



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**ESTIMACIÓN NUTRICIONAL DE CINCO VARIEDADES DE ALFALFA
(*Medicago sativa L.*) EN LA REGIÓN DE LIBRES PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTIN CARMONA VICTORIA

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2024



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**ESTIMACIÓN NUTRICIONAL DE CINCO VARIEDADES DE ALFALFA
(*Medicago sativa L.*) EN LA REGIÓN DE LIBRES PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

ANDRÉS PÉREZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. MARTIN CARMONA VICTORIA

ASESORES

DR. MARCOS PÉREZ SATO

M.C. RAMIRO ESCOBAR HERNÁNDEZ

DR. ALFREDO ALEJANDRO GUZMÁN HERRERA

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2024.

La presente tesis titulada: **Estimación nutricional de cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la región de Libres Puebla** y realizada por **Andrés Pérez Martínez**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Martin Carmona Victoria

Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato

Asesor: M.C. Ramiro Escobar Hernández

Asesor: Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Becerra

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Mayo de 2024.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: BUAP-CA-358- Desarrollo e innovación agroalimentaria sustentable y de la Línea de Investigación: Producción de forrajes. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

Dedicatoria

A mi mamá

Florentina Martínez Marcial, por ser madre y padre a la vez, por el apoyo incondicional, emocional y económico a lo largo de mi estancia en la poderosísima BUAP.

A mis hermanos

Yaneth Pérez Martínez y Francisco Pérez Martínez por ser parte importante de este logro que en algún momento de la vida parecía un sueño.

A mis abuelitos

Octaviano Martínez García y Guadalupe Marcial Sabino por el apoyo incondicional y por sembrar en mí el amor y respeto a las labores del campo.

A mi novia

Evelyn Martínez por el apoyo incondicional durante mi etapa de estudios.

A mi amigo

José Ateneo por compartir momentos de diversión y trabajo durante nuestra estancia en la universidad.

A mis amigas

Adriana, Herlinda y Yari.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Martin Carmona Victoria por su disposición y orientación durante este trabajo, al igual que a mis asesores el Dr. Marcos Pérez Sato, al M.c. Ramiro Escobar Hernández y al Dr. Alfredo Alejandro Guzmán Hernández.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos particulares.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Introducción a la alfalfa.....	5
4.1.1. Origen e historia	5
4.1.2. Morfología	5
4.1.3. Adaptabilidad.....	5
4.1.4. Clasificación científica	6
4.1.5. Producción de alfalfa en México.....	6
4.1.6. Producción de alfalfa en Puebla	7
4.1.7. Producción de alfalfa en el municipio de Libres	8
4.1.8. Producción de leche en Puebla y Libres	9
4.2. Factores que afectan la calidad nutricional de la alfalfa.....	10
4.2.1. Planta, variedad y especie.....	10
4.2.2. Madurez.....	10
4.2.3. Frondosidad, volumen, color y cantidad de hojas	10
4.2.4. Cosecha.....	10
4.2.5. Almacenamiento.....	11
4.2.6. Medio ambiente y clima	11

4.2.7. Factores adversos.....	12
4.3. Establecimiento del cultivo de alfalfa	12
4.3.1. Variedad	12
4.3.2. Preparación del terreno.....	12
4.3.3. Densidad y método de siembra	12
4.3.4. Riego	13
4.3.5. Fertilización	13
4.3.6. Control de malezas y plagas.....	13
4.3.7. Época de corte.....	14
4.4. Aprovechamiento de la alfalfa	14
4.5. Importancia de la alfalfa en la nutrición animal	14
4.6. Métodos para la estimación nutricional	15
4.6.1. Materia seca	15
4.6.2. Proteína cruda	15
4.6.3. Cenizas	16
4.7. Métodos de extracción con detergentes	16
4.7.1. Extracción con detergente neutro	16
4.7.2. Extracción con detergente ácido	17
4.8. Indicadores utilizados en la determinación de la calidad de forraje.....	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1. Localización.....	18
5.2. Material biológico	18
5.3. Diseño experimental	19
5.4. Establecimiento del cultivo	19
5.5. Corte de homogenización	19
5.6. Toma de muestras	19
5.7. Molido de muestras	20
5.8 Variables evaluadas.....	20
5.8.1. Materia seca y producción	20
5.8.2. Proteína cruda	20
5.8.3. Fibra detergente neutro (FDN)	21

5.8.4. Fibra detergente acida (FDA)	21
5.8.5. Cenizas	21
5.8.6. Diferencia de alturas entre cortes.....	22
5.9. Análisis estadístico.....	22
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
6.1. Rendimiento.....	23
6.2. Proteína	24
6.3. Fibra detergente neutra	25
6.4. Fibra detergente acida	27
6.5. Cenizas.....	28
6.6. Altura entre cortes	29
VII. CONCLUSIÓN.....	30
VIII. LITERATURA CITADA.....	31
IX. ANEXOS.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la alfalfa, año.....	6
Cuadro 2. Rendimiento en kilogramos MS ha ⁻¹ de tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla, 2024.....	23
Cuadro 3. Resultados de proteína de un análisis bromatológico de tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.....	24
Cuadro 4. Resultados de fibra detergente neutro de un análisis bromatológico de tres cortes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.....	26
Cuadro 5. Resultados de fibra detergente acida de un análisis bromatológico en tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.....	27
Cuadro 6. Resultados de cenizas de un análisis bromatológico a tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.....	28
Cuadro 7. Altura en centímetros de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres en dos épocas de corte.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Incremento de la producción en México del cultivo de alfalfa en los últimos 10 años (SIAP,2021)	7
Figura 2. Principales estados productores del cultivo de alfalfa en Mexico (SIAP,2021)	8
Figura 3. Municipios del estado de Puebla que destacan en la producción cultivo de alfalfa (SIAP,2021)	9
Figura 4. Ubicación del municipio de Libres y del área de pozo de riego #5 de El Sabinal, Libres Puebla.....	18

RESUMEN

Medicago sativa L., conocida como alfalfa, es una leguminosa perene originaria de Asia menor, introducida a México por los españoles. En México, es fundamental en la alimentación del ganado bovino en zonas áridas y semiáridas debido a su alto valor nutricional. En el municipio de Libres, Puebla, se cultivan 1850 ha; con una producción significativa de forraje y leche, por lo que la calidad nutricional de la alfalfa es esencial para la producción animal. El objetivo de este trabajo fue estimar la calidad nutricional de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla, el experimento se llevó a cabo en el área del pozo de riego #5 del ejido de Libres, con coordenadas, Longitud: -97.616943 y Latitud: 19.466994, perteneciente a la comunidad de Nuevo México. A una altura de 2378 metros sobre el nivel del mar y una precipitación media anual de 900mm. Se establecieron cinco tratamientos de 400 m² y tres repeticiones por tratamiento, el diseño estadístico fue completamente al azar, las variedades evaluadas fueron San Miguel (del principal proveedor de la región), Cuf 101, San Miguelito, Atlixqueña y Selecta. La siembra se hizo al voleo, con una densidad de siembra a razón de 42 kg ha⁻¹ sin fertilización. Se realizaron tres cortes productivos, tomando muestras para análisis bromatológico a partir del segundo corte. Se determinó la producción de forraje en base a materia seca (MS) y se compararon las alturas entre las variedades. El contenido de proteína cruda se calculó mediante el método de micro Kjeldahl. Para FDN y FDA, se siguieron procedimientos específicos de laboratorio de acuerdo con la metodología de Van Soest. Para el porcentaje de cenizas se determinó por medio de incineración.

Palabras clave: *Medicago sativa* L., producción, materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente acida.

ABSTRACT

Medicago sativa L., known as alfalfa, is a perennial legume native to Asia Minor, introduced to Mexico by the Spanish. In Mexico, it is essential in feeding cattle in arid and semi-arid areas due to its high nutritional value. In the municipality of Libres, Puebla, 1850 hectares are cultivated; with a significant production of forage and milk, so the nutritional quality of alfalfa is essential for animal production. The objective of this work was to estimate the nutritional quality of five varieties of alfalfa grown in the Libres Puebla region. The experiment was carried out in the area of irrigation well #5 of the Libres ejido, with coordinates, Longitude: -97.616943 and Latitude: 19.466994, belonging to the community of New Mexico. At a height of 2378 meters above sea level and an average annual rainfall of 900mm. Five treatments of 400 m² and three repetitions per treatment were established, the statistical design was completely random, the varieties evaluated were San Miguel (from the main supplier in the region), Cuf 101, San Miguelito, Atlixqueña and Selecta. Sowing was done broadcast, with a sowing density at a rate of 42 kg ha⁻¹ without fertilization. Three productive cuts were made, taking samples for bromatological analysis from the second cut. Forage production was determined based on dry matter (DM) and heights were compared between the varieties. Crude protein content was calculated using the micro Kjeldahl method. For FDN and FDA, specific laboratory procedures were followed according to the Van Soest methodology. For the percentage of ashes it was determined by means of incinerzión.

Keywords: *Medicago sativa L.*, production, dry matter, crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber.

