



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de
producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio
inaequidens*.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

OMAR DE JESÚS SEBASTIAN

ASESORES:

Dr. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ

Dr. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN

Dra. AURORA SAINZ RAMÍREZ



Toluca, Estado de México, Febrero de 2022.

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche a pequeña escala (SPLPE) son importantes ya que representan hasta un 37% de la producción nacional. El municipio de Aculco Espinoza en el Estado de México, se caracteriza porque algunos de sistemas de producción de leche a pequeña escala han incorporado el pastoreo de praderas cultivadas, de distintas asociaciones de gramíneas como ryegrass, bromo, festuca, o kikuyo asociadas con leguminosas como trébol rojo y trébol blanco, las cuales se han visto afectadas por la invasión de malezas, que compiten fuertemente con la pradera llegando a tener una gran cobertura, lo que ocasiona una disminución de la disponibilidad y calidad nutricional del forraje establecido en la pradera y como consecuencia, en la producción de leche por lo que se requieren métodos para el combate de malezas preferentemente por métodos amigables con el medio ambiente.

Una de esas malezas invasivas es el senecio (*Senecio inaequidens*). Los caprinos y los ovinos consumen una gran cantidad de plantas, y son resistentes a los efectos tóxicos del senecio, el cual no es consumido por los bovinos además de que son susceptibles a su toxicidad.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue el evaluar el control de *Senecio inaequidens* mediante la implementación de pastoreo con cabras y borregas. La fase experimental tuvo una duración de 4 periodos de 7 días cada uno, donde se utilizó un diseño factorial 2x2 donde los factores de análisis fueron dos especies animales (cuatro cabras o borregas) y dos superficies de pastoreo diario

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

apersogastas con cuerdas de 3.0 o 4.0 m de longitud (superficies de 28.27 m² y 50.26 m²) al día, evaluando cobertura de senecio.

Las variables a evaluar fueron el peso del animal, la condición corporal, la cobertura, la densidad y la altura del senecio, así como la determinación de la calidad nutricional de la pradera (proteína cruda, la cantidad de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido).

Los resultados indicaron que las variables altura, cobertura y densidad de senecio en la pradera no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$), misma situación para la altura de la pradera.

La composición química de la pradera en proteína cruda (PC) fue de 160.2 ± 3.21 g/kg de MS, fibra detergente neutro (FDN) de 422.6 ± 17.22 g/kg MS y la fibra detergente ácido (FDA) de 216.8 ± 5.09 g/kg MS. Al final se concluye que el pastoreo con cabras y borregas no afecta la altura y densidad del *Senecio inaequidens*, sin embargo, se aprecia una disminución en la cobertura de maleza atribuido a que los animales que contaban con una mayor superficie tenían una mayor libertad a la redonda para consumir el *Senecio inaequidens*, causando la disminución de éste, en la pradera.

PALABRAS CLAVE: Condición corporal, Pastoreo simulado, Pradera, Subpradera, Densidad, Cobertura, *Senecio Inaequidens*.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

ÍNDICE	página
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN.....	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Sistemas de alimentación utilizados en rumiantes	10
2.2. Sistemas de pastoreo	10
2.2.1. Pastoreo continuo	11
2.2.2. Pastoreo rotacional	11
2.2.3. Pastoreo mixto	11
2.3. Factores a considerar en un sistema de pastoreo	12
2.3.1. Carga animal.....	12
2.3.2. Intensidad de pastoreo	12
2.2.3. Disponibilidad de forraje.....	12
2.4. Pastoreo mixto: cabras y ovinos	13
2.5. Control de malezas y matorrales mediante pastoreo	14
2.6. <i>Senecio inaequidens</i>	15
III. JUSTIFICACIÓN	18
IV. HIPÓTESIS	19
V. OBJETIVOS	20
5.1. General	20
5.2. Específicos.....	20
VI. MATERIAL	21
6.1. Material biológico	21
6.2. Material de gabinete	21
6.3. Material de campo	21
VII. MÉTODO.....	23
7.1. Desarrollo del experimento	23
7.2. Variables en los animales	25
7.2.1. Peso Vivo.....	27
7.2.2. Condición corporal	27

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

7.3. Variables en la pradera.....	27
7.3.1. Densidad del <i>Senecio inaequidens</i>	27
7.3.3. Altura de la pradera.....	28
7.3.4. Altura del <i>Senecio inaequidens</i>	28
7.3.5. Cobertura del <i>Senecio inaequidens</i>	28
7.4. Composición química del <i>Senecio inaequidens</i> y pradera.....	29
7.4.1. Obtención de muestra	29
7.4.5. Determinación de Proteína cruda	30
7.5. Fracciones de Fibra.....	32
7.5.1. Determinación de la Fibra Detergente Neutro	32
7.5.2. Determinación de la Fibra Detergente Ácido.....	34
7.6. Análisis estadístico	36
VIII. LIMITE DE ESPACIO	37
IX. LIMITE DE TIEMPO	38
X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
10.1. Variables de los animales.....	39
10.1.1. Peso de los animales.....	39
10.1.2. Condición corporal (CC) de los animales.....	40
10.2. VARIABLES EN LA PRADERA	41
10.2.1. Altura del <i>Senecio inaequidens</i>	41
10.2.2. Densidad del <i>Senecio inaequidens</i>	41
10.2.3. Cobertura del <i>Senecio inaequidens</i>	43
10.2.4. Altura de la pradera.....	43
10.2.5. Contenido de proteína cruda de la pradera.....	44
10.2.6. Contenido de Fibra Detergente Neutro de la pradera	45
10.2.7. Contenido de Fibra Detergente Acido de la pradera.....	46
10.3. Composición química del <i>Senecio inaequidens</i>	46
XI. CONCLUSIONES.....	48
XII. LITERATURA CITADA.....	49

I. INTRODUCCIÓN

En México, la producción de leche de bovino se realiza en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista económico, agroecológico y cultural, bajo tres sistemas de producción: especializado, doble propósito y familiar. Este último cuenta con un potencial de crecimiento en relación con sus procesos productivos y es trascendental por representar un 37% de la producción nacional (Fadul *et al.*, 2013). Al ser México un país en desarrollo, la agricultura campesina o en pequeña escala representa a la gran mayoría de los productores agropecuarios (FAO., 2010), para quienes la producción de leche contribuye al uso óptimo de los recursos limitados de la agricultura campesina, además de generar ingresos para una vida digna ante condiciones económicas difíciles (Espinoza *et al.*, 2007).

Sin embargo, la producción de leche en pequeña escala es una de las actividades económicas menos consideradas en los programas de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología agropecuaria, razón por la cual es importante su estudio bajo condiciones de equidad, competitividad y sustentabilidad, aspectos clave para el desarrollo, mantenimiento y éxito del sector agropecuario.

La alimentación de las vacas en los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) se basa en praderas cultivadas para pastoreo evitando el corte y acarreo (Arriaga *et al.*, 1999); sin embargo, estas praderas se enfrentan a especies invasivas, consideradas malezas, que compiten directamente por el espacio y los nutrientes. Ocasionando que la pradera tenga una menor persistencia y por lo tanto los animales tengan menor cantidad de forraje disponible para su alimentación (Carvajal *et al.*, 2018).

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Una de esas especies invasivas es el *Senecio inaequidens*, una especie proveniente del norte de África y que aún se desconoce cómo llegó a México, pero que se ha convertido en un gran problema para las praderas cultivadas.

Por otra parte, los pequeños rumiantes como borregos y cabras son animales que ramonean algunas especies de arbustos y pueden ser una opción para controlar especies invasivas; como el *Senecio inaequidens*. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el control de *Senecio inaequidens* en praderas de clima templado con la implementación de pastoreo con ovinos y caprinos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistemas de alimentación utilizados en rumiantes

La producción de leche en México se lleva a cabo en tres sistemas, la gran escala localizada principalmente en el centro-norte del país, la lechería tropical ubicada en las costas y la lechería en pequeña escala en el altiplano. Cada sistema tiene sus propias características, dentro de la lechería en pequeña escala se encuentran los denominados sistemas campesinos de producción con pequeñas superficies de tierra, donde la venta de leche genera ingresos fundamentales para la familia, y que pueden o no complementarse con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción o fuera de esta; cuentan con un máximo de 20 vacas y un mínimo de tres y sus reemplazos (Espinoza *et al.*, 2005).

Los productores utilizan sistemas de producción tradicionales para alimentar al ganado, en el cual se aprovecha el maíz, que es el principal cultivo (Albarrán, 2002). En la época de lluvias es común la alimentación del ganado con plantas arvenses (Estrada, 2005).

