

2025

Comparación morfológica, nutricional y bromatológica de dos especies de *Tithonia spp.* y *Helianthus annuus* como alternativa para la alimentación animal.

Margarita García Mejía,
Eva Juanita Pérez Fonseca



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Licenciatura en Producción Agropecuaria Sustentable

Comparación morfológica, nutricional y bromatológica de dos especies de *Tithonia spp.* y *Helianthus annuus* como alternativa para la alimentación animal.

Tesis colectiva

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Licenciado en Producción Agropecuaria Sustentable

Presenta:

Margarita García Mejía

Eva Juanita Pérez Fonseca

Dirigido por:

M. en C. Iván Gómez Sánchez

Concá, Arroyo Seco, Qro.

Febrero 2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Licenciatura en Producción Agropecuaria Sustentable

Comparación morfológica, nutricional y bromatológica de dos especies de *Tithonia spp.* y *Helianthus annuus* como alternativa para la alimentación animal.

Tesis Colectiva

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Licenciado en Producción Agropecuaria Sustentable

Presenta:

Margarita García Mejía

Eva Juanita Pérez Fonseca

Dirigido por:

M. en C. Iván Gómez Sánchez

SINODALES

M. en C. Iván Gómez Sánchez

Presidente

Firma

Dra. Marcela Quiroz Sodi

Secretario

Firma

Dr. Octavio Roldan Padrón

Vocal

Firma

MSPAS. Nora Lilia Hernández Santos

Suplente

Firma

Dr. José Guadalupe Gómez Soto

Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro. México 2025

Resumen en español.

Debido al cambio climático y al aumento de los costos en la alimentación animal, se están buscando alternativas que ofrezcan beneficios nutricionales. En este proceso, se han identificado varias especies de plantas que son bien aceptadas por los animales, aunque aún se conoce poco sobre sus propiedades y potenciales beneficios. El objetivo de este estudio fue realizar la comparación nutricional, bromatológica y morfológica de dos especies de *Tithonia* spp. y *Helianthus annuus*, especies arbustivas presentes en la Sierra Gorda Queretana.

Se colectó y se analizó el follaje de cada especie mediante técnicas bromatológicas, de los cuales las variables que se analizaron fueron: proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, fibra detergente neutra (FDN), materia seca (MS) y se calculó el extracto libre de nitrógeno (ELN), así como también se identificaron sus características morfológicas.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma de Querétaro. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias entre los tres forrajes que representan una alternativa de alimentación. En cuanto a MS fue encontrado un valor casi similar en las especies de *T. diversifolia* y *T. tubaeformis* con 91.78 y 91.77%, respectivamente, mientras que *H. annuus* mostró un 89.59%. En cuanto a PC hubo similitud entre la *T. diversifolia* y *H. annuus* con un 17.85% y 17.31% respectivamente, mientras que la *T. tubaeformis* tuvo 14.70%. El contenido de Cenizas fue mayor para *T. diversifolia* y menor para *T. tubaeformis* con 15.71% y 14.20%, *H. annuus* tuvo un contenido de 14.93%. En cuanto al valor del EE, *H. annuus* mostró mayor contenido con 3.25%, seguido de *T. tubaeformis* con 2.63% y con menor contenido *T. diversifolia* con 2.57%. En FDN obtuvo mayor concentración *T. diversifolia*, seguida de *H. annuus* y por último *T. tubaeformis* con 38.43%, 30.12% y 24.09%, respectivamente. Por último, el contenido de ELN fue mayor para *T. tubaeformis* con 36.14%, seguido de *H. annuus* con 23.97% y menor *T. diversifolia* con 17.20%. Se compararon factores morfológicos, describiendo sus características del tallo, hoja, inflorescencia, flores, raíz, frutos y semillas de cada especie. Las cuales mostraron similitudes en algunos rasgos. Se concluye que las tres especies nutritivamente hablando son

una opción accesible, viable y con gran potencial para la alimentación de bovinos, caprinos, ovinos, porcinos y aves de corral, así como su uso en la apicultura (por sus flores productoras de polen). Además, son una opción para la reforestación y conservación con especies nativas para mejorar la biodiversidad de la Sierra.

Palabras clave: Análisis bromatológico, forraje, *Tithonia*, *Helianthus*, morfología, alimentación.

Abstract.

Due to climate change and rising animal feed costs, alternatives that offer nutritional benefits are being sought. In this process, several plant species have been identified that are well accepted by animals, although little is still known about their properties and potential benefits. For this reason, the objective of this work was to compare nutritional, bromatological and morphological two species of *Tithonia* and *Helianthus annuus*, shrub species present in the Sierra Gorda of Querétaro.

The foliage of each species was collected and analyzed using bromatological techniques, of which the variables that were analyzed were, crude protein (CP), dry matter (DM), ether extract (EE), ashes, neutral detergent fiber (NDF) and nitrogen-free extract (ELN), as well as their morphological characteristics were identified.

The analysis was carried out at the Animal Nutrition Laboratory of the Autonomous University of Querétaro. The results obtained show that there are differences between the three forages, even though all three represent a feeding alternative. Regarding DM, an almost similar value was found in the species of *Tithonia diversifolia* and *T. tubaeformis* with 91.78 and 91.77% respectively, likewise *H. annuus* showed 89.59%. Regarding CP, a similarity was shown between *T. diversifolia* and *H. annuus* with 17.85% and 17.31% respectively, while *T. tubaeformis* showed 14.70%. The ash content was higher for *T. diversifolia* and lower for *T. tubaeformis* with 15.71% and 14.20%, *H. annuus* obtained a content of 14.93%. Regarding the EE value, *H. annuus* showed the highest content with 3.25%, followed by *T. tubaeformis* with 2.63% and with the lowest content *T. diversifolia* with 2.57%. In NDF, *T.*

diversifolia obtained the highest concentration, followed by *H. annuus* and finally *T. tubaeformis* with 38.43%, 30.12% and 24.09% respectively. Finally, the ELN content was higher for *T. tubaeformis* with 36.14%, followed by *H. annuus* with 23.97% and with less *T. diversifolia* with 17.20%. Morphological factors were compared, describing the characteristics of the stem, leaf, inflorescence, flowers, root, fruits and seeds of each species.

Keywords: Bromatological analysis, forage, *Tithonia*, *Helianthus*, morphology, feeding.

Dedicatorias

Margarita García Mejía

A mi hermana GABRIELA, mi confidente, mi cómplice y mi compañera de vida. No hay palabras suficientes para describir lo que significas para mí. Solo nosotras sabemos cuántas veces caímos, cuántas veces sentimos que no podíamos más, pero siempre nos levantamos juntas. Este logro es tanto tuyo como mío, porque es el reflejo de nuestra lucha compartida, de los sueños que construimos juntas, y de la fuerza que me das cada día. Gracias por ser mi apoyo incondicional, por ser mi motivación, por estar a mi lado en cada paso, incluso cuando parecía imposible. Esta tesis, este sueño cumplido, es nuestro Baby."

Eva Juanita Pérez Fonseca

A mi madre por todo el apoyