



CARACTERIZACIÓN DE LOS PASTIZALES DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA PARA LA PRODUCCIÓN OVINA[†]

[CHARACTERIZATION OF GRASSLANDS IN THE “NEVADO DE TOLUCA FLORA AND FAUNA PROTECTION AREA” FOR SHEEP PRODUCTION]

Juana Martínez-Hernández¹, Felipe López-González¹,
Carlos Manuel Arriaga-Jordán¹, Carlos González-Rebeles Islas²,
Rocío Rosa García³, Guadalupe Brendalí Hernández-Luna¹, Jesús Valdés Reyna⁴
and Julieta Gertrudis Estrada Flores^{1*}

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario #100, Col. Centro, 50000 Toluca, (Estado de México), México. Email: jgestradaf@uamex.mx).

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad Universitaria, 04510 (Cd. De México), México.

³ Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Crta Oviedo s/n, 33300 Villaviciosa (Asturias), España.

⁴ Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Blvd. Antonio Narro s/n, Buenavista, 25315 (Saltillo), México.

*Corresponding author

SUMMARY

In the Nevado de Toluca Flora and Fauna Protection Area (*Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*—APFFNT), farmers engage in pastoral activity, using communal areas for grazing. This activity is a means of production that provides the necessary products for the subsistence of shepherds, although knowledge of the specific characteristics of the grasses and implications for livestock production is lacking. The objectives of this study were to evaluate the primary productivity, nutritional quality and predominant plant species of three grasslands in the APFFNT, in order to evaluate their Dry Matter (DM) production. Grasslands were selected in the Agua Blanca, Loma Alta and La Peñuela localities. In each locality six areas for study were defined, and in each of the area, an exclusion cage was placed. From September 2013 to August 2014, samples were taken every 28 days to determine the increase of the grass yield in each area over time. In the grasslands in Agua Blanca, significant differences were not observed in Net Forage Accumulation (NFA) across time. In the Loma Alta grasslands, however, production was different ($P<0.05$) from November to April, the months corresponding to the lowest production levels and the least precipitation. In the La Peñuela grasslands, the lowest NFA was produced in February and the highest NFA in July ($P<0.05$). The results presented in this paper indicate a high degree of variation in forage quality across the months studied. An increase in fiber and a decrease in protein was observed during the dry season. The results of this study provide an important foundation for sustainable development in livestock activity in the APFFNT grasslands.

Key words: dry matter; mountain; protected area; grazing; morphological composition; nutritional quality.

RESUMEN

En el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), se desarrolla la actividad pastoril con productores ejidatarios que emplean las áreas comunales para el pastoreo. Esta actividad es un modo de producción que aporta los productos necesarios para la subsistencia de los pastores; sin embargo, se desconocen las características del pasto y su implicación en la producción animal. Los objetivos de este estudio fueron evaluar la producción primaria, composición química y especies de plantas predominantes de tres pastizales del APFFNT, con el fin de conocer su producción de materia seca (MS). Se seleccionaron pastizales pertenecientes a las localidades de Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela. Dentro de cada localidad se delimitaron seis zonas de estudio, en cada una se colocó una jaula de exclusión. Desde septiembre del 2013 a agosto del 2014 se tomaron muestras cada 28 días para determinar la evolución del pasto en cada zona a lo largo del tiempo. En el pastizal de Agua Blanca no se observaron diferencias significativas en la Acumulación Neta de Forraje (ANF) entre periodos. En el caso de Loma Alta las

[†] Submitted January 24, 2018 – Accepted August 28, 2018. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

producciones fueron diferentes ($P < 0.05$) en los meses de noviembre a abril, que corresponden a las producciones más bajas y coinciden con las menores precipitaciones. La Peñuela produjo una ANF mínima en el mes de febrero y máxima en el mes de julio ($P < 0.05$). Los resultados presentados en este documento indican una alta variación en la calidad del forraje entre los meses de evaluación. Se observó un aumento de fibras y una disminución de proteína en la época de secas. Los resultados de este estudio proporcionan una base importante para el desarrollo sostenible de la actividad ganadera en los pastizales del APFFNT.

Palabras clave: Materia Seca; Montaña; Área Protegida; Pastoreo; Composición morfológica; Calidad nutritiva.

INTRODUCCIÓN

El Nevado de Toluca fue decretado Parque Nacional en el año de 1936 con el propósito de proteger su belleza escénica. Ocupa el cuarto lugar dentro de las cumbres más altas de México con una elevación de 4660 m s.n.m. (CONANP, 2013). Recientemente, en el 2013, debido a una problemática de indefinición de derechos y situaciones cercanas al libre acceso a recursos comunes, desmontes, sobreexplotación, sobrepastoreo, agricultura e invasiones entre otros, el decreto de Parque Nacional fue modificado, para establecerlo como Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), conformada por una superficie total de 53,590-67-86.28 hectáreas (DOF, 2013).

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. Las razas de ovinos utilizadas corresponden a Suffolk (40%), cruces de Suffolk-Hampshire (40%), Hampshire (10%) y criollo local (10%). 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 (Maldonado-Ferrucho *et al.*, 2014).

El manejo del pastoreo es probablemente uno de los usos del suelo más extensos de la tierra, pero los efectos sobre las comunidades de plantas, en muchos casos han revelado ser contradictorias. Los efectos del pastoreo sobre la vegetación no se pueden generalizar, dependen de multitud de factores. Por ejemplo: el tipo de vegetación, la selección de dieta del ganado, la carga ganadera, la raza y la composición del rebaño (Celaya *et al.*, 2013). Debido a la complejidad de los sistemas vinculados al pastoreo, es necesario implementar análisis específicos de efectos de pastoreo en cada comunidad, especialmente en Áreas Naturales

Protegidas (ANP), con el fin de ofrecer la mejor información a los manejadores (Arévalo *et al.*, 2011).

La mayor parte de los pastizales semi-naturales deben ser gestionados para su conservación ya que de otra manera el avance de la sucesión ecológica pone en peligro su persistencia. Entre los muchos factores que se deben tener en cuenta para su conservación, Komac *et al.* (2014) mencionan que es importante saber cómo la intensidad de pastoreo afecta a la riqueza de especies de plantas.

Para la evaluación de los recursos de los pastizales 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 de los pastizales. 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 estos patrones son de suma importancia para el manejo de los pastizales y el desarrollo sostenible del ganado (Shi and Ma, 2013).

El conocimiento del potencial del valor nutritivo y dinámica estacional de la calidad nutricional de los forrajes es fundamental para el diseño de programas de suplementación de los animales, y la posible reducción del sotobosque, así como el riesgo de acumulación de fitomasa combustible (Narvaez *et al.*, 2010).

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. En el APFFNT la mayor parte del año los ovinos tienen una alimentación basada en el pastoreo en áreas

comunales; sin embargo, se considera necesario conocer información sobre la producción y composición química de los pastizales. El presente trabajo deriva de la necesidad de saber cuál es la productividad primaria de los pastizales, ya que no existe información de este tipo al respecto del APFFNT. Este estudio ofrece datos de referencia para realizar planes de manejo relacionados con la ganadería en esta importante Área Protegida localizada en el Estado de México. Los objetivos de este estudio fueron evaluar la producción primaria, composición química y especies de plantas predominantes de tres pastizales del APFFNT.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el APFFNT, en México. Los pastizales comunales seleccionados pertenecen a las localidades Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela del municipio de Zinacantepec, en el Centro de México (Figura 1). Se analizó la cantidad y calidad de forraje de los pastizales durante septiembre del 2013 a agosto del 2014. Los datos meteorológicos (Figura 2) se tomaron de la Estación Meteorológica Loma Alta de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual se encuentra a una altitud de 3432 m s.n.m.

Productividad primaria

En cada localidad se seleccionó un pastizal, en cada uno se colocaron seis jaulas de exclusión de acuerdo con Hodgson (1990) con las siguientes medidas: 0.5 m alto, 1.20 m largo y 0.6 m ancho. Las jaulas se distribuyeron al azar, y cada 28 días se rotaron dentro del pastizal, momento en el que se procedió a medir la altura del pasto dentro y fuera de las jaulas, posteriormente se colectaron las muestras de forraje utilizando un cuadrante de metal basado en el método descrito por Hodgson (1990) adaptado a 1.15 m largo y 0.55 m ancho. La Acumulación Neta de Forraje (ANF) se estimó con la siguiente fórmula: $ANF = [\text{peso promedio final de materia seca en el interior de la jaula el día 28}] - [\text{peso promedio inicial de materia seca disponible fuera de la jaula en el día cero}]$. Los pastizales de cada localidad eran de tipo comunal por lo que durante todo el año de medición, fueron pastoreados por animales excepto las zonas que se excluyeron. Las especies de ganado que pastoreaban las zonas fueron: para Loma Alta, ovinos y caprinos; en La Peñuela y Agua Blanca pastoreaban bovinos y ovinos. Se observó que el pastoreo no sigue ninguna secuencia de rutas, más bien es a consideración del pastor y también de los animales.

