden utilizar: tijeras, alicates, serruchos, destornilladores, cinceles, llaves, tenazas, mazos, martillos, entre otras.

- Máquinas.

La mecanización agrícola es un instrumento de gestión de la agricultura. El cambio de nivel o de tipo de mecanización o de industrialización producirá un aumento de los rendimientos de los cultivos, solo si lo emplean los productores para eliminar o reducir las limitaciones concretas, para lograr el potencial de producción de sus recursos (Álvarez et al., 2009).

1.1.3. Aportes de Mesoamérica a la Agricultura Mundial.

De acuerdo con León (2011), Mesoamérica fue definida por Paul Kirchhoff en 1943. Se extendía desde las cuencas de los ríos Pánuco y Lerma-Santiago, en el centro de México, hasta el Golfo de Nicoya, en Costa Rica. Incluía el centro y sur de México, Belice, Guatemala, El Salvador, la región occidental de Honduras, la vertiente del Pacífico de Nicaragua y la Península de Nicoya, en Costa Rica. Existen cerca de 80 cultivos que pueden considerarse originarios de Mesoamérica. Algunos de ellos, como maíz, tomate, cacao, algodón, chile y frijoles, son de importancia mundial.

Otro grupo, que incluye el aguacate, el güisquil (chayote) y otras cucurbitáceas, dalias, sisal, vainilla, se han extendido a otras regiones tropicales, donde su valor económico es a veces mayor que en su área de origen. En tercer lugar, existen muchas especies frutales, hortícolas, medicinales y ornamentales que están en un nivel incipiente de desarrollo, y que a veces se encuentran en núcleos silvestres o cuyo cultivo se limita a un área reducida y su presencia a los mercados indígenas.

Una planta pudo haberse domesticado en uno o en varios lugares, una o varias veces. Su dispersión desde el área original pudo haberse hecho por difusión, es decir, pasando de una familia o tribu a otras; o por migración, cuando un grupo humano se trasladaba a una región nueva y llevaba, entre otras cosas, las semillas de sus cultivos.

Es posible que en la mayoría de las veces operara la difusión. Un ejemplo de migración se refiere a Nicaragua y Nicoya, donde chorotegas y nahuas, venidos de México, ocupaban áreas adyacentes; los primeros monopolizaban el cultivo del chicozapote (*Manilkara achras*) y los segundos el del cacao (*Theobroma cacao*). Las regiones mesoamericanas situadas fuera de la 'región nuclear' no estaban tan avanzadas. La mayoría de las comunidades vivía al nivel de villas o pueblos, con un sistema de agricultura de subsistencia. Ciertas comunidades, en Guatemala, habían desarrollado prácticas de riego y conservación de suelos y un sistema avanzado de mercados. En esta área se domesticaron varios cultivos menores:

chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), istlán (*Solanum wendlandi*), loroco (*Fernaldia pandurata*) y otros (León, 2011).

1.1.4. Dispersión de los cultivos Mesoamericanos.

- En Europa.

El autor Ismael Díaz Yubero (2011) académico de la Real Academia de Gastronomía Española, planteó que la historia de la alimentación española ha sido con frecuencia puerta de entrada de los alimentos originarios de África y de muchos de los procedentes de Asia que siguieron rutas comerciales que terminaban en el extremo occidental del Mediterráneo y sobre todo fue el nexo de unión con América. Los romanos, que se extendieron por toda la península, descubrieron primero la posibilidad de disponer de un granero, muy apto para producir todos los cereales, pero especialmente trigo.

Mencionó que, aun así, la colonización española de América hizo posible que cambiase la alimentación mundial y que en todas las despensas del mundo pueda haber trigo, maíz, alubias, garbanzos, patatas, aceite de oliva, aguacates, carne de vacuno, de ovino, de porcino, pollos, vino, papayas, manzanas, guayabas, uvas, chirimoyas, ciruelas, cacahuets, almendras, tomates, lechugas, pimientos, café, plátanos, etc., es decir, una enorme posibilidad de escoger entre los alimentos, algo que, aunque hoy nos parece normal, durante muchos años fue imposible o un privilegio que estuvo muy limitado.

- En Asia y África.

Los primeros cultivos y el ganado se domesticaron en seis áreas más bien dispersas, que incluyen el Oriente Cercano, el sureste de Asia y África en el Viejo Mundo y Mesoamérica, Suramérica y el nordeste de Norteamérica, en el Nuevo Mundo. La agricultura también se inició en una época muy temprana en los márgenes de los bosques de África occidental, así como en Etiopía y en la zona de transición ecológico-climática comprendida entre el desierto del Sáhara y la sabana

que se despliega por su parte sur, denominada Sahel. Las primeras huellas de labranza en África, de hace alrededor de 6.000 años, provienen de Etiopía, si bien otros lugares donde también surgió pueden ser de igual antigüedad. Los etíopes dominaron el café, el mijo africano y el tef. Las gentes del Sahel domesticaron el sorgo, el mijo perla, el arroz africano y las aves de guinea.

En África occidental se domesticaría el ñame africano, el guisante pinto, la sandía y el aceite de palma. China y Asia también se distinguieron como antiguas áreas de domesticación en el Viejo Mundo. En Tailandia y Nueva Guinea se han descubierto pruebas de entre 8.000 y 10.000 años de antigüedad que corroboran la práctica de la labranza. Hace unos 8.000 años se inició la agricultura en dos zonas de China: las cuencas de los ríos Amarillo y Wei, en el norte, y el Valle del Yangtzé en el sur.

Primero se domaron el banano, la malanga, los cítricos y la caña de azúcar en el sureste asiático; mientras que entre las primeras especies chinas domesticadas estuvieron el mijo grande, el mijo koda, el arroz, la soja y los cerdos; el pollo se amansó en un área comprendida entre las estribaciones meridionales del Himalaya localizadas en el norte de la India, el sur de China y el sureste asiático (Hancock, 2021).

1.1.5. Principales cultivos de origen americano.

- Maíz.

El maíz es un alimento humano barato y abundante, y fue la mejor solución para hacer frente a las hambrunas. En Europa llegó a dominar completamente la alimentación en las regiones pobres, donde en algunas regiones llegó a ser el principal o el único elemento de las comidas. Es, sin embargo, un alimento pobre en lisina y niacina, elementos esenciales en una buena alimentación. En una dieta mixta, estos nutrientes se suplen con otras fuentes, o bien, como en el caso de las tortillas, se mejora la calidad proteínica por medio de agregados de cal. El maíz que se transportó a dichas islas pudo haber llegado de Portugal o de Brasil. A Filipinas y a Guam llegó de México, después de 1565. En África, la expansión del maíz

parece haber tenido dos orígenes: uno, en Egipto, de donde se expandió por el este del continente; el otro, puede haber sido Brasil, de donde los portugueses lo llevaron a la costa de Guinea, y de allí bien pudo expandirse por África Occidental (León, 2011).

- Frijoles.

Respecto al origen del frijol común se consideran dos centros distintos de diversificación: el Mesoamericano y el Andino, dado que su diversidad genética es diferente en las poblaciones silvestres y en las domesticadas. Las razas propuestas dentro de los acervos coinciden con las principales regiones del cultivo del frijol común: uno de semilla grande de razas criollas andinas (razas Perú, Nueva Granada y Chile) y otro de semillas pequeñas de razas criollas mesoamericanas (razas Durango, Jalisco y Mesoamericana). Resultado de acontecimientos biológicos e interacciones entre los humanos y las especies de *Phaseolus*, México es reconocido como centro de origen, domesticación y diversidad genética del frijol (García Lemus et al., 2021).

- Tomate.

El tomate es el fruto de una planta rastrera y es una de las hortalizas más extendidas y mejor adaptadas del mundo, es base culinaria en muchas cocinas como la mediterránea. Lleva entre nosotros desde el principio de los tiempos y; sin embargo, nos acompaña desde el siglo XVI. Dichos hallazgos señalan que la domesticación del tomate se produjo en dos etapas: la primera en los Andes, por selección de semillas y por auto fecundación; la segunda etapa se lleva a cabo en México, donde las civilizaciones prehispánicas maya y azteca continuaron su domesticación. Se han encontrado pruebas en México de que el tomate ya se cultivaba hacia el año 700 AC. Es probable que las civilizaciones que habitaban en los actuales territorios de México y Perú domesticaran las plantas del tomate de forma coetánea (González Marrero et al., 2018).

- Chiles.

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más meridional de Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica. Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile conformó la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. De acuerdo con los especialistas, el chile es originario de México.

Evidencias arqueológicas han permitido estimar que este producto fue cultivado desde el año 7000 al 2555 a. C. en las regiones de Tehuacán, Puebla, y en Ocampo, Tamaulipas. El cultivo de las distintas variedades de chile se adapta a diversos climas y tipos de suelo, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2 500 m. Su consumo es igualmente diverso: el fresco generalmente se usa como verdura o condimento; el seco principalmente se destina a la industria alimentaria y farmacéutica (Aguirre Hernández & Muñoz Ocotero, 2015).

- Algodón.

Las diferentes especies son originadas en América tropical, Asia y África. Sin embargo, se ha establecido que el algodón (*Gossypium hirsutum*) es originario de América Central y del sur de México y que procede de los valles fértiles del Perú, actualmente es cultivado en todo el mundo. El algodón es la planta textil de fibra suave más importante del mundo y su cultivo es de los más antiguos. En un principio la palabra algodón significaba un tejido fino.

El algodón fue el primer textil en la India. Los primeros escritos del algodón son textos hindúes, himnos que datan 1500 años A.C. y libros religiosos de 800 años A.C (Consejo Nacional de Humanidades, s.f.)

- Medicinas.

Las plantas han sido la medicina más accesible y eficaz para pueblos y comunidades de México. El prehispánico *Códice De la Cruz Badiano*, crónicas y

otros documentos de la Colonia e infinidad de modernas investigaciones exhaustivas desarrolladas por prestigiadas universidades y otros centros de conocimiento nacionales y extranjeros, dan cuenta del conocimiento de las plantas medicinales y su uso en pueblos y ciudades. Algunos ejemplos de estas plantas son: bugambilia, acuyo, tomillo, cebolla, guayaba, etc. (Naturales, 2021).

El tomillo es una pequeña planta arbustiva y perenne que alcanza como altura media entre 20 y 40 cm y que, hasta ahora, se multiplica, crece y se aprovecha de manera espontánea, principalmente en el área mediterránea, aunque algunas especies se desarrollan también en las zonas montañosas del interior, excepto la parte septentrional de la península. El tomillo puede encontrarse, asimismo, en zonas mediterráneas de Francia, Italia, Yugoslavia, Israel, Marruecos, Túnez, etc. (Torrente Sánchez, 2006).

Mientras que la cebolla es una planta bianual que se aprovecha por el bulbo, formado durante el primer año de cultivo. Este bulbo está constituido por varias capas carnosas en forma de escamas; las exteriores son más finas y transparentes, de color variable, del rojo o violeta al blanco, constituyendo lo que se denomina la piel. La cebolla es un cultivo que se extiende por todas las regiones templadas del mundo. Los principales países productores son: China, Estados Unidos, India y Japón (Japón Quintero, 2006).

1.1.6. Los aportes mexicanos a la agricultura.

Las chinampas y la hidroponía. En el lago de Xochimilco durante el Posclásico medio (entre 1200 1350 d. c.) surgió la agricultura Chinampera en los lechos fangosos y poco profundos de la cuenca lacustre de Xochimilco y Chalco. Bastida Tapia (2017) menciona que Chinamitl, vocablo náhuatl que se traduce como “sobre setos o cerca de cañas”, se diseñaron con la finalidad de extender los terrenos agrícolas sobre el agua de los lagos para cultivar maíz, frijol, amaranto, calabazas y otras hortalizas.

El sistema de producción agrícola chinampero se plantea como uno de los varios antecedentes que tuvieron los sistemas hidropónicos, mismos que hoy son parte integrante de la agricultura protegida.

Además, en el mismo Xochimilco se desarrollaron estructuras de protección de cultivos conocidos como tochimales, así lo describe Santamaría (1912), citado por Rojas (1983), quién señala que era una práctica con antecedentes muy antiguos, para el cultivo de jitomate, donde en los “Cuidados de conservación en la almáciga, señala en el mes de octubre, en que tiene lugar este primer trasplante, ya se comienzan a sentir las primeras heladas (Bastida Tapia, 2017).

1.1.7. Tipos de agricultura

- Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos.

La calidad del humus dependerá de la materia orgánica utilizada en su producción, teniendo humus con diferentes características fisicoquímicas al igual que microbiológicas, por lo que mientras mayor sea la diversidad de elementos que dan origen a dicho humus mayor será su contenido de nutrientes y de microorganismos (Félix Herrán et al., 2008).

- Agricultura campesina.

La agricultura campesina viene de la combinación del descubrimiento y revalorización de los métodos campesinos tradicionales y de la innovación de nuevas prácticas ecológicas (Campesina, 2011).

Algunos de sus principios claves son:

- Fomentar el reciclado de la biomasa y optimizar la disponibilidad de nutrientes y el balance de flujos de nutrientes.
- Asegurar unas condiciones de suelo favorables para el crecimiento de las plantas, realizando un buen manejo de la materia orgánica, las cubiertas vegetales y la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas de energía solas, de aire y de agua, adecuando el manejo al microclima local e incrementando las coberturas para favorecer la recogida de agua y el manejo del suelo.
- Diversificación del agroecosistema, en el tiempo y el espacio, de especies y genéticamente.

- Agricultura ecológica.

La agricultura ecológica se enfoca en la producción agraria con respecto a su entorno y a producir alimentos sanos, de la máxima calidad y en cantidad suficiente. Utiliza como modelo a la misma naturaleza, extrayendo de ella toda la información posible, con los actuales conocimientos técnicos y científicos, sin la utilización de químicos ni transgénicos (Martínez Castillo, 2008).

La agroecología es un enfoque transdisciplinario que se nutre de la experiencia y saber milenario de sociedades tradicionales campesinas, que la agricultura moderna (mercantil) margina, excluye y desarticula, por no estar dentro de sus intereses. Constituye un nuevo paradigma para el desarrollo rural sustentable de nuestras sociedades (Martínez Castillo, 2008).

- Agricultura familiar de subsistencia.

Es aquella orientada exclusivamente al autoconsumo, con disponibilidad de tierras e ingresos insuficientes para garantizar un nivel de vida apropiado para la familia, lo que induce a otras fuentes de ingresos como al trabajo asalariado, rentar parte de la superficie disponible y depender en gran medida de apoyos gubernamentales. La agricultura familiar se sitúa en una posición estratégica para hacer frente a los problemas de oferta de alimentos a precios accesibles para la población. Su

desarrollo competitivo y sustentable representa una oportunidad para transformar lo que se ha considerado como un problema en el campo mexicano (pobreza, vulnerabilidad, inseguridad alimentaria, etc.) en una solución del mismo (aprovisionamiento local de alimentos básicos, incremento en el ingreso) (SAGARPA, 2012).

- Agricultura tradicional.

La agricultura tradicional tiene la peculiaridad de estar basada en un método empírico espontáneo de obtención de conocimientos y en formas tradicionales de transmisión, conservación y cambio de dichos conocimientos, además de tener un vínculo con los agricultores de bajos recursos económicos, lo que establece un modo de producción predominantemente de consumo.

Lara Calderón y César Santiago (2017) plantean que este sistema históricamente había prevalecido en todos los rincones de la tierra e involucrado al mayor número de agricultores y a la mayor extensión agrícola. De hecho, han sido los agricultores tradicionales los que han garantizado durante siglos una alimentación sana y ambientalmente respetuosa, ofreciendo la autosuficiencia alimentaria a nivel regional hasta la fecha.

1.2. Introducción a la ganadería.

La ganadería es una actividad del sector primario que consiste en la cría, tratamiento y reproducción de animales domésticos con fines de producción para el consumo humano. Esta práctica es muy antigua y forma parte importante de nuestra economía. Además de proveer productos cárnicos, esta actividad también se relaciona con la fabricación de lácteos como el queso, crema, mantequilla y leche, alimentos que se aprovechan en grandes cantidades, la ganadería puede ser extensiva, intensiva y de autoconsumo, existen diferentes elementos que influyen para un buen desarrollo del hato como el relieve del suelo, acceso a fuentes de agua, un clima adecuado en cuanto a humedad y temperatura así como la vegetación y forrajes que se utilizan para su alimentación (Pesquera, 2018).

1.2.1. Sistemas ganaderos.

- a) **Ganadería extensiva:** Es aquella que aprovecha los recursos del territorio, fundamentalmente mediante pastoreo y con una baja aportación de insumos materiales y energéticos externos. Se trata de una actividad que, además presenta un comportamiento de integración y respeto con los procesos ecológicos locales, ya que necesariamente debe adaptarse a ellos para mantener el proceso productivo (Herrera Calvo et al., 2018).
- b) **Ganadería intensiva:** Concentra grandes cantidades de animales en espacios reducidos, hecho que agrava la situación cuando existe una localización masiva en municipios o espacios concretos (Segrelles Serrano, 1991).
- c) **Ganadería ecológica:** Los animales se crían de forma respetuosa y sin sufrimiento, utilizando tierras que no son necesarias para la producción de alimentos humanos, pero salvaguardando suficiente tierra para la biodiversidad. La ganadería ecológica emplea solo pastizales, pastos, así como residuos agrarios y de cosecha y muy poco uso de piensos (Soto, 2020).