2.2. Sistemas de pastoreo

El pastoreo es la técnica de explotación de forrajes más natural y expandida por todo el mundo, comenzó como un sistema primitivo practicado por los animales en su estado salvaje, previo a la domesticación, y se ha ido perfeccionando y adaptando a las circunstancias y condiciones locales de cada región (Hodgson, 1994). El sistema de pastoreo es el medio para conseguir el mejor aprovechamiento de los forrajes considerando las nece

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

sidades de los animales según especie y la producción estacional de la pradera para adecuar la producción de recursos a las necesidades del animal y viceversa (Muslera y Ratera, 1991).

2.2.1. Pastoreo continuo

El pastoreo continuo es aquel sistema en el que los animales están presentes en un pastizal por varias semanas o meses, la ingesta de herbáceas y el rendimiento animal aumenta en un porcentaje que disminuye en forma progresiva, con respecto a un valor máximo, a medida que la altura del pastizal aumenta (Hodgson, 1994).

2.2.2. Pastoreo rotacional

Este sistema también es llamado de consumo intermitente en donde un área de pastos es consumida rápidamente, antes de que los animales se muevan hacia una nueva zona, proporciona la oportunidad de organizar el consumo secuencial de grupos de animales con funciones complementarias, también representan grandes costos por cercas, aprovisionamiento de agua y caminos de accesos a causa de mayor número de divisiones (Muslera y Ratera, 1991).

2.2.3. Pastoreo mixto

Es la utilización de una pradera por más de una especie animal independientemente del método de pastoreo elegido. El pastoreo en secuencia, donde animales en estado productivo pastorean un potrero en primer lugar, siendo seguidos por animales de menor requerimiento (Milpa, 2004).

2.3. Factores a considerar en un sistema de pastoreo

Existen factores que se deben de considerar para los sistemas de pastoreo, a continuación, se mencionan algunos de estos factores.

2.3.1. Carga animal

Uno de los factores para establecer un adecuado manejo del pastizal lo constituye la carga animal, es decir el número de animales por hectárea que soporta un pastizal en un periodo de tiempo (Entrena *et al.*, 1998). La carga animal representa uno de los componentes importantes en el manejo del pastoreo e influye en gran medida en la demanda total de forraje (Pagliaricci *et al.*, 1997).

2.3.2. Intensidad de pastoreo

Indica cuando pastorear y regula el consumo de los animales para hacer más eficiente la utilización de la pradera. Una eficiente producción se basa en principios establecidos en el manejo de defoliación, la respuesta de las plantas al pastoreo y al grado de utilización de las pasturas (Pagliaricci *et al.*, 1997)

2.2.3. Disponibilidad de forraje

La disponibilidad de forraje está relacionada al mal manejo de la pradera, puede ser consecuencia de un crecimiento vegetal restringido, pero también a altas tasas de envejecimiento, muerte y descomposición del material vegetal antes de que el animal pueda aprovecharlo (Mejía, 2002).

2.4. Pastoreo mixto: cabras y ovinos

Una de las ventajas de contar con caprinos en un sistema de pastoreo mixto es, reducir la lignificación de la pradera, esto asumiendo que la cabra consume especies herbáceas o arbustivas poco consumibles por bovinos y ovinos, lo que favorece un incremento de ganancia de peso de estos hasta de un 10%, considerando que el caprino también gana peso (García *et al.*, 2013). Celaya *et al.* (2005) Evaluaron el consumo de arbustos por cabras mediante pastoreo mono-específico (ovino, bovino) y mixto (ovino-caprino, bovino caprino), encontrando que, con el pastoreo mixto, el arbusto tojo (*Ulex gallii*) tuvo un menor crecimiento que en el pastoreo mono-específico y que en 2003-2004 existió una mayor reducción de masa herbácea lo que indica que con el pastoreo mixto (más si es ovino y caprino) se aprovechan mejor los matorrales. Los caprinos ayudan a que se tenga menor sobrepastoreo de masa herbácea y que se tenga un mayor predominio de plantas herbáceas, lo que resulta en una mayor disponibilidad de pasto para ovinos y bovinos (García *et al.*, 2013).

El pastoreo ayuda a disminuir costos de producción, en praderas bien manejadas se ha llegado a encontrar que en alto pastoreo se consumen de 0.3 a 0.8 kg de concentrado menos por cabra por día en comparación con el pastoreo medio y bajo, en cuanto al forraje, en pastoreo alto y medio, se consumen menos de 0.5 kg por cabra por día que el que se consume en pastoreo bajo.

En cabras payoya se encontraron diferencias significativas a favor en cuanto a la composición y producción de leche, encontrando ligeramente un mejor precio en leche producida por pastoreo alto (Gutiérrez *et al.*, 2017).

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Los sistemas de pastoreo mixto (cabra-ovino-bovino) podrían ser una alternativa económica para los SPLPE, por ejemplo, los cabritos y corderos producidos en un sistema mixto, pastorean con sus madres 4 meses, posteriormente son destetados y sacrificados, habiendo sido alimentados solo de pasto y leche de la madre (García *et al.*, 2013).

Mediante la endozoocoria de semillas (que es una fuente de dispersión de plantas herbáceas y arbustivas realizada por los animales) en el pastoreo, se evaluó en cabras payoya la dispersión de 3 tipos de leguminosas (*Ornithopus compressus*, *Medicago polymorpha* *Melilotus officinalis*), su germinación no supera a la germinación de una semilla intacta pero si es representativa ya que se encontró una germinación promedio de 2750 % después de haber sido digeridas (Grande-Cano *et al.*, 2017b), lo cual puede ser atractivo para los SPLPE ya que al emerger la plántula estaríamos hablando de una resiembra al pastoreo, dicha emergencia fue mayor en heces disgregadas que en heces intactas (Grande-Cano *et al.*, 2017b).

2.5. Control de malezas y matorrales mediante pastoreo

Diversas practicas han sido utilizadas para la erradicación del senecio, se han utilizado herbicidas sin tener mucho éxito al ser muy resistente incluso al corte mecánico, se ha observado que en condiciones de sombra la planta no prospera, pero el uso de ovinos y caprinos es la que tiene mayor efectividad (Rzedowski *et al.*, 2003).

El matorral y material orgánico combustible se ha visto controlado con la implementación de animales, ejemplo de esto es el control de una leguminosa leñosa llamada tojo (*Ulex gallii*), la cual es controlada por caballos consumiendo de

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

ella hasta 20 kg de MS, siempre y cuando no exista tanta superficie herbácea; se ha visto que la cabra también la consume y ha reducido cantidades de biomasa importantes, los ovinos son más selectivos y sólo lo consumen en estado tierno (García *et al.*, 2013).

El control de arbustos también se atribuye a la endozoocoria, gracias a la baja germinación y emergencia de arbustos; sin embargo, también pueden ser distribuidas por este medio a otras áreas, considerando que algunos arbustos son favorecidos por el microambiente fecal, ejemplos de ello tenemos a arbustos forrajeros como *Calicotome villosa* y *Atriplex halimus* (Grande *et al.*, 2017a).

Se ha observado que el pastoreo de cabras es una buena alternativa para el control de hierbas y arbustos donde destacaban especies herbáceas dominadas por *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. con numerosos terófitos, y comunidades arbustivas como *Quercus coccifera*, *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis* y *Cistus albidus* y el uso de desbrozadora solo cada 5 años, previniendo incendios y controlando un volumen menor o igual a 600 m³ / ha (Dopazo *et al.*, 2012).

2.6. *Senecio inaequidens*

El *Senecio inaequidens* es de origen sudafricano; la seneciosis es una de las intoxicaciones por plantas más importantes de Sudáfrica, ciertas especies de *Senecio* contienen alcaloides de pirrolizidina tóxicos que, además de otros efectos toxicológicos, inducen hepatotoxicidad aguda o crónica en el ganado y el hombre (Dimande *et al.*, 2017). Esta especie causa impactos ecológicos, económicos y sociales, pérdida de biodiversidad, especialmente en prados y pastizales, reducción en la productividad y calidad de las tierras cultivadas, así como amenazas a la salud

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

de humanos y animales domésticos; invade principalmente pastizales, semipastizales, facies de matorral sobre sustratos calcáreos o praderas con gramíneas (Lamónico, 2017), la planta puede crecer de 1400-2850 metros sobre el nivel del mar (msnm), en tres tipos de clima distintos como el subtropical (Australia, Sudáfrica y Argentina) templado y húmedo (Europa central y occidental) e intertropical de altitudes elevadas (Colombia, Kenia y México), las semillas pueden germinar en la oscuridad pero no emergen a 2 cm de profundidad y tiene muy buen rebrote a un corte de 5 cm de altura, es una maleza que invade potreros, cultivos forrajeros y agostaderos, así reportado en Argentina y Australia. Se tiene información que la primera colecta en México fue en Amealco, extremo sur del estado de Querétaro en 1990, de ahí se ha distribuido y encontrado en Texcoco y Aculco, Estado de México; en Contepec Michoacán en el periodo 1990-2002; sin embargo, gente de edad mencionan que la conocen desde hace unos 50 años (Rzedowski *et al.*, 2003).