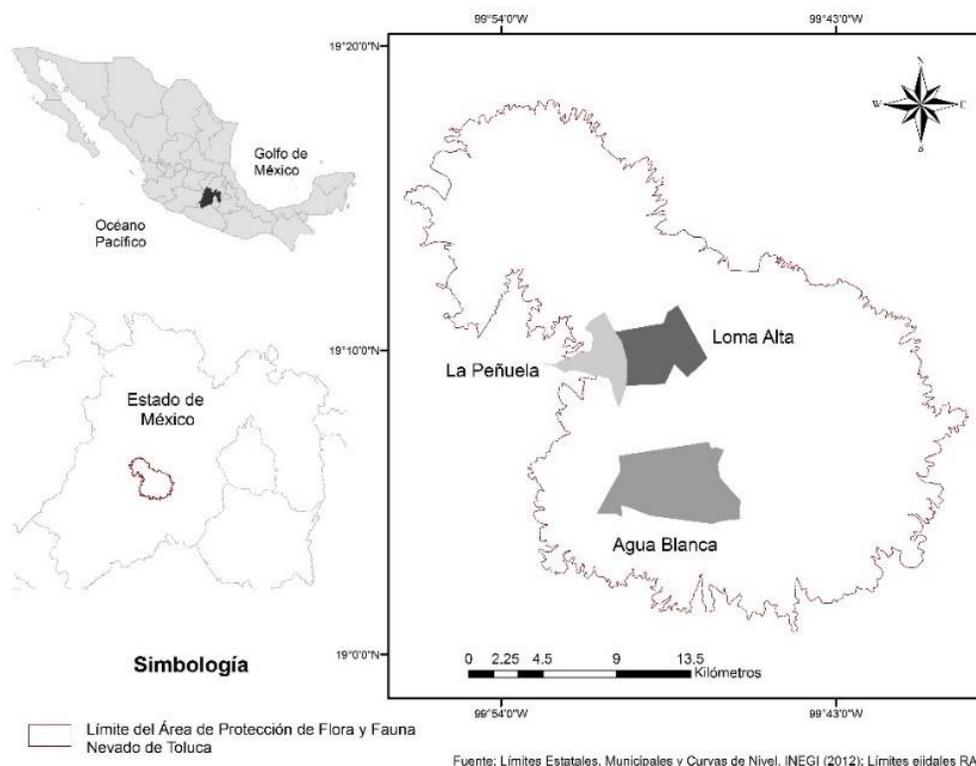


Figura 1. Ubicación de las localidades de estudio dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Componentes de la cubierta vegetal

Se tomaron tres muestras de las seis jaulas de exclusión (sumando un total de 15 g) por localidad para determinar la cantidad de material vivo y muerto. Se separaron, también 15 g de las tres jaulas restantes para determinar la cantidad de hoja y tallo. Las muestras se secaron a 65°C hasta peso constante y se expresaron en kg MS/ha (López-González, 2010).

Identificación de las especies

Durante las visitas a los sitios de muestreo se recolectaron cinco ejemplares en floración de cada una de las especies representativas, siguiendo lo recomendado por Koch (1986). La identificación de las especies colectadas se llevó a cabo en el Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Coahuila, México. Las especies se cotejaron en el Herbario del Instituto Politécnico Nacional de México.

Composición química

Los análisis químicos se efectuaron a partir de las muestras de biomasa recolectadas el día cero. Se procesaron en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. 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). La Digestibilidad de la Materia Seca se determinó de acuerdo con la ecuación descrita por Jeranyama y García (2014).

Análisis estadístico

Los datos de altura y Acumulación Neta de Forraje (ANF) se sometieron a un procedimiento mixto para Medidas Repetidas PROC MIXED (SAS, 2002) para estudiar cambios en la vegetación a través de los meses de evaluación, con un arreglo bifactorial (localidad y mes) midiendo su interacción loc*mes. Los modelos fueron ajustados a la mejor estructura de covarianza para cada variable (Littell *et al.* 1998). Se utilizó la declaración LSMEANS para obtener los valores de las medias de los meses de evaluación.

Los componentes de la cubierta vegetal; hoja, tallo, vivo, muerto y la composición química fueron expresados en promedios por localidad y analizados

mediante un Diseño Completamente al Azar mediante la declaración PROC GLM (SAS, 2002). Cuando se observaron diferencias significativas entre las medias se realizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

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* Humboldt & Bonpland Ex. Nestl. citadas previamente por Almeida-Leñero *et al.* (2004) quien realizó una identificación de las especies sobre el zacatonal alpino en el Nevado de Toluca y el Popocatepetl en una franja altitudinal comprendida entre los 3950-4500 m s.n.m.

En la figura 2, se presenta la temperatura y precipitación durante septiembre de 2013 a agosto de 2014. La temperatura máxima se registró en el mes de abril y la mínima en el mes de enero. La mayor precipitación corresponde a los meses de mayo a septiembre, aunque se observaron precipitaciones considerables en los meses de noviembre y diciembre de 2013.

En el pastizal de Agua Blanca (Tabla 1), la Acumulación Neta de Forraje (ANF) oscila a lo largo del tiempo (máxima en septiembre y mínima en noviembre), se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$). En el caso de Loma Alta la ANF fue similar a Agua Blanca, pero en este caso las producciones de forraje fueron diferentes ($P < 0.05$) en los meses de noviembre a abril, que corresponden a las producciones más bajas y coinciden con las menores precipitaciones (Figura 2). La Peñuela registró una ANF mínima en el mes de febrero y la máxima en el mes de julio ($P < 0.05$). La ANF varió entre periodos y localidades, probablemente en relación con las prácticas de manejo locales. En La Peñuela, a pesar que en el mes de enero la precipitación es casi nula, se observa un aumento en la ANF (Tabla 1); esto puede estar condicionado por la práctica de rastrojo que realizan los animales en los sitios de cultivo durante esa etapa, por lo que la presión que ejercen en el pastizal es mínima. Algo similar ocurre en Agua Blanca, donde también se registró un incremento de ANF en el mismo mes. En este caso, el ganado se lleva a pastorear al interior del bosque. Es probable que con estas dos prácticas se permita que el pastizal se recupere gradualmente.