1.2.2. Tipos de ganado.

De acuerdo a lo que indica López (2020).

- a) **Ovino:** Ovejas, para la producción de queso, leche, lana y/o pieles
- b) **Bovino o vacuno:** Bueyes, toros y vacas, para producción de carne o leche.
- c) **Porcino:** Cerdos. Se usa principalmente para la producción de carne.
- d) **Caprino:** Cabras. Se centran en la producción de queso, leche y carne.
- e) **Equino:** Caballos y yeguas. Su explotación está centrada en actividades como la hípica, las carreras de caballos o con el objetivo de comerciar.

1.2.3. La ganadería en América Latina.

Böll Stiftung (2014) refiere que, en las últimas décadas, las transformaciones sufridas por la agricultura en América Latina han dado origen a un importante proceso de reestructuración en el sector ganadero, vinculado a la nueva dinámica que los procesos de globalización imprimen en el funcionamiento de los mercados

agroalimentarios a escala mundial. A pesar del ímpetu exportador, internamente la ganadería es también una fuente de alimentos básicos para la población. En tanto que el crecimiento de las industrias avícola y porcina y el crecimiento en el consumo asociado han sido fenómenos notables y poderosas fuentes de cambio en la industria pecuaria de la región.

El consumo per cápita de ave aumentó a tasas porcentuales de dos dígitos por año en muchos países de la región, entre ellos Brasil, Argentina, Chile y México y otros, donde la oferta de fuentes alternativas de proteínas disponibles para el consumo se ha reducido.

Si bien hay diferencias entre los países y fluctuaciones en el tiempo según las políticas nacionales que se aplican en cada país, la Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para América Latina y el Caribe sostiene que las expectativas favorables del sector van acompañadas de las preocupaciones por los altos costos de alimentación animal.

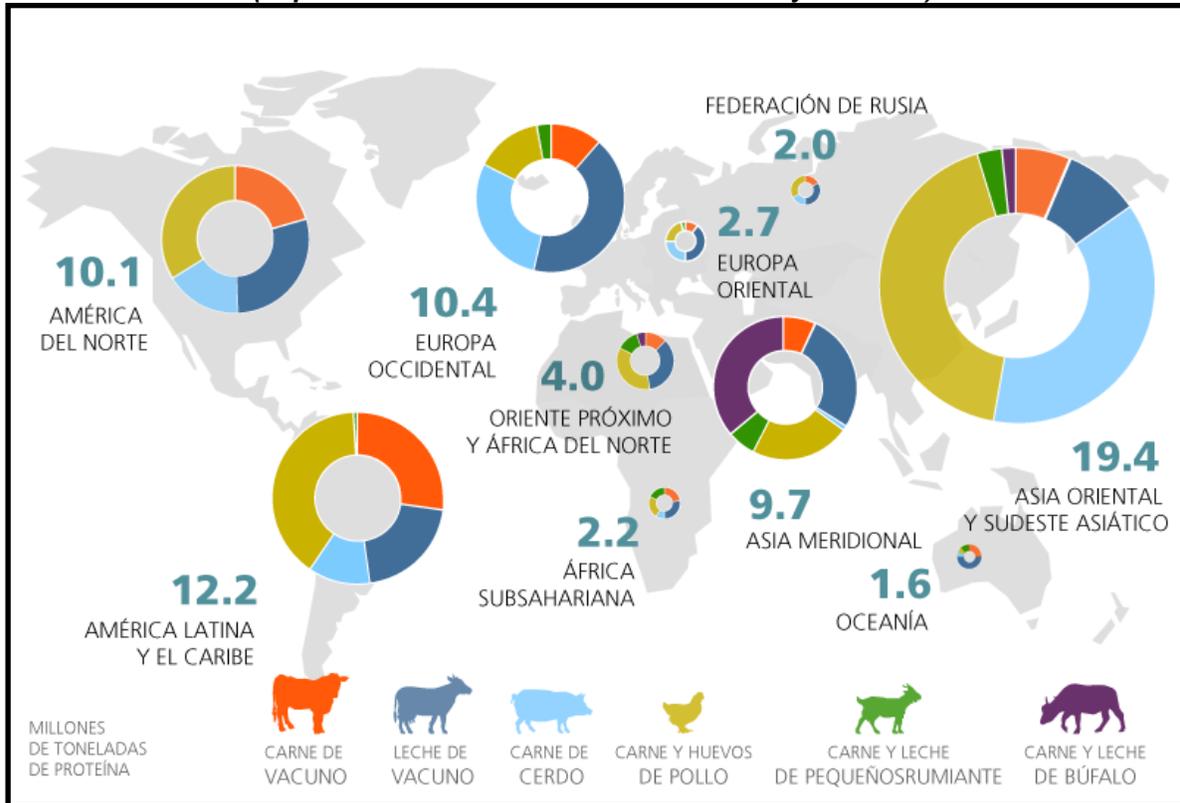
La limitada disponibilidad de forrajes de calidad y el uso ineficiente de los recursos alimenticios disponibles que afectan la productividad; el mayor riesgo de plagas y enfermedades animales transfronterizas, las amenazas asociadas a la degradación de los recursos naturales y, el impacto negativo del cambio climático sobre el sector pecuario (Böll Stiftung, 2014).

De acuerdo a FAO, la producción de carne en América Latina y el Caribe continuará creciendo rápidamente durante los próximos 10 años, pero a un ritmo más lento que la década anterior (figura 2). Los factores más importantes en el desempeño esperado de la industria de la carne en América Latina y el Caribe incluyen cinco grandes factores.

Por una parte, la creciente ventaja comparativa de estos países en la producción extensiva de ganado, la disminución del precio del ganado en relación con el costo del forraje y la creciente tasa de globalización. Pero también se refieren a un aumento relativo en los ingresos per cápita que permitiría incluir más proteína

animal en las dietas, así como políticas diseñadas para estimular la producción ganadera (Böll Stiftung, 2014)

**Figura 2. “Producción ganadera regional”
(Específicamente datos de América Latina y el Caribe)**



Fuente: Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021).

1.3. Sistema agrosilvopastoril.

Son formas de uso y manejo de los recursos naturales, en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociaciones deliberadas con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal. Pueden ser muy productivos y sostenibles; igualmente, estas prácticas tienen un alto potencial para mantener y mejorar la productividad en áreas que presentan problemas de baja fertilidad y exceso o escasez de humedad de los suelos (Mausalem Santiago, 2003).

1.3.1. Tipos de sistema agrosilvopastoril

De pre intensificación, donde la producción del cultivo y la cría de ganado operan como actividades independientes, de intensificación, donde el cultivo agrícola y la cría de animales se integran a través de la tracción animal y uso del estiércol como fuente de nutrimentos para la planta, y de diversificación de los ingresos, cuando las inversiones son hechas para mejorar el suministro de insumos agrícolas y forraje para los animales en cantidad y calidad (SAGARPA, 2017).

1.3.2. Ventajas de un Sistema Agrosilvopastoril
SAGARPA (2017) destaca las siguientes ventajas:

- a) Permite un uso doble de la tierra y la diversificación del ingreso de la familia campesina mediante la obtención de un producto agrícola y otro pecuario para autoconsumo o venta.
- b) El cultivo agrícola, sea maíz, frijol, cebada, avena, trigo u otro, proporciona grano para consumo humano o alimento para el animal, (vacas, borregos, cabras, caballos y asnos).
- c) Los bovinos y equinos ofrecen fuerza de trabajo (tracción animal), la cual se emplea para la preparación del suelo antes de la siembra y en las labores agronómicas (escarda o laboreo) realizadas al cultivo.
- d) Los animales transforman rastrojo, paja y demás hierbas que quedan después de la cosecha del cultivo, en producto animal (carne, leche, lana y fuerza de trabajo o transporte).
- e) El abono orgánico (estiércol) proveniente de los animales domésticos se utiliza como fuente de nutrimentos para los cultivos agrícolas.

1.4. Sistemas silvopastoriles

Alonso, J. (2011) expresa que los sistemas silvopastoriles son también una opción para revertir los procesos de degradación de los pastizales, al aumentar la protección física del suelo y contribuir a la recuperación de la fertilidad con la intervención de leguminosas que fijan el nitrógeno al suelo y de árboles de raíces

pivotantes que aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes. Es un sistema biológico en desarrollo dinámico y constante. Su evolución comprende diferentes etapas, y se conoce por la evaluación de sus componentes, que incluyen al suelo mismo en su estructura y composición, a animales, árboles, pasto base, flora, fauna aérea y del suelo, reciclaje de nutrientes, producción animal y sus derivados, factores abióticos, antrópicos, entre otros de carácter socio-económico.

En los sistemas silvopastoriles se desarrollan armónicamente árboles o arbustos, pastos y animales en interacción con el suelo. Constituyen, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales.

1.4.1. Tipos de sistemas silvopastoriles.

Bethancourt (2016) afirma que existen los siguientes tipos de sistemas silvopastoriles:

- a) **Árboles en potreros:** Es importante tener árboles en la finca por varias razones. La primera es que los animales necesitan sombra, especialmente las vacas lecheras. Durante las horas más calurosas del día, los animales tienden a buscar la sombra de un árbol para disipar calor. La segunda razón es porque pueden proveer ramas con forraje nutritivo para los animales. Un beneficio adicional es que cuando dejamos que los árboles crezcan, ellos utilizan carbono del aire para su estructura, tronco, ramas, raíces y hojas. A esto le llaman secuestrar carbono.
- b) **Banco de proteína:** Los bancos de proteína usualmente se cercan aparte de los potreros debido a que si el ganado entra a pastorear podría ser muy agresivo para las plantas. No todas las variedades usadas en banco de proteína resisten pisoteo ni deshoje frecuente. Luego de un corte, muchas veces se requieren dos meses para el siguiente corte. Si el ganado entra comería hojas tiernas, y la planta podría debilitarse mucho, reduciendo su producción o sucumbiendo ante otras plantas más resistentes.
- c) **Pastos, arbustos y árboles para alimentar ganado:** Un paso más avanzado, y tal vez el corazón de este manual es organizar la finca para que

la alimentación de los animales no sea solamente con un único pasto. En nuestro país se consume comida elaborada con verduras, aceites, ensaladas, especias y otros ingredientes que a veces suman en una sola comida entre 10 y 36 ingredientes. Esto permite recibir nutrientes de varias fuentes. Al ganado también puede serle muy benéfico tener una alimentación con mayor variedad de forrajes. Esto conlleva una estrategia que incluye en la dieta pastos, arbustos y ramas y frutos de árboles. En algunos lugares se usa el término sistema silvopastoril de tres niveles.

El nivel más bajo es el de pastos que usualmente son gramíneas, luego vienen los arbustos, que se seleccionan como si fuera para banco de proteína, pero haciendo énfasis en los más resistentes, y el tercer nivel es el de los árboles medianos o grandes, que aportan con sus ramas y sus frutos para la alimentación del ganado.

- d) **Pastos entre frutales o árboles maderables:** La combinación intensiva de ganadería con agricultura puede ser atractiva para algunos productores. Se conoce de varias experiencias de productores de mango y otros frutales que para bajar costos desean tener algunos animales comiendo la vegetación que crece entre las hileras de árboles frutales. Hay que tomar en cuenta que los animales comerán las frutas que caen al suelo.

Esto puede ser algo deseado para reducir la presencia de moscas que afectan la cosecha. Se puede considerar esta estrategia silvopastoril con tamarindo, cajuil, zapote, jagua, mamón, caimito, pan de fruta, buen pan, carambola, limoncillo, guanábana, níspero y manzana de oro, entre otros. Se han establecido sistemas silvopastoriles entre cultivos de mango, aguacate, cítricos (sobre todo mandarina y limón), coco y palma africana. Usualmente cuando se hace esta combinación se le da prioridad a la agricultura, y tiene la ganadería como un beneficio adicional.

- e) **Poda:** Se realiza para reducir la sombra sobre el pasto, y mejorar la calidad de la madera. Con la primera poda, se eliminan las ramas que están por debajo de la mitad de la altura del árbol. Se realiza usualmente cuando los árboles tienen 3 metros de altura, sin embargo, en algunos tipos de pino se

puede realizar cuando tienen cerca de 6 metros de alto. La segunda poda es realizada luego de hacer el primer raleo y es recomendable dejar alrededor de tres cuartos de la altura total sin ramas. Para el corte de ramas gruesas, se cortan a 20 centímetros del tronco, y luego se realiza el corte al ras del tronco de arriba hacia abajo.

- f) **Raleo:** Consiste en eliminar los árboles de menor calidad, con tronco torcido o enfermos. De esta manera se favorece el crecimiento de los árboles de mejor calidad. El raleo se puede realizar cuando las plantas alcanzan entre 7 y 9 metros de altura. Pero si se sembró con un marco de plantación de mucha proximidad, se podría hacer un primer raleo en los primeros dos años dejando un espacio adecuado entre las plantas en crecimiento.

Hay distintas estrategias forestales, y se recomienda consultar cuáles son las variedades que más están siendo demandadas en la zona de la finca. Se puede evaluar el precio por el tipo de madera y su tasa de crecimiento. Los árboles de raíz profunda pueden extraer nutrientes del suelo de zonas no accesibles al pasto. Lo bueno de asociar árboles con pasto es que una parte de estos nutrientes de forma indirecta será aprovechada por el pasto.

1.4.2. Ventajas del sistema silvopastoril

Pinto Ruíz et al. (2010) comentan que proporcionan alimento nutritivo al ganado, permite mejorar las divisiones en los potreros, ayuda a conservar el suelo y el agua, dan frutos, leña y medicinas, ayudan a capturar el aire contaminado y evitar la quema de potreros, además, ayuda a conservar a los animales silvestres.

1.5. Movimiento de la agricultura orgánica.

La agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros, en un material relativamente estable llamado humus, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos. La calidad del humus dependerá de la materia orgánica utilizada en su producción, teniendo humus con diferentes características fisicoquímicas al igual

que microbiológicas, por lo que mientras mayor sea la diversidad de elementos que dan origen a dicho humus mayor será su contenido de nutrientes y de microorganismos (Félix Herrán et al., 2008).

- Principios.
 - a) Maximizar los recursos (al interior) que la gente posee; no busca sustituir insumos, sino la reutilización de los que la gente posee.
 - b) Buscar al máximo la independencia de insumos externos, al utilizar lo que tiene a la mano y volviéndose productor de sus agro insumos.
 - c) Se enfoca a provocar el menor impacto posible dentro de la modificación que se haga al lugar y su entorno (las actividades humanas son las que más impactan al ambiente).
 - d) No poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor; este último haciendo alusión a los consultores y vendedores de abonos orgánicos que no están bien estabilizados, y que su efecto no es igual al de un abono estable que pasó cierto tiempo de maduración.

- Orígenes de la agricultura orgánica.

Soto G. (2003) Argumenta que, para muchos, la agricultura orgánica nace con nuestros ancestros, indígenas mayas que tuvieron la capacidad de alimentar más de treinta millones de habitantes en áreas reducidas, utilizando únicamente insumos naturales locales.

La nueva escuela de agricultura orgánica, que toma fuerza en Europa y Estados Unidos alrededor de los años setentas, nace como una respuesta a la revolución verde y a la agricultura convencional que se inicia a mediados del siglo XIX. Por su origen la agricultura orgánica surge desde una concepción integral, donde se involucran elementos técnicos, sociales, económicos y agroecológicos. No se trata de la mera sustitución del modelo productivo o de insumos de síntesis artificial por insumos naturales.

- Agricultura orgánica y estiércol de ovino.

Cuando se aplican abonos orgánicos al suelo y específicamente estiércol de ganado ovino, primeramente, es importante tener en mente un balance sobre las entradas y salidas en una unidad animal y algunos nutrimentos importantes en el desarrollo de los cultivos como son; el nitrógeno y el fósforo (P).

La importancia y/o necesidad de llevar acabo un balance salino, calidad del suelo, etc., en los predios donde se aplica estiércol, desde luego dosificando y manejando adecuadamente este desecho animal, a medida que se va descomponiendo o biodegradando en el suelo se van liberando iones los cuales afectan su fertilidad natural (calidad), pero también afectan el grado de salinidad y sodicidad (Salazar Sosa et al., 2003).

Lógicamente para encontrar la dosis más adecuada de estiércol, es extremadamente importante llevar a cabo investigación a largo plazo, utilizando diferentes cantidades por unidad de superficie, dado los diferentes tipos de suelo que existen, así como las necesidades nutricionales de los diferentes cultivos y todavía más aún la variabilidad y complejidad de un mismo tipo de suelo en un sitio reducido.

- Biofertilizantes.

La Procuraduría Federal del Consumidor (2021) explica que los biofertilizantes son fertilizantes orgánicos que proporcionan a las plantas los nutrientes necesarios para su desarrollo, al mismo tiempo mejoran la calidad del suelo y ayudan a conseguir un entorno microbiológico más óptimo y natural. Son imprescindibles para la agricultura ecológica, ya que ayudan a mejorar la producción agrícola y a conseguir grandes cosechas sin dañar en ningún momento el medio ambiente y siguiendo directrices totalmente respetuosas con el suelo, la naturaleza y el desarrollo sostenible.

- Microorganismos y agricultura

Cuando hablamos de microorganismos en general, nos estamos refiriendo a diversos grupos de organismos como son las bacterias, cianobacterias, microalgas, etc. En agricultura, los microorganismos son de gran utilidad para el desarrollo de

cultivos sanos y vigorosos. Son imprescindibles para mantener la fertilidad del suelo, de hecho, los que carecen de flora microbiana, son suelos pobres y desequilibrados, a los que es necesario mantener un aporte constante y desmesurado de fertilizantes de síntesis (Soriano, 2017).