I.- INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una leguminosa perene que fue introducida a México por los españoles, y es originaria de Asia menor. En México, es fundamental en la alimentación del ganado bovino en áreas áridas y semiáridas (Mendoza *et al.* 2010). Su valor radica en su alto potencial de producción de materia seca, proteína, vitaminas, minerales, digestibilidad y su elevado potencial de consumo animal.

En México se cultivó una superficie de 398,731.06 ha del cultivo de alfalfa, lo que genera una derrama económica de \$26,225,725.39 (SIAP, 2022). En Puebla se siembran 20,117.90 ha, de las cuales el municipio de Libres cultiva 1,850 ha con una producción de 165,858 ton, mientras que la producción de leche en dicho municipio es de 7,829.607 litros.

El valor nutricional de los forrajes se refiere a la capacidad de los pastos, granos o subproductos de satisfacer los requerimientos de los animales para mantener niveles productivos y reproductivos. La calidad de los alimentos depende de varios factores, como el contenido de agua y su estado de madurez (INIA, 2018).

López-Vigoa *et al.* (2019) mencionan que la producción ganadera depende, en gran medida, de los factores climáticos y meteorológicos, lo que genera la correspondiente variabilidad en la producción y el valor nutritivo de los forrajes. Dicho esto, Villegas *et al.* (2004) registro mayores TC (Tasas de Crecimiento) durante la primavera, seguidas de invierno, verano y otoño, y comenta que la TC varió dependiendo de la estación del año y variedad evaluada en los valles centrales de Oaxaca.

Variedad de artículos han sido realizados en diferentes zonas del país, en instituciones de gran importancia, sin embargo, el municipio de Libres no cuenta con suficiente información respecto a la calidad nutricional de las variedades que se cultivan. De la Rosa (2004) realizó un estudio en donde evaluó el rendimiento de forraje verde y materia seca, densidad y peso individual de tallos y la tasa de aparición de hojas de cinco variedades de mayor uso en la región de Libres Puebla. Donde la calidad nutricional no fue determinada.

Con la finalidad de estimar la magnitud fenotípica de componentes de rendimiento y calidad nutritiva, se evaluaron ocho variedades de alfalfa bajo un diseño genético de 10 familias de medios hermanos por variedad en dos localidades Chapingo y Acolman, México, en el que

concluyo que el rendimiento, calidad nutritiva y persistencia son altamente influenciadas por la estación del año, localidad y fuente genética disponible (Saragos *et al.*, 2012).

Con base en lo anterior y por los trabajos antes mencionados es que se pretende realizar el presente trabajo que consiste en estimar la calidad nutricional de cinco variedades de alfalfa en la región de Libres Puebla, con el objetivo de evaluar la producción en kilogramos de MS ha⁻¹ y determinar la calidad nutricional través de un análisis bromatológico.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la producción y valor nutricional de cinco variedades de alfalfa producidas en la región de Libres Puebla.

2.2. Objetivos específicos

Determinar el rendimiento forrajero en base a materia seca (MS) de cinco variedades de alfalfa producidas en la región de Libres Puebla.

Determinar el porcentaje de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) y cenizas, de las variedades: San Miguelito (de una nueva distribuidora de semillas en la región), Selecta, Cuf -101, Atlixqueña y San Miguel a través de un análisis bromatológico.

III. HIPÓTESIS

Habr  diferencia significativa en cuanto a calidad nutricional y producción de forraje en al menos una variedad de alfalfa.

IV.-REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Introducción a la alfalfa

4.1.1 Origen e historia

La alfalfa es una especie forrajera que se introdujo a México por los españoles durante el período de la conquista. Su centro de diversidad primario se localiza en Asia central, en la zona montañosa del Cáucaso, el noroeste de Irán y el noreste de Turquía (Lara y Jurado, 2014). Debido a su elevado potencial de producción de forraje y su adaptación a diversas condiciones ambientales, la alfalfa es una de las especies forrajeras cultivadas más importantes, con más de 32 millones de ha en todo el mundo (Rodríguez *et al.*, 2022).

4.1.2 Morfología

La alfalfa, conocida científicamente como *Medicago sativa L.*, es una planta de aspecto erguido o semierecto que alcanza una altura máxima de 1 metro. Sus hojas, de color verde oscuro, se presentan en grupos de tres, son alternas y tienen bordes dentados en la parte superior. Los tallos, de naturaleza herbácea, son rectos. En la base de estos tallos se encuentra una estructura subterránea llamada corona, que da origen a nuevos brotes y se sitúa ligeramente por debajo de la superficie del suelo. Su sistema de raíces está dominado por una raíz principal pivotante, capaz de penetrar varios metros en el suelo. Las flores, agrupadas en racimos axilares con pedúnculos, presentan un color azul violáceo, a veces con tonalidades blancas, y tienen aproximadamente 1 cm de longitud. El fruto es una vaina espiralada de color castaño negruzco, que contiene semillas pequeñas de forma arriñonada y color amarillo castaño. El peso de 1000 semillas es de 2.2 g (Hijano y Navarro, 1995).

4.1.3. Adaptabilidad

En el cultivo de la alfalfa, el potencial productivo no está necesariamente vinculado a la latitud y altitud (Lara y Jurado, 2014). La alfalfa puede alcanzar hasta un metro de altura y posee hojas pequeñas de color verde brillante. Sus flores son de tonos azules o violetas y produce frutos en forma de vaina. Gracias a su capacidad de enraizamiento, puede obtener muchos

nutrientes y resistir sequías extremas. La semilla puede germinar a partir de una temperatura de 2 o 3 °C, siendo óptima entre 28 y 30 °C (SIAP, 2015). El pH del suelo que favorece su productividad oscila entre 6.5 y 7.5; se deben evitar valores menores de 5.8 o mayores de 8.5, ya que dificultan la absorción de nutrientes (Lara y Jurado, 2014).

4.1.4. Clasificación científica

En el cuadro 1 se muestra la clasificación taxonómica de la alfalfa.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Magnoliophita
Clase	Magniolopsida
Orden	Fabales
Familia	Leguminosae
Genero	Medicago
Especie	Sativa

Fuente: (Flores, 2015)

4.1.5. Producción de alfalfa en México

El cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*) es de suma importancia para los productores de animales ya que principalmente es utilizado como forraje para la alimentación del ganado, tanta es su importancia que en los últimos diez años se han tenido incrementos significativos en el volumen de producción a nivel nacional como se muestra en la Figura 1 (SIAP, 2021).

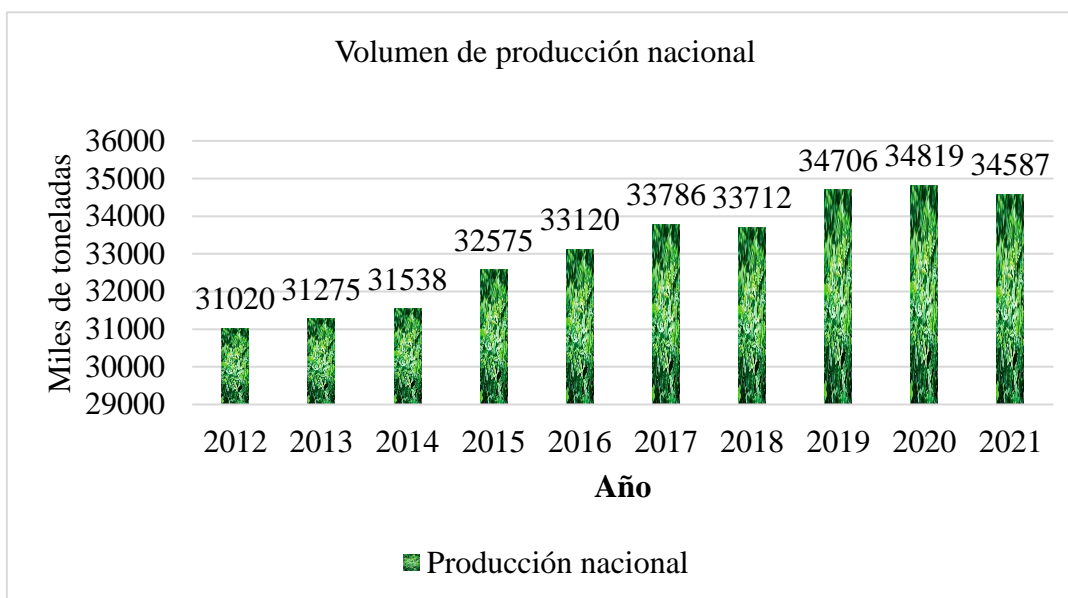


Figura 1. Incremento de la producción en México del cultivo de alfalfa en los últimos 10 años (SIAP, 2021)

4.1.6. Producción de alfalfa en Puebla

De acuerdo con los datos del SIAP del año 2021, Puebla se encuentra dentro del top diez de la producción de alfalfa a nivel nacional (Figura 2). En el año 2021 en Puebla se sembraron 19,460.70 ha de las cuales se obtuvo una derrama económica de \$837,612.34 a nivel estatal.