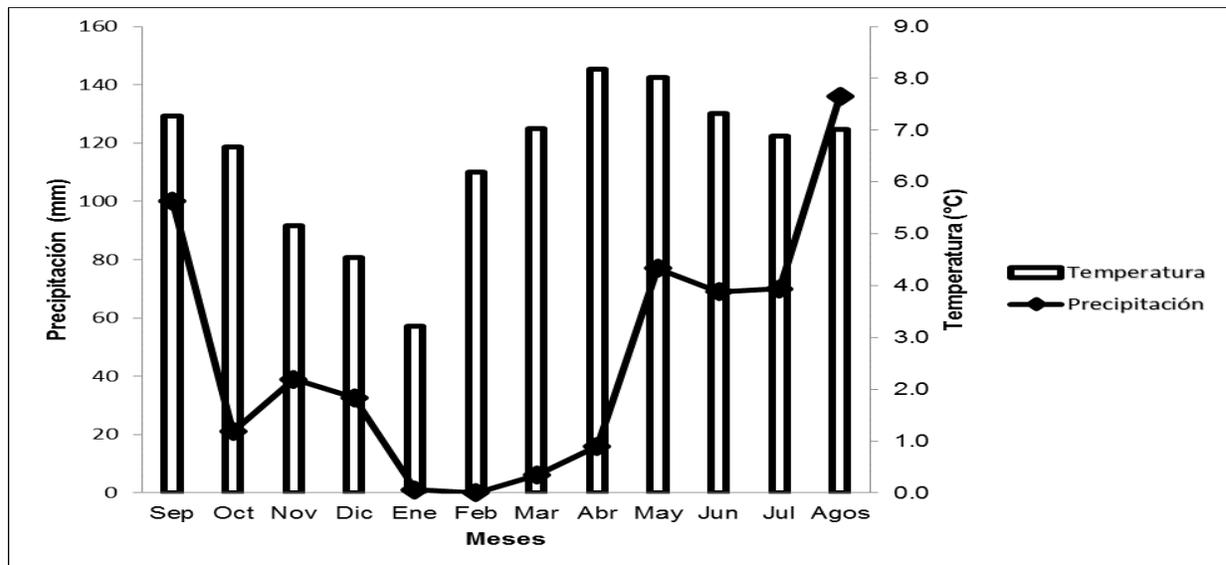


Figura 2. Temperatura (°C) y precipitación (mm) del año 2013 al 2014 (Fuente: CONAGUA, 2015).

Los resultados de ANF son altos, pero se han observado valores tanto mayores como menores en otras zonas montañosas, relacionados en cada caso con oscilaciones en diferentes variables, frecuentemente ambientales. Así, Ramsay y Oxley, (2001) registran valores inferiores en pastizales Andinos de Ecuador Central con un gradiente altitudinal de 3250 a 3450 m s.n.m., donde se obtuvo una Productividad Primaria Neta anual promedio para los claros del bosque montano de 1422.9 kg MS/ha. La producción de forraje en las tres localidades de estudio es casi el doble (Tabla 1). De igual forma, los valores de ANF en los pastizales del APFFNT son altos, comparados con pastizales de montaña en Grecia, donde obtuvieron una producción media de 1910 kg MS/ha. En este país europeo las fluctuaciones a lo largo del periodo de evaluación se asociaron con las variaciones en la precipitación (Skapetas *et al.*, 2004). Por el contrario, Moore *et al.* (2013) reportan una Productividad Primaria Neta Anual media de 3371.7 kg MS/ha en el Parque Nacional Yosemite (USA), mayor que la detectada en las zonas de estudio.

La productividad primaria en regiones de alta montaña depende de las condiciones ambientales (precipitación y temperatura) y de la altitud (Ni, 2004; Michaud *et al.*, 2011). Así, en las menores altitudes la producción de forraje es mayor (Ramsay y Oxley, 2001). En este estudio la mayor ANF se presentó en Loma Alta (Tabla 1), localidad que tiene

la mayor altitud (3380 m s.n.m.). Es probable que este fenómeno sea consecuente a la baja presión de pastoreo, ya que los pastores que guían al ganado favorecen periodos de recuperación al pastizal, dándole oportunidad a que se renueve. En contraste, en la localidad de La Peñuela, se registran los valores más bajos de ANF y coincide con una presencia constante de los animales en este sitio. Por su parte, Wu *et al.* (2013) reportan una producción de 746.2 kg MS/ha para pastizales alpinos abiertos al pastoreo en el Tibet y señalan que la precipitación es el factor principal que controla la Productividad Primaria Neta Anual. Wu *et al.* (2014) reportan valores de biomasa aérea en prados alpinos de 815.8 kg MS/ha, aunque estos pastizales están por encima de los 4 000 m s.n.m., por lo que la altitud también es un factor determinante en el crecimiento del pastizal.

La altura de la cobertura herbácea (Tabla 2) de los pastizales de Agua Blanca y La Peñuela varió notablemente a lo largo del tiempo ($P < 0.05$), por el contrario en el pastizal de Loma Alta no se observaron diferencias entre los meses de evaluación ($P > 0.05$). Jáuregui *et al.* (2009) encontraron que el pastoreo de ovejas disminuye la cobertura de arbustos, la altura y biomasa comparada con lugares excluidos al pastoreo. En este trabajo las mayores tasas de crecimiento y altura de plantas, durante las lluvias, se deben a las mejores condiciones ambientales, principalmente la precipitación.

Tabla 1. Acumulación Neta de Forraje en pastizales de tres localidades del APFFNT.

Mes	Agua Blanca	Loma Alta	La Peñuela	Media	EEM	P
	ANF (kg MS/ha/mes)					
Sep	476.4 ^a	772.8 ^a	330.5 ^{ab}	526.6	66.25	<.0001
Oct	131.7 ^e	375.2 ^{ab}	249.7 ^{ab}	252.2	54.56	<.0001
Nov	0.0 ^f	0 ^c	75.5 ^b	25.2	14.01	0.0741
Dic	213.2 ^d	63 ^b	121.1 ^{ab}	132.4	43.06	0.0025
Ene	80.1 ^d	82.8 ^b	130.7 ^{ab}	97.9	21.49	<.0001
Feb	103.4 ^d	213.7 ^b	36 ^c	117.7	20.80	<.0001
Mar	360.1 ^b	142.4 ^b	68.9 ^{bc}	190.5	56.18	0.0009
Abr	188.2 ^d	155 ^b	94.9 ^{ab}	146.0	49.33	0.0035
May	38.8 ^f	219.3 ^b	164.5 ^{ab}	140.9	26.13	<.0001
Jun	313.6 ^c	144.9 ^b	196 ^{ab}	218.2	55.62	0.0001
Jul	294.9 ^c	395.6 ^{ab}	405.4 ^a	365.3	58.99	<.0001
Ago	271.2 ^c	423.5 ^{ab}	275.1 ^{ab}	323.3	61.47	<.0001
Producción Anual	2471.4	2988.2	2148.3			
EEM	23.98	23.98	23.98			
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001			
Altitud	3177	3380	3329			
	m s.n.m.					

ANF= Acumulación Neta de Forraje; EEM= Error Estándar de la Media; Valores medios con distinta literal entre columnas son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$).

APFFNT - Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

La composición morfológica del pastizal de las tres localidades (Tabla 3) aumenta en la época de lluvias y tiene variaciones en el periodo de secas ($P < 0.05$). Durante los meses de noviembre a junio se tiene una alta producción de hojas y materia muerta. El material vivo es mayor comparado con el material muerto en la temporada de lluvias, que corresponde a los meses de septiembre y octubre de 2013 y julio a agosto de 2014.

La producción de hojas en las tres localidades es mayor en comparación con la de los tallos (Tabla 3), excepto en los meses de julio y agosto para Loma Alta y La Peñuela respectivamente. En el presente estudio, la composición morfológica del pastizal de las tres localidades aumenta en la época de lluvias y tiene variaciones en el periodo de secas. Hodgson (1990) señala que los procesos de descomposición de las plantas trabajan con mayor rapidez en condiciones cálidas y de humedad, y pueden inhibirse si hay ausencia de humedad. Además, los animales tienden a ignorar las herbáceas maduras, por lo que la pérdida por envejecimiento se incrementa.

La disminución de hojas en los meses de noviembre y enero se relaciona al parecer con la selección de dieta del ganado. Los animales incluyen en su dieta por lo general proporciones más elevadas de hoja y de tejido vivo de las plantas (con mayor calidad nutritiva) y menores proporciones de tallos y tejido muerto (Hodgson, 1990; Ramírez *et al.*, 2009). Las producciones de hoja, tallo, vivo y muerto permiten conocer las fluctuaciones de la biomasa de los pastizales por lo que la Productividad Primaria Neta (PPN) puede ser estimada con mayor precisión (Ni, 2004). Los componentes morfológicos hojas, tallos y tasa de senescencia afectan la calidad nutritiva del forraje (Barbosa *et al.*, 2004). Se asume que el aumento de material muerto en este trabajo esté relacionado con la mayor acumulación de hojas viejas, también a una mayor elongación del tallo y a una reducción en la penetración de la luz en el horizonte del pastizal inferior (Ganche *et al.*, 2015), debido a una baja utilización del forraje.

Tabla 2. Altura en pastizales de tres localidades del APFFNT.

Mes	Agua Blanca	Loma Alta	La Peñuela	Media
	Altura (cm)			
Sep	2.5 ^a	3.7	1.8 ^a	2.7
Oct	3.3 ^a	3.3	2.0 ^a	2.8
Nov	0.7 ^{bc}	3	1.9 ^a	1.8
Dic	3.1 ^a	3.7	1.7 ^{abc}	2.8
Ene	1.2 ^b	3.4	1.6 ^{abc}	2.1
Feb	1.2 ^{ab}	2.5	1.2 ^c	1.6
Mar	3.1 ^a	3.6	1.2 ^c	2.6
Abr	2.3 ^{ab}	2.6	1.3 ^{bc}	2.0
May	2.4 ^a	2.3	1.3 ^{bc}	2.0
Jun	2.4 ^a	2.8	1.7 ^{abc}	2.3
Jul	3 ^a	3.6	2.1 ^a	2.9
Ago	2.8 ^a	3.1	1.7 ^{abc}	2.5
EEM	0.3650	0.3650	0.3650	
P	<0.0001	0.0695	<0.0001	

EEM= Error Estándar de la Media; Valores medios con distinta literal entre columnas son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$).

APFFNT - Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Los contenidos de Fibra Neutro Detergente (FND) (Tabla 4) son más altos en los meses con poca o nula precipitación (de noviembre a mayo), en comparación con los meses donde se registran lluvias, sin diferencias significativas en los meses de evaluación ($P < 0.05$). En el caso de La Peñuela la FND es más baja que en las otras dos localidades. El aumento en el contenido de fibra en el periodo seco se debe a la etapa de madurez de las plantas (Skapetas *et al.*, 2004), y al aumento en la estructura de la pared celular de las herbáceas comparado con el contenido celular. Estos cambios en la estructura de la pared celular provocan una disminución en el valor nutritivo de forraje, especialmente en las etapas de madurez avanzada (Narváez, 2010).

Por el contrario, el contenido de Proteína Cruda (PC) incrementa en los meses con mayores precipitaciones (septiembre y octubre de 2013 y de junio a agosto de 2014), aunque existen diferencias entre las localidades (Tabla 4). El contenido de PC se redujo a lo largo de la estación de crecimiento, probablemente

Tabla 3. Composición morfológica de tres pastizales del APFFNT.

Mes	Vivo	Muerto	Hoja	Tallo
	(kg MS/ha)			
Sep	340.6 ^a	186.0	437.4 ^a	89.2 ^{abc}
Oct	92.7 ^{bc}	159.5	215.2 ^{ab}	36.9 ^{bc}
Nov	14.8 ^c	10.4	21.1 ^b	4.0 ^c
Dic	40.3 ^c	92.2	100.4 ^b	32.0 ^c
Ene	19.1 ^c	78.8	70.1 ^b	27.8 ^c
Feb	24.8 ^c	92.9	104.3 ^b	13.4 ^c
Mar	70.0 ^{bc}	120.4	140.8 ^b	49.7 ^{abc}
Abr	49.0 ^{bc}	96.9	104.6 ^b	41.4 ^{bc}
May	60.4 ^{bc}	80.4	107.7 ^b	33.1 ^c
Jun	75.4 ^{bc}	142.7	141.5 ^b	76.7 ^{abc}
Jul	206.6 ^{ab}	158.7	175.3 ^b	142.3 ^a
Ago	160.7 ^{bc}	162.5	140.3 ^b	133 ^{ab}
EEM	31.0	38.9	46.2	19.4
P	<.0001	0.1582	0.0004	0.0003

EEM= Error Estándar de la Media; Valores medios con distinta literal entre columnas son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$).

APFFNT - Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

en respuesta al envejecimiento de los tejidos. La reducción del contenido de proteína cruda que se ha observado en los pastizales de altitudes menores podría atribuirse a los diferentes estados fenológicos de las plantas y a un aumento en la proporción de los tallos (Ammar *et al.*, 2004; Khachatur, 2006). Los resultados de este trabajo indican que la mejor época para el pastoreo es el verano, cuando predominan las lluvias y hay una mejor calidad del forraje. En otras zonas, si el rendimiento animal desciende durante la etapa seca, se compensa con suplementación proteica.

Los resultados presentados en este documento indican una alta variación en la calidad del forraje entre meses, en concordancia con lo observado por otros autores (Mountousisa *et al.*, 2011). Así también muestran una alta variación en la calidad del forraje entre los meses de evaluación y proporcionan a los gestores del Área Natural Protegida un instrumento para la toma de decisiones en los planes de manejo ganadero de los recursos naturales disponibles (Mountousisa *et al.*, 2011).

Tabla 4. Calidad Nutricional de tres pastizales en el APFFNT.

Mes	FDN (g/kg MS)	FDA (g/kg MS)	PC (g/kg MS)	DMS (g/kg MS)	CENIZA (g/kg MS)	MO (g/kg MS)
Sep	586.0	289.7	123.0 ^b	663.4	65.0	901.3 ^{abc}
Oct	618.3	328.2	114.9 ^{ab}	633.3	73.3	904.7 ^{ab}
Nov	621.3	344.7	99.7 ^{abc}	620.5	67.3	910.7 ^a
Dic	596.0	300.8	90 ^{abc}	654.6	66.3	907 ^{ab}
Ene	590.7	286.3	95 ^{abc}	666.0	70.7	897.7 ^{abc}
Feb	606.0	308.3	88.3 ^{bc}	648.8	72.0	900 ^{abc}
Mar	579.7	281.0	86.5 ^{bc}	670.1	69.0	899 ^{abc}
Abr	611.3	294.8	82.0 ^c	659.3	67.0	904.5 ^{ab}
May	597.7	297.7	89.4 ^{bc}	657.1	68.0	880.3 ^{abc}
Jun	553.0	283.0	110.0 ^{abc}	668.5	65.7	876.7 ^{bc}
Jul	543.0	276.7	131 ^a	673.5	63.3	885.2 ^{abc}
Ago	531.7	278.0	125.4 ^{ab}	672.5	70.0	873.7 ^c
EEM	31.3	16.2	8.1	12.7	3.0	6.0
P	0.5696	0.1476	0.0010	0.1471	0.5102	0.0012

FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; PC= Proteína cruda; DMS= Digestibilidad de la materia seca; MO= Materia orgánica; EEM= Error Estándar de la Media; Valores medios con distinta literal en columnas son diferentes estadísticamente ($P \leq 0.05$).

APFFNT - Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

En octubre el rebrote de vegetación es limitado, lo que probablemente esté relacionado con las heladas que se producen. El total de producción de herbáceas fue satisfactorio, pero debido a las fuertes condiciones adversas del clima a partir del mes de noviembre, cuando las características nutritivas de los pastizales se ven desfavorecidas, se hace necesario considerar el brindar suplemento de alimento a los ovinos. El uso de prácticas de pastoreo de montaña puede ayudar en la conservación de paisajes que son importantes para el turismo (y para conservar la belleza escénica del área protegida) si son gestionados de una forma sostenible.

Se observó que las localidades de estudio son diferentes en su producción de forraje a lo largo del periodo de evaluación, por lo tanto la toma de decisiones debe llevarse a cabo para cada localidad y no de manera homogénea en toda el APFFNT. Para proteger los recursos de los pastizales naturales, se deben considerar las condiciones climáticas y las características de la vegetación, así como la selección de dieta y comportamiento en pastoreo del ganado, para guiar de una forma adecuada los proyectos concernientes al pastoreo (Wu *et al.*, 2014).

CONCLUSIÓN

La producción de forraje en las localidades de estudio es diferente a lo largo del periodo de evaluación, por

lo tanto la toma de decisiones debe llevarse a cabo por cada localidad y no de manera homogénea en toda el APFFNT. Se deben considerar las condiciones climáticas y las características de la vegetación para esta toma de decisiones.

La calidad nutritiva de los pastizales de estudio es diferente a lo largo del año de evaluación y la mejor calidad se presenta en los meses de mayor precipitación. Al identificar las especies principales en el área de estudio se puede comprender mejor el comportamiento de los pastizales debido a la fenología de las plantas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a los pastores de Agua Blanca, Loma Alta y La Peñuela que cooperaron en gran medida para la realización este estudio. Al apoyo financiero de la UAEMex a través del proyecto: 3564/2013CHT. A CONACYT por la concesión de la beca a Juana Martínez Hernández. También se agradece al Dr. Noé A. Aguirre González por contribuir con el mapa de las localidades.

REFERENCIAS

Almeida-Leñero, L., Giménez de Azcárate, J., Cleef, A. and González Trápaga, A., 2004. Las comunidades vegetales del zacatonal alpino de los volcanes Popocatephtl y Nevado de

- Toluca, Región Central de México, *Phytocoenologia*, 34, 91-132. DOI: 10.1127/0340-269X/2004/0034-0091
- Ammar, H., López, S., González, J. and Ranilla, M., 2004. Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species, *Animal Feed Science and Technology*, 115, 327–340. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.03.003>
- AOAC, 1990. Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemist, 15th ed. Association of Official Analytical Chemist: Virginia. E.U.
- Arévalo, J.R., de Nascimento, L., Fernández, S., Mata, J., Bermejo, L., 2011. Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands), *Acta Oecologica*, 37, 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.02.006>
- Barbosa, R. A. 2004. Manejo de desfolhagem e seus efeitos nas características morfofisiológicas e no acúmulo de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* jacq. cv. tanzânia), (Doctorate Thesis, Federal University of Viçosa)
- Celaya, R., Martínez, A., Rosa García, R., Ferreira, L.M.M., López López, C., García, U., Osoro, K., 2013. Sustainable grazing systems for the enhancement of livestock production and biodiversity in less-favored heathland areas of humid northern Spain. *Agricultural Research Updates*, Vol. 6 (eds. Gorawala P., Mandhatri S.), pp. 205-227. ISBN: 978-1-62948-377-1. ISSN: 2160-1739. ISBN (eBook): 978-1-62948-378-8. Nova Science Publishers, Inc. New York.
- CONANP, 2013. Estudio Previo Justificativo para la Modificación, México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- DOF (Diario Oficial de la Federación), 2013. DECRETO que reforma, deroga y adiciona diversas disposiciones del diverso publicado el 25 de enero de 1936, por el que se declaró Parque Nacional la montaña denominada “Nevado de Toluca” que fue modificado por el diverso publicado el 19 de febrero de 1937, México.
- Ganche, E., O’Donovan, M., Delaby, L., Boland, T. M., Kennedy, E., 2015. Does post-grazing sward height influence sward characteristics, seasonal herbage dry-matter production and herbage quality?, *Grass and Forage Science*, 70, 130–143. <https://doi.org/10.1111/gfs.12113>
- Hodgson, J., 1990. *Grazing Management: Science into Practice*, (Longman Scientific & Technical, England).
- Jáuregui, B. M., García, U., Osoro, K. and Celaya, R., 2009. Sheep and Goat Grazing Effects on Three Atlantic Heathland Types, *Rangeland Ecology and Management*, 62, 119-126. <https://doi.org/10.2111/07-120.1>
- Jeranyama, P. and García, A. D., 2014. Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ), *College Of Agriculture & Biological Sciences*, 1-3.
- Khachatur, M., 2006. In vitro digestible organic matter and energy contents in wild growing forages of Armenia, *Journal of Central European Agriculture*, 7(3), 445-450. <https://jcea.agr.hr/en/issues/article/379>
- Koch, S. D., 1986. Gramíneas y graminoides. En: A. Lot and F. Chiang (eds.) *Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*, México, (Consejo Nacional de la flora de México A.C.), 96-101.
- Komac, B., Domènecha, M. & Fanlo, R., 2014. Effects of grazing on plant species diversity and pasture quality insubalpine grasslands in the eastern Pyrenees (Andorra): Implications for conservation. *Journal for Nature Conservation*, 22(3), 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.005>
- Littell, R.C., Henry, P.R., Ammerman, C.B., 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1216-31. <https://doi.org/10.2527/1998.7641216x>
- López-González, F., Estrada-Flores J. G., Avilés-Nova F., Yong-Ángel G., Hernández-Morales P., Martínez-Loperena R., Pedraza-Beltrán P. E., and Castelán-Ortega O. A. 2010. Agronomic evaluation and chemical composition of african star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the state of Mexico, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1), 151-159. <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v12i1.248>
- Maldonado-Ferrucho, G., Franco-Maass, S., Nava-Bernal, G. & García-Martínez, A., 2014. La ovinocultura del Nevado de Toluca: Factor de deterioro o elemento de desarrollo y manejo ambiental en zonas naturales