- Mejoradores de suelo

Los mejoradores de suelo son productos que se añaden al suelo para influir de manera positiva en su estructura y en su fertilidad. Contrariamente a los fertilizantes, los mejoradores de suelos no contienen tantos componentes nutritivos para las plantas (IAUSA, 2016).

Los mejoradores de suelo orgánicos elaborados realizados completamente a partir de materias primas vegetales y/o animales (estiércol de vaca, estiércol de aves, estiércol de caballo). Considera sustrato a cualquier material usado como soporte para cultivar plantas o germinar semillas, se hacen sustratos a base de turba, arena, compost, perlita, vermiculita, leonardita, fibra de coco, corteza de pino, etc. Mezclas de varios de ellos o cualquier en solitario es un sustrato.

El compost es un preparado procedente de la descomposición de materias orgánicas como hojas, ramas, residuos de verduras, frutas, etc. Lo venden industrial o se puede hacer en casa con un compostador. La hierba cortada, hojas y otros materiales procedentes de plantas muertas son buenas enmiendas para el suelo si previamente se convierten en compost. Devolverán nutrientes al suelo y mejorarán su estructura, volviéndolo más esponjoso y dándole vida, el estiércol o los excrementos de vaca, cabra, oveja, caballo, palomas, gallinas, murciélagos, etc. Tras su fermentación al aire libre o controlado ya estará “curado” para aportarlo al suelo, es un abono (IAUSA, 2016).

Los mejoradores de suelos minerales son de origen fósil (rocas) y poseen una alta estabilidad. De acuerdo con su origen, distinguimos aquí diferentes campos de aplicación (IAUSA, 2016).

- Ventajas de la agricultura orgánica

Los agricultores orgánicos prefieren evitar los fertilizantes sintéticos, ya que buscan crear un suelo saludable y rico en nutrientes de una manera más sostenible. Los fertilizantes biológicos se pueden obtener mediante el uso de estiércol, compost y subproductos animales. Aunque son excelentes para fines ambientales, pueden contener patógenos humanos, como virus, bacterias, hongos, etc., se estabilizan y deben usarse entre noventa y ciento veinte días antes de la cosecha por razones de salud y seguridad (Piccolo, 2022).

- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021) enumeran las ventajas de la agricultura orgánica:

1. **Sostenibilidad a largo plazo:** Muchos de los cambios que se han observado en el medio ambiente son de largo plazo y lentos. La agricultura orgánica toma en cuenta los efectos a mediano y a largo plazo de las intervenciones agrícolas en el agroecosistema. Se propone producir alimentos a la vez que se establece un equilibrio ecológico para proteger la fertilidad del suelo o evitar problemas de plagas.

2. **Suelos:** En la agricultura orgánica son fundamentales las prácticas de enriquecimiento de los suelos, como la rotación de cultivos, los cultivos mixtos, las asociaciones simbióticas, los cultivos de cubierta, los fertilizantes orgánicos y la labranza mínima, que benefician a la fauna y la flora del suelo, mejoran la formación de éste y su estructura, propiciando sistemas más estables. A su vez, se incrementa la circulación de los nutrientes y la energía, y mejora la capacidad de retención de nutrientes y agua del suelo, que compensa que se prescindan de fertilizantes minerales.

Estas técnicas de gestión también son importantes para combatir la erosión, se reduce el lapso de tiempo en que el suelo queda expuesto a ésta, se incrementa la biodiversidad del suelo y disminuyen las pérdidas de nutrientes, lo que ayuda a mantener y mejorar la productividad del suelo.

3. **Agua:** En muchas zonas agrícolas es un gran problema la contaminación de las corrientes de agua subterráneas con fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Como está prohibido utilizar estas sustancias en la agricultura orgánica, se

sustituyen con abonos orgánicos (por ejemplo: compostas, estiércol animal, abono verde) y mediante el empleo de una mayor biodiversidad (respecto a las especies cultivadas y a la vegetación permanente), que mejoran la estructura del suelo y la filtración del agua. Los sistemas orgánicos bien gestionados, con mejores capacidades para retener los nutrientes, reducen mucho el peligro de contaminación del agua subterránea.

4. **Aire:** La agricultura orgánica reduce la utilización de energía no renovable al disminuir la necesidad de sustancias agroquímicas (cuya producción requiere una gran cantidad de combustibles fósiles). La agricultura orgánica contribuye a mitigar el efecto de invernadero y el calentamiento del planeta mediante su capacidad de retener el carbono en el suelo.
5. **Biodiversidad:** Los agricultores orgánicos son guardianes de la biodiversidad a la vez que la utilizan, en todos los niveles. En el plano de los genes, prefieren las semillas y las variedades tradicionales y adaptadas, por su mayor resistencia a las enfermedades y a las presiones del clima.
En el plano de las especies, diversas combinaciones de plantas y animales optimizan los ciclos de los nutrientes y la energía para la producción agrícola. En cuanto al ecosistema, mantener zonas naturales dentro y alrededor de los campos de cultivo, así como que no se utilicen insumos químicos, propician un hábitat adecuado para la flora y la fauna silvestres.
6. **Organismos modificados genéticamente (OMG):** La utilización de OMG en los sistemas orgánicos no se permite en etapa alguna de la producción, elaboración o manipulación de alimentos orgánicos. Como no se conocen cabalmente las posibles repercusiones de los OMG en el medio ambiente y en la salud, la agricultura orgánica está adoptando una perspectiva de precaución y prefiere fomentar la biodiversidad natural. La etiqueta orgánica, por lo tanto, asegura que no se hayan utilizado OMG intencionalmente en la producción y elaboración de los productos orgánicos.
7. **Servicios ecológicos:** Las repercusiones de la agricultura orgánica en los recursos naturales favorecen una interacción con el agroecosistema vital para la producción agrícola y para la conservación de la naturaleza. Los

servicios ecológicos que se obtienen son: formación, acondicionamiento y estabilización del suelo, reutilización de los desechos, retención de carbono, circulación de los nutrientes, depredación, polinización y suministro de hábitat.

- **Desventajas de la agricultura orgánica**

Presenta volúmenes de producción reducidos para los agricultores, al igual que un aumento a la mano de obra agrícola como el consumo de tiempo para el trabajo manual, ocasionando un desgaste mayor para los trabajadores. De igual manera, se tiene que tener un control frecuente de las plagas y malas hierbas por la falta de aplicaciones de químicos (Cherlinka, 2021).

1.6. Certificación en la agricultura orgánica.

Una característica muy importante que debe tener una certificadora es que debe ser una tercera parte completamente neutral e independiente a la hora de tomar decisiones para otorgar o denegar una certificación. Esta característica propia de la certificadora aunada a un buen trabajo de certificación, genera confianza entre quienes participan en el mercadeo de productos orgánicos (Saborío Ocampo & Delgado Hidalgo, 2019).

- Saborio Ocampo y Delgado Hidalgo mencionan los requerimientos para la obtención de una certificación orgánica
- a) **Cumplir con las normas de producción orgánica de la certificadora.** Si se cumplen desde un principio las normas de producción orgánica de la certificadora respectiva, las posibilidades de aceptación de la certificación son mayores. Se debe contactar previamente a la certificadora y exponerle el caso, explicar claramente cómo se ha venido trabajando la finca desde que se inició el programa orgánico, desde el manejo técnico hasta las pruebas documentales que se tienen. Con este primer contacto, el personal de la certificadora le podrá orientar y aconsejar si vale la pena continuar con el

proceso de certificación, o si se debe postergar por un tiempo determinado hasta lograr el cumplimiento de todas las normas de producción.

- b) **Necesitar la certificación para la comercialización.** Al vender productos orgánicos directamente en la finca a los clientes conocidos, probablemente no se va a necesitar la certificación. Pero si se quiere exportar o vender sus productos fuera de su finca por ejemplo en la Feria del Agricultor, en alguna verdulería orgánica o a comerciantes detallistas de productos orgánicos, probablemente va a necesitar la certificación orgánica.

También actualmente para exportar los productos orgánicos se debe de contar con una certificación orgánica que demuestre a las autoridades del país importador o los propios compradores el cumplimiento de las normas de producción orgánica. Por otro lado, la Ley Nacional sobre Agricultura Orgánica exige que todos los productos que vayan a ser vendidos y etiquetados como orgánicos, deben tener una certificación de una certificadora reconocida y acreditada ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería de nuestro país.

- c) **Justificar económicamente el costo de certificación.** En otras palabras, se debe buscar que el certificarse sea rentable. En muchos casos los precios para los productos orgánicos son mayores que para productos convencionales, pagando así los costos de la certificación. En otros casos, el mercado requiere que cierto tipo de producto sea orgánico para poder acceder cierto nicho de mercado. Para muchos productores la certificación de sus productos ha significado la única manera para vender su producto en mercados altamente atractivos, en este caso la certificación se necesita como un requisito para poder vender dicho producto.

1.7. Pastoreo en México

El pastoreo en México permite la producción sostenida de forraje, evita el sobrepastoreo y la degradación de las praderas con pastizales, el ajuste de carga animal permite el aprovechamiento máximo de los recursos forrajeros disponibles en las áreas en que pastorea el ganado, evitando su deterioro, así como también mejora de la productividad del ganado al disponer de una mayor cantidad de forraje

de buena calidad, lo cual favorece el desarrollo de una ganadería sostenible (INECC, 2016).

En las zonas áridas y semiáridas de México la alimentación de los rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos) se basa en el pastoreo extensivo, por lo que el mantenimiento y la subsistencia del ganado dependen de la condición en que se encuentren los agostaderos. Sin embargo, la mayoría de los agostaderos en estas zonas presentan un grave deterioro debido al sobrepastoreo, en donde la cobertura vegetal es escasa y por tanto la producción de forraje es casi nula y de mala calidad (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, 2012).

1.8. Identificación de especies.

Los pastos sembrados en la zona de amortiguamiento del APFF Nevado de Toluca fueron Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinacea*) presentan diversas características, las cuales se describen a continuación

1.8.1. Ryegrass (*Lolium multiflorum*).

Una de las especies de pasto con la que se trabajó durante este periodo de tiempo es el Ryegrass (*Lolium multiflorum*), (figura 4) el cual se define como un pasto de crecimiento erecto con gran producción de macollos; la planta mide de 25 a 40 cm de altura; los tallos son cilíndricos; produce espigas que se forman en varios grupos, a los lados del tallo; la semilla tiene barbas de longitud variable. La planta produce tallos subterráneos que dan lugar a nuevos brotes, por lo cual cubre rápidamente la superficie del suelo en donde fue sembrado. (SIAP, 2022). Este pasto es originario del sur de Europa, aunque también hace presencia en el norte de África y regiones templadas de Asia.



Figura 3. "Semilla Ryegrass."



Figura 4. "Ryegrass."
Fuente: (SIAP, 2022).

Tiene un amplio margen de adaptación, aunque para una producción satisfactoria requiere de suelos de fertilidad media y principalmente con un buen drenaje interno. Requiere de temperaturas bajas para su germinación, establecimiento y utilización, por lo que, en zonas con inviernos cálidos, no podrá prosperar. Se desarrolla bien tanto en suelos de textura arcillosa, como franco o arenosa. Se cultiva para disponer de forraje en la época crítica o de escasez. Se pueden iniciar los cortes cuando el zacate alcanza los 25 a 30 cm de altura (55 a 65 días después de la nacencia) o el pastoreo directo en un sistema de rotación en potreros, con periodos de 7 días de pastoreo y 28 a 35 días de recuperación por potrero (SIAP, 2022).

1.8.2. Festuca (*Festuca arundinacea*).

La segunda especie sembrada en el ejido de Agua Blanca fue Festuca (*Festuca arundinacea*) (Figura 6) la cual se define como una gramínea perenne de clima templado de 45-180 cm de altura con hojas planas verdosas oscuras y espiguillas alargadas, tiene una fuerte y profunda raíz que permite obtener fácilmente agua del suelo. Se adapta muy bien a condiciones climáticas muy diversas (frío, calor y sequía), por lo que puede ser importante en los sistemas ganaderos ya que tiene la

capacidad de producir forraje de alta calidad. Es una especie con excelente producción de forraje, pero su calidad puede verse afectada si su manejo es inadecuado (Marín Santana et al., 2017). Este pasto es nativo de Europa y el norte de África.

Es de crecimiento inicial lento y vulnerable a la competencia de especies más agresivas, como los ballicos, por ello se recomienda mezclarlo únicamente con dáctilo (*Dactylis glomerata*), alfalfa (*Medicago sativa*) o trébol blanco (*Trifolium repens*). Su dosis de siembra es de 20-24 kg/ha en siembras puras, y en mezclas se emplean dosis inferiores. Tiene persistencia elevada, superando los 5 años y producciones elevadas, próximas a las 10 t MS/ha en una temporada, y sus rendimientos son sostenidos a lo largo del año. Su preferencia por el ganado y su digestibilidad son bajas. Puede ser usado para corte, pastoreo o para henificar. Es tolerante al pastoreo y el pisoteo del ganado. Debido a la disminución de digestibilidad en su etapa de espigado y a su rápido rebrote se recomienda que la planta se encuentre en estado joven; por esto debe existir un pastoreo intensivo de la pradera (Marín Santana et al., 2017).



Figura 5. "Semilla Festuca."



Figura 6. "Festuca."
Fuente: (AgriQo.es, s.f.)

CAPÍTULO II

MARCO LEGAL

2. MARCO LEGAL

2.1. Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2024).

La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

La capacidad para adquirir el dominio de las tierras y aguas de la Nación, se regirá por las siguientes prescripciones:

- a) III.- Las instituciones de beneficencia, pública o privada, que tengan por objeto el auxilio de los necesitados, la investigación científica, la difusión de la enseñanza, la ayuda recíproca de los asociados, o cualquier otro objeto lícito, no podrán adquirir más bienes raíces que los indispensables para su objeto, inmediata o directamente destinados a él, con sujeción a lo que determine la ley reglamentaria.
- b) IV.- Las sociedades mercantiles por acciones podrán ser propietarias de terrenos rústicos, pero únicamente en la extensión que sea necesaria para el cumplimiento de su objeto. En ningún caso las sociedades de esta clase podrán tener en propiedad tierras dedicadas a actividades agrícolas, ganaderas o forestales en mayor extensión que la respectiva equivalente a veinticinco veces los límites señalados en la fracción XV de este artículo.
- c) VII.- Se reconoce la personalidad jurídica de los núcleos de población ejidales y comunales y se protege su propiedad sobre la tierra, tanto para el asentamiento humano como para actividades productivas. La ley protegerá la integridad de las tierras de los grupos indígenas. La ley, considerando el respeto y fortalecimiento de la vida comunitaria de los ejidos y comunidades, protegerá la tierra para el asentamiento humano y regulará el aprovechamiento de tierras, bosques y aguas de uso común y la provisión de acciones de fomento necesarias para elevar el nivel de vida de sus pobladores. La ley, con respeto a la voluntad de los ejidatarios y comuneros para adoptar las condiciones que más les convengan en el aprovechamiento

de sus recursos productivos, regulará el ejercicio de los derechos de los comuneros sobre la tierra y de cada ejidatario sobre su parcela. Asimismo, establecerá los procedimientos por los cuales ejidatarios y comuneros podrán asociarse entre sí, con el Estado o con terceros y otorgar el uso de sus tierras; y, tratándose de ejidatarios, transmitir sus derechos parcelarios entre los miembros del núcleo de población; igualmente fijará los requisitos y procedimientos conforme a los cuales la asamblea ejidal otorgará al ejidatario el dominio sobre su parcela. En caso de enajenación de parcelas se respetará el derecho de preferencia que prevea la ley. Dentro de un mismo núcleo de población, ningún ejidatario podrá ser titular de más tierra que la equivalente al 5% del total de las tierras ejidales. En todo caso, la titularidad de tierras en favor de un solo ejidatario deberá ajustarse a los límites señalados en la fracción XV.

- d) XV.- En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los latifundios. Se considera pequeña propiedad agrícola la que no exceda por individuo de cien hectáreas de riego o humedad de primera o sus equivalentes en otras clases de tierras. Para los efectos de la equivalencia se computará una hectárea de riego por dos de temporal, por cuatro de agostadero de buena calidad y por ocho de bosque, monte o agostadero en terrenos áridos.
- e) XX.- El Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional, y fomentará la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con obras de infraestructura, insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia técnica. Asimismo, expedirá la legislación reglamentaria para planear y organizar la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, considerándolas de interés público. El desarrollo rural integral y sustentable a que se refiere el párrafo anterior, también tendrá entre sus fines que el Estado garantice el abasto suficiente y oportuno de los alimentos básicos que la ley establezca.

2.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2012).

La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

ARTÍCULO 2o.- Se consideran de utilidad pública:

II.- El establecimiento, protección y preservación de las áreas naturales protegidas y de las zonas de restauración ecológica.

ARTÍCULO 5o.- Son facultades de la Federación:

XI. La regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de las aguas nacionales, la biodiversidad, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia.

ARTÍCULO 15.- Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios.

I.- Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país; II.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad.

I.- El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad.