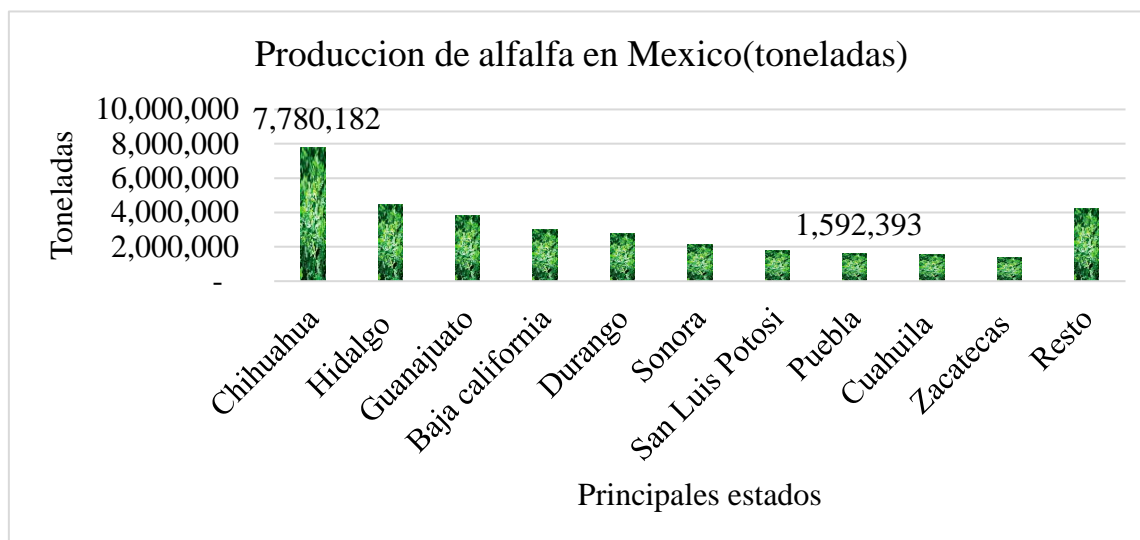


Figura 2. Principales estados productores del cultivo de alfalfa en Mexico (SIAP, 2021).

4.1.7. Producción de alfalfa en el municipio de Libres

El municipio de Libres es uno de los principales productores de alfalfa dentro del estado de Puebla, pues en el año 2021 se ubicó como el tercer municipio productor en el estado solo por debajo del municipio de Tecamachalco y Tlacotepec de Benito Juárez (Figura 3), donde se sembraron 1350 ha de las cuales se obtuvo una derrama económica de \$55,075.65 únicamente del cultivo de alfalfa (SIAP, 2021).

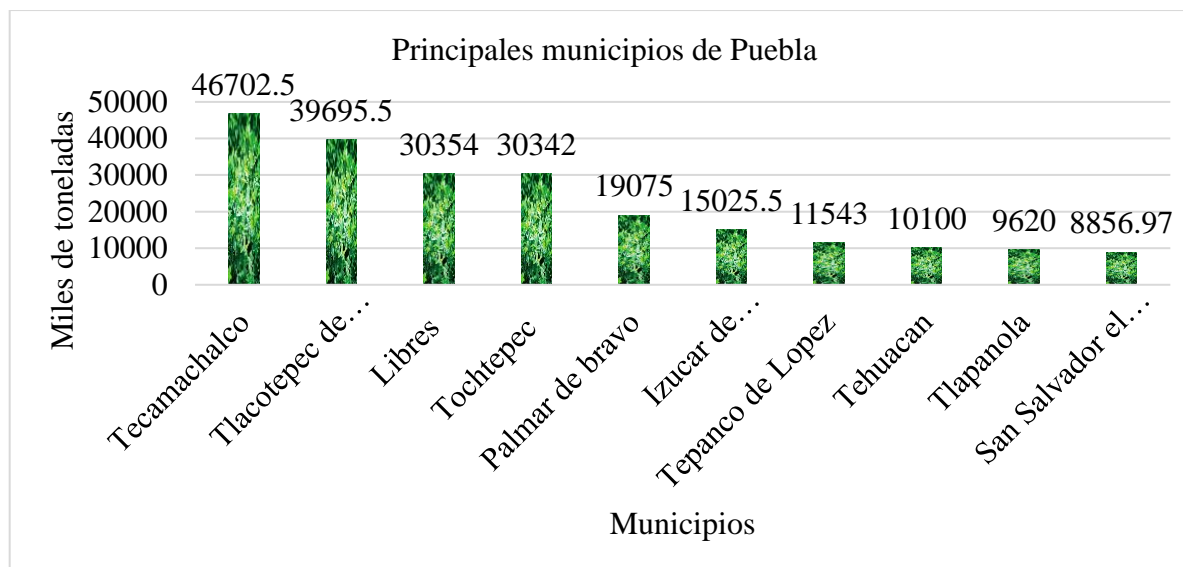


Figura 3. Municipios del estado de Puebla que destacan en la producción del cultivo de alfalfa (SIAP, 2021)

4.1.8. Producción de leche en Puebla y Libres

Considerando lo anteriormente expuesto, debido a la abundante producción de forraje, el estado de Puebla alberga tres importantes cuencas lecheras. La principal está integrada por los municipios de Atlixco, San Gregorio Atzompa, San Andrés Cholula, Ocoyucan, Huejotzingo, San Martín Texmelucan y Huaquechula. Por otro lado, la segunda cuenca está compuesta por los municipios de Tecamachalco, Xochitepec y Atoyatempan (INEGI, 2007).

El municipio de Libres se ubica en la tercera cuenca lechera del estado de Puebla, junto con los municipios de San Salvador el Seco y San José Chiapa. Estos municipios aportaron en el 2022 el 4.6% de la producción estatal con 21,020.09 mil litros de leche (SIAP, 2021). De los cuales Libres aporta 7,829 litros generando una derrama económica para la población de \$60,456.00 pesos (SIAP, 2022).

4.2. Factores que afectan la calidad nutricional de la alfalfa

4.2.1. Planta, variedad y especie

La concentración de proteínas, contenido de hojas, toxinas, fibra y otros componentes varían según la planta, especie y variedad. Las leguminosas, como la alfalfa, suelen ser ricas en proteínas y bajas en fibras en comparación con otros pastizales. Algunos cultivos y malezas pueden contener altos niveles de nitratos, mientras que especies como el sorgo pueden acumular ácido prúsico. Los granos y semillas de oleaginosas tienen poco contenido de fibra, pero son ricos en almidón, proteínas y aceites (Grant *et al.*, 1997).

4.2.2. Madurez

A medida que la planta madura, la calidad del forraje disminuye, lo que reduce la ingestión voluntaria de los animales debido al aumento en la fibrosidad. Durante la fase de crecimiento rápido, las plantas forrajeras contienen suficientes nutrientes para satisfacer las necesidades del ganado. Sin embargo, a medida que la planta madura, los niveles de nutrientes disminuyen, aumentando la necesidad de suplementos alimenticios para prevenir deficiencias (Díaz y Callejo, 2004).

4.2.3. Frondosidad, volumen, color y cantidad de hojas

Las hojas del forraje contienen más proteína y energía digestible que los tallos, que tienen más fibra. A medida que la planta madura, la proporción de tallo aumenta en comparación con las hojas, lo que resulta en un incremento de fibra y una reducción de proteína y energía. Por tanto, el almacenamiento y método de cosecha puede ayudar a conservar las hojas en el forraje, lo que aumenta la disponibilidad de proteína y energía (Grant *et al.*, 1997).

4.2.4. Cosecha

Durante la cosecha, las células vegetales siguen respirando, lo que disminuye la cantidad de energía digestible disponible. La lluvia durante la cosecha o el secado también reduce la concentración de nutrientes solubles y ocasiona la pérdida de hojas. Prácticas como el rastillado, enfardado en seco y picado pueden provocar una considerable pérdida de hojas. No obstante, acciones de gestión y control pueden mitigar este efecto, tales como el uso de

acondicionadores, agentes desecantes, preservativos y la coordinación del tiempo durante las actividades. Estas estrategias aceleran la curación del forraje y previenen la caída de hojas (Grant *et al.*, 1997).

4.2.5. Almacenamiento

Es crucial mantener un nivel específico de humedad para evitar la pérdida de energía y materia seca debido al calentamiento, la destrucción o la putrefacción. El exceso de humedad en el silo puede provocar fermentación prolongada y pérdida de nutrientes solubles. Un silo seco puede fomentar el desarrollo de mohos, podredumbre y sobrecalentamiento. Los granos también pueden reaccionar de manera similar si se almacenan con exceso de humedad. Las condiciones climáticas durante el almacenamiento al aire libre pueden provocar pérdidas significativas de nutrientes, como compuestos energéticos, vitaminas y minerales. Otros factores que afectan las pérdidas durante el almacenamiento al aire libre incluyen la cantidad de lluvia, el drenaje, la forma del almacenamiento y el tiempo de almacenamiento. Es esencial considerar también las pérdidas por viento y durante el transporte (Grant *et al.*, 1997).