En Australia se estima una pérdida de 2 millones de dólares por año, por la invasión de *Senecio inaequidens*, por la hepatotoxicidad que causa en bovinos, de igual manera se han reportado intoxicaciones mortales en personas, atribuido a semillas de la planta en harina de trigo. Lamónico (2017) menciona que los alcaloides pirrolizidínicos también pueden transmitirse a través de la leche y miel.

Los animales pueden ingerir Senecio cuando el forraje de la pradera es escaso o cuando la densidad de la planta es elevada y no se puede evitar o diferenciar del forraje comestible, e incluso se puede producir envenenamiento por heno y ensilado contaminado con plantas jóvenes de senecio (Dimande *et al.*, 2017).

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Los ovinos y caprinos son más tolerantes a la toxicidad por senecio pero puede existir un efecto adverso si lo consumen en grandes cantidades y por tiempo prolongado (Rzedowski *et al.* 2003).

En un ensayo utilizaron ovinos machos de raza Dorper, de 8 meses de edad y con un peso de 41 kg, administrando extracto crudo de *S. inaequidens* en incrementando la dosis por tres días desde 49.5 a 198 mg de extracto / kg de peso corporal. Los análisis de química sanguínea durante el tiempo de exposición arrojaron relación albumina-globulina y proteína sérica debajo de los rangos normales, así como también la AST un poco elevada en el día 1 y la Glutamato deshidrogenasa elevada en el día 3; en la necropsia se halló una canal congestionada, hígado pálido e inflamado con bordes redondeados, histopatológicamente hepatocitos inflamados con una fina vacuolización del citoplasma (Dimande *et al.*, 2017).

III. JUSTIFICACIÓN

La alimentación en los SPLPE se basa en praderas de clima templado, las cuales han sido invadidas por *Senecio inaequidens*, lo que contribuye a una disminución del forraje en las praderas y representa un riesgo para el pastoreo del ganado lechero en la región de estudio. El *Senecio inaequidens* según algunos autores, ha resultado resistente tanto al control de herbicidas y al corte mecánico, sin embargo, el control biológico con cabras y borregos puede resultar en un buen control de esta especie invasiva, que además se dispersa fácilmente debido a que se establece cerca de los canales de riego, lo que trae como consecuencia que se introduzca fácilmente a las praderas. Como se mencionó anteriormente se ha tratado de controlar esta plaga, sin embargo, se ha fracasado, siendo lo más efectivo hasta el momento arrancar las plantas cuando están en una etapa vegetativa, es por eso que en el presente trabajo se busca comparar el control del *Senecio inaequidens* entre borregos y cabras con distintas superficies de 28.27 m² y 50.26 m² esto sujetos con cuerdas de 3.0 y 4.0 m de longitud.

IV. HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas entre en el control biológico de *Senecio inaequidens* por ovinos y caprinos en praderas de clima templado en sistemas de producción de leche (bovina) en pequeña escala.

V. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar el control de *Senecio inaequidens* en praderas de clima templado con la implementación de pastoreo con ovinos y caprinos.

5.2. Específicos

Determinar la densidad, cobertura y altura del *Senecio inaequidens* en la pradera

Determinar la altura del pasto en la pradera.

Determinar la condición corporal y peso de ovinos y caprinos.

Realizar los análisis fisicoquímicos (PC, FND, FAD) al pasto y al *Senecio inaequidens* presentes en la pradera.

VI. MATERIAL

6.1. Material biológico

Cuatro borregas criollas, edad promedio de 2 años, peso entre 20-30 kg y 2.6 de condición corporal (CC).

Cuatro cabras criollas, edad promedio de 2 años, peso entre 20-30 kg y 2.5 CC.

Pradera de ryegrass (*Lolium perenne*), asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) y rojo (*Trifolium pratense*), con una superficie aproximada de 8,000 m² aproximadamente, infestada de *Senecio inaequidens*.

6.2. Material de gabinete

- Libros.
- Artículos científicos.
- Computadora con Windows® y programas, Microsoft Word® y Microsoft Excel®.
- Libretas de campo.
- Marcadores permanentes, bolígrafos, lápices y hojas.

6.3. Material de campo

- Sogas de 3 y 4 m.
- Cinta de medición (50 m).
- Estacas.
- Cubetas.
- Destorcedores.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

- Bolsas.
- Medidor de plato ascendente para medición de pradera.
- Soga de medición de 50 m.
- Bascula romana.
- Hoz y tijeras.
- Regla de madera de 100 cm

VII. MÉTODO

7.1. Desarrollo del experimento

El experimento se llevó a cabo en una unidad de producción de leche en pequeña escala, la cual cuenta con una pradera de 7844 m² establecida con ryegrass asociado con trébol rojo y blanco, invadidas por *Senecio inaequidens*.

La pradera se estableció en diciembre del 2018, la densidad de siembra fue de 30 kg de ryegrass, 8 kg de trébol rojo y 3 kg de trébol blanco. La fertilización en la siembra fue de 160 kg/ha de fosfato diamónico, 120 kg / ha de cloruro de potasio. Cada cuatro semanas se fertilizó con 50 kg de urea / ha.

La pradera se dividió en 8 subpraderas, de 980 m², mismas que se distribuyeron como se muestra en la Figura 1, durante el experimento en cada subpradera (SP) se asignaron al azar los tratamientos (cabras y ovejas), en la subpradera A (SPA) animales apersogados con 3 metros de soga esto da una superficie de 28.27 m² y en la subpradera B (SPB) animales apersogados con 4 metros de soga con una superficie de pastoreo de 50.26 m², cada animal estará en una subpradera durante 7 días por periodo, lo que permite su rotación como sigue;

Los animales apersogados con 3 metros de soga se rotaron 4 veces en un día por subpradera (113.04 m²) y los animales apersogados con 4 metros de soga se rotaron 3 veces en un día por subpradera (150.79 m²). Con el fin que en los 7 días que dura cada periodo, los animales cubran en su mayoría la superficie de cada subpradera.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Los animales son apersogados como método de contención ya que la pradera cuenta con método de contención para bovinos ya condicionados con un cerco de barrotes el cual los pequeños rumiantes evaden fácilmente.

Las prácticas con animales, podrán ser clasificadas en cuatro categorías dependiendo el grado de daño físico y/o emocional que puedan causarles a éstos, y pueden considerarse de la siguiente manera:

Verdes = no invasivas, no lesivas; cuando no causan dolor ni sufrimiento al animal, sólo estrés o incomodidad momentáneos. Requieren manejo cuidadoso de los animales y supervisión de un profesor, técnico o ayudante.

Amarillas = invasivas poco lesivas; causan dolor leve o malestar moderado al animal; requieren manejo cuidadoso y supervisión de un profesor, técnico y/o ayudante. Algunos procedimientos poco lesivos pero que se lleven a cabo múltiples veces en el mismo animal el mismo día (como la palpación o el derribo), se considerarán mayormente lesivas (rojas).

Rojas = invasivas y lesivas; causan dolor de moderado a intenso y/o sufrimiento o ansiedad por lo que requieren el uso de tranquilizantes o anestésicos, dependiendo del caso, y supervisión estrecha y continua del profesor. Si el animal resulta herido, con dolor crónico, limitaciones físicas o se ve comprometido su bienestar de manera significativa, deberá ser sometido a eutanasia por los métodos autorizados.

Negras = altamente lesivas y/o mortales; porque además de provocar dolor al animal, pueden causarle daños anatómicos o fisiológicos permanentes, en cuyo caso deberá ser sometido a eutanasia por los métodos autorizados. Aquellos procedimientos que pongan en riesgo la vida, o cuando deba morir durante o al final de la práctica. Requiere del uso de anestésicos. Es obligatoria la presencia del

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

profesor responsable y del ayudante debidamente entrenado, durante toda la práctica (CICUA FMVZ-UNAM, 2014).