ARTÍCULO 22 Bis. Se consideran prioritarias, para efectos del otorgamiento de los estímulos fiscales que se establezcan conforme a la Ley de Ingresos de la Federación, las actividades relacionadas con:

I.- La investigación científica y tecnológica, incorporación, innovación o utilización de mecanismos, equipos y tecnologías que tengan por objetivo evitar, reducir o

controlar la contaminación o deterioro ambiental, así como el uso eficiente de recursos naturales y de energía.

VII.- En general, aquellas actividades relacionadas con la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

ARTÍCULO 98.- Para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los siguientes criterios:

I. El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas.

II. El uso de los suelos debe hacerse de manera que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva.

III. Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos.

IV.- En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural.

ARTÍCULO 99.- Los criterios ecológicos para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán en:

I. Los apoyos a las actividades agrícolas que otorgue el Gobierno Federal, de manera directa o indirecta, sean de naturaleza crediticia, técnica o de inversión, para que promuevan la progresiva incorporación de cultivos compatibles con la preservación del equilibrio ecológico y la restauración de los ecosistemas.

VII.- Las disposiciones, lineamientos técnicos y programas de protección y restauración de suelos en las actividades agropecuarias, forestales e hidráulicas.

ARTÍCULO 100.- Las autorizaciones para el aprovechamiento de los recursos forestales implican la obligación de hacer un aprovechamiento sustentable de ese

recurso. Cuando las actividades forestales deterioren gravemente el equilibrio ecológico, afecten la biodiversidad de la zona, así como la regeneración y capacidad productiva de los terrenos, la autoridad competente revocará, modificará o suspenderá la autorización respectiva en términos de lo dispuesto por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

ARTÍCULO 104.- La Secretaría promoverá ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y las demás dependencias y entidades competentes, la introducción y generalización de prácticas de protección y restauración de los suelos en las actividades agropecuarias, así como la realización de estudios de impacto ambiental previos al otorgamiento de autorizaciones para efectuar cambios del uso del suelo, cuando existan elementos que permitan prever grave deterioro de los suelos afectados y del equilibrio ecológico de la zona.

2.3. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (2016).

El APFF Nevado de Toluca y su Zona de Influencia están inmersos en una región donde ocurre una importante actividad agropecuaria, que hace uso de los bienes y servicios ecosistémicos que esta Área Natural Protegida provee y que genera impactos variables sobre la misma.

Este componente considera las actividades y acciones necesarias para la reconversión productiva de áreas agrícolas y ganaderas a forestales, reducir o hacer más eficientes las actividades agropecuarias para que sean compatibles con la conservación de agua, suelo y biodiversidad, y a su vez busca favorecer las condiciones de vida de la población local, que, en diferentes grados, depende de la agricultura para su subsistencia, bajo las siguientes premisas:

- a) Reconversión de áreas agrícolas y pecuarias a sistemas agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles que sean económicamente viables y que incorporen prácticas de bajo impacto ambiental, o que estén orientadas a la producción ecológica

- b) Reconversión de zonas agropecuarias a actividades económicas alternativas de menor impacto ambiental, que sean económicamente viables.
- c) No debe permitirse el aumento en la superficie destinada para uso pecuario y agrícola (aumento de la frontera agropecuaria).
- d) No se deben permitir las actividades agropecuarias convencionales que no estén en proceso de reconversión hacia la producción sustentable.

El Nevado de Toluca está comprendido por dos subzonas (A y B), la subzona A comprende una superficie de nueve mil 955.831088 hectáreas comprendidas en 10 polígonos, mientras que la subzona B comprende una superficie de mil 204.060239 hectáreas comprendidas en 14 polígonos, de los cuales sólo haremos énfasis en la siguiente:

- Polígono 13 Agua Blanca. Comprende una superficie de 48.526199 hectáreas y se localiza al suroeste del Área Natural Protegida.

Los principales cultivos en esta subzona son maíz, avena, papa, haba, nabo, entre otros. Estos cultivos se llevan a cabo en las laderas y pie de monte con altitudes que van de los tres mil metros sobre el nivel del mar a los tres mil 680 metros sobre el nivel del mar, y que, al no haberse aplicado técnicas de conservación de suelo, se presentan problemas de erosión aunado a las pendientes pronunciadas que provocan la pérdida de suelo, que se agrava debido a las lluvias torrenciales que se presentan en el área y generan problemas de arrastre e inundación aguas abajo.

Asimismo, existe contaminación por la aplicación de agroquímicos que conlleva a la disminución de insectos y otras especies de fauna como aves y reptiles, razón por la cual estas actividades deben orientarse a la sustentabilidad y a la reconversión forestal.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS

FISIOGRÁFICAS, SOCIALES Y

ECONÓMICAS

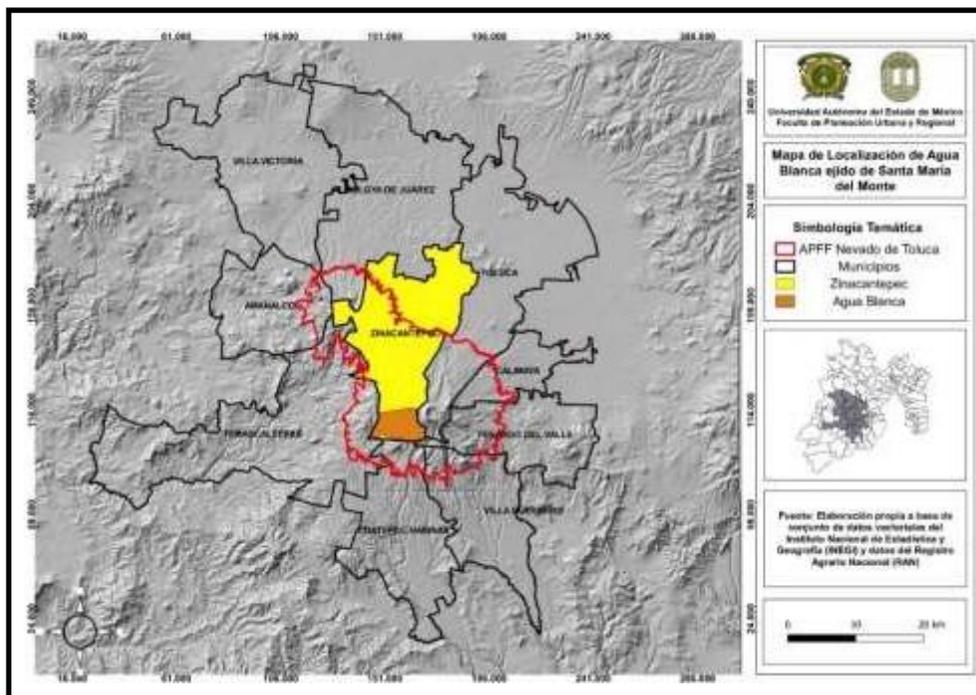
3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS, SOCIALES Y ECONÓMICAS

3.1. Componentes naturales

3.1.1. Localización.

La localidad de Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte está situada en el Municipio de Zinacantepec, Estado de México (figura 7). Dentro de todos los pueblos del municipio, ocupa el número 48 en cuanto a número de habitantes. Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte está a 3,175 metros de altitud. La localidad de Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte está situada a 25.4 kilómetros de San Miguel Zinacantepec, que es la localidad más poblada del municipio, en dirección Noroeste. Limita al norte con el ejido de Contadero; al noreste con el Parque de los Venados; al este con el Cráter del Nevado de Toluca; al sureste con ejido de Pueblo Nuevo; al sur con ejido de Coatepec Harinas; al oeste con el ejido el Varal y al noroeste con ejido la Comunidad y el ejido de Albarranes. Esta comunidad se localiza dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, el cual se localiza entre los paralelos 18°58' y 19°13' de latitud norte y los 99°37' y 99°58' de longitud oeste (Pedraza Roque, 2013).

Figura 7. Localización del ejido de Agua Blanca en el APFF Nevado de Toluca



Fuente: Elaboración propia a base de conjunto de datos vectoriales de INEGI (2012) y datos de RAN (2017).

3.1.2. Clima.

Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte, el clima es C(w2) templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, con una precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (ECOGEN, 2021).

3.1.3. Flora.

En el APFF Nevado de Toluca, igual que en muchas otras áreas templadas de México, predominan las especies herbáceas y en menor proporción se encuentran los arbustos, los árboles y las epífitas. Las familias con un mayor número de especies son: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Solanaceae, Apiaceae, Lamiaceae y Scrophulariaceae, plantas en su mayoría con hábitos de crecimiento herbáceos. Entre los árboles, los géneros pinos (*Pinus*) y encino (*Quercus*) son los más abundantes en el Área Natural Protegida (SEMARNAT & CONANP, 2016).

3.1.4. Fauna

La ubicación y las características climáticas y de vegetación del Nevado de Toluca favorecen la presencia de una gran diversidad de mamíferos, aves, reptiles y anfibios de las regiones biogeográficas neártica y neotropical. La riqueza faunística del APFF Nevado de Toluca está representada por 227 especies de invertebrados y vertebrados que incluyen rotíferos, artrópodos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (SEMARNAT & CONANP, 2016).

3.2. Componente social.

3.2.1. Población total.

En la tabla 1 se puede observar una comparación entre algunas localidades que son parte del municipio de Zinacantepec, y que, además, son algunas de las 16

localidades rurales ubicadas dentro de la zona de amortiguamiento del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Agua Blanca ejido de Santa María del Monte presenta una muy baja cantidad de población dentro del ANP Nevado de Toluca, a comparación de otras localidades, pues solo son un total de 120 personas

Tabla 1. “Número de habitantes en Agua Blanca”

Localidad	Población
Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte	120
Loma Alta	564
Buenavista	828
La Puerta del Monte	271
Cruz Colorada	53
Raíces	768
Dos Caminos	33

Fuente: Obtenido de Plan Municipal de Desarrollo Urbano Zinacantepec (2022)

En estas zonas es difícil que se presente una alta concentración de habitantes, ya que su ubicación geográfica hace menos fácil los asentamientos humanos, estando demasiado alejados del centro de la ciudad de Toluca de Lerdo, inclusive del municipio de Zinacantepec, además las condiciones climáticas en las que se encuentra. Agua Blanca presenta una muy baja cantidad de población dentro del APFF Nevado de Toluca, en comparación con otras localidades.

3.3. Componente económico.

El APFF Nevado de Toluca y su zona de influencia están inmersos en una región donde ocurre una importante actividad agropecuaria, que hace uso de los bienes y servicios ecosistémicos que esta Área Natural Protegida provee y que genera impactos variables sobre la misma (SEMARNAT & CONANP, 2016).

La población económicamente activa en el municipio de Zinacantepec (2022) representa el 60.7% de personas mayores a 12 años en el municipio, mientras que la población no económicamente activa es de un total de 62,854 personas, que es igual al 39.1% del total, la población no especificada en los resultados del Censo de Población y Vivienda 2020, es del 0.2%. Del total de las personas económicamente activas, el 97.8% se encuentra ocupada y el 2.10% se encuentra desocupada (tabla 2).

Tabla 2. “Población económicamente activa de Zinacantepec.”

Sexo	Población				Población no económicamente activa	No especificado
	de 12 años y más	Total	Ocupada	Desocupada		
Total	160,887	97,689	95,634	2,055	62,854	344
Hombres	77,466	59,237	57,705	1,532	18,041	188
Mujeres	88,421	38,452	37,929	523	44,813	156

Fuente: Obtenido de Plan Municipal de Desarrollo Urbano Zinacantepec (2022)

En la tabla 3 se observa el porcentaje de PEA, donde las principales actividades en Agua Blanca son el pastoreo de ovinos y bovinos, la extracción de productos del bosque y el empleo en el sector secundario (Solis Correo, 2015).

Tabla 3. “Población económicamente activa de Agua Blanca”.

Localidades	PEA
Agua Blanca Ejido de Santa María del Monte.	30.7%

Fuente: Obtenido de (Solis Correo, 2015).

Las actividades económicas primarias se refieren a aquellas que se pueden realizar debido a las condiciones geográficas del territorio. Estas actividades proporcionan materias primas obtenidas de la ganadería, agricultura, pesca, entre otros (Zinacantepec, 2022).

El municipio de Zinacantepec cuenta con varias localidades que se dedican a las actividades agrícolas y ganaderas, como lo es el ejido de Agua Blanca (tabla 4),

Tabla 4. “Actividades económicas primarias”

Municipio	Localidad	Agricultura	Ganadería (Zona de pastizales)
Zinacantepec	Agua Blanca	X	X

Fuente: Obtenido de (Velásquez Sandoval, 2014).

3.4. Sector Agropecuario.

El sector agrícola es el productor básico de alimentos e insumos para la industria y la exportación. Di Ciano (2015) argumenta que, es una actividad productora o primaria que obtiene materias primas de origen vegetal a través del cultivo. En lugares como Argentina, en la actualidad, proporciona cerca del 7% de todo el empleo. El sector agrícola, es decir, la agricultura, el cual se encarga del cultivo como, por ejemplo, granos y semillas, hortalizas, frutales y nueces entre otros.

En la ganadería intensiva el ganado se encuentra generalmente bajo condiciones de temperaturas, luz y humedad que han sido creadas en forma artificial, con el objetivo de incrementar la producción en el menor lapso de tiempo.

Los animales se alimentan, principalmente, de alimentos enriquecidos. Los sistemas extensivos, tradicionales de producción animal tienen como objetivo la utilización del territorio de una manera perdurable, están sometidos a los ciclos naturales, mantienen siempre una relación amplia con la producción vegetal del agroecosistema de que forman parte. Se considera extensiva la explotación ganadera que para la alimentación del ganado utiliza los aprovechamientos a diente de los pastos procedentes de prados, pastizales, hierbas y rastrojos; propios, ajenos o comunales, de forma permanente o temporal. Sector pecuario, es decir, la

ganadería, el cual está enfocado a la cría de bovinos, porcinos, ovinos entre otros tipos de animales, para su aprovechamiento (Di Ciano, 2015).

La ganadería ovina representa su principal fuente de ingresos. El rango de cabezas va de 20 a 140 y se practica el pastoreo en el área de uso común del ejido. Estas actividades son complementadas con la agricultura, en especial de avena, papa y maíz, destinada para el autoconsumo, aunque de presentar excedente se comercializa en el mercado de la localidad y del municipio (Ruíz Torres, 2019).

Dentro del APFF Nevado de Toluca se encuentran cuatro mil 480 registros de unidades de producción con maíz en grano, 952 con papa y 376 con avena forrajera, destacándose las correspondientes al municipio de Zinacantepec, por concentrar un importante porcentaje de estas unidades para los tres cultivos (38.3 por ciento de maíz grano, 44.4 por ciento de avena forrajera y 43.8 por ciento de papa).

En cuanto a la ganadería, los ovinos registran 676 unidades de producción y los bovinos que en conjunto registran 191 unidades de producción. Al igual que en el caso agrícola, las unidades del municipio de Zinacantepec concentran proporciones importantes de los registros de ovinos y bovinos (SEMARNAT & CONANP, Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, 2016).

En la comunidad de Agua Blanca 67.5% de los productores disponen de áreas de 0.25 a 2 ha, en los cuales el 37.5% desarrollan agricultura de temporal con cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y avena (*Avena sativa*) entre otros, la avena es utilizada para la alimentación de los animales en la época de secas o la comercializan como forraje, después de la cosecha los terrenos son utilizados para el pastoreo. En resumen, las áreas utilizadas para el pastoreo son: áreas comunales, potreros, y terrenos de cultivo (tabla 5).

Según se mencionan en *La Ganadería Mexicana Rumbo a la Agenda 2030* (2021), existe un programa de manejo que sirve como instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el

manejo y la administración del Nevado de Toluca, en el cual está incluido Agua Blanca.

Como ya se había mencionado anteriormente (Tabla 4) , para la localidad de Agua Blanca una de las principales fuentes de subsistencia es la cría y manejo de ganado ovino en su mayoría, con un número de 1 hasta 60 cabezas y otras especies de animales en menor medida, como aves de corral (gallinas, codornices y guajolotes), bovinos, cerdos y cabras (Martínez Hernández et al., Análisis socioeconómico de la producción ganadera en un ANP en el centro de México, 2021).

Los productores de la localidad de Agua Blanca han constituido un sistema productivo caracterizado por encierro nocturno y pastoreo diurno; todos los días del año tienen libre acceso a agua limpia por los diferentes afluentes de agua que atraviesan la localidad (tabla 5). La comercialización de los animales se lleva a cabo en mercados locales, o venta directa a compradores dentro de la localidad. Más del 50% del alimento que se adquiere para complementar la alimentación del ganado en esta época es comprado localmente.

Tabla 5. "Terrenos disponibles por unidad de producción en Agua Blanca".