4.2.6. Medio ambiente, clima

La temperatura y la cantidad de lluvia afectan la calidad del forraje, especialmente la alfalfa. Si hace demasiado calor, el valor nutritivo del forraje disminuye. Las plantas que crecen en climas cálidos suelen tener forrajes de peor calidad que las que crecen en climas más templados. En la alfalfa, la calidad del forraje está relacionada con la temperatura, siendo la fase de floración crítica. A medida que sube la temperatura, los niveles de nutrientes en la alfalfa disminuyen. Además, las plantas que crecen en climas más fríos tienen más nutrientes que las que crecen en climas cálidos. El agua también afecta, pero más en la cantidad que en la calidad del forraje. Sin embargo, después de una sequía, recuperar rápidamente la humedad del suelo puede mejorar la calidad del forraje. La falta de agua puede hacer que las hojas de la alfalfa se sequen y caigan, disminuyendo la calidad del forraje. Es importante regular el riego para no afectar la calidad del forraje (Díaz y Callejo, 2004).

4.2.7. Factores adversos

Varias enfermedades de la planta, así como malezas e insectos, tienen el potencial de afectar la concentración de nutrientes en el alimento. Las malezas, en particular, pueden reducir la palatabilidad y disminuir la calidad de la leche producida diariamente (Grant *et al.*, 1997).

4.3. Establecimiento del cultivo de alfalfa

4.3.1. Variedad

La dormancia en la alfalfa se refiere a su habilidad para reducir o detener su crecimiento a medida que las temperaturas bajan y los días se acortan. Las variedades de alfalfa se clasifican en una escala de dormancia del 1 al 10, siendo las categorías 7, 8, 9 y 10 las menos dormantes. Estas variedades permiten un mayor número de días de pastoreo en regiones con temperaturas moderadas durante el invierno (Zapata *et al.*, 2015).

4.3.2. Preparación del terreno

Es esencial seleccionar suelos profundos con una buena capacidad de retención de humedad, evitando aquellos con niveles freáticos elevados. Para una preparación adecuada de la cama de siembra, se requiere realizar un barbecho profundo de 30 a 40 cm, seguido de uno o dos pasos de rastra según las condiciones del suelo. Es crucial desintegrar los terrones grandes para asegurar una distribución uniforme de la semilla en profundidad. La etapa final de este proceso es la nivelación, la cual facilita una distribución óptima del agua de riego, previniendo encharcamientos y el desplazamiento de la semilla y el fertilizante (Lara y Jurado, 2014).

4.3.3. Densidad y método de siembra

La técnica de siembra más común implica esparcir la semilla a voleo sobre terreno seco y cubrirla ligeramente con una rastra de ramas o un cultipacker. Alternativamente, se puede sembrar en hileras sobre terreno seco utilizando sembradoras triguera o brillion. Es crucial mantener una profundidad de siembra de 1 a 2.5 cm para garantizar un ambiente húmedo adecuado durante la germinación y la emergencia de las plántulas. Estas fases son cruciales

para lograr un establecimiento exitoso, por lo tanto, es esencial mantener la humedad del suelo adecuada y prevenir el endurecimiento de su capa superficial. En terrenos bien preparados, la densidad de siembra recomendada es de 20 kilogramos por hectárea (kg ha^{-1}) de semilla sin paletizar y de 30 kg ha^{-1} si la semilla está paletizada. Esta densidad asegura una población mínima de 200 plantas/ m^2 (Zapata *et al.*, 2015).

4.3.4. Riego

Tras la siembra, se lleva a cabo el primer riego, el cual debe ser gradual para evitar el arrastre de la semilla y la formación de áreas sin plantas. El segundo riego se programa cuando el suelo comience a mostrar signos de secado, lo que varía según el tipo de suelo, las condiciones de calor y viento, así como la nivelación del terreno (García *et al.*, 1993).

4.3.5. Fertilización

En términos generales, se recomienda la aplicación de 50 kg/ha de nitrógeno antes de la siembra, mientras comienza el proceso de fijación de nitrógeno por parte de las bacterias, y aplicaciones posteriores a cada corte si se observan deficiencias de nodulación. También es necesario incorporar al suelo 100 kg/ha de fósforo antes de la siembra, y volver a fertilizar con la misma cantidad cada año utilizando ácido fosfórico (Zapata *et al.*, 2015).

4.3.6. Control de malezas y plagas

Durante el crecimiento inicial de la pradera, las malezas son más comunes, especialmente las gramíneas como el Buffel. Estas pueden controlarse con Poast. Las malezas de hoja ancha se pueden controlar con Pívor. Ambos productos deben usarse siguiendo las indicaciones del fabricante (Sanchez *et al.*, 2012).

Entre las principales plagas que afectan a la alfalfa se encuentran el periquito tricornudo, la chinche lygus, el gusano soldado, el pulgón verde y las chicharritas. Aunque alcanzan sus mayores poblaciones entre abril y noviembre, su impacto no suele ser grave debido al control

mecánico realizado mediante el corte y el henificado del forraje. Si es necesario, se recomienda el uso de Nudrin 90 a una dosis de 350 g ha⁻¹ (Zapata *et al.*, 2015).

4.3.7. Época de corte

El primer corte de alfalfa puede hacerse entre 60 y 80 días después de la siembra, dependiendo de la fecha y las temperaturas. Durante la primavera, verano y otoño, se recomienda cortar cuando las plantas comiencen a florecer o tengan un máximo de 10% de flores. En invierno, se corta cuando los nuevos tallos no superan los 5 cm de altura. En promedio, los cortes son cada 25-28 días en primavera, verano y otoño, y cada 35 días en invierno (García *et al.*, 1993).

4.4. Aprovechamiento de la alfalfa

El forraje de alfalfa presenta una disminución gradual en su calidad a medida que madura, aunque esta disminución es más lenta en comparación con la mayoría de las gramíneas. La calidad nutricional es fundamental cuando se destina a animales en producción de leche o carne, por lo que es importante manejar la alfalfa con el objetivo de obtener un forraje de alta digestibilidad y contenido proteico (Muslera y Ratera, 1984).

El aprovechamiento en verde ya sea mediante siega o pastoreo, permite una buena utilización de la alfalfa, manteniendo su calidad a pesar de su madurez. Sin embargo, al conservarla mediante henificación o ensilado, las pérdidas durante el proceso pueden ser significativas, afectando tanto la cantidad como la calidad del forraje obtenido. Es crucial considerar que el momento de la cosecha puede impactar en la duración del alfalfar, especialmente en sistemas de pastoreo o conservación (Muslera y Ratera, 1984).

4.5. Importancia de la alfalfa en la alimentación animal

La alfalfa es un forraje de alta calidad debido a su alto contenido proteico, lo que la hace muy demandada en la producción animal. Aunque su digestibilidad no es la más alta, su rápida descomposición en el rumen beneficia su asimilación. Estudios sugieren que la

alimentación con alfalfa mejora el rendimiento en la producción de carne, especialmente en corderos. Sin embargo, la henificación puede disminuir la digestibilidad y cantidad de materia orgánica digestible. Comparada con otros henos, la alfalfa tiene más proteína cruda y digestible, así como altos niveles de calcio, fósforo, caroteno y vitamina D, siendo beneficiosa para animales en crecimiento (Muslera y Ratera, 1984).

El ensilado de alfalfa puede ser de baja calidad, pero mejoras en la conservación pueden aumentar su utilidad. La preferencia del ganado por forrajes más sabrosos resalta al heno como una opción apetecible. De manera general, la alfalfa es esencial en la alimentación animal por su alto contenido proteico y otros nutrientes esenciales, especialmente valiosa en la producción de carne y el crecimiento de animales jóvenes. La elección de métodos de conservación debe considerar su palatabilidad y eficacia nutricional (Muslera y Ratera, 1984).

4.6. Métodos para la estimación nutricional

4.6.1. Materia seca

Para determinar la materia seca, se puede usar el método más sencillo que implica colocar el material en una estufa a temperaturas entre 100 y 105 °C hasta que se evapore toda el agua libre. También existe la opción de utilizar un medidor de humedad, un instrumento que proporciona resultados inmediatos mediante una sonda insertada en el material en estudio. Algunos de estos dispositivos se basan en la conductividad eléctrica y son particularmente útiles cuando se necesita una respuesta rápida (Pond *et al.*, 2002).

4.6.2. Proteína cruda

El método Kjeldahl determina el contenido de nitrógeno en una muestra. A partir de este contenido de nitrógeno, se puede calcular el contenido de proteína, suponiendo una relación específica entre la proteína y el nitrógeno para el alimento en cuestión. Este método consta de tres etapas principales: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento varía según si el nitrógeno liberado durante la destilación se recoge en una

solución de ácido bórico o en un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico estándar. Esto afectará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración y los reactivos utilizados (García y Fernández, 2012).

Desde una perspectiva nutricional, esta información es aplicable a los mamíferos rumiantes que son capaces de utilizar eficientemente prácticamente todas las formas de nitrógeno, las especies monogástricas, como los seres humanos, cerdos y aves de corral, tienen necesidades específicas de varios aminoácidos y no utilizan eficientemente compuestos nitrogenados como amidas, sales de amonio y urea (Pond *et al.*, 2002).

4.6.3. Cenizas

La ceniza es el residuo que queda después de quemar materia orgánica a temperaturas entre 500 y 600°C hasta que no queda carbón, lo que representa el contenido mineral. Este análisis solo ofrece una estimación del contenido mineral y no indica claramente su calidad o valor. Es complicado determinar la naturaleza y cantidad exacta de las diferentes combinaciones minerales en el producto alimenticio (Apraez, 2020).

4.7. Método de extracción con detergentes

Van Soest y otros investigadores han desarrollado métodos analíticos para forrajes vegetales, incluyendo micro-métodos que requieren muestras pequeñas. Estos métodos permiten la separación eficaz de los componentes vegetales. Los cuales mencionamos a continuación (Pond *et al.*, 2002).

4.7.1. Extracción con detergente neutro

Este método rápido facilita la determinación de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) en alimentos fibrosos utilizados en la alimentación animal. Sin embargo, no es práctico para alimentos con alto contenido de proteínas o almidones y bajo contenido de fibra, ya que la formación de geles o la coagulación de la proteína pueden interferir con la filtración adecuada, dando valores de fibra superiores a los reales. Tratar la muestra con detergente neutro (pH 6.9 – 7.1) permite separar los compuestos solubles en él (almidones, proteínas, carbohidratos solubles, etc.), denominados contenido celular, de los no solubles (FDN), que incluyen la ceniza (Apraez, 2020).

4.7.2. Extracción con detergente ácido

En esta técnica, las muestras se cuecen durante 1 hora en una solución que contiene bromuro de cetiltrimetilamonio con ácido sulfúrico. Los componentes solubles en detergente ácido comprenden principalmente hemicelulosa y proteínas de la pared celular, mientras que el residuo contiene celulosa, lignina, nitrógeno combinado (nitrógeno indigerible), sílice y algunas pectinas. Estos componentes se conocen comúnmente como fibra de detergente ácido (Pond *et al.*, 2002).

4.8. Indicadores utilizados en la determinación de calidad de forraje:

La calidad de la alfalfa influye directamente en cómo el ganado responde a ella, lo cual afecta su consumo, su productividad, y la calidad de los productos derivados. Estos aspectos están determinados por el valor nutricional de la alfalfa. A continuación, se detallan los parámetros que caracterizan la calidad de acuerdo con la Guía de Manejo de la Alfalfa (Undersander *et al.*, 2011).

La fibra ácido detergente (FDA): El porcentaje de material altamente indigerible y de lenta digestión en un alimento o forraje se conoce como fibra detergente ácido (FDA). Esta fracción incluye celulosa, lignina, pectina y ceniza. Un FDA más bajo indica un forraje más digerible y es más deseable (Undersander *et al.*, 2011).

La fibra detergente neutra (FDN): representa el porcentaje de fibra en un alimento que se digiere en un tiempo específico (generalmente 24, 30 o 38 horas). La tasa de digestión de fibra neutro detergente (NDFD) está inversamente relacionada con la ingesta animal y la energía que un animal puede obtener del alimento (Undersander *et al.*, 2011).

La proteína cruda (PC): es una combinación de proteína verdadera y nitrógeno no proteico. Se calcula multiplicando el contenido de nitrógeno total por 6,25. El contenido de proteínas indica la capacidad del alimento para satisfacer las necesidades de proteínas de un animal. Generalmente, se prefiere un contenido de proteína bruta moderado a alto, ya que reduce la necesidad de suplementos proteicos. El forraje cortado tempranamente o con un alto porcentaje de hojas suele tener un contenido de proteína bruta más alto (Undersander *et al.*, 2011).

V.-MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El municipio de Libres en el estado de Puebla, México, está ubicado en el centro norte del estado de Puebla (Figura 4) con una altura promedio sobre el nivel del mar de 2,378 y una precipitación media anual de 900 mm anuales (INEGI, 2010).

El experimento se realizó en un predio del área del pozo de riego #5 del ejido de Libres, con coordenadas, Longitud: -97.616943 y Latitud: 19.466994, perteneciente a la comunidad de Nuevo México.

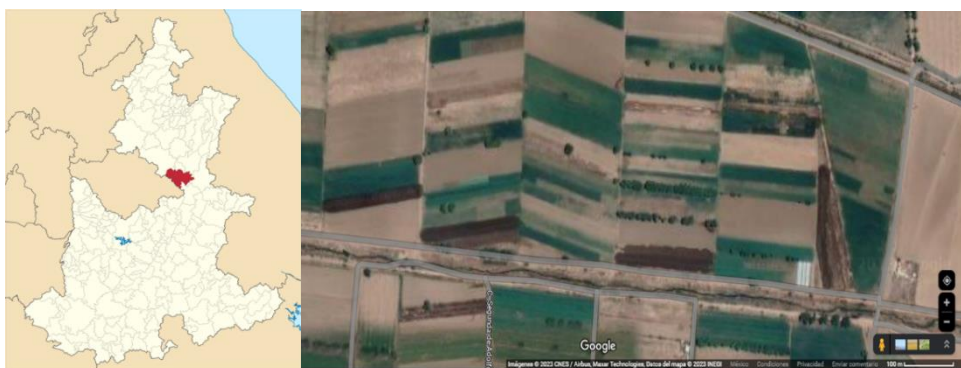


Figura 4. Ubicación del municipio de Libres y del área de pozo de riego #5 de El Sabinal, Libres Puebla.

5.2-Material biológico

Para establecer el cultivo se utilizaron las variedades: San Miguelito con dormancia de 9 la cual proviene del principal proveedor de la región, CUF 101 dormancia de 9, San Miguel dormancia de 9, Atlisqueña dormancia de 9 y la variedad Selecta. Las cinco últimas variedades de una nueva casa proveedora de semillas que recién se instaló en la región.

5.3-Diseño experimental

El diseño del experimento fue completamente al azar (DCA), se establecieron cinco tratamientos de 400 m², y tres repeticiones por tratamiento, los cuales corresponden a cada una de las variedades.

Quedando de la siguiente manera:

T1 (testigo) variedad San Miguelito del principal proveedor de la región

T2 variedad CUF 101

T3 variedad San Miguelito

T4 variedad Atlisqueña

T5 variedad Selecta

5.4. Establecimiento del cultivo

La superficie se barbecho y se rastreó, el modo de siembra fue al voleo (manual), la densidad de siembra que se uso fue a razón de 42 kg ha⁻¹. No hubo fertilización y se realizó un riego por corte (Para los meses de julio y septiembre no se rego por temporada de lluvias).

5.5. Corte de homogenización

Antes de recolectar las muestras se realizó un corte de homogenización, para posteriormente iniciar el muestreo a partir del segundo corte.

5.6. Toma de muestras

Para el experimento se tomaron muestras a partir del segundo corte productivo con la ayuda de un cuadro de muestreo de 0.25 m². En total se tomaron tres cortes productivos. El corte de muestreo se realizó cuando la alfalfa tubo la madurez comercial idónea basada en la altura y madures. Se tomaron tres muestras por corte en cada tratamiento. Las muestras se cortaron a 5 cm de altura sobre el suelo, las cuales se colocaron en bolsas de papel las cuales fueron rotuladas previamente con todos los datos necesarios como se menciona a continuación:

Fecha de corte:

Numero de muestra:

Tratamiento:

Repetición:

5.7- Molido de muestras

Las muestras se molieron en molino con criba de 1 milímetro. Se envasaron y clasificaron, para posteriormente determinar porcentaje de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente acida (FDA) y cenizas.

5.8. Variables evaluadas

El experimento consistió en evaluar la producción de forraje en base materia seca (MS) de las cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) antes mencionadas durante el otoño e invierno, así como la evaluación de composición química (análisis bromatológico) del mismo forraje. En el cual se determinó el porcentaje de proteína, fibra detergente neutra, fibra detergente acida y cenizas, además de comparar la altura entre las variedades evaluadas.

5.8.1 Materia seca (MS) y producción

Las muestras se pesaron en campo y posteriormente se secaron con una estufa para secar a 70 °C por 48 horas y nuevamente se tomaron los pesos para determinar materia seca (MS) y producción (Kg MS ha⁻¹).

5.8.2 Porcentaje de proteína cruda (PC)

El contenido de proteína cruda de las muestras se determinó con el contenido de nitrógeno de cada una de las submuestras de cada repetición mediante el método de micro Kjeldahl, y el valor de nitrógeno, se multiplicó por el factor 6.25, para obtener el contenido de proteína cruda (Apraez, 2020).

$$\text{Proteína calculada} = \% \text{ de N} * 6.25$$

5.8.3 Fibra detergente neutro (FDN)

Para determinar el porcentaje de FDN se pesaron 0.5gramos de muestra molida, los cuales se vertieron en un balón de destilación. Posteriormente se agregaron 30 ml de solución de FDN y 2 mililitros de antiespumante. Las muestras se pusieron a hervir durante una hora. Mientras hervían se pesaron los filtros y se marcaron únicamente con el número de muestra. Una vez que paso la hora se tomaron los filtros en el orden de las muestras y se procedió a verter la muestra sobre el papel filtro para pasar por la bomba de vacío y extraer el agua de la muestra, se agregó un poco de acetona para finalizar esta etapa. Los filtros se colocaron en crisoles los cuales se metieron a la estufa por 8 horas a 100° C, pasadas las horas se procedió a pesar los filtros con la muestra, para determinar el porcentaje de FDA se utilizó la siguiente formula: (Apraez, 2020)

$$\text{Fibra detergente neutra (FDN)} = \frac{(\text{filtro con muestras} - \text{filtro sin muestra}) \times 100}{(\text{g de muestra})}$$

5.8.4 Fibra detergente acido (FDA)

Para determinar el porcentaje de FDA se siguió el mismo procedimiento que se usó para FDN a excepción de que se aplicaron 30 ml de solución de FDA. Para los resultados se utilizó la misma fórmula. (Apraez , 2020)

$$\text{Fibra detergente acida (FDN)} = \frac{(\text{filtro con muestras} - \text{filtro sin muestra}) \times 100}{(\text{g de muestra})}$$

5.8.5. Cenizas

Primero se metieron los crisoles a una temperatura de 100°C durante una hora en una mufla, se dejaron enfriar en un desecador, luego se procedió a pesar los crisoles y posteriormente se agregaron 2 g de muestra, el proceso se llevó a cabo por medio de ignición a una temperatura de 600° C durante 24 horas. Posteriormente se tomaron los pesos con las cenizas y determinamos el % de cenizas por diferencia utilizando la siguiente formula: (Apraez, 2020)

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(\text{crisol con muestra incinerada} - \text{crisol sin muestra}) \times 100}{(\text{g de muestra}) \times 100}$$

5.8.6. Diferencia de altura entre cortes

Antes de embolsar las muestras se escogieron plantas al azar y se midió de la base a la punta con la ayuda de un flexómetro.

5.9. Análisis estadístico

El diseño del experimento es completamente al azar y los datos obtenidos se analizaron con el procedimiento GLM con el paquete estadístico de SAS (SAS Institute, 1988). Las variables evaluadas fueron: Altura en cm, producción de MS ha⁻¹, FDN, FDA, PC y cenizas. Se realizó una comparación de medias entre tratamientos y entre cortes.

Modelo estadístico

Completamente al azar

$$Y_{ij} = \mu + V_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

V_i = Efecto de tratamiento $i = 1, 2, 3, 4, 5$

E_{ij} = Error experimental

E_{ij} = Error experimental

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento

El rendimiento es la cantidad de materia que produce por unidad de área. En el presente trabajo se ha medido el rendimiento en base materia seca. En el Cuadro 2 se muestra el rendimiento en kg MS ha⁻¹ de los dos diferentes cortes que se realizaron. En este cuadro se observa diferencia significativa entre el T3 San miguel con 1175 kg MS ha⁻¹ y el T5 Selecta con 352.67 kg MS ha⁻¹, mientras que los tratamientos 1,2 y 4 no presentan diferencia significativa entre sí. Alvarez-Vaquez *et al* en el 2018 en su trabajo Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a cuatro años de establecidas donde una de las variables evaluadas fue el rendimiento, reportaron resultados superiores en el caso de la variedad San Miguel en un 30%, en cuanto a nuestro testigo San Miguelito es superior en un 62%, para Cuf 101 un 53.2% y para la variedad Atlixqueña un 63.38% superior.

Cuadro 2. Rendimiento en kg MS ha⁻¹ de tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.

Variedad	Rendimiento en kg MS ha ⁻¹	
	Primer corte	Segundo corte
T1 Sn Miguelito	630.00 b	2005.0 a
T2 Cuf 101	807.33 b	2068.3 a
T3 San Miguel	1175.00 a	2041.7 a
T4 Atlixqueña	718.33 b	2741.7 a
T5 Selecta	352.67 c	2776.7 a
DSM	192.64	843.23

Valores con la misma literal minúscula dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$).

DSM: Diferencia significativa mínima.

Con respecto al segundo corte se observa que los rendimientos se homogenizan, por lo que no hay diferencia significativa entre tratamientos. Estos datos son similares a los mostrados por Miner en el 2019 quien reporto en rendimiento de materia seca que T1, demostró la más alta producción (0.54 ton ha⁻¹), seguida por T2, T3, T4, con 0.48, 0.40, 0.31, ton ha⁻¹ donde tampoco se encontró diferencia significativa entre tratamientos.

De acuerdo con Ponce (2011), menciona que varios estudios indican que aun en una misma localidad muchas veces no se observan diferencia en la producción de forraje entre cultivares de distinto grado de reposo, siendo las condiciones climáticas las principales causas de este comportamiento.

Todos los tratamientos mostraron diferencia entre cortes, pero no es prudente analizarlos estadísticamente, pues el primer corte realizado fue el segundo después de la siembra y su condición no es representativa pues es más abundante la presencia de plantas nativas no deseadas.

El tercer corte solo se tomaron muestras para análisis químico, pues la densidad de siembra estaba diezmada por la presencia de “pasto picudo” el cual mermo significativamente la densidad de alfalfa.

6.2. Proteína cruda (PC)

El Cuadro 3 muestra los resultados del porcentaje de proteína cruda (PC) de las cinco variedades evaluadas en los tres cortes que se realizaron. En este se observa diferencia estadística entre variedades, pero no en la misma variedad entre cortes. Como se puede observar el T4 es el que presenta los valores más altos de PC en los tres cortes de estudio, con valores de 22.53, 23.33 y 22.16 % para los tres diferentes cortes respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por Capacho-Mogollón *et al*, (2018).

Cuadro 3. Resultados de proteína de un análisis bromatológico de tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla

PROTEINA				
Variedad	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	DSM
T1 Sn Miguelito	21.97 abc	22.84 ac	17.95 bd	3.84
T2 Cuf 101	19.44 bc	22.75 ac	21.35 abc	4.55
T3 San Miguel	21.08 abc	21.97 ac	20.83 abc	5.42
T4 Atlixqueña	22.53 ac	23.33 ac	22.16 ac	3.78
T5 Selecta	22.52 ac	22.689 ac	21.26 abc	2.84
DSM	2.95	5.80	3.83	

Valores con la misma literal minúscula (a) dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$), (b) es diferente ($P > 0.05$).

Valores con la misma literal minúscula (c) dentro de la misma fila no son diferentes ($P > 0.05$), (d) es diferente ($P > 0.05$).

DSM=Diferencia significativa mínima.

En el Cuadro 3 podemos ver que en el corte 2 (corte de invierno) no existe diferencia significativa entre tratamientos (variedades). Estos datos son iguales a los reportados por Arias *et al.* en el 2021. Sin embargo, en el primer y tercer corte si existe diferencia significativa entre tratamientos, siendo el T4 y T5 diferentes a T2, mientras que T1 y T3 comparten diferencia con los tratamientos 1,2 y 3 para el primer corte. Para el tercer corte tenemos diferencia entre T1 y T4, mientras que los demás tratamientos no son diferentes estadísticamente.

Los datos obtenidos son semejantes a los obtenidos por Urbano y Dávila (2003) quienes reportan un promedio de 22.67 % de contenido de proteína en su estudio. Así mismo Advíncula (2022) reportaron 23.76% y 23.60% de proteínas y el mínimo porcentaje de 21.17% los cuales son superiores a los nuestros. Estas discrepancias podrían atribuirse a diferencias en las condiciones del cultivo, la genética de las variedades utilizadas e inclusive las técnicas de análisis empleadas.

En cuanto a la diferencia entre cortes observamos que T1 presenta diferencia significativa en el tercer corte, mientras que el resto de los tratamientos no muestran diferencia significativa entre cortes. Datos similares a los reportados por Rojas *et al.* (2019).

6.3. Fibra detergente neutro (FDN)

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de fibra detergente neutra en el cual se observa que en el primer corte no tenemos de diferencia significativa entre tratamientos. Siendo el tratamiento 3 el que tuvo el mayor porcentaje de fibra detergente neutra y T2 la de menor porcentaje. Estos datos son menores a los reportados por Rocha (2016).

Cuadro 4. Resultados de fibra detergente neutro de un análisis bromatológico de tres cortes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla

Fibra detergente neutra (FDN)				
Variedad	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	DSM
T1 Sn Miguelito	35.04 ac	37.82 ac	38.06 ac	15.0
T2 Cuf 101	28.88 ac	24.81 ac	32.05 ac	8.35
T3 San Miguel	40.34 ac	34.19 ac	38.19 ac	27.96
T4 Atlixqueña	34.18 ac	30.18 ac	34.18 ac	11.28
T5 Selecta	35.86 ac	31.23 ac	33.69 ac	25.84
DSM	12.25	20.34	16.41	

Valores con la misma literal minúscula (a) dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$).

Valores con la misma literal minúscula (c) dentro de la misma fila no son diferentes ($P > 0.05$).

DSM=Diferencia significativa mínima.

Para el segundo corte de la misma manera no hay diferencia estadística entre tratamientos, pero sí en la variedad con mayor porcentaje de fibra detergente neutra, siendo el tratamiento 1 el de mayor porcentaje, mientras que el tratamiento 5 tiene menor porcentaje. Estos datos son mayores a los reportados por (Vivas *et al.* 2017).

Para tercer corte no hubo diferencia significativa entre tratamientos, mientras que el tratamiento 4 fue el porcentaje más alto en comparación con los demás tratamientos, este dato es mayor al reportado por Odorizzi (2015). A esto podemos decir que, si tenemos valores muy altos de FDN, la digestibilidad de la alfalfa disminuye y tenemos más riesgo de que los animales sufran trastornos digestivos.

Así mismo entre cortes no se observa diferencia significativa, estos datos son diferentes a los reportados por (Saragos *et al.* 2012).

6.4. Fibra detergente acida (FDA)

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de fibra detergente acida, en el cual se observa que en el primer corte no tenemos diferencia significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento 1 el que tuvo el mayor porcentaje de FDN y el tratamiento 5 el de menor porcentaje. Estos datos son menores a los reportados por Arias *et al.* (2021) quien obtuvo un 18.19, 19.65 y 18.44% de FDA.

Cuadro 5. Resultados de fibra detergente acida de un análisis bromatológico en tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres Puebla.

Fibra detergente acida (FDA)				
Variedad	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	DSM
T1 Sn Miguelito	14.59 ac	18.26 ac	17.32 ac	14.23
T2 Cuf 101	14.42 ad	13.36 abd	23.18 ac	7.69
T3 San Miguel	14.14 ad	11.27 bd	24.95 ac	8.32
T4 Atlixqueña	13.04 acd	11.96 bd	19.23 ac	7.06
T5 Selecta	11.04 ad	13.07 abd	20.24 ac	5.61
DSM	9.62	5.39	12.76	

Valores con la misma literal minúscula (a) dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$), (b) es diferente ($P > 0.05$).

Valores con la misma literal minúscula (c) dentro de la misma fila no son diferentes ($P > 0.05$), (d) es diferente ($P > 0.05$).

DSM=Diferencia significativa mínima.

Para el segundo corte los tratamientos 3 y 4 son estadísticamente diferentes con respecto al tratamiento 1, mientras que el tratamiento 2 y 5 son diferentes con respecto a los tratamientos 1,3 y 4, siendo el tratamiento 1 el de mayor porcentaje de FDN y el tratamiento 3 el de menor porcentaje.

Así mismo para el tercer corte los porcentajes de FDA no presentan diferencia significativa entre tratamientos, pero destaca el tratamiento 3 con mayor porcentaje y el tratamiento 1 con el menor porcentaje de FDA, el cual es menor al reportado por Vivas *et al.* (2017) quien reporto 34.29%, de acuerdo Gorosito (1997) nos dice que para asegurar un normal funcionamiento del rumen y a su vez mantener valores normales de grasa se debería trabajar con un 17% de fibra cruda (FC), o un 21% de FDN y un 36% de FDA. Dichos porcentajes deben usarse con cuidado

ya que la cantidad de fibra tendrá variación en base a el tamaño de partícula y con la calidad de la misma lo que dependerá fundamentalmente de su contenido en celulosa-hemicelulosa y del grado de asociación entre estas y la lignina.

En el análisis entre cortes, observamos que T1 no presenta diferencia significativa, mientras que T2, T3, T4 y T5 muestran diferencias significativas con respecto al tercer corte, mientras que el corte uno y dos no son diferentes significativamente, los cuales son similares a los reportados por (Saragos *et al.*, 2012).

6.5. Cenizas

En el Cuadro 6 se muestran los resultados de cenizas de los tres cortes diferentes. Se observa que en el primer y segundo corte no hay diferencia significativa, en donde destaca el tratamiento 2 con el mayor porcentaje y el tratamiento 3 el de menor porcentaje para el primer corte el cual es similar a los datos reportados por Macias (2024) que reporta valores de 7.36% y 9.46%, mientras que y el tratamiento 1 con mayor y el tratamiento 3 con menor porcentaje de cenizas para el corte 2, el cual es menor al reportado por Vargas (2018).

Cuadro 6. Resultados de cenizas de un análisis bromatológico a tres cortes diferentes de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la regio de Libres Puebla.

Variedad	Cenizas			
	Primer corte	Segundo corte	Tercer corte	DSM
T1 Sn Miguelito	9.19 ac	9.76 ac	9.71 abc	2.0
T2 Cuf 101	10.46 ac	9.48 ac	10.36 abc	1.77
T3 San Miguel	8.85 ac	9.27 ac	9.31 bc	2.16
T4 Atlixqueña	9.43 ac	9.44 ac	10.12 abc	0.78
T5 Selecta	9.02 ad	9.59 acd	10.64 ac	1.08
DSM	2.72	0.79	1.16	

Valores con la misma literal minúscula (a) dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$), (b) es diferente ($P > 0.05$).

Valores con la misma literal minúscula (c) dentro de la misma fila no son diferentes ($P > 0.05$), (d) es diferente ($P > 0.05$).

DSM=Diferencia significativa mínima.

Para el tercer corte tenemos diferencia estadística entre el tratamiento 5 con mayor porcentaje de ceniza y el tratamiento 3 con menor porcentaje, mientras que los tratamientos 1,2 y 4 no son diferentes estadísticamente, Alarcón y Berru (2019) reportaron valores de un 10.8% a 12.8%.

En el análisis entre cortes observamos que en T1, T2, T3 Y T4 no hay diferencia significativa entre cortes, mientras que T5 muestra diferencia significativa entre el corte tres con respecto al corte uno y dos. Los datos son similares a los reportados por (Maiztegui *et al.* 2018).

6.6. Altura de planta

En el primer corte del Cuadro 7, el tratamiento 2 es diferente estadísticamente siendo la variedad de menor altura 25.55 cm con respecto a los tratamientos 1,3,4, y 5, donde la de mayor altura es el tratamiento 3 con 34.44 cm. Mientras que el tratamiento 2 y 4 no presentan diferencia entre sí con respecto a la altura. Estos resultados son similares a los reportados por (Gaytán *et al.* 2019).

Para el segundo corte los tratamientos 1 y 5 no son diferentes estadísticamente entre sí, pero sí son diferentes con los tratamientos 2,3 y 4. Al igual que los tratamientos 2,3 y 4 son diferentes respecto al tratamiento 1 y 5. Mientras que el tratamiento 1 y 4 son semejantes. Destacando para el segundo corte el tratamiento 3 con 35.33 cm el de menor altura y el tratamiento 5 con la mayor altura de 41.77 cm, mientras que Rocha (2022) reporto un promedio de 36.58 cm.

Cuadro 7. Altura en centímetros de cinco variedades de alfalfa cultivadas en la región de Libres en dos épocas de corte

Variedad	Primer corte	Segundo corte
T1 san miguelito	31.00 a	40.11 ab
T2 Cuf 101	25.55b	36.33 c
T3 san miguelito	32.44 a	35.33 c
T4 Atlixqueña	28.55 ab	36.55 bc
T5 Selecta	30.89 a	41.77 a
DSM	4.91	3.59

Valores con la misma literal minúscula (a) dentro de la misma columna no son diferentes ($P > 0.05$), (b) es diferente ($P > 0.05$).

DSM=Diferencia significativa mínima.

VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente experimento, se tienen las siguientes conclusiones.

Los tratamientos 1 y 2 (San Miguelito y Cuf 101 respectivamente) mostraron diferencia con respecto a los otros tratamientos en la concentración de proteína en por lo menos un corte de estudio.

El tratamiento 1 mostro diferencia en la concentración de PC en el tercer corte que corresponde al final del verano. Esto debido posiblemente al rápido desarrollo que mostro con respecto a los tratamientos.

La concentración de FDN no mostro diferencia entre tratamientos ni entre cortes dentro de tratamientos.

No existe diferencia en la concentración de DFA entre tratamientos, pero entre cortes dentro de tratamiento, solo el tratamiento 1 (San Miguelito) fue constante en los tres cortes de estudio. El resto de los tratamientos mostraron diferencia en el último corte con respecto a los dos primeros cortes, posiblemente al aumento de la temperatura haciendo que tuvieran un rápido desarrollo.

La concentración de ceniza no mostro diferencia entre tratamientos en el primer y segundo corte, pero en el tercer corte si existió diferencia entre tratamientos siendo el en tratamiento 5 el de la concentración más alta y el tratamiento 3 el del valor más bajo. En cuanto a diferencia entre cortes el único que mostro diferencia fue el tratamiento 5 mostrando la concentración más baja estadísticamente en el corte 1.

VIII. LITERATURA CITADA

- Advíncula C. Y. G. 2022. Efecto del abono orgánico del cuy en el rendimiento de masa foliar y porcentaje de proteína de 5 variedades de alfalfa (*Medicago sativa*), bajo las condiciones del campo experimental de Tinyacu -Yanahuanca -2020. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. 95 p.
- Alarcón B. A. M., Y E. Berrú P. 2019. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento y composición química de la alfalfa (*Medicago sativa* L. Var. Monsefú) durante la estación de otoño en la comunidad de Gallito Alto – San José, Lambayeque. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambaueye, Perú. 142 p.
- Álvarez-Vázquez. P., A. Hernández-Garay., S. I. Mendoza-Pedroza., A. R. Rojas-García., C. Y. Wilson-García. y J. I. Alejos-de la Fuente. 2018. Producción de diez variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) A cuatro años de establecidas. *Agrociencia*(52):385-388.
- Apréaz G. J. E. 2020. Análisis Químico de Alimentos para Animales. 22 biblioteca Alberto Quijano Guerrero. 1ª ed. Editorial Universidad de Nariño. Colombia. 290 p.
- Arias A. A., J. C. Cruz L., C. Pantoja A., M. Lopez R., W. Bermúdez A. y E. Morales S. 2021. Estudio comparativo de la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en la puna húmeda y seca del Perú. *Compendio de Ciencias Veterinarias* (11):7-12.
- Capacho-Mogollón. E. A., D. F. Flórez-Delgado. y J. F. Hoyos-Patiño. 2018. Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura* (15):61-67.
- Celia F. L. M y S. Cabo. 2019. Capítulo 2: Alfalfa. In: Forrajeras cultivadas anuales y perennes más difundidas en la provincia de La Pampa. Kent S. F.(ed.). INTA Anguil. La Pampa-San Luis. pp:11-16.
- De la Rosa D. H. 2004. Evaluación del rendimiento de forraje de cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivada en Libres, Puebla. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tlatlauquitepec, Puebla, 51 p.

- Díaz B. V. y A. Callejo R. 2004. Calidad del forraje y del heno. BOVIS. Aula Veterinaria. Conservación de Forrajes I (120):55-64.
- Flores D. D. F. 2015. La Alfalfa (*Medicago sativa L.*): Origen, manejo y producción. Conexión Agropecuaria (5):30-37.
- García D. C. A. y L. A. Gonzales E. 1993. El cultivo de la alfalfa en la zona media de San Luis Potosí. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (17):4-12.
- García M. E. M. y I. Fernández S. 2012. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. RIUNET UPV. (1):2-6
- Gaytán V. J. A., R. Castro R., Y. Villegas A., G. Aguilar B., M. M. Solís O., J. C. Carrillo R. y L. O. Negrete S. 2019. Rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) a diferentes edades de la pradera y frecuencias de defoliación. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (10):353-366.
- Gorosito R. 1997. Producción y manejo de pasturas: Cantidad, calidad y tamaño de fibra en la dieta de las vacas lecheras. En línea: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/70-fibra_en_lecheras.pdf Consultado: 01/03/2024).
- Grant R. 1997. Analisis de forraje e inventario: Evaluando/analizando el alimento para ganado de carne, de leche, ovejas y caballos. En línea: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/29-analisis.pdf Consultado:01/03/2024.
- Hijano E. M. y A. Navarro. 1995. Descripción botánica y grados de latencia. En línea: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/21-descripcion_botanica_y_latencia.pdf Consultado: 20/08/2023.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. Cría y explotación de animales en Puebla. Censo Agropecuario 2007. En línea: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/

[productos/censos/agropecuario/2007/ganderia/cria_explt/pue/CriaexpPue2.pdf](https://www.inegi.org.mx/productos/censos/agropecuario/2007/ganderia/cria_explt/pue/CriaexpPue2.pdf)

Consultado: 05/03/2024.

INEGI (Instituto Nacional de estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010. Puebla. En línea: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21114.pdf Consultado: 04/02/2024.

INIA (Instituto Nacional de Información Agropecuaria). 2018. Algunos conceptos sobre calidad de forrajes. En línea: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11188/1/Ficha-tecnica-33-Algunos-conceptos-sobre-calidad-de-forrajes.pdf> Consultado: 05/03/2024.

Lara M. C. R. y P. Jurado G. 2014. Paquete tecnológico para producir alfalfa en el estado de Chihuahua. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. (52):1-42.

López-Vigoa. O., L. Lamela-López., T. Sánchez-Santana., Y. Olivera-Castro., R. García-López., M. Herrera-Villafranca. y M. González-Ronquillo. 2019. Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril. Scielo (42):54-60.

Macias V. M. Y. 2024. Caracterización bromatológica de 2 variedades de alfalfa (Medicago sativa) sometida a mutación química con Ethyl Methane Sulfonate. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 41 p.

Maiztegui. E. G., Genero. A., Delbino. M y Cuffia. M. 2018. Evaluación del contenido de nutrientes en silajes de alfalfa y soja. VI jornada de difusión de la investigación y extensión. (1):1-2.

Mendoza P. S. I., A. Hernández G., J. Pérez P., A. R. Quero C., A. S. Escalante E., J. L. Zaragoza R. y O. Ramírez R. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. (1):287-296.

Miner P. T. 2019. Dosis de npk en la producción de alfalfa (Medicago sativa L.) variedad “Bacum” al primer corte, en Chota – Cajamarca. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambaqueye, Perú. 49 p.

Muslera P. E. y C. Ratera G. 1984. Praderas y forrajes producción y aprovechamiento (1) 2ª ed. Rev. y amp. Madrid Mundi-Prensa. Madrid. 694 p.

- Odorizzi S. A. 2015. Parámetros genéticos, rendimiento y calidad forrajera en alfalfas (*Medicago sativa* L.) extremadamente sin reposo con expresión variable del carácter multifoliado obtenidas por selección fenotípica recurrente. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. 167 p.
- Ponce M. 2017. Producción de forraje: estado de desarrollo de alfalfas con distinto grados de reposo (1) Eduvim. España. 76 p.
- Pond W. G., D. Church C. y K. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Grupo Noriega (eds) 2ª. Limusa Wiler. México D.F. 365 p.
- Rocha A. F. 2016. Evaluación de la producción de biomasa, calidad nutricional y digestibilidad in vitro de cuatro variedades de alfalfa (*medicago sativa*) en el municipio de Pamplona. Tesis de licenciatura. Universidad de Pamplona. Colombia. 74 p.
- Rocha L. F. 2022. Densidad de siembra del cultivo de la alfalfa. Revista Científica Pies. (1):36-40.
- Rodríguez E. N., S. Fabiana E., D. Horacio B., y M. Marino K. 2022. Capítulo 2. origen, difusión, morfología y fenología *In: alfalfa del cultivo a sus múltiples usos*. Moreno-Pizani A. M.(ed.). 1ª. Brasil.17-49 pp.
- Rojas G. A. R. 2011. Dinámica de crecimiento y rendimiento de forraje de diez variedades de alfalfa. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Puebla. 88 p.
- Rojas G.A.R., S. I. Mendoza P., P. Álvarez. V. ,N. Torres. S.A. Cruz H., H. Vaquero H. y S. Joaquín C. 2019. Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria. (10):849:858p.
- Sánchez H. M., J. D Osuna A., R. Avalos C., R. Meza S y J. A. C. Navarro A. 2012. Guía para la producción de alfalfa en Baja California Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (10):6-29.
- Saragos P. A., J Vásquez P. A., A. Zúñiga, B., G. Juárez, M., V. Ordoñez, M. del R., y A Duran, N. 2012. Componentes de rendimiento y calidad nutritiva de ocho variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Valles Centrales de México. Agrociencia (51):1-20.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado:20/08/2022.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Alfalfa monografías. En línea:https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/96128/Alfalfa_monografias.pdf Consultado: 20/03/2024.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea:<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado: 20/08/2022.
- Undersander D., D. Cosgrove., E. Cullen., C. Grau., M. E. Rice., M. Renz., C. Sheaffer., G. Shewmaker y M. Sulcc. 2011. Forage quality terms. Alfalfa Management Guide. (2):59.
- Urbano, D. y C. Dávila. 2003. Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, (20):97-107.
- Vargas V. R. E. 2018. Determinación de la composición química y concentración de ácido tánico en alfalfa (*medicago sativa*) en diferentes edades de corte en la región Junín. Tesis de licenciatura. Universidad Alas Peruanas, Perú. 70 p.
- Villegas A. Y., A. Hernández G., J. Pérez P., C. López C., J. G. Herrera H., J. F Enríquez Q. y A. Gómez V. 2004. Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago Sativa L.*). Técnica Pecuaria en México. (42):145-158.
- Vivas A. W. F., D. E. Vera A. y J. Alpízar M. 2017. Determinación in vitro de la calidad nutricional de tres leguminosas forrajeras. La Técnica (17):43-52.
- Zapata M. A. M., R Cabanillas C. y G. D Ibarra D. 2015. Alfalfa en Agenda técnica agrícola de Sonora. SAGARPA (ed). 2ª. México.pp:35-40.

IX. ANEXOS