- protegidas. En: C. M. Arriaga-Jordán and J. P. Anaya-Ortega, (eds.), *Contribución de la producción animal en pequeña escala al desarrollo rural, México*, (Reverte), 149-165.
- Michaud, A., Andueza, D., Picard, F., Plantureux, S., Baumont, R., 2011. Seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions, *Grass and Forage Science*, 67, 64–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00821.x>
- Moore, P.E. Wagtendonk, van J.W., Yee, J.L., McClaran, M.P., Cole, D.N., McDougald, N.K., Brooks, M.L., 2013. Net primary productivity of subalpine meadows in Yosemite National Park in relation to climate variability, *Western North American Naturalist*, 73, 409–418. <https://doi.org/10.3398/064.073.0410>
- Mountousisa, I., Dotsab, V., Stanogias, G., Papanikolaou, K., Roukos, Ch., Liamadis, D., 2011. Altitudinal and seasonal variation in herbage composition and energy and protein content of grasslands on Mt Varnoudas, NW Greece, *Animal Feed Science and Technology*, 164, 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.01.007>
- Narvaez, N., Brosh, A. and Pittroff, W., 2010. Seasonal dynamics of nutritional quality of California chaparral species, *Animal Feed Science and Technology*, 158, 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.014>
- Ni, J., 2004. Estimating net primary productivity of grasslands from field biomass measurements in temperate northern China, *Plant Ecology*, 174, 217-234. B:VEGE.0000049097.85960.10
- Ramírez, R.O., Hernández, G. A., Da Silva, S. C., Pérez, P.J., Enríquez, Q.J., Quero, C.A.R., Herrera, H. J. G., Cervantes, N.A., 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte, *Técnica Pecuaria en México*, 47, 203-213. <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1476>
- Ramsay, P.M. and Oxley, E.R.B., 2001. An Assessment of Aboveground Net Primary Productivity in Andean Grasslands of Central Ecuador, *Mountain Research and Development*, 2, 161-167.
- SAS (Statistical Analysis System), 2002. SAS for windows, Release 9.0. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Shi, Y. and Ma, Y., 2013. Large scale patterns of forage yield and quality across Chinese grasslands. *Chinese Science Bulletin*, 58(10), 1187-1199.
- Skapetas, B., Nitasb, D., Karalazosa, A. and Hatziminaogloua, I., 2004. A study on the herbage mass production and quality for organic grazing sheep in a mountain pasture of northern Greece, *Livestock Production Science*, 87, 277–281. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.08.002>
- Van Soest, P., Robertson, J. and Lewis, B., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Wu, J, Zhang, X., Shen, Z., Shi P., Xu, X., and Li, X., 2013. Grazing-Exclusion Effects on Aboveground Biomass and Water-Use Efficiency of Alpine Grasslands on the Northern Tibetan Plateau, *Rangeland Ecology & Management*, 66, 454-461. <https://doi.org/10.2111/REM-D-12-00051.1>
- Wu J., Zhang X., Shen Z., Shi P., Xu X., and Li X., 2013. Grazing-Exclusion Effects on Aboveground Biomass and Water-Use Efficiency of Alpine Grasslands on the Northern Tibetan Plateau, *Rangeland Ecology & Management* 66 (4), 454- 461 <https://doi.org/10.2111/REM-D-12-00051.1>
- Wu, J., Zhang, X., Shen, Z., Shi P., Yu, C., and Chen, B., 2014. Effects of livestock exclusion and climate change on aboveground biomass accumulation in alpine pastures across the Northern Tibetan Plateau, *Chinese Science Bulletin*, 59(32), 4332-4340. <https://doi.org/10.1007/s11434-014-0362-y>