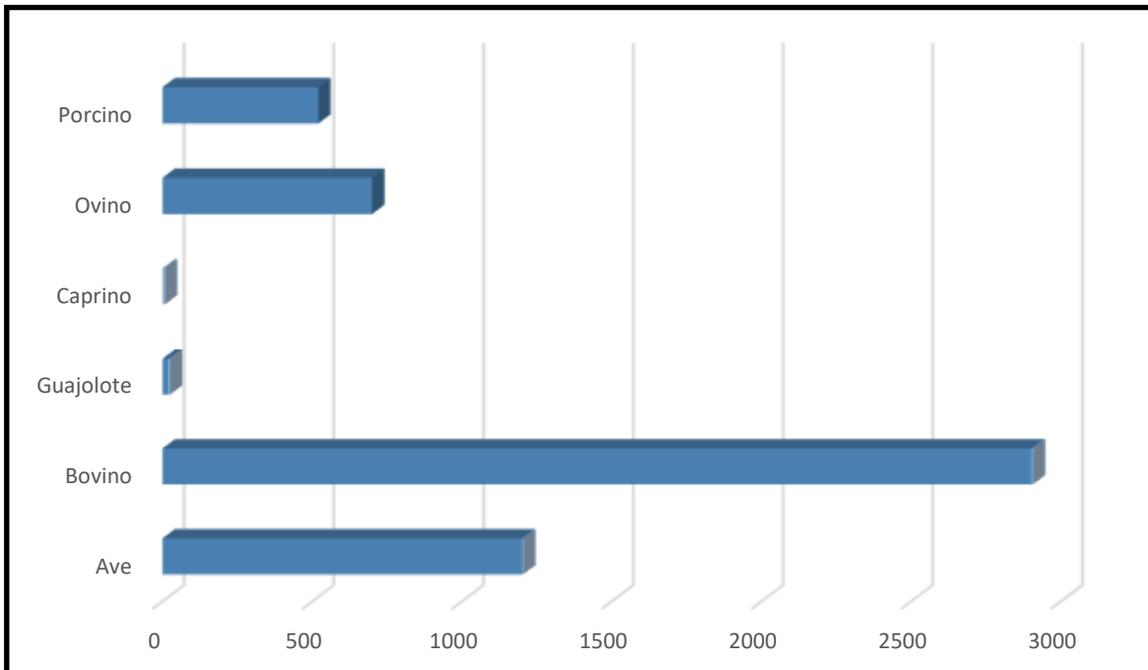
Núm. de unidad de producción.	Superficie total (ha).	Superficie de terrenos para cultivo (ha).
1	1.30	0.01
2	0.15	0
3	0.48	0.07
4	1.19	0.38
5	4.21	0.13
6	0.09	0
7	2.10	0.08
8	0.15	0
9	0.67	0
10	0.15	0
11	0.22	0.08
12	0.23	0
13	6.07	0.02

Fuente: Obtenido de (Martínez Hernández et al., Análisis socioeconómico de la producción ganadera en un ANP en el centro de México, 2021).

Mientras que, la ganadería en el municipio de Zinacantepec está representada por la producción de ganado porcino, ovino, guajolote, caprino, bovino y aves (figura 8).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018, el mayor volumen de producción durante el año de 2022 se recaudó del ganado bovino y en segundo lugar de las aves. La minoría de producción fue representada por el ganado caprino y el guajolote (SIAP, 2022).

Figura 8. Volumen de producción pecuaria (toneladas) en el municipio de Zinacantepec.”



Fuente: Elaboración propia a base de del Plan Municipal de Desarrollo Urbano Zinacantepec (2022)

Justificación

Esta tesis busca considerar las actividades y acciones necesarias para la reconversión productiva de áreas agrícolas, reducir o hacer más eficientes las actividades agrícolas para que sean compatibles con la conservación de suelo y biodiversidad, y a su vez busca favorecer las condiciones de vida de la población local, que en diferentes grados, depende de la actividad agropecuaria para su subsistencia, que sean económicamente viables y que incorporen prácticas de bajo impacto ambiental, o que estén orientadas a la producción orgánica. Impulsar la transformación de una actividad agropecuaria compatible con la conservación dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, que sea motor del desarrollo sostenible para las comunidades, mediante la reconversión productiva para la recuperación de ecosistemas y la mejora de las prácticas agrícolas y ganaderas.

La necesidad de realizar esta investigación es para aportar información sobre los beneficios que puede brindar el uso de los pastos Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinaceum*) basados en los principios básicos de la agricultura familiar y brindar una opción productiva pero también de cobertura al suelo con la aplicación de las praderas con los pastos mejorados y el estiércol de los ovinos como una estrategia de abonado al suelo. También permite que cada productor se relacione con el cuidado de los suelos y busca a su vez que su mejora traiga consigo mejores cosechas para algunos alimentos que sean de su autoconsumo. Esta investigación busca también apoyar a las mujeres dedicadas a realizar la actividad del pastoreo, debido a que diariamente pasan aproximadamente 6 horas dentro de los bosques alimentando a su ganado, mientras que, al término de esta actividad, tienen que encargarse de las tareas del hogar, lo cual, las praderas con pastos mejorados les brindarían una nueva oportunidad de reducir sus horas de trabajo.

Pregunta de investigación

¿Existen diferencias en rendimientos y calidad nutritiva entre las praderas establecidas con pastos mejorados y los pastizales en la localidad de Agua Blanca?

Objetivo general

- ✓ Establecer praderas de Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinaceum*) para su evaluación como alimento de ovinos, y comparándolas con pastizales como estrategia ambiental para la reducción del pastoreo al interior del bosque.

Objetivos específicos

- ✓ Establecer praderas con pastos mejorados como estrategia de alimentación para los ovinos en la zona de amortiguamiento del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.
- ✓ Realizar una comparación de la acumulación neta de forraje entre los pastos mejorados y pastizales recolectados.
- ✓ Determinar la calidad nutritiva de pastos mejorados y pastizales a través del contenido de proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

Planteamiento del problema

De las 53,590.28 hectáreas que conforman el Área Natural Protegida, 45,101.49 hectáreas corresponden a la propiedad social (ejidal o comunal), en donde se incluyen 54 núcleos agrarios, Agua Blanca comprende una superficie de 48.526199 hectáreas y se localiza al suroeste del Área Natural Protegida (SEMARNAT & CONANP, 2016).

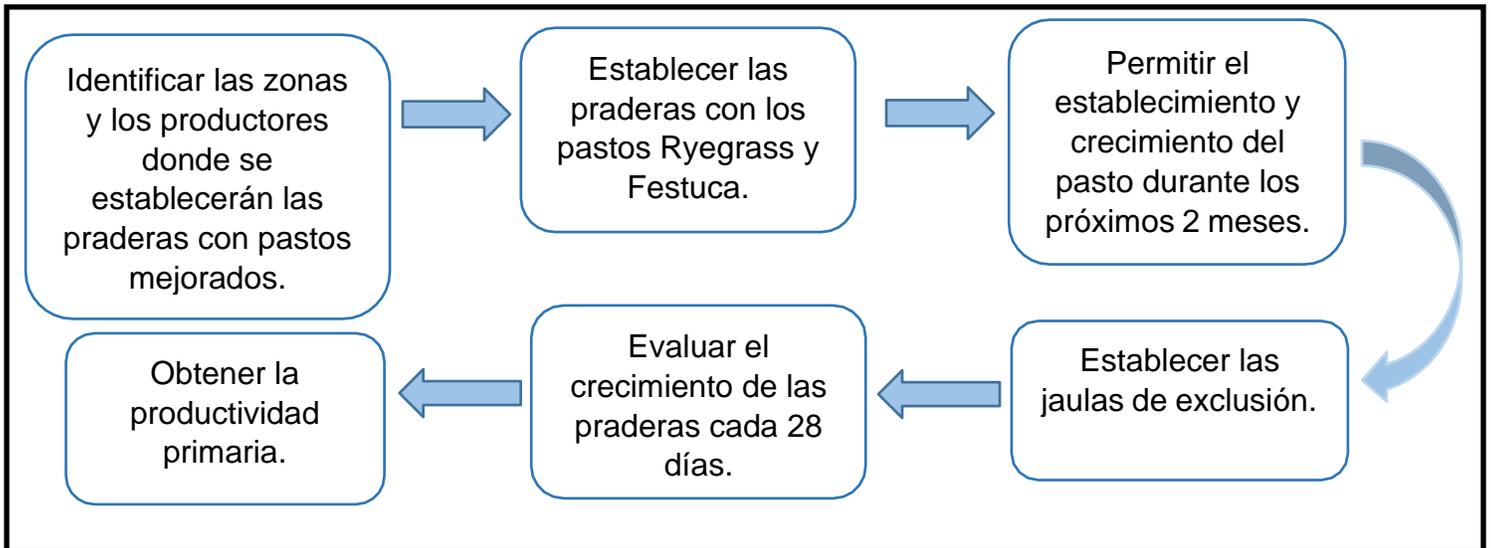
El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca se encuentra sujeta a una intensa intervención humana que se ve reflejada en las actividades agrícolas en zonas de montaña con fuertes pendientes y poca aptitud productiva. La actividad agropecuaria que se ha venido desarrollando en el Nevado de Toluca desde hace varias décadas, es, sin duda, un factor de transformación y deterioro del ANP, tanto por el cambio de vegetación que ocasiona, como por las prácticas de manejo y la aplicación de insumos de síntesis química. (SEMARNAT & CONANP, 2016).

Dentro de la zona de amortiguamiento del Nevado de Toluca, donde se trabaja principalmente la actividad agropecuaria, uno de sus principales problemas es el pastoreo en la zona al interior del bosque, esta actividad ocasiona que dentro de ellos se genere una alta presión en el bosque, que es resultado de la expansión de las zonas agrícolas y ganaderas, de igual manera, esta presión se genera también en la fauna que habita dentro de los bosques, lo cual nos lleva a la urgente aplicación de praderas con pastos mejorados para reducir la presión en los bosques y los animales, haciendo que cada persona dedicada al comercio de venta de animales, tenga a su alcance, los alimentos necesarios para sus animales, sin tener la necesidad de realizar el pastoreo diario dentro de los bosques.

4. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la evaluación de los pastos por lo general se consideran la calidad y cantidad de forraje. La cantidad de forraje es una medida de productividad del pastizal, así como la cantidad de materia seca, ambos hacen referencia a la disponibilidad de forraje ofrecido para el ganado y determinan la capacidad de carga que puede soportar el sistema. El presente trabajo deriva de la necesidad de saber cuál es la productividad primaria de los pastizales y praderas (Figura 9), ya que no existe información de este tipo al respecto del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Figura 9. "Esquema metodológico."



Fuente: Elaboración propia a base de (Martínez Hernández et al., 2018).

Este estudio se llevó a cabo en la localidad de Agua Blanca perteneciente al Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, donde se establecieron las praderas con pastos mejorados.

4.1. Determinación de la acumulación neta de forraje (ANF).

Para poder llevar a cabo este análisis, se seleccionaron tres productores, con un total de dos praderas de Festuca y dos praderas de ryegrass, donde se colocaron dos jaulas de exclusión en cada pradera de acuerdo con Hodgson (1990) con las medidas de 1.20 m de largo y 0.6 m de ancho, su distribución fue al azar (figura 10). Se hizo una evaluación de las praderas por medio de una rotación de las jaulas cada 60 días para poder analizar la calidad de las praderas, posteriormente se realizó el procedimiento para medir la altura del pasto dentro y fuera de las jaulas (figura 11), para después recolectar muestras de las praderas con la ayuda de un cuadrante de metal basado en el método descrito por Hodgson (1990) adaptado a 0.50 m de largo y 0.50 m de ancho. Se recolectaron las muestras para determinar la cantidad de material vivo-muerto y hoja-tallo, posteriormente se separaron, las muestras se secaron a 60°C hasta peso constante y se expresaron en kg MS/ha. Este procedimiento se llevó a cabo durante enero del 2023 hasta agosto del mismo año.



Figura 10. "Jaulas de exclusión"



Figura 11. "Medición del pasto."

Las praderas fueron pastoreadas por ovinos después de dos meses correspondientes al tiempo de establecimiento, excepto las zonas donde se instalaron las jaulas (figura 12).



Figura 12. "Crecimiento del pasto."



Figura 13. "Pastoreo de ovinos."

4.2. Relación vivo-muerto y hoja-tallo

4.2.1. Relación vivo-muerto.

Para obtener la relación vivo-muerto, principalmente se tomó una muestra directamente de cada una de las cuatro jaulas de exclusión que se establecieron en las praderas del ejido de Agua Blanca, posteriormente se seleccionó la muestra la cual llevaría la separación de "vivo-muerto".

Se determina el material muerto como aquel que se presentó con una coloración café y una textura seca, de igual manera, se identificó el material vivo como aquel que presentaba una coloración verde y fresca. Una vez lista esta separación, se obtuvo el peso de la materia viva y otro peso de la materia muerta, no sin antes haber determinado el peso inicial de la muestra antes de realizar la separación. Las muestras vivo-muerto se secaron en el horno a 60°C hasta obtener el peso constante y se molieron.

4.2.2. Relación hoja-tallo.

Para obtener la relación hoja-tallo, se utiliza el mismo método que en la relación vivo-muerto. Se tomó una muestra de cada una de las cuatro jaulas de exclusión,

posteriormente se seleccionó la muestra que llevó esta separación. Se realizó una separación de las hojas con el tallo, donde finalmente, se obtuvo el peso de la hoja y otro peso del tallo, no sin antes haber determinado el peso inicial de la muestra antes de realizar la separación. Las muestras hoja-tallo se secaron en el horno a 60°C hasta obtener el peso constante y se molieron.

4.3. Pastoreo simulado.

En cada pradera con la que se trabajó, se realizó el pastoreo simulado, el cual consiste en cortar el forraje con la mano a una altura similar a la que el animal consume al momento del pastoreo, en los sitios donde recientemente el animal pastoreó. Esta muestra se secó en una estufa a 60°C hasta obtener su peso constante, se molió y se determinó el contenido de materia seca (López González, 2014).

4.4. Características de las praderas.

Se utilizaron cuatro praderas diferentes con tres diferentes productores, con una superficie aproximada de 900 m², con un pastoreo continuo de ovejas. En cada pradera se estableció una especie diferente de pasto como Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinacea*). Las variables de las praderas que se evaluaron fueron: altura, acumulación neta de forraje (ANF), relación vivo-muerto, relación hoja-tallo, además de los análisis químicos de las dos especies de pastos.

4.5. Medición de la altura del pasto.

Se realizaron mediciones de las praderas cada 60 días de acuerdo con la técnica de plato ascendente descrita por (Hodgson, 1990). Se realizó una medición cada 15 pasos y en cada pradera se realizaron 30 mediciones en pasos de zigzag (figura 14).



Figura 14. "Pastómetro."

4.6. Acumulación Neta de Forraje (ANF).

Para obtener la acumulación neta de forraje, se utilizó la fórmula: ANF = [peso promedio final de materia seca en el interior de la jaula el día 60] – [peso promedio inicial de materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero].

$$ANF (kgMS/ha) = MSi - MSf$$

Donde las definiciones dicen: **ANF** = Acumulación Neta de Forraje (kg MS ha⁻¹), **MSi** = peso promedio inicial fuera de la jaula del día cero (kg MS ha⁻¹), **MSf** = peso promedio final dentro de la jaula del día 28 (kg MS ha⁻¹).

4.7. Análisis químico del pasto.

Los análisis químicos se procesaron en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, donde se estimó la Materia Seca (MS) (AOAC, 1990), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) con la técnica de *Ankom Technology* (Van Soest et al., 1991). El contenido de Proteína Cruda se

evaluó por el método de *Kjendhal* (AOAC, 1990), solamente con las muestras del pastoreo simulado. Se recomienda consultar los anexos para identificar los análisis químicos establecidos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de gramíneas predominantes fueron *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel, *Nassella mucronata* (Kunth) Pohl, *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt y *Muhlenbergia* sp. También se presentó en los tres pastizales la especie *Potentilla candicans* (Martínez Hernández et al., 2018)

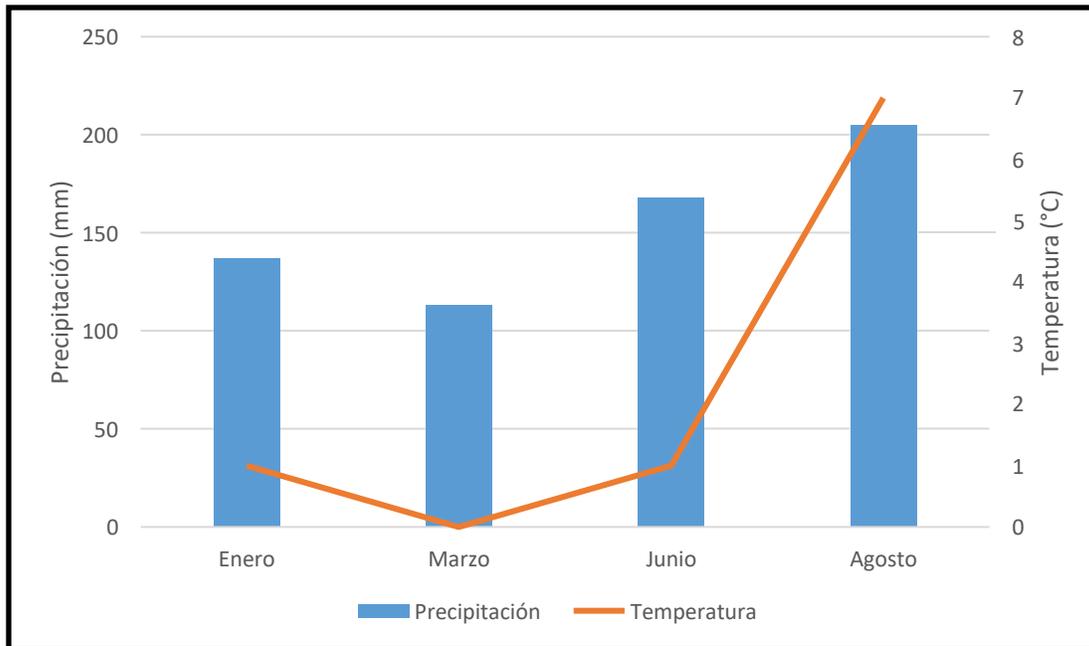
En la localidad de Agua Blanca, que fue la zona de estudio, se presentaron diversas situaciones que modificaron las colectas de muestras analizadas entre los meses de enero-agosto del año 2023, dichas modificaciones se vieron reflejadas en la Acumulación Neta de Forraje (ANF) con algunas diferencias significativas ($P < 0.05$) entre cada mes evaluado (tabla 6). Una de las posibles complicaciones destacadas se relaciona con cada productor de cada una de las praderas, ya que algunos movieron las jaulas de exclusión durante los dos meses, lo que generó que no se tuviera el dato correspondiente a la producción inicial y la cantidad de muestra fuera muy escasa; cuando se movían las jaulas, permitían el acceso de las ovejas u otros animales, haciendo que estos comieran de los pastos que estaban destinados a la colecta de muestras.

Este tipo de acciones son comunes cuando las investigaciones se realizan directamente con productores, y dan cuenta de una o de la realidad del campo mexicano Martínez Hernández (2019). De igual manera, los mismos productores no regaban de forma constante la pradera, lo que provocaba que el pasto no creciera y/o se secase, además, se presentaron problemas entre Agua Blanca y ejidos aledaños, debido a conflictos con la distribución del líquido durante algunos días, esto se presentó durante el periodo de estiaje.

Aunque algunas de las complicaciones tienen relación con los pequeños productores en el ejido de Agua Blanca, también marca una diferencia debido a las temperaturas presentadas entre los meses de enero-agosto, esto se debe a que mientras el pasto Ryegrass (*Lolium multiflorum*) crece con mayor facilidad en climas fríos, el pasto Festuca (*Festuca arundinacea*) se favorece un poco más en climas más cálidos (figura 15). Las temperaturas presentadas favorecieron o complicaron el crecimiento del pasto, su cantidad se mostraba más en hojas o en tallos, inclusive

si su estructura se presentaba con una coloración verde (viva) o café (muerta) (López González, 2014).

Figura 15. “Temperatura (°C) y precipitación (mm) de enero a agosto del 2023 en el APFF Nevado de Toluca”.



Fuente: Elaboración propia a base de datos extraídos del Servicio Meteorológico Nacional (2023).

El APFF Nevado de Toluca, que es una zona con temperaturas muy bajas (figura 3), se observó que durante el mes de enero a agosto se presentaron las temperaturas más bajas, como resultado en la acumulación neta del forraje (ANF) el mes de agosto presentó la cantidad más alta en ANF, debido a la precipitación que fue más intensa que en los otros meses. En el mes de enero se benefició la especie de Ryegrass, esto se observa en la acumulación del forraje, el cual muestra un margen de adaptación mucho más alto en los climas fríos y lluviosos, en comparación con Festuca, la cual mostró una menor cantidad (Martínez Hernández et al., 2018).

Tabla 6. “Acumulación Neta de Forraje (ANF) de los pastos Ryegrass (*Lolium multiflorum*), Festuca (*Festuca arundinacea*) y pastizales del ejido de Agua Blanca.”

Mes	ANF	Vivo	Muerto	Hoja	Tallo
	(kg MS/ha/mes)				
Enero	1843 ^c	1636 ^c	811.1 ^b	773 ^c	640 ^{bc}
Marzo	2116 ^{bc}	2180 ^{bc}	750 ^{bc}	1274 ^{bc}	480 ^c
Junio	4094 ^b	4416 ^b	247.9 ^c	1472 ^{bc}	2387 ^b
Agosto	12272 ^a	12261 ^a	1337.8 ^a	2774 ^a	8404 ^a
Promedio	5081.25	5123.25	786.7	1573.25	2977.75
P	0.008	-	-	0.47	0.47
EEM	1.78	-	-	0.24	0.24
Especie					
Ryegrass	17337 ^a	15448 ^a	1793 ^a	3896 ^a	13584 ^a
Festuca	4630 ^b	4959 ^b	693.2 ^b	2480 ^b	1309 ^b
Pastizal	840 ^c	2285 ^c	157.5 ^c	344 ^c	311 ^c
Promedio	7602.33	7564	881.23	2240	5068
P	0.003	-	-	0.23	0.23
EEM	2.06	-	-	0.20	0.20
Mes*Especie	0.003	-	-	-	-

ANF= Acumulación Neta de Forraje

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, los resultados de la Acumulación Neta de Forraje (ANF) son altos a pesar de las diversas cuestiones que se presentaron a lo largo de los meses evaluados, enero y marzo son los meses con el menor crecimiento de forraje, mientras que junio y aún más agosto, se observan con la mayor cantidad de forraje ($P < 0.05$), aunque, en el mes de agosto, el material vivo obtuvo los mayores rendimientos, lo cual indica la calidad de los pastos sembrados en las praderas, esto coincide con un incremento en la precipitación (figura 3).

Ryegrass presentó la mayor cantidad de forraje acumulado, que tiene relación con la precipitación del APFF Nevado de Toluca durante los meses de colecta, como se mencionó anteriormente, esta especie se adapta fácilmente a los climas fríos y precipitaciones (SIAP, 2022), por otro lado, la especie Festuca registró producciones más bajas en disponibilidad de forraje (Martínez Hernández et al., 2018). Los valores de la acumulación neta de forraje (ANF) fueron diferentes entre

los meses evaluados ($P < 0.005$), debido a la mayor precipitación en los meses con mayores producciones.

En la relación vivo-muerto, la mayor cantidad de material vivo se registró en el mes de agosto (12261 kg MS/ha/mes), debido a las precipitaciones presentadas para este mes (figura 3). El material muerto, cuenta con un total de 1337.8 kg MS/ha/mes, se tuvo el mayor registro el mes de agosto. Se observa la misma situación para hoja-tallo, lo cual indica que las precipitaciones son un factor fundamental para el crecimiento del pasto.

Tabla 7 “Alturas de los pastos Ryegrass (*Lolium multiflorum*), Festuca (*Festuca arundinacea*) y pastizales del ejido de Agua Blanca.”

Mes	Altura (cm)
Enero	5.23
Marzo	5.11
Junio	10.03
Agosto	9.02
Promedio	7.34
P	0.07
EEM	1.78
Especie	
Ryegrass	9.07 ^a
Festuca	10.17 ^a
Pastizal	2.80 ^b
Promedio	7.35 ^{bc}
P	0.003
EEM	2.06
Mes*Especie	0.406

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las alturas (tabla 7) se observan diferencias ($P < 0.05$) entre las especies, debido a la altura entre Ryegrass y Festuca, en comparación con los pastizales que presentan las alturas más bajas. El crecimiento para los pastos y pastizales se vio favorecido en el mes de agosto, nuevamente por ser el mes con mayor precipitación (figura 3) el cual también provocó un mayor crecimiento para Festuca (9.07) y Ryegrass (10.17 cm) los cuales presentan diferencias en la altura.

Tabla 8 “Calidad nutricional de los pastos Ryegrass (*Lolium multiflorum*), Festuca (*Festuca arundinacea*) y pastizales del ejido de Agua Blanca.”

	FDN	FDA	PC
Mes	(%)	(%)	(%)
Enero	51.25	29.14	6.023
Marzo	54.44	28.74	6.624
Junio	54.08	25.97	6.728
Agosto	52.91	25.01	6.962
Promedio	53.17	27.22	6.58
P	0.827	0.431	0.626
EEM	3.52	2.74	0.66
Especie			
Ryegrass	49.34	24.26 ^a	6.947
Festuca	50.65	24.19 ^a	7.229
Pastizal	56.15	30.98 ^b	5.891
Promedio	52.05	26.48	6.69
P	0.085	0.026	0.91
EEM	4.07	3.16	1.15
Mes*Especie	0.711	0.750	0.909

FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Ácido; PC= Proteína Cruda.
Fuente: Elaboración propia

Para los rumiantes, la fibra es considerada como una parte importante del metabolismo del rumen, los valores presentados de FDN y FDA indican la cantidad de carbohidratos estructurales disponibles para los ovinos, así como también sus nutrientes digeribles (Altamirano, 2023).

En el caso de la FDN que está compuesta por hemicelulosa, celulosa y lignina, son compuestos que se pueden separar utilizando una solución neutro detergente, este componente es un buen indicador de la digestibilidad de los forrajes para los rumiantes (Measure, 2018).

En la calidad nutricional de los pastos (tabla 8) se observa que los valores de FDN son más altos en el mes de marzo debido a la nula precipitación que hace que el forraje sea de menor calidad.

En el caso del contenido de FDN por especie los resultados muestran que las praderas mejoradas (Ryegrass y Festuca) y los pastizales muestran ser similares.

Estos resultados son relevantes desde el punto de vista del manejo de los recursos naturales, ya que para este parámetro implica lo mismo tener praderas mejoradas que los pastizales disponibles en el sistema. Los análisis estadísticos muestran que existen diferencias ($P < 0.05$) en el contenido de FAD por especie, y la que muestra la menor calidad nutritiva son los pastizales, debido al mayor contenido de FAD que se traduce en una mayor cantidad de celulosa y lignina y por lo tanto es menos digerible (Van Soest, 1994; Van Soest, 1991).

Mientras que, la proteína cruda PC la cual define el contenido de nitrógeno total de los alimentos como indicador de su calidad y valor nutricional. Se observa que no hay diferencias ($P > 0.05$) en los meses de evaluación, ni tampoco entre las especies, lo cual indica que el contenido de proteína se mantiene en buenas condiciones a través de los meses evaluados y entre especies.

El obtener la misma calidad nutritiva entre los pastos mejorados y pastizales, indica que, los contenidos de proteína cruda tienen los mismos niveles aceptables de nutrientes que requieren los animales, de ser así, los animales se pueden alimentar tanto de pastos mejorados y de pastizales que existen en la zona de estudio.

Esta evaluación de fibra detergente neutro, fibra detergente ácida y proteína cruda ayudó a comparar la calidad nutritiva de los pastos y pastizales de la localidad de Agua Blanca, como estudio de caso dentro de la zona de amortiguamiento. Los resultados indican que ambas especies en pastos mejorados pueden ser una opción de alimentación para el ganado. En el caso de los pastizales la calidad nutritiva es adecuada y similar a las praderas, por lo tanto, también son una opción adecuada de alimentación.

Algunos de los factores importantes que se requieren para considerar una buena calidad del forraje, se relacionan con la celulosa, hemicelulosa y lignina, considerados como los principales indicadores de calidad (Romero, 2016). Una buena calidad del forraje brindará una mayor satisfacción en las necesidades de los nutrientes de los animales, mediante la comparación en la calidad nutritiva entre pastos mejorados y pastizales, se determina el consumo de alimento para las ovejas en las praderas establecidas, que, a su vez, se emplea como estrategia para

disminuir las horas de pastoreo dentro del bosque, situación que se presenta en la localidad de Agua Blanca debido a la generación de presión en los bosques.

Además, las praderas con pastos mejorados se establecieron dentro del polígono “Subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas: Áreas agropecuarias B” (Polígono 13: Agua Blanca. Comprende una superficie de 48.526199 hectáreas y se localiza al suroeste del Área Natural Protegida) donde se permiten las actividades de investigación científica y monitoreo ambiental, así como llevar a cabo la producción pecuaria y pastoreo.

El abono aplicado en las praderas establecidas con pastos mejorados, se realiza solamente con el estiércol de los propios ovinos, los productores resguardan el estiércol para posteriormente aplicarlo en las praderas con pastos mejorados, y a su vez, la orina de los animales participa en el abonado del suelo.

Uno de los factores importantes para continuar con el abonado del suelo, es contar con el recurso hídrico, Agua Blanca a pesar de ser una localidad con abundante agua, también presentó problemas al momento de regar las praderas, ya que, cuando carecían de lluvia, los productores dejaban de regar los pastos, provocando que estos se secaran; esto debido a que ejidos vecinos cortaron el acceso de agua a la localidad de Agua Blanca, con la finalidad de llevarse el recurso para el riego de plantaciones de frutales. La disponibilidad de agua en época de estiaje puede generar conflictos por el recurso entre las comunidades en tiempos futuros.

Como lo fue en el caso de la falta de agua en algunas comunidades de la zona norte del Estado de Puebla, provocando conflicto entre los pobladores de zonas como Huchigango, Cuautitla, Tlaola, Tlapacoya, etc., generó el cierre de calles de una comunidad a otra, esto en protesta por vecinos de cada lugar para exigir el suministro del agua, ya que mencionaron esta distribución se veía más agilizada en algunos lugares que otros, aumentando el desacuerdo entre la población (Hernández, 2024)

La iniciativa de introducir pastos mejorados como lo fueron Ryegrass y Festuca a esta zona en el Nevado de Toluca, contribuye en la restauración de suelos por

degradación a causa del pastoreo dentro de los bosques y la conservación de la cubierta vegetal, permite su conservación debido al cambio en la alimentación de los ovinos, siendo uno de los principales animales que se adentran a los bosques buscando su alimento.

CONCLUSIONES

El establecimiento de las praderas con los pastos mejorados Ryegrass y Festuca fue adecuada a pesar de la altitud a la cual se sembraron ambas especies, Ryegrass fue la especie mejor adaptada en las praderas, debido al clima presente en el APFF Nevado de Toluca.

La mayor acumulación neta de forraje (ANF) se presentó en los pastos mejorados y su productividad fue similar entre ellos. Los pastos se ven altamente beneficiados por la disponibilidad de agua, el mes de agosto presentó la mayor precipitación, dando como resultado la acumulación neta de forraje (ANF) más alta para los pastos mejorados y pastizales.

La calidad nutritiva entre los pastos mejorados y pastizales no presenta diferencias en la evaluación de proteína cruda y fibra neutro detergente, lo cual implica que los pastizales, Festuca o Ryegrass benefician a la alimentación de los ovinos. Por lo cual, los pastos mejorados son una alternativa viable para disminuir la presión en los bosques por el pastoreo, con apoyo de las praderas establecidas en la zona de estudio.

Martínez Hernández et al. (2018) mencionan que la calidad de forraje producido por una comunidad vegetal influye principalmente en la digestibilidad y eficiencia del uso de nutrientes digeridos, los cuales a su vez afectan el rendimiento del ganado. Por lo tanto, la exploración de los patrones de cantidad y calidad de forraje y la investigación de factores que influyen en estos patrones son de suma importancia para el manejo de los pastizales y el desarrollo sostenible del ganado. La implementación de pastos mejorados en el APFF Nevado de Toluca, participa como una alternativa para mejorar la calidad nutricional de los ovinos, y a su vez, mejora la calidad del suelo y la conservación de la vegetación, debido a la implementación de abono orgánico a base de estiércol de ovino, ya que es más natural y amigable con los suelos de esta zona, aumenta la calidad de nutrientes del suelo y su fertilidad, aplicando la agricultura orgánica para cada una de las familias pertenecientes a la comunidad de Agua Blanca.

La producción de forraje para las tres especies evaluadas tiene una gran relación con las condiciones ambientales para su crecimiento, principalmente, en épocas de altas precipitaciones fue donde se encontraron los mejores resultados para la acumulación neta de forraje (ANF), siendo el mes de agosto el más destacable.

En cuanto a cada especie, la mayor acumulación fue más favorable para Ryegrass, que fue la especie mejor adaptada en las condiciones climáticas del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Se considera como la mejor alternativa de alimentación para los ovinos; aun así, la Festuca también puede ser una buena opción para su alimentación, gracias a su valor nutricional presentado en la fibra detergente neutro (FDN) y la proteína cruda (PC) es esta especie el mejor indicador de digestibilidad para los animales.

Los pastizales en esta zona, también resultaron ser adecuados para la alimentación de las ovejas, comparándose con la calidad nutricional de los pastos mejorados evaluados. Es importante reconocer su función nutricional, ya que va de la mano con la mejora en la calidad del suelo, debido a que el estiércol de ovino sigue siendo un factor de abono orgánico necesario para la restauración de suelos degradados por las actividades pecuarias. Servirá para mejorar las cosechas de los pequeños productores dedicados a la venta de animales como lo son las ovejas y que es la principal actividad económica en la comunidad de Agua Blanca ejido de Santa María del Monte, y que a su vez, también se mejorará la alimentación de los animales.

De igual manera, la relación entre cada productor con el que se trabajó durante los meses de enero a agosto es importante, ya que algunos de ellos cambiaban algunas jaulas de exclusión, no tenían un control en el volteo del suelo, también no regaban las praderas, provocando que no se generara el crecimiento adecuado del pasto. Además, las jaulas de exclusión eran retiradas de su lugar destinado constantemente, los productores buscaban el aprovechamiento del crecimiento del pasto para alimentar a las ovejas.

La comunicación con la comunidad es fundamental para lograr buenos resultados de buenas prácticas.

A pesar de todas las situaciones presentadas, se obtuvieron los resultados esperados de este proyecto de investigación, que también formó parte para el apoyo a la comunidad de Agua Blanca, haciendo que la mujeres dedicadas al pastoreo, redujeran sus horas de trabajo dentro de los bosques del APPFF Nevado de Toluca, teniendo en casa sus propias praderas establecidas con pastos mejorados para brindarles la alimentación necesaria y adecuada a sus animales, y así también, reduciendo la presión en los bosques y en los animales que habitan dentro de ellos.

ANEXOS

Desarrollo de los análisis químicos y físicos de acuerdo al Manual de Técnicas de Análisis Bromatológicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR).

Para llevar a cabo los análisis químicos realizados en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), se inició con la siembra de los dos diferentes pastos con los que se trabajaron Ryegrass (*Lolium multiflorum*) y Festuca (*Festuca arundinacea*), posterior a la evaluación de los pastos cada 28 días y hacer la colecta de muestras después de dos meses, se realizó la separación de vivo-muerto y hoja-tallo para comenzar el secado en la estufa a 60°C y así comenzar el molido de las muestras; de igual manera, se realizó el mismo proceso para los pastizales de la zona de estudio.

Cabe mencionar que este procedimiento se complementa con los resultados evaluados en Excel de manera final para la determinación de la acumulación neta de forraje (ANF) con ayuda de los pesos frescos y secos de las muestras recolectadas. Una vez que las muestras fueron trituradas, se tomaron para comenzar la determinación del contenido de proteína cruda por el método de *Kjendhal* (AOAC, 1990), la determinación de proteínas en un alimento es un indicador de su calidad y de valor nutricional. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. De igual manera, las muestras trituradas nos sirvieron para llevar a cabo la determinación de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) con la técnica de *Ankom Technology* (Van Soest et al., 1991) La fibra detergente neutro es solo parcialmente digerible por cualquier especie, pero puede ser utilizada en mayor grado por animales como los rumiantes los cuales dependen de la digestión microbiana para aprovechar la mayoría de los componentes fibrosos de los vegetales. El detergente solubiliza las proteínas, contribuyendo el sulfito sódico que se añade para eliminar la materia nitrogenada al romper los enlaces disulfuro. La fibra detergente ácida es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y

lignina, suelen existir otros componentes como nitrógeno y/o minerales. La importancia de esta radica en que esta inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje como componentes principales, pero además contiene distintas cantidades de ceniza, compuestos nitrogenados, entre otros (ICAR, 2020).

Determinación de proteína cruda por el método Kjendhal

Materiales, reactivos y equipos

a) Materiales:

- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Vaso de plástico de 10 L
- Tubos de digestión BUCHI
- Bureta de 25 ml
- Papel libre de nitrógeno
- Malla 20 (0.84 mm)

b) Reactivos:

- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Pastillas comerciales catalizadoras de cobre
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido bórico (H₃BO₄)
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.1N*
- Verde de bromocresol
- Rojo de metilo
- Metanol (CH₃OH)

c) Equipos:

- Balanza Analítica
- Equipo de digestión Kjeldahl B-435 o K449

- Lavador de gases Scrubber B-412 o K415
- Destilador Kjeldahl B323 o K350

Procedimiento

- a) Preparación de las soluciones.
 - 1) Hidróxido de sodio (NaOH) al 32 %: la solución deberá ser preparada dentro de la campana de extracción y con un baño de hielo. Para preparar la solución se deberán pesar 2 Kg de NaOH y colocarlos en un vaso de plástico de 10 L, disolver el NaOH con 6.250 L de agua destilada, y dejar enfriar la solución para posteriormente identificarla.
 - 2) Ácido bórico (H₃BO₃) al 4 %: pesar 40 g de H₃BO₃ y disolverlo en 960ml de agua destilada.
 - 3) Indicador verde de bromocresol-rojo de metilo: se prepararán dos disoluciones (A y B). La disolución A consiste en disolver 0.1g de verde de bromocresol en 100 ml de metanol. Mientras, la disolución B, en disolver 0.07 g de rojo de metilo en 70 ml de metanol. Finalmente se realiza una mezcla de ambas soluciones (A y B).
 - 4) Pastillas catalizadoras: Kjeltabs Cu/3.5.

Preparación de la muestra

- 1) Moler las muestras hasta un diámetro ≤ 0.84 mm (malla 20).
- 2) Pesar en un papel libre de nitrógeno 0.25 g de muestra de alimento y previamente molida anotar el peso exacto.
- 3) Envolver la muestra en el papel para evitar pérdida.
- 4) Colocar la muestra dentro de un tubo para digestión BUCHI por triplicado y realizar la identificación de los mismos.
- 5) Reservando tres tubos en cada corrida para las pruebas en blanco (tubo para digestión con papel libre de N).

1. Digestión (Digestor BUCHI B326)

- 1) Agregar a cada tubo una pastilla catalizadora de cobre y 12ml de H₂SO₄ concentrado empleando un dispensador.
- 2) Colocar el tubo captador de gases, así como los sujetadores de seguridad.
- 3) Introducir los tubos en el digestor, no olvidar conectar las mangueras de succión. Encender el lavador de gases (Scrubber B412), el cual es un equipo auxiliar, y se enciende de manera automática junto con el digestor.
- 4) En el digestor llevar la perilla de control de temperatura al máximo al nivel 10 (220V).
- 5) La digestión tardará aproximadamente una hora, posteriormente se deberá comprobar que las muestras estén claras y si se observan turbias se deberá dejar en digestión por 15 minutos más. Después de la digestión disminuir el calentamiento a cero y dejar enfriar las muestras sin apagar el lavador de gases, esto tardará aproximadamente 30 minutos.

2. Digestor BUCHI K423

- 1) Conectar el recirculador de agua a 127 volts, oprima la tecla de encendido que se encuentra en la parte posterior, esperar a que en la pantalla aparezca OFF, oprimir la tecla de ENTER por 5 segundos hasta que encienda el equipo, mostrará la temperatura actual, esperar a que alcance 7.5 °C.
- 2) Encender el lavador de gases Scrubber K 415.
- 3) Encender el Digestor, verificar que los tubos estén todos, de lo contrario, coloque tapas para tubos (nunca se coloca tubos vacíos, si fuera necesario se colocan como blancos). El equipo cuenta con dos formas.
- 4) de trabajo: (1) Método 0 se trabaja en modo manual y, (2) Método 1-9 se trabaja con rampas de temperatura (de acuerdo con el tipo de muestra).
- 5) El equipo tarda aproximadamente 5 minutos de precalentamiento.



Figura 16. "Digester K-449"

Destilación (Destilador Buchi K350)

- 1) Abrir la llave del agua de enfriamiento y encender el destilador BUCHI, aparecerá un mensaje de espera, al término de éste, presionar la tecla Pre Heating.
- 2) Programar el equipo de la siguiente manera:
H₂O 50 ml
NaOH 60 ml
Delay 5 sec
Dist 5 min.
- 3) Adicionar 30 ml de H₃BO₃ al 4 % y 5 gotas de indicador verde de bromocresol-rojo de metilo en un matraz Erlenmeyer de 250 ml en el que se recibirá el destilado.
- 4) Colocar cada uno de los tubos de digestión en el destilador y pulsar la tecla Star (Nota: destilar primero los blancos).
- 5) Verificar que la muestra esté totalmente alcalinizada (la muestra se tornará negra).

- 6) Después de 5 minutos de destilación retirar el matraz y titular con HCl 0.1 N hasta que vire de verde a rosa (Nota: titular primero los blancos para tomar la referencia, anote el volumen).



Figura 17. "Ácido Bórico con indicador verde de bromocresol-rojo de metilo."



Figura 18. "Muestra alcalinizada"

Cálculos

$$N \% = \frac{(14.01) (ml \text{ muestra} - ml \text{ blanco}) (N \text{ HCl})}{(\text{Peso de la muestra}) (10)}$$

Donde las definiciones dicen: **N**= contenido de nitrógeno total en porcentaje, **Factor 14.01**= mili equivalente de nitrógeno total, **N HCl**= normalidad de la solución de ácido clorhídrico, **ml muestra**= mililitros de HCl 0.1N gastados en el destilado de muestra, **ml blanco**= mililitros de HCl 0.1N gastados con el destilado de la prueba en los blancos.

Determinación de fibra detergente neutro (FDN) con la técnica de Ankom Technology

Materiales, equipos y reactivos

a) Materiales:

- Bolsa filtro (Ankom F57)
- Bolsas herméticas (ziploc) con un desecante dentro para remover el aire húmedo alrededor de las bolsas filtrantes.

- Marcador resistente a solventes y ácidos (Ankom F08)

b) Equipos:

- Balanza analítica con capacidad de 0.1 mg
- Estufa de secado regulada a 105 °C
- Equipo de digestión tipo Ankom (200/ 2000 Fiber Analyzer)
- Sellador de calor eléctrico



Figura 19. “Ankom 200”

c) Reactivos:

- Lauril sulfato de sodio ($C_{12}H_{25}NaO_4S$)
- EDTA–Sodio di hidratado ($C_{10}H_{14}N_2Na_2OH_2H_2O$)
- Tetraborato de sodio decahidratado ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)
- Fosfato bibásico de sodio anhidro (Na_2HPO_4)
- Trietilenglicol ($CH_3CHOHCH_2OH$)
- Alfa-amilasa
- Sulfuro de sodio ($Na_2S \cdot 9H_2O$)
- Acetona ($CH_3)_2CO$)

Procedimiento

a) Preparación de las soluciones (Equipo Ankom 200 Fiber Analyzer)

Solución de detergente neutro (SDN): por cada litro de solución agregar 30 g de Lauril sulfato de sodio, 18.61 g de EDTA-Sodio di hidratado, 6.81 g de tetra borato de sodio decahidratado, 4.56 g de fosfato di básico de sodio anhidro y 10 ml de trietilenglicol. Agitar y calentar la solución hasta ebullición para garantizar la estabilidad de esta. Posteriormente, ajustar el rango de pH entre 6.9 y 7.1.

b) Preparación de la muestra

- Pueden ocuparse 24 posiciones del Ankom; dos de ella serán blancos.
- Rotular debidamente todas las bolsas filtro.
- Pesar la bolsa filtro (W1) y llevar a cero la balanza.
- Pesar aproximadamente 0.5 g (± 0.05 g) de la muestra molida y secada a 55 °C (W2) directamente en la bolsa filtro.
- Pesar dos bolsas filtro para determinar el blanco (Wbco1).
- Sellar la bolsa filtro con calor, cerca al borde (4 mm) y cuidando que el interior de la bolsa este limpio para garantizar el sellado.
- Distribuir la muestra uniformemente dentro de la bolsa.
- Lavar por inmersión con acetona durante 3 min (para muestras de forrajes se omite el lavado con acetona); secar las bolsas filtro con muestra antes de ser sometidas a la digestión.
- Para procesar 24 bolsas se agrega 2000 ml de solución de detergente neutro (SDN) en el vaso de digestión. Si se procesan menos de esta cantidad de bolsas, agregar 100 ml de la solución SDN por cada bolsa procesada. Es importante considerar que el volumen mínimo de solución SDN es de 1500 ml.
- Durante la digestión, agregar 4 ml de la alfa amilasa termoestable. En caso de no realizar el procedimiento secuencial para la determinación de fibra en detergente ácido (FDA), adicionar también 20g (0.5 g/50 ml de SDN) de

sulfito de sodio en la solución. Si se realiza el procedimiento secuencial de determinación de FDA omitir el agregado de sulfito de sodio.

- Calentar la SDN en un rango de 90-100 °C dentro del vaso digestor, antes de colocar las muestras.
- Colocar las bolsas con las muestras en la gradilla y una vez que la solución este caliente, colocarlas en el vaso digestor. Cerrar y sellar el vaso de digestión. Digerir durante 60 minutos.
- Al término del tiempo de la digestión, abrir la válvula y dejar salir la solución (tener precaución, ya que la solución dentro del vaso está bajo presión). La válvula se abre primero para liberar la presión, después abrir la tapa del vaso. Una vez liberada la solución se debe volver a cerrar la válvula.
- Después de que la solución ha salido del vaso se abre la tapa, se agrega 2000 ml de agua destilada a 70-90 °C con 4 ml de alfa-amilasa. Se cierra el vaso y se prende el agitador de 3 a 5 min. Posteriormente, liberar el agua y repetir el procedimiento cuatro veces en total. Solo en los dos primeros procedimientos se agrega la amilasa.
- Sacar las bolsas del digestor y quitar el exceso de agua presionándolas. Lavar las bolsas por inmersión en acetona durante tres minutos. Remover el exceso de acetona por presión.
- Dejar secar las bolsas a temperatura ambiente, complementando el secado a 105 °C durante 4 horas. Posteriormente, enfriar en desecador y pesar las muestras (W4) y los blancos (Wbco2).

1.1.1.1. Cálculos

$$\text{FDN \%} = \frac{100 * (w3 - w1 \times C1)}{W2}$$

Donde las definiciones dicen: **W1**= Peso de la bolsa. **W2**= Peso de la muestra. **W3**= Peso de la bolsa con muestra antes de extracción. **C1**= Blanco de corrección, que se obtiene dividiendo el peso final del blanco (Wbco 2) entre el peso inicial (Wbco 1).

1.1.2. Fibra Detergente Ácido (FDA) con la técnica de Ankom Technology

1.1.2.1. Materiales, reactivos y equipos

a) Materiales

- Bolsa filtro (Ankom F57).
- Bolsas herméticas (ziploc) con un desecante dentro para remover el aire húmedo alrededor de las bolsas filtrantes.
- Marcador resistente a solventes y ácidos (Ankom F08).

b) Equipos

- Balanza analítica con capacidad de 0.1 mg
- Estufa de secado regulada a 105 °C
- Aparato de digestión tipo Ankom (200/ 2000 Fiber Analyzer)
- Sellador de calor eléctrico

c) Reactivos

- Bromuro de cetil trimetil amonio [CH₃(CH₂)₁₅N(CH₃)₃Br]
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Acetona [(CH₃)₂CO]

1.1.2.2. Procedimiento

a) Preparación de las soluciones (Equipo Ankom 200 Fiber Analyzer)

- Solución de Detergente Ácido (SDA): por cada litro de solución agregar 20g Bromuro de cetil trimetil amonio (CTAB o Cetrimida) y 27.7 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado.
- Acetona: usar grado libre de colores y que no tenga niveles elevados de evaporación.

b) Preparación de la muestra

Para preparar la muestra deberán seguirse los puntos establecidos en los siguientes incisos. Sin embargo, en caso de utilizar el procedimiento secuencial para la determinación seguir el protocolo a partir del punto 1.

- Rotular debidamente las bolsas filtro (2 por cada muestra a analizar y 2 para los blancos).
- Pesar las bolsas de filtro (W1) y llevar a cero la balanza. c. Pesar aproximadamente 0.5 g (± 0.05 g), de muestra (molida y secada a 65 °C (W2).
- Pesar una bolsa de filtro y digerirla para determinar el blanco (Wbco1).
- Sellar las bolsas con calor, cercano al borde (4 mm) y cuidando que el lado interno de las bolsas esté limpio para garantizar el sellado.
- Distribuir la muestra uniformemente dentro de las bolsas.
- Pueden procesarse un máximo de 24 bolsas por corrida.
- Desde este punto deberán seguir las indicaciones en caso de utilizar el procedimiento secuencial para la determinación:
- Para procesar 24 bolsas se agrega 2000 ml de solución de detergente ácido (SDA) dentro del vaso de digestión. Si se procesan menos de esta cantidad de bolsas, agregar 100 ml de la solución SDA por cada bolsa procesada. Es importante considerar que el volumen mínimo de solución es de 1500 ml.
- Calentar la solución SDA en un rango de 90-100 °C dentro del vaso digestor, antes de colocar las muestras.
- Colocar las bolsas con las muestras en la gradilla y una vez que la solución este caliente, colocarlas en el vaso digestor. Cerrar y sellar el vaso de digestión.
- Después de 60 minutos interrumpir la agitación y el calentamiento, abrir la válvula y dejar salir la solución. Precaución: la solución dentro del vaso está bajo presión. La válvula se abre primero para liberar la presión, para luego abrir la tapa del vaso. Una vez liberada la solución se debe volver a cerrar la válvula.
- Después que la solución ha salido del vaso se abre la tapa de este. Se agregan aproximadamente 2000 ml de agua destilada a 70-90 °C. Se cierra el vaso y se prende el agitador por 5 minutos. Luego se libera el agua y se repite el procedimiento dos veces más o hasta obtener pH neutro en el agua de lavado descartada.

- Sacar las bolsas del digestor y quitar el exceso de agua de estas presionando con los dedos. Lavar las bolsas con acetona por inmersión durante tres minutos. Remover el exceso de acetona por presión.
- Dejar secar las bolsas a temperatura ambiente. Completar el secado a 105 °C durante 4 horas. Enfriar en desecador y pesar las muestras (W3) y los blancos (W bco.2).

1.1.2.3. Cálculos

$$\text{FDA \%} = \frac{100 * (W3 - W1 * C1)}{W2}$$



Donde las definiciones dicen: **W1** = Peso de la bolsa **W2** = Peso de la muestra **W3** = Peso de la bolsa con muestra antes de extracción **C1** = Blanco de corrección, que se obtiene dividiendo el peso final del blanco (Wbco2) entre el peso inicial (Wbco1).

Figura 20 "Solución Detergente Ácida."

LITERATURA CITADA

- Agricultura, O. d. (2021). *ORGANIC AGRICULTURE*. Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/es/>
- Agricultura, O. d. (2021). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de <http://www.fao.org/gleam/results/es/>
- AgriQo.es. (s.f.). Recuperado el 20 de Enero de 2024, de https://www.agriqo.es/es_ES/festuca-arundinacea-tarda-kora/p39
- Aguirre Hernández, E., & Muñoz Ocotero, V. (2015). El CHILE como alimento. *Academia Mexicana de Ciencias*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf
- al., M. H. (2019). Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México. *AGRO PRODUCTIVIDAD*. Recuperado el 23 de Julio de 2024
- Altamirano, J. E. (25 de Abril de 2023). *Sanfer*. Recuperado el 2 de Mayo de 2024, de https://sanfersaludanimal.com/biblioteca/laboratorio_de_quimica/importancia-de-la-determinacion-de-fibra-detergente-acida-y-fibra-detergente-neutra-en-la-dieta-de-los-rumiantes
- Álvarez et al., F. (Diciembre de 2009). LA MECANIZACIÓN AGRÍCOLA: GESTIÓN, SELECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA MAQUINARIA PARA LAS OPERACIONES DE CAMPO. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428102015.pdf>

Ambiente, L. G. (4 de Junio de 2012). *CONACYT*. Recuperado el 27 de Junio de 2021, de <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Virginia, E.U. Recuperado el 25 de Noviembre de 2023, de <file:///C:/Users/HP/Downloads/2018.%20Julieta%20Estrada%20Flores-Characterizaci%C3%B3n%20de%20los%20pastizales-TSA.pdf>

Ayuntamiento de Zinacantepec. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal Zinacantepec*. Zinacantepec. Recuperado el 20 de Agosto de 2021

Bastida Tapia, A. (2017). *Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México*. Chapingo. Recuperado el 10 de Abril de 2021

Bethancourt, H. (2016). *Establecimiento y uso de Sistemas Silvopastoriles en República Dominicana*. Santo Domingo. Recuperado el 20 de Abril de 2021

Böll Stiftung, H. (2014). *ATLAS DE LA CARNE*. Recuperado el 2021 de Marzo de 2021

Campesina, V. (Febrero de 2011). La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://www.derechoalimentacion.org/sites/default/files/pdf-documentos/LaAgriculturacampesinasostenible.pdf>

Cascón, J. (1948). *EL ESTIERCOL*. Madrid.

Cherlinka, V. (15 de Julio de 2021). *EOS DATA ANALYTICS*. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://eos.com/es/blog/agricultura-organica/>

Consejo Nacional de Humanidades, C. y. (s.f.). *gob.mx*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://conahcyt.mx/cibiogem/algodon#:~:text=Las%20diferentes%20especies%20son%20originadas,los%20valles%20f%C3%A9rtiles%20del%20Per%C3%BA>.

- Consumidor, P. F. (12 de Agosto de 2021). *gob.mx*. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://www.gob.mx/profeco/articulos/biofertilizantes?idiom=es#:~:text=Los%20biofertilizantes%20son%20fertilizantes%20org%C3%A1nicos,microbiol%C3%B3gico%20m%C3%A1s%20%C3%B3ptimo%20y%20natural.>
- Cunningham, W. (26 de Noviembre de 2020). *Wiki*. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de https://second.wiki/wiki/santa_marc3ada_del_monte_zinacantepec
- Di Ciano, M. (2015). *Análisis del sector agropecuario*. Recuperado el 20 de Agosto de 2021
- Díaz Yubero, I. (2011). *La evolución de la alimentación y la gastronomía en España*. España. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de https://www.bne.es/es/Micrositios/Exposiciones/Cocina/documentos/cocina_estudios_4.pdf
- Diebel, J. (2016). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/5600/Clima-promedio-en-Santa-Mar%C3%ADa-del-Monte-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- ECOGEM. (Septiembre de 2021). Recuperado el 24 de Septiembre de 2021, de <http://ecogem.edomex.gob.mx/EcosistemaGeoestadisticoEdomex/portal/visorECOGEM.do>
- FAO. (2002). *Agricultura Mundial*. Recuperado el 10 de Febrero de 2021
- FAO. (s.f.). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de <https://www.google.com/search?q=FAO&oq=fao&aqs=chrome.0.69i59j0i67i433j0i67i2j69i60i4.1055j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Félix Herrán, J. A., Saduño Torres, R. R., Rojo Martínez, G. E., Martínez Ruiz, R., & Olalde Portugal, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Redalyc*, 58. Recuperado el 20 de Febrero de 2021

Félix Herrán et al., J. A. (2008). Importancia de los Abonos. *Ra-Ximhai*, 57-67.
Recuperado el 6 de Marzo de 2021

FertilabB. (2017). *Bacterias Fijadoras de Nitrógeno en el Suelo*. Guanajuato.
Recuperado el 13 de Mayo de 2021

García Gutierrez, C., & Félix Herrán, J. A. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales*. Culiacán, Sinaloa, México. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de https://www.ciaorganico.net/documypublic/271_Manual_para_la_produccion_de_abonos_organicos_y_biorracionales.pdf

García Hernández, J. L., Salazar Sosa, E., Orona Castillo, I., Fortis Hernández, M., & Trejo Escareño, H. I. (2010). *Agricultura Orgánica*. Durango: Primera edición. Recuperado el 13 de Mayo de 2021

García Lemus et al., D. E. (2021). *El cultivo del frijol presente y futuro para México*. Celaya, Guanajuato, México. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_librotecnico/12319_5085_El_cultivo_del_frijol_presente_y_futuro_para_M%C3%A9xico.pdf

González Marrero et al., M. C. (2018). Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://bibliotecavirtualesenior.es/wp-content/uploads/2019/06/EL-TOMATE.pdf>

Hancock, J. (30 de Noviembre de 2021). *World History Encyclopedia*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://www.worldhistory.org/trans/es/2-1886/los-origenes-de-la-agricultura-en-el-mundo/>

Hernández, H. (28 de Mayo de 2024). *Sequía extrema detona conflictos sociales en municipios del norte de Puebla*. Puebla, México. Obtenido de <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/sequia-extrema-detona-conflictos-sociales-en-municipios-del-norte-de-puebla-11991791.html>

- Herrera Calvo et al., P. M. (2018). *La ganadería extensiva, una actividad clave para nuestra alimentación*. España. Recuperado el 25 de Marzo de 2021
- Hodgson, J. (1990). *Grazing Management: Science Into Practice*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023
- IAUSA. (2016). Recuperado el 13 de Mayo de 2021, de <https://iausa.com.mx/queson-los-mejoradores-de-suelo/>
- ICAR. (2020). *Manual de Técnicas Análisis Bromatológicos*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2023
- INEGI. (2012). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2023, de <file:///C:/Users/HP/Downloads/Descargas/UAEM-FaPUR-TESIS-ARIEL%20CISNEROS%20CORTAZAR.pdf>
- INTAGRI. (2016). *intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>
- J., A. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 107-115. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>
- Japón Quintero, J. (2006). *Cultivo excesivo de la cebolla*. Recuperado el 2 de Mayo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1982_18.pdf
- Jeranyama, P., & D. García, A. (2004). *Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ)*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2023
- Juana, M. H., & al., e. (2019). Recolección de hongos comestibles silvestres en el contexto del pastoreo de alta montaña en la localidad de Agua Blanca en el Nevado de Toluca, México. *AGRO PRODUCTIVIDAD*. Recuperado el 23 de Julio de 2024

Jurídicos, U. G. (10 de Enero de 1934). *Secretaría de Gobernación*. Recuperado el 27 de Junio de 27, de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/articulos/27.pdf>

Lara Calderon, P. L., & César Santiago, J. (2017). *Análisis Crítico de la Agricultura Tradicional y la Moderna desde la Perspectiva Pedagógica*. Venezuela. Recuperado el 6 de Marzo de 2021

León, J. (2011). MINECO. Guatemala. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de <http://guiaintecap09.blogspot.com/2011/07/aportes-de-mesoamerica-la-agricultura.html#:~:text=En%20tercer%20lugar%2C%20existen%20muchas,presencia%20a%20los%20mercados%20ind%C3%ADgenas.>

López Falcón, R. (2002). *Degradación del suelo, causas, procesos, evaluación e investigación*. Venezuela. Recuperado el 20 de Febrero de 2021

López González, F. (2014). *DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DE VACAS EN PASTOREO EN EL SURESTE DEL ESTADO DE MÉXICO Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD FISICOQUIMICA DE LA LECHE*. Toluca, Estado de México, México. Recuperado el 25 de Noviembre de 2023, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58858/DICARM%20FELIPE%20LOPEZ%20GONZALEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, J. F. (25 de Febrero de 2020). *Economipedia.com*. Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-ganaderia.html>

Marín Santana et al. (2017). “EVALUACIÓN DE HENO DE TRITICALE (X *Triticosecale Wittmack*) COMO COMPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS BAJO PASTOREO DE PRADERAS DE RYEGRASS (*Lolium perenne* cv. *Bargala*) O FESTUCA ALTA (*Festuca arundinacea*) EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA. Toluca, Estado de México, México. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023, de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67622/TESIS-MNMS-ETL0317-split-merge-split-merge.pdf?sequence=3>

- Martínez Castillo, R. (2008). *Agricultura tradicional campesina: características ecológicas*. Recuperado el 6 de Marzo de 2021
- Martínez Hernández et al. (2018). CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTIZALES DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA PARA LA PRODUCCIÓN OVINA. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 477-786. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023, de <file:///C:/Users/HP/Downloads/2018.%20Julieta%20Estrada%20Flores-Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20pastizales-TSA.pdf>
- Martínez Hernández et al. (2021). Análisis socioeconómico de la producción ganadera en un ANP en el centro de México. En *La Ganadería Mexicana Rumbo a la Agenda 2030* (págs. 130-145). Toluca de Lerdo, Estado de México, México. Recuperado el 29 de Septiembre de 2021
- Mausalem Santiago, M. Á. (2003). *SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano*. Ciudad de México, México. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de https://www.biopasos.com/biblioteca/Agrosilvopastoriles_musalem.pdf
- Measure, A. B. (2018). *El análisis de la fibra en el pienso animal Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) los estándares y las opciones de automatización*. Recuperado el 2023 de Diciembre de 2023, de <file:///C:/Users/HP/Downloads/eBook-Fibre-analysis-of-animal-feed-ES.pdf>
- Mexicanos, C. P. (22 de Marzo de 2024). Recuperado el 18 de Mayo de 2024, de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Mora Donatto, C. (2018). *Derechos de los campesinos*. Guerrero, México. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6473/1.pdf>
- Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana*. México.

Nacional, S. M. (2023). *Servicio Meteorológico Nacional*. Recuperado el 20 de Agosto de 2023, de <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

Naturales, S. d. (29 de Marzo de 2021). *gob.mx*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/plantas-medicinales-de-mexico?idiom=es>

NuevoPeriodico. (13 de Noviembre de 2020). Recuperado el 2 de Junio de 2021, de <https://nuevoperiodico.com/ventajas-y-desventajas-de-la-agricultura-organica/>

Pedraza Roque, A. (Febrero de 2013). *Repositorio Institucional*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de RI: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/21781>

Pesquera, S. d. (6 de Marzo de 2018). *Gobierno de México*. Recuperado el 6 de Marzo de 2021, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-simbolo-de-fortaleza-del-campo-mexicano>

Piccolo, D. (19 de Julio de 2022). *Growing Together*. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://www.bkt-tires.com/es/es/blog/world-and-machinery/la-eleccion-de-la-agricultura-organica-es-ventajas-y-desventajas>

Pinto Ruíz et al., R. (2010). *Integración de la ganadería y la conservación de los recursos naturales*. Chiapas, México. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/SisPastoriles.pdf

Pueblos América. (2019). Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de <https://mexico.pueblosamerica.com/>

RAN. (2017). *Registro Agrario Nacional*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2023, de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/listado-de-los-nucleos-agrarios-certificados>

- Romero, J. M. (2016). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Recuperado el 21 de Mayo de 2024, de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/211-Calidad.pdf
- Ruíz Torres, M. E. (2019). Modos de vida rurales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. *CIENCIA ergo-sum*. Recuperado el 30 de Agosto de 2021
- Saborío Ocampo, G., & Delgado Hidalgo, G. (2019). *Red de mujeres*. Recuperado el 17 de Junio de 2021, de https://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/certificacion_agricultura_organica.pdf
- SAGARPA. (2012). *Agricultura familiar con potencial productivo en México*. México. Recuperado el 6 de Marzo de 2021
- SAGARPA. (21 de Noviembre de 2017). *El sistema agrosilvopastoril*. Recuperado el 10 de Abril de 2021, de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/8.%20El%20sistema%20agrosilvopastoril%20\(SAGARPA\).pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/8.%20El%20sistema%20agrosilvopastoril%20(SAGARPA).pdf)
- Salazar Sosa et al., E. (2003). *Agricultura Orgánica*. Ciudad de México. Recuperado el 13 de Mayo de 2021
- Sana, A. V. (2011). *Microorganismos del suelo y biofertilización*. España. Recuperado el 13 de Mayo de 2021
- Sarmiento, L. (2021). *JardineriaOn*. Recuperado el 10 de Febrero de 2021, de <https://www.jardineriaon.com/estiercol-oveja-caracteristicas-usos-abono-plantas.html>
- Secretaría de Agricultura, G. D. (2012). *siaprendes*. Recuperado el 15 de Marzo de 2021, de <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/2/01-agricultura/index.html#>
- Segrelles Serrano, J. A. (1991). *LA PRODUCCIÓN GANADERA INTENSIVA Y EL DETERIORO AMBIENTAL*. Valencia. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de

<https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/ganaderiaambiente.pdf>

Seguridad y Salud en la Agricultura. (2005). Suiza. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safewor/documents/publication/wcms_117460.pdf

Seguros, I. N. (2013). *Uso de herramientas Manuales en la Agricultura*. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de https://www.inscr.com/media/2734/1007790_folletousodeherramientasenagricultura_web.pdf

SEMARNAT, & CONANP. (2016). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. México. Recuperado el 22 de Noviembre de 2023, de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf

SEMARNAT, & CONANP. (2016). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. México. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/104_libro_pm.pdf

SEMARNAT, & CONANP. (2016). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. México. Recuperado el 20 de Febrero de 2021

SEMARNAT, & CONANP. (2016). *Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. Toluca. Recuperado el 27 de Junio de 2021

SIAP. (4 de Mayo de 2022). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023, de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/726323/Rye_grass.pdf

Silva Arguello, C. (2014). *El medio ambiente y los recursos naturales*. Nicaragua. Recuperado el 19 de Enero de 2024, de <https://repositorio.unan.edu.ni/774/1/10397.pdf>

- Solis Correo, M. A. (2015). *Caracterización de la producción ovina y propuesta de manejo pecuario en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Caso Zinacantepec, México*. Toluca. Recuperado el 15 de Agosto de 2021
- Soriano, F. (9 de Marzo de 2017). Uso de microorganismos en la agricultura. Recuperado el 18 de Mayo de 2024, de <https://aefa-agronutrientes.org/uso-de-microorganismos-en-la-agricultura>
- Sotero García, A. I., Gheno Heredia, Y. A., Martínez Campos, Á. R., & Arteaga Reyes, T. T. (2016). PLANTAS MEDICINALES USADAS PARA LAS AFECCIONES RESPIRATORIAS EN LOMA ALTA, NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO. *Acta botánica Mexicana*, 51-68.
- Sotero García, A. I., Gheno Heredia, Y. A., Martínez Campos, Á. R., & Arteaga Reyes, T. T. (2016). *PLANTAS MEDICINALES USADAS PARA LAS AFECCIONES RESPIRATORIAS EN LOMA ALTA, NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO*. Toluca de Lerdo. Recuperado el 10 de Agosto de 2021
- Sotero García, A. I., Gheno Heredia, Y., Martínez Campos, & Arteaga Reyes, T. T. (2016). *Plantas medicinales utilizadas para las afecciones en Loma Alta, Nevado de Toluca*. Toluca. Recuperado el 10 de Febrero de 2021
- Soto. (6 de Febrero de 2020). Recuperado el 25 de Marzo de 2021, de <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4029/que-es-la-ganaderia-ecologica-y-como-ayuda-al-planeta/>
- Soto, G. (2003). *Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural*. Costa Rica: Primera Edición. Recuperado el 13 de Mayo de 2021
- Torrente Sánchez, F. (2006). *El tomillo: Aprovechamiento y cultivo*. Recuperado el 2 de Mayo de 2024, de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_17.pdf

Van Soest, e. a. (1991). *Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2023

Velásquez Sandoval, L. A. (2014). *LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y LA TENENCIA AGRÍCOLA EN LA TIERRA: CASO PARQUE NACIONAL NEVADO DE TOLUCA*. Toluca. Recuperado el 15 de Agosto de 2021

Wilhelmus Gerritsen, R. P., & Mastache de los Santos, A. (2020). *Introducción al estudio de la multifuncionalidad en la agricultura*. Guadalajara, México. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/introduccion_al_estudio_de_la_multifuncionalidad_en_la_agricultura.pdf

William et al., R. (2004). *NIVELES DE COLINESTERASA SÉRICA EN AGRICULTORES DE LA LOCALIDAD DE CARAPONGO (PERÚ) Y DETERMINACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS INHIBIDORES DE LA ACEILCOLINESTERASA EN FRUTAS Y HORTALIZAS CULTIVADAS*. Perú. Recuperado el 17 de Enero de 2024, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/salud/Milla_C_O/Introd_obj et.pdf

Zinacantepec, A. d. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 Zinacantepec*. Zinacantepec, Estado de México, México. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <https://zinacantepec.gob.mx/pdf/Plan%20Definitivo.pdf>

Zinacantepec, A. d. (2022). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano Zinacantepec*. Zinacantepec, Estado de México, México. Recuperado el 24 de Noviembre de 2023, de <https://www.zinacantepec.gob.mx/pdf/desarrollo/Plandesarrolourbano2022.pdf>