El experimento se clasifica en color Verde, de acuerdo al Comité Interno para el cuidado y uso de los animales (CICUA) de la UNAM. El cual no pone en riesgo la vida del animal asumiendo lo que se cita en la clasificación verde donde dice que los animales siempre deben estar supervisados ya que pueden presentar estrés e incomodidad, en la metodología del experimento se apersogo a los animales, los cuales serán susceptibles a la incomodidad y estrés al amarrar y desamarrar, sin embargo, no representa un manejo lesivo que ponga en riesgo la integridad del animal.

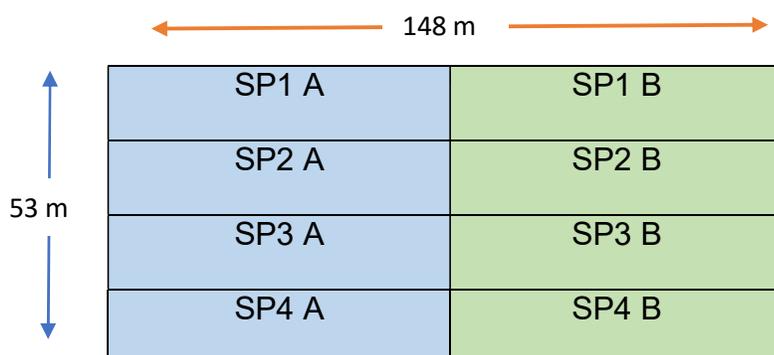


Figura 1. División de la pradera y distribución de cada subpradera (SP) durante el experimento.

7.2. Variables en los animales

Se utilizaron 4 ovejas y 4 cabras, las cuales fueron distribuidas en los cuatro tratamientos con dos repeticiones cada uno. Los animales fueron amarrados todos

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

los días de las 8:00 a las 18:00 h, con superficies de 28.27 m² y 50.26 m² sujetos con cuerdas de 3.0 y 4.0 m de longitud, rotando a los animales por día y por periodo, para que abarquen la pradera, proporcionando agua *ad libitum* administrada en cubetas para cada animal.

Los tratamientos evaluados en el presente trabajo fueron:

T1= Cabra + 50.26 m² de superficie, T2= Oveja + 50.26 m² de superficie, T3= Cabra + 28.27 m² de superficie, T4= Oveja + 28.27 m² de superficie.

Las ovejas y cabras del grupo 1 (T3 y T4) se rotaron en las subpraderas A y las del grupo 2 (T1 y T2) se rotaron en las subpraderas B como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Asignación de los tratamientos en las subpraderas durante los periodos de evaluación.

SUBPRADERA	PERIODO			
	I	II	III	IV
SP1 A	T3a	T3b	T4a	T4b
SP2 A	T4b	T3a	T3b	T4a
SP3 A	T4a	T4b	T3a	T3b
SP4 A	T3b	T4a	T4b	T3a
SP1 B	T1a	T1b	T2a	T2b
SP2 B	T2b	T1a	T1b	T2a
SP3 B	T2a	T2b	T1a	T1b
SP4 B	T1b	T2a	T2b	T1a

T1= Cabra + 50.26 m² de superficie, T2= Oveja + 50.26 m² de superficie, T3= Cabra + 28.27 m² de superficie, T4= Oveja + 28.27 m² de superficie, periodo=7días cada uno.

7.2.1. Peso Vivo

El peso vivo de los animales (kg) se registró al inicio del experimento y se pesaron cada ocho días después de cada periodo, utilizando una báscula romana.

7.2.2. Condición corporal

Esta variable se registró al final de cada periodo de evaluación de acuerdo a la técnica descrita por Wattiaux (2013), diseñada para una evaluación visual considerando una escala de 5 puntos:

- 1.- Subcondicionamiento severo.
- 2.-Esqueleto obvio.
- 3.-Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales.
- 4.- Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales.
- 5.-Sobrecondicionamiento.

7.3. Variables en la pradera

7.3.1. Densidad del *Senecio inaequidens*.

Se utilizó el cuadrante de 0.25 m² (0.5 m x 0.5 m) para aislar las plantas de *Senecio inaequidens*, después se estimó el número de plantas por metro cuadrado siguiendo la metodología de Ibarra *et al.* (2019), el cual realizo 10 mediciones al azar de 1.0 m² por pradera, en este estudio se realizaron 4 mediciones al azar de 0.25 m², con el fin de completar el m² por cada subpradera, lo que da un total de 8 muestras de 1.0 m² por periodo en nuestra pradera de estudio.

7.3.3. Altura de la pradera

La altura de pradera fue determinada mediante la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), utilizando un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla en el centro, graduada en centímetros. Dicho plato es suspendido por la altura y densidad de la pradera, las mediciones se realizan en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total de cada subpradera.

7.3.4. Altura del *Senecio inaequidens*

Para medir la altura del *Senecio inaequidens* se utilizó el método santa cruz de altura de especie clave (Borrelli *et al.*, 2001), recorriendo un transecto en cada subpradera de la siguiente manera; cada 10 pasos se ubica la primera planta de senecio más cercano al pie adelantado, esta sirve como base para contar un grupo de tres plantas, mismas que se evaluaron con una regla de 1.0 m, midiendo desde el nivel del suelo hasta el nivel modal de las hojas, cuando se observa que la planta fue consumida por el pequeño rumiante de forma dispareja, se promedia la altura de las hojas con baja altura y las hojas más altas de la planta.

7.3.5. Cobertura del *Senecio inaequidens*

El porcentaje fue estimado por el método de los puntos en línea (Levy *et al.*, 1933) como sigue: Se marcó un transecto con una soga de 50.0 m de forma aleatoria en cada subpradera, la soga se dividió en 5 grupos, de 10 puntos cada uno, cada punto separado a 1.0 m, se contó la planta de *Senecio inaequidens* que tenían contacto con los puntos del transecto, considerando que si un punto no tocaba una planta no se anotaba, pero sí era evaluado, la cobertura se evaluó obteniendo un porcentaje;

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

número de plantas de *Senecio inaequidens* encontradas en el transecto entre el total de puntos de la cuerda.

7.4. Composición química del *Senecio inaequidens* y pradera

Los análisis bromatológicos de las muestras de forraje y *Senecio inaequidens* se realizaron en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la UAEM de acuerdo a los procedimientos establecidos y que están de acuerdo a los protocolos de la AOAC (2007).

7.4.1. Obtención de muestra

Para la obtención de muestras de forraje de las subpraderas y del senecio se utilizó la técnica de pastoreo simulado, que consiste en recolectar muestras al azar de toda la pradera con la mano de forma similar al que las cabras y ovejas cortan al pastorear, lo que permite tener un buen estimador de la calidad nutritiva del forraje consumido por los animales. Se realizó en cada una de las 8 subpradera, obteniendo 4 muestras por subpradera durante todo el periodo experimental.

La toma de muestras de *Senecio inaequidens* se realizó de manera similar al pastoreo simulado, observando que partes de la planta son las que consumían las ovejas y las cabras. En el laboratorio las muestras se colocaron en bolsas de papel y se colocaron en estufa de aire forzado a 65 °C durante 48 h, posteriormente se procesaron en un molino pulvex 200, siendo molidas y tamizadas en una malla de 2 mm para después ser pesadas de acuerdo a la cantidad requerida para los análisis bromatológicos realizados.

7.4.5. Determinación de Proteína cruda

Representa la combinación de la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico su determinación se realiza mediante el método de Kjeldahl y se basa en una valoración ácido-base, incluye la descomposición total de los compuestos orgánicos mediante una digestión con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores para formar sulfato de amonio, el cual posteriormente desprende amoníaco, con la adición de hidróxido de sodio (NaOH); el amoníaco es recibido en ácido bórico y se titula con una valoración de ácido clorhídrico (HCl) 0.1N. a cada muestra se le realiza la determinación por duplicado de la siguiente manera:

Se pesan en papel libre de nitrógeno 0.5 g de muestra y se registra el peso exacto, se envuelve con el papel para evitar pérdida de la muestra.

La muestra se coloca en un matraz para digestor Büchi y por cada corrida se coloca un matraz con papel sin muestra (blanco de corrección).

Se precalienta el digestor Büchi y a cada tubo se le agrega una pastilla catalizadora de cobre y 12 ml de ácido sulfúrico concentrado utilizando un dispensador. Se coloca el captador de gases y los sujetadores de seguridad. Se introducen los tubos en el digestor, se colocan las mangueras de succión y se enciende el lavador de gases.

Las muestras son digeridas por 60 min o hasta observar que las muestras presentan un color verde claro. Después de la digestión, las muestras se dejan enfriar por 30 min.

Para destilar las muestras, se prepara el destilador Büchi de la siguiente manera:

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Primero se verifica que los contenedores de agua destilada y de NaOH tengan la suficiente cantidad; se abre la llave del agua de enfriamiento y se enciende el equipo, una vez que termina el mensaje de espera y se presiona la tecla Pre Heating.

El equipo se programa para adicionar 50 ml de agua destilada, 60 ml de NaOH, con un tiempo Delay de 5 segundos y una destilación de 5 min.

Para recibir el destilado se prepara un matraz Erlenmeyer de 250 ml, adicionando 30 ml de ácido bórico al 4.0 % y 5 gotas de indicador verde de bromocresol – rojo de metilo.

Se inicia la destilación de las muestras con los blancos, después de los 5 min de destilación se retira el matraz y se titula con HCl 0.1N hasta que la muestra cambie de verde a rosa y se anota el volumen de ácido gastado.

El cálculo del % de Nitrógeno se determina con la siguiente formula;

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

Donde:

14.01 = miliequivalente del nitrógeno; N HCl = normalidad del ácido clorhídrico; ml muestra = ml de HCl 0.1 N gastados en el destilado de la muestra; ml blanco = ml de HCl 0.1 N gastados en el blanco.

La proteína cruda se calcula al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (AOAC, 2007).

7.5. Fracciones de Fibra

Las fracciones de fibra se determinaron de acuerdo al método descrito por Van Soest *et al.* (1991) en términos de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido (FDA).

7.5.1. Determinación de la Fibra Detergente Neutro

La FDN es el residuo sobrante posterior a la digestión con una solución detergente, entre los principales residuos de fibra predominan hemicelulosa, celulosa y lignina, este procedimiento se puede aplicar en granos, semillas, forrajes y materiales que contengan fibra.

La solución neutro detergente se prepara con 30 g de solución Lauril Sulfato de Sodio, 18.61 g de sal disódica etilenodiamino tetra acetato dihidrogenado, 6.81 g de Tretraborato de Sodio Decahidratado, 4.56 g de Fosfato de Sodio Dibásico Anhidro y 10.0 ml de Trietilenglicol, disueltos en 1.0 l de agua destilada; o se puede premezclar la solución química disponible de ANKOM. Se revisa el ph de 6.9 a 7.1 agitando con calor para ayudar a la solución.

La preparación de las muestras y el proceso se realiza de la siguiente manera:

Con un marcador resistente a solventes se marcan las bolsas filtro (ANKOM F08), la bolsa filtro se pesa (W_1) y se tara a cero. Se pesan 0.45 a 0.55 g de muestra (W_2) directamente en la bolsa filtro. La bolsa se sella en el borde superior con la selladora para encapsular la muestra. Se pesa una bolsa y se sella sin muestra la cual será nuestro blanco de corrección (C) y se incluye en la corrida.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

Se colocan un máximo de 24 bolsas dentro del serpentín utilizando las 9 bandejas sin tener en cuenta el número de bolsas que se procesan, para lo cual se colocan 3 bolsas por bandeja, después se sobreponen las bandejas en el serpentín y se introducen al equipo analizador colocando la pesa para permitir que se sumerja al hacer el efecto del lavado.

Se agregan 2.0 L. de solución neutro detergente al analizador de fibras, al encender el equipo se presionan los botones de “agitado” y “calor”, se observa que las muestras se agiten, se fija el tiempo por 60 min y se cierra la tapa.

Pasados los 60 min se apaga el “agitado” y el “calor”, se abre la válvula de drenado con cuidado para expulsar la solución antes de abrir la tapa. Una vez que la solución es expulsada se cierra la válvula de escape y se abre la tapa para agregar 2.0 L de agua (70 a 90 °C) para enjuagar y 4.0 ml de alfa amilasa, se enciende el “agitado” por 5 min y se repite el proceso de enjuague 2 veces más.

Se retiran las muestras del serpentín y se exprimen cuidadosamente para eliminar el exceso de agua, las bolsas se colocan en un vaso de precipitado de 250 ml y se agrega suficiente acetona para cubrir las bolsas, se dejan así por 5 min, se retira la acetona y se exprimen nuevamente con cuidado para eliminar el exceso, se colocan las bolsas en una superficie para secar por aire a temperatura ambiente por 60 min, las bolsas se secan completamente en estufa a 102 °C por 2.0 h, pasado este tiempo se retiran de la estufa y se colocan en bolsa hermética para remover el aire aplastándolas, se dejan enfriar a temperatura ambiente y se pesan (W_3)

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

La cantidad de Fibra Detergente Neutro se calcula con la fórmula:

$$\%FDN = (100(W_3 - (W_1 \times C) / W_2)$$

Donde: %FDN = Fibra Detergente Neutro en porcentaje; W_1 = Peso de la bolsa; W_2 = Peso de la muestra; W_3 = Peso de la bolsa seca con la fibra después del proceso de extracción; C = Blanco de corrección (peso seco final dividido por el peso del blanco inicial).

7.5.2. Determinación de la Fibra Detergente Ácido

La FDA determina el complejo lignocelulósico y silico mediante la digestión de la muestra seca con un detergente en un amortiguador básico.

Para la preparación de la solución detergente ácido se pesan 20.0 g de CTAB (Cetil trimetil amonio Bromuro) para 1.0 l de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1.0 N previamente estandarizado, para lo cual se mezcla la solución química disponible de ANKOM, se agita con calentamiento para ayudar a la solución

La preparación de las muestras se realiza utilizando un marcador resistente a solventes para marcar las bolsas filtro (ANKOM F08), la bolsa filtro se pesa (W_1) y se tara a cero. Se pesan 0.45 a 0.55 g de muestra (W_2) directamente en la bolsa filtro. La bolsa se sella en el borde superior con la selladora para encapsular la muestra. Se pesa una bolsa y se sella sin muestra la cual será nuestro blanco de corrección (C) y se incluye en la corrida.

Para el proceso de extracción se colocan 3 bolsas en cada charola incluyendo los blancos de corrección y se introduce el serpentín dentro del analizador de fibras. Se coloca la pesa para permitir la agitación y se enciende el equipo, se añaden 2 litros

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

de solución FDA y se presionan los botones de “calor” y “agitado” para verificar el correcto funcionamiento del equipo. Se fija el tiempo por 60 min y se cierra la tapa del equipo.

Al final de la extracción se apaga el “agitado” y el “calentamiento”. Se abre la válvula de drenado (lentamente al principio) para expulsar la solución caliente antes de abrir la tapa. Después de que la solución termina de ser expulsada se cierra la válvula de escape y se abre la tapa. Se agregan 2.0 l de agua (70 a 90 °C) para enjuagar. Se enciende el agitador por 5.0 min y se repite el enjuague con agua caliente 4 veces. Se retira el serpentín del analizador y se remueven las muestras exprimiendo cuidadosamente el exceso de agua de las bolsas. Se colocan las bolsas en un vaso de precipitado de 250 ml y se agrega suficiente acetona para cubrir las bolsas. Después 5.0 min, se retira la acetona y se colocan las bolsas en una superficie para secar por aire aproximadamente 1.0 h.

Para secar completamente las muestras, se utiliza una estufa a 102 °C entre 2 y 4 h. Se retiran las bolsas de la estufa y se colocan dentro de una bolsa hermética, aplastándola para remover el aire, se enfrían a temperatura ambiente y se pesan (w_3).

La FDA se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\%FDA = ((100 \times (W_3 - (W_1 \times C)) / W_2)$$

Donde: %FDA = Fibra Detergente Ácido en porcentaje; W_1 = Peso de la bolsa; W_2 = Peso de la Muestra, W_3 = Peso de la bolsa seca con fibra al final de la extracción; C = Blanco de corrección (Peso seco final dividido por el peso del blanco inicial).

7.6. Análisis estadístico

Se utilizó un arreglo estadístico factorial (Lawal, 2014), con dos repeticiones por tratamiento, donde los factores fueron: factor 1, especie animal y factor 2, la superficie de pastoreo, así como la interacción entre la especie y la superficie de pastoreo. Cuando existieron diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia ($P < 0.05$).

Las variables de PC, FDN y FDA se presentan mediante estadística.

VIII. LIMITE DE ESPACIO

El experimento se realizó en una unidad de producción de leche de bovino en pequeña escala que se ubica en el noreste del Estado de México, perteneciendo al municipio de Aculco de Espinoza; en el Ejido de San Pedro Denxhi.

El municipio de Aculco de Espinoza colinda al Norte con el Municipio de Polotitlán y el Estado de Querétaro, al Sur con los Municipios de Acambay y Timilpan, al Este con el Municipio de Jilotepec y al Oeste igualmente con el Estado de Querétaro.

Cuenta con una población total de 38 827 habitantes, con una superficie de 465.7 km², la cabecera municipal se encuentra a 2,440 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente, el Municipio de Aculco de Espinoza se encuentra entre los paralelos 20° 06´ de latitud Norte y los 99°50´ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich (INEGI, 2009).

El análisis químico de las muestras de forraje se realizó de acuerdo a las técnicas establecidas en el laboratorio de análisis de alimentos y forrajes del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) ubicado en el Campus Universitario El Cerrillo, Toluca, Estado de México.

IX. LIMITE DE TIEMPO

La fase experimental de campo se llevó a cabo durante los meses de enero y febrero de 2020, divididas en 4 periodos de 7 días cada uno. Los periodos fueron divididos como a continuación se describe.

Periodo	Duración del periodo
PI	21 al 28 de enero
PII	29 de enero al 5 de febrero
PIII	6 al 13 de febrero
PIV	14 al 21 de febrero

La fase de laboratorio se desarrolló durante los meses de febrero, marzo y abril de 2020.

La interpretación de los resultados y la elaboración del trabajo final de tesis se realizaron durante los meses de mayo de 2020 a febrero de 2021.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Variables de los animales

10.1.1. Peso de los animales

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de peso vivo, no se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) tanto para la especie animal, como para la superficie. En un trabajo realizado por Wilson *et al.* (1980), reportan que las cabras tienden a ganar más peso, lo cual se debe a que son más rústicas y generalmente tiende a consumir elementos fibrosos y poco palatables que las ovejas no consumen, ellos reportaron un mayor peso por parte de las cabras en comparación con las ovejas en un pastoreo mixto de bosque árido, dominado por una cubierta densa a escasa, de belah (*Casuarina cristata*), junto con otros árboles, arbustos y una capa herbácea. Sin embargo, la rusticidad de las cabras comparada con las ovejas no se observó en este trabajo, tal vez debido a que el lugar donde permanecían apersogadas tenía pasto y las ovejas no tuvieron limitantes en el consumo del mismo.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

Cuadro 2. Peso vivo y condición corporal de ovejas y cabras alimentadas con pradera y *Senecio inaequidens* durante todos los periodos de experimentación.

Variable	Superficie (m ²)	CC y Peso (Kg) por Especie animal	Media	EEM	Valor de P
Peso del animal (kg)	28.27 m ²	oveja	28.80	29.72	1.85
	50.26 m ²	oveja	28.75		
	28.27 m ²		30.85		
	50.26 m ²	cabra cabra	30.05		
Condición corporal (1-5)	28.27 m ²	oveja	2.60	2.63	0.19
	50.26 m ²	oveja	2.55		
	28.27 m ²	cabra	2.75		
	50.26 m ²	cabra	2.65		

EEM= Error estándar de la media, CC= Condición corporal P value= Valor de P.*La interacción entre los animales y la superficie no es representativa.

10.1.2. Condición corporal (CC) de los animales

Para la variable condición corporal no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre especie animal, así con en la longitud de la cuerda (Cuadro 2), sin presentar diferencias significativas entre la interacción de especie animal por longitud de la cuerda, el resultado de CC es mayor al reportado por García *et al.* (2005), con pastoreo mixto en brezales-tojales previamente quemados de Asturias España 2004 y pastoreo previo de ovinos, donde obtuvo un promedio de pérdida de CC de 0.54 para ovinos y 0.66 para caprinos.

10.2. VARIABLES EN LA PRADERA

10.2.1. Altura del *Senecio inaequidens*

Los resultados de la altura del *Senecio inaequidens* (Cuadro 3) no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) la media de los 2 tratamientos al final del experimento está dentro de lo mencionado por Rzedowski et al. (2003) de 15 a 17cm lo cual indica que el pastoreo por los pequeños rumiantes no reflejo una disminución en la altura del *Senecio inaequidens* habiendo encontrado una media de 28.51 cm en el pastoreo con ovejas y 31.41 cm en pastoreo con cabras.

10.2.2. Densidad del *Senecio inaequidens*

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la densidad del *Senecio inaequidens*, no se presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) tanto para la especie animal como para la superficie de pastoreo, sin presentar diferencias significativas en la interacción entre los dos factores, teniendo una media de 17.72 plantas por metro cuadrado pastoreado con ovejas y 18.23 plantas por metro cuadrado pastoreado por cabras. Sindel *et al.* (2012) mencionan que una planta de *Senecio madagascaris*, una especie similar, puede producir de unos pocos hasta cientos de nuevas plantas esto en praderas pastoreadas solo por bovinos, debido a que estos son más selectivos que los ovinos y caprinos, además los bovinos notan la toxicidad de la planta, sin embargo, como se mencionó, las cabras y ovejas toleran el consumo de esta planta lo que sugiere haber obtenido una densidad menor a 100 plantas por metro cuadrado, observada en este experimento.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

Cuadro 3. Variables de la pradera invadidas por *Senecio inaequidens*.

Variable	Especie animal	Superficie en m ²		Media	EEM _{ea}	Valor de P
		28.27 m ²	50.26 m ²			
Altura del Senecio (cm)	Oveja	29.17	27.88	28.51	3.40	0.17
	Cabra	31.63	31.19	31.41		
Media		30.40	29.53			
EEM _{lc}			2.78			
Valor de P			0.26			
Densidad (plantas/m ²)	Oveja	15.13	20.31	17.72	2.42	0.64
	Cabra	16.00	20.47	18.23		
Media		15.56	20.39			
EEM _{lc}			3.62			
Valor de P			0.49			
Cobertura (%)	Oveja	44.75	44.25	44.50	1.05	0.88
	Cabra	48.25	42.25	45.25		
Media		46.50	43.25			
EEM _{lc}			1.41			
Valor de P			0.84			
Altura de la pradera (cm)	Oveja	1.88	2.18	2.03	0.25	0.33
	Cabra	2.04	2.26	2.15		
Media		1.96	2.22			
EEM _{lc}			0.07			
Valor de P			0.77			

EEM_{ea}= Error estándar de la media de la especie animal, EEM_{lc}= Error estándar de la media de la longitud de cuerda. *La interacción entre los animales y la superficie no fue significativa.

10.2.3. Cobertura del *Senecio inaequidens*

La cobertura del *Senecio inaequidens* al final del experimento (Cuadro 3) no presentó diferencias significativas ($P>0.05$). Los resultados de cobertura de esta investigación fue mayor con una Media de 44.50% en pastoreo con ovejas y 45.25% en pastoreo con cabras a lo reportado en el experimento de Jáuregui *et al.* (2009) quienes evaluaron la cobertura de brezo, maleza semejante al *Senecio inaequidens*, con una duración de 3 años, la cobertura de brezo fue de 36.2 % en praderas pastoreadas por ovejas y 31.8 % en praderas pastoreadas por cabras, si bien el tiempo entre ambos estudios no es el mismo, si podemos resaltar que el tiempo de pastoreo con cabras y ovejas siendo este mayor y con la libertad de consumo voluntario, que estuvieron los animales en el estudio de Jáuregui, existe menos presencia de malezas en comparación con nuestro estudio, lo cual puede ser valorado para estudios posteriores en el control del *Senecio inaequidens*.

10.2.4. Altura de la pradera

La altura de la pradera (Cuadro 3) no presentó diferencias significativas ($P>0.05$), las alturas que se presentan en los 2 tratamientos son menores a las que recomienda Hodgson (1997), que nos dice que para que exista un buen pastoreo por parte de los animales y no limitar el consumo voluntario, la pradera debe tener una altura de entre 5.0 y 8.0 cm.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

La altura de la pradera al ser menor a lo que indica Hodgson (1997), puede atribuir que no exista un buen pastoreo debido a la competencia que tienen las gramíneas con el senecio, dichas gramíneas dependen de la dinámica de las plantas de la vegetación estudiada y del pastoreo de las cabras, las cuales ayudan en el control de especies arbustivas y leñosas (Jáuregui *et al.*, 2009).

10.2.5. Contenido de proteína cruda de la pradera

El Cuadro 4 presenta los resultados del análisis químico de las muestras de la pradera (pasto y *Senecio inaequidens*), se observa que el contenido de PC fue de 160.2 ± 3.21 g/kg de MS, mayor que la reportada por Sánchez-Valdés (2009) en muestras de praderas nativas y cultivadas del Altiplano central de México quien reporta que el contenido de proteína cruda de estas praderas es de 115.0 ± 55.6 g/kg MS; en otro estudio realizado en pastizales del área protegida del nevado de Toluca el contenido de PC de los pastos (incluyendo muérdago) fue de 102.9 g/kg MS (Martínez *et al.*, 2019) y en praderas cultivadas (ryegrass anual, ebo común y avena común) se encontraron valores de 99.3 g/kg MS de PC (Plata-Pérez *et al.*, 2020).

El contenido de PC de los pastos cambia en respuesta al envejecimiento de los tejidos, atribuidos a los diferentes estados fenológicos de las plantas y al aumento de la proporción de los tallos principalmente (Ammar *et al.*, 2006).

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de *Senecio inaequidens*

Cuadro 4. Composición química de la pradera (g/kg MS) y el *Senecio inaequidens* pastoreada por ovinos y caprinos.

Periodo	Pradera			<i>Senecio Inaequidens</i>		
	PC	FDN	FDA	PC	FDN	FDA
1	162.3	422.6	210.2	78.4	762.4	432.5
2	156.5	446.2	218.4	78.6	766.2	423.7
3	163.4	454.6	216.2	77.4	778.4	428.4
4	158.6	462.4	222.4	76.4	782.6	438.2
Media	160.2	446.4	216.8	77.7	772.4	430.7
Desviación estándar	3.21	17.22	5.09	1.01	9.63	6.16

PC= Proteína Cruda, FDN= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Ácido, g/kg MS= gramos por Kilogramo de Materia Seca.

10.2.6. Contenido de Fibra Detergente Neutro de la pradera

La FDN fue 446.4 ± 17.22 g/kg MS (Cuadro 4) menor a lo reportado por Sánchez-Valdes (2009) en muestras de praderas nativas y cultivadas quien reporta que el contenido de FDN es de 625.5 ± 110.1 g/kg MS. En praderas del área natural protegida del nevado de Toluca el promedio anual de FDN fue de 586.2 g/kg MS (Martinez *et al.*, 2019), esto podría sugerir que la pradera de estudio es ligeramente mejor en composición química de FDN, que las ya citadas, es importante hacer mención que al momento de la obtención de muestras mediante la técnica de pastoreo simulado, los animales seleccionaron, pastos y *Senecio inaequidens* en estado vegetativo, los cuales eran escasos, pero hacen efecto en el resultado de estudio.

10.2.7. Contenido de Fibra Detergente Acido de la pradera

El contenido de FDA (216.8 ± 5.09 g/kg MS) fue menor a lo reportado por Sánchez-Valdes (2009) en muestras de praderas nativas y cultivadas (294.4 ± 52.7 g/kg MS). En praderas del área natural protegida del nevado de Toluca el promedio anual de FDA fue de 297.4 g/kg MS (Martinez *et al.*, 2019) y en praderas mixtas convencionales fue de 316.1 g/kg MS (Plata-Pérez *et al.*, 2020).

El contenido de FDN y FDA cambia al avanzar la madurez de las plantas, en el presente estudio hubo presencia de *Senecio inaequidens* en estado reproductivo en forma de arbusto que justifica la FDN y FDA encontradas, sin embargo, el crecimiento y calidad de los pastos pueden variar considerablemente de acuerdo con el manejo a que son sometidos, con efectos favorables o no, en dependencia de la especie de planta y las condiciones edafoclimáticas donde se desarrollan. Se destacan entre ellos la altura de corte o pastoreo, la carga animal y el tiempo de ocupación entre otros (Decruyenaere *et al.*, 2009). Esto refiere al efecto del pastoreo realizado, el cual fue con animales apersogados como forma de contención dentro de la pradera, rotándolos para que la abarcaran en su totalidad, donde, su consumo de pasto y senecio en estado vegetativo era limitado.

10.3. Composición química del *Senecio inaequidens*

Los factores determinantes de la composición química de los forrajes son factores propios de la planta (especie, edad, morfología, etc.) y factores ambientales (temperatura, radiación solar, precipitación, fertilidad y tipo de suelo). El

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

rendimiento, la composición botánica y calidad del forraje también se afectan por la intensidad, la frecuencia y la oportunidad de uso. El crecimiento de una planta involucra un ensanchamiento de la célula mediante la síntesis de una pared celular secundaria que afecta su digestibilidad; ya que el tipo de carbohidratos influye en la digestibilidad y en el consumo (Almaraz-Buendía *et al.*, 2019).

La composición química del *Senecio inaequidens* (Cuadro 4) es menor en contenido de PC, mayor en FDN y FDA en comparación con los pastizales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), el contenido de PC durante el periodo de evaluación fue de 77.7 ± 1.01 g/kg MS, el contenido de FDN 772.4 ± 9.63 g/kg MS y el de FDA de 430.7 ± 6.16 g/kg MS; En los pastizales del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT). compuestos por *Vulpia myuros* (L.) C. C. Gmel, *Nassella mucronata* (Kunth) Pohl, *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt y *Muhlenbergia sp.* Con presencia en los tres pastizales la especie *Potentilla candicans Humboldt* y *Bonpland Ex. Nestl.* Tuvieron una composición de 88.3 g/kg MS de PC, 606.0 g/kg MS de FDN y 308.3 g/kg MS de FDA en el mes de Febrero (Martinez *et al.*, 2018).

De los valores observados en el contenido de fibras y Proteína cruda del *Senecio inaequidens* es consecuencia por la edad de la planta, estado fenológico, rápida distribución y especie, en comparación con el estudio de (Martinez *et al.*, 2018) donde hay pastizales con presencia de plantas perenes como *Potentilla candicans Humboldt*, esto resalta la importancia de continuar con estudios similares con el fin de controlar la presencia de *Senecio inaequidens*, por su importancia de distribución en distintas regiones del país e impacto nutricional y económico en producciones pecuarias con implementación de pastoreo.

XI. CONCLUSIONES

El pastoreo de cabras y ovejas apersogadas en praderas de ryegrass (*Lolium perenne*), asociada con trébol blanco (*Trifolium repens*) y rojo (*Trifolium pratense*) invadidas por la presencia de *Senecio inaequidens* no afectó significativamente, la altura, densidad y cobertura de esta maleza.

XII. LITERATURA CITADA

- Albarrán, B. (2002). Evaluación de la inclusión del ensilado de maíz y alimento concentrado en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Valle de Toluca, México. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM-México.
- Almaraz-Buendía I, García AM, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Herrera-Pérez J, Bottini-Luzardo MB y Rojas-García AR. (2019). Análisis bromatológico y producción de gas in vitro de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. Arch. Zootec. 68 (262): 260-266.
- Ammar H, López S, González J, & Ranilla M. (2004). Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. Animal Feed Science and Technology. 115 (3-4), 327-340.
- AOAC International. (2007): Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD.
- Arriaga J, Espinoza A, Albarrán B, Castelán O. (1999): Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. Ciencia Ergo Sum, 6 (3).
- Borrelli P, Oliva G. (2001): Evaluación de Pastizales Cap. 6. En: Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral. 1ª ed., INTA, Buenos Aires, Argentina, 161-182.
- Carvajal AY, Rojas ME, Solórzano LA. (2018): Diseño de estrategias administrativas en la cooperativa coagroles. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad cooperativa de Colombia, Bogotá.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

Celaya R, García U, Jáuregui BM, Osoro K. (2005): Efectos del Pastoreo de Vacuno y Ovino con o sin Caprino sobre la Vegetación de Zonas Desbrozadas de Brezal-Tojal en: Roza B, Martínez A, Argamentería A, Osoro K, Álvarez MA, Oliveira JA. (2005): XLV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Asturias, España, 311-317.

CICUA (2014): CICUA FMVZ-UNAM: Reglamento del comité interno para el cuidado y uso de los animales. https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/REGLAMENTO_CICUA.pdf. (16 de julio del 2021).

Decruyenaere V, Lecomte PH, Demarquilly C, Aufrere J; Dardenen P, Stilmant D, Buldgen A. (2009). Evaluation of green forage intake and digestibility in ruminants using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): developing a global calibration. Anim. Feed Sci. Technol., 148: 138-156.

Dimande A F P, Bothaa A F P, Prozeskya C J, Bekkera L, Rösemann G M, Labuschagne L, Retiefc E. (2017): The toxicity of Senecio inaequidens DC. Journal of the South African Veterinary Association, 78(3): 121–129.

Dopazo C, Lahiguera AE, Suárez J, Martínez V, Robles AB, González JL. (2012): Comparación de costes de control del matorral con desbroce y pastoreo de ganado caprino en un área cortafuegos de la Comunitat Valenciana en: Tresserras RM, Lizarraga M, Garciandía Leticia. (2012): 51 Reunión Científica de la SEEP. Pamplona, 14-18 de mayo de 2012, Pamplona, España, 103-109.

Dupchak K. (2003). NDF Digestibilities: a New Analysis to Evaluate Forage Quality. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives Nutrition Update. Vol. 14 (1).

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

- Entrena I, Chacón E, y González V. (1998). Influencia de la carga animal y la fertilización con azufre sobre las tasas de crecimiento, biomasa y producción aérea neta de una asociación de *Brachiaria mutica* - *Teramnus uncinatus*. *Zootecnia Trop.*, 16(2):183-206.
- Espinoza A, Álvarez A, Del Valle M. & Chauvete M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Téc Pecu Mex* 43(1):39-56.
- Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM. 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture* 43: 241–256.
- Estrada J. (2005). Caracterización nutricional de maíz y arvenses utilizados en la alimentación del ganado en sistemas campesinos en dos zonas contrastantes del Estado de México. Tesis de doctorado. Toluca, México: Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias. Pp 146.
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., and Arriaga-Jordán, C. M., 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37, 882-901.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Status of and prospects for smallholder milk production – a global perspective. Hemme T, Otte J (eds). Rome: FAO.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

García U, Celaya R, Jáuregui BM, Osoro K. (2005): Comportamiento productivo de ovinos y caprinos pastando en brezales-tojales previamente quemados. Actas de la XLV reunión científica de la sociedad española para el estudio de los pastos, España, 213-219.

García U, Martínez A, Celaya R, Rosa R, Rojo S, Osoro K. (2013): Manejo y rentabilidad de los herbívoros en montes de brezal-tojal con zonas de pasto mejorado. 1ª ed., SERIDA, Asturias, España.

Grande D, Mancilla JM, Martín A, Delgado M. (2017): Contribución de la Ganadería Caprina en la Dispersión de Especies del Matorral Mediterráneo en: Bartolomé J, Albanell E, Milán MJ, Serrano E, Broncano MJ, Manuelian CL. (2017): 56ª Reunión Científica de la SEEP Barcelona, 25 a 28 de abril, 2017, libro de actas Renaturalización vs Ruralización (Rewilding vs Re-farming) Barcelona, España, 137-142.

Grande D, Mancilla JM, Martín A, Delgado M. (2017): El Papel del Ganado Doméstico Autóctono en la Mejora de Pastos Herbáceos en: Bartolomé J, Albanell E, Milán MJ, Serrano E, Broncano MJ, Manuelian CL. (2017): 56ª Reunión Científica de la SEEP Barcelona, 25 a 28 de abril, 2017, libro de actas Renaturalización vs Ruralización (Rewilding vs Re-farming) Barcelona, España, 287-292.

Gutiérrez R, Mena Y, Fernández VM, Delgado M. (2017): Producción y Calidad Bromatológica e Higiénico-sanitaria de la Leche de Cabra en Sistemas Pastorales Tipo Arbustivo-Mediterráneo en: Bartolomé J, Albanell E, Milán MJ, Serrano E, Broncano MJ, Manuelian CL. (2017): 56ª Reunión Científica

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

de la SEEP Barcelona, 25 a 28 de abril, 2017, libro de actas Renaturalización vs Ruralización (Rewilding vs Re-farming) Barcelona, España, 228-233.

Hernández-Morales J, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Herrera-Pérez J, Rojas-García AR, Reyes-Vázquez I, Mendoza-Núñez MA. (2018). Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias Vol. 9 No. 1.

Hodgson, J. (1994): Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México. Pág. 225-232.

Ibarra FA, Martín MH, Moreno S, Yescas JR, Retes R. (2019): Pérdidas Económicas Asociadas con la Cantidad y Calidad Forrajera Causada por Daño de Tizón Foliar en Praderas de Zacate Buffel en Sonora, México. En: Rucoba A, Isiordia PC, Gonzalez JM, Hernández J, Mireles AI, Costilla R, Ruiz JE, Pérez ML, López E, Pérez L, Villafaña A, Retes R, Moreno S, Ibarra FA, Martin MH, Aguilar A, Cabral A, Mendoza E, Trejo LE, García CA: XXXII Congreso Internacional y II Congreso Iberoamericano en Administración de Empresas Agropecuarias 26, 27, 28 y 29 de Mayo de 2019, Guanajuato, México, 278-288.

INEGI, (2009): Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf>

Jauregui BM, Garcia U, Osoro K, Celaya R. (2009): Sheep and Goat Grazing Effects on Three Atlantic Heathland Types. Rangeland Ecol Manage, 62:119–126.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

- Lamonico D. (2017): Alien taxa of the tribe Senecioneae (Asteraceae) in Italy: a nomenclatural synopsis. *Hacquetia*, 16(2):281–292.
- Levy E, Madden D. (1933) The Point Method of Pasture Analysis. *New Zealand Journal of Agriculture*, 46: 267-279.
- Martínez Hernández J, Hernández-Luna GB, Arriaga Jordán CM, González Rebeles Islas C, Rosa García R, Valdés Reyna J, Endara Agramont AR, González Ronquillo M, Estrada Flores J G (2019). La producción y alimentación del ganado en el sistema de alta montaña: caso Nevado de Toluca. En Herrera-Tapia, F., Arteaga-Reyes, T., Estrada-Flores, J., Escobedo, J.C. y Reyes, J.A. (Coords.). 2019. Experiencias ganaderas, agrícolas y forestales en la conservación de los recursos naturales. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México (ICAR-UAEMEX) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. México.
- Martínez Hernández J, López González F, Arriaga Jordán CM, González Rebeles Islas C, Rosa García R, Brendali Hernández Luna G, Valdés Reyna J, Gertrudis Estrada Flores J (2018). Caracterización de los Pastizales del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca para la Producción Ovina. Ed. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Pp. 477-486.
- Mejía HJ. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*, septiembre-diciembre, año/vol. 12, número 003 Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México. pp. 56-63
- Muslera EP. y Ratera CG. (1991). Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. 2ª ed. España. Pp. 405-440.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

- Milpa CC. (2004). Evaluación agronómica de dos pastizales nativos bajo un sistema de pastoreo continuo intensivo con ovinos en la época de lluvias, en el Rancho Universitario de la UAP-Temascaltepec de la UAEM. Tesis de la Licenciatura de la Unidad Académica Profesional de Temascaltepec Edo. Méx. Pp. 5, 15.
- Pagliaricci H, Ferreira G, Ohanian A, y Pereyra T. (1997). Efecto de la carga animal sobre la eficiencia de cosecha, Asignacion de forraje y produccion de carne de un cultivo de triticale (xtriticosecale witmack). Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(supl. 1): 36-38
- Plata-Pérez G, Sánchez-Vera E, Martínez-García CG, López-González F and Arriaga-Jordán CM. (2020). Short-term mixed pastures of *Lolium multiflorum*, *Avena sativa* and *Vicia sativa* or *Lolium multiflorum* × *Festuca pratensis*, *Avena strigosa* and *Vicia villosa* for grazing low yielding dairy cows during winter in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. Indian Journal of Animal Sciences 90 (3): 456–461.
- Relling AE, y Mattioli GA. (2003): Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Argentina (pg. 5, 8, 15).
- Rzedowski J, Vibrans H, Calderón G. (2003):. Redalyc, (63): 83-96.
- Sánchez-Valdés J.J. (2009). Estimación de la composición química de forrajes nativos y cultivados del altiplano central de México mediante técnicas de laboratorio y espectrofotometría de infrarrojo cercano (NIRS). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.

Implementación del pastoreo de pequeños rumiantes en sistemas de producción de leche en pequeña escala para el control de Senecio inaequidens

- Sindel B, Coleman M. (2012); Fireweed. University of New England, New England.
- Tobal CF. (1999): Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad, Universidad de la Pampa., 94-126.
- Van Soest, PJ, Robertson B, Lewis BA. (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science, 74:3583–3597.
- Villalobos GC, González VE, Ortega SJA (2000). Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. Técnica Pecuaria México. 38 (2):119-134.
- Wilson AD, Mulham WE. (1980). Vegetation changes and animal productivity under sheep and goat grazing on an Arid Belah (*Casuarina Cristata*) –Rosewood (*Heterodendrum Oleifolium*) woodland in western new south wales. Aust. Rangel. J, 2(2): 183-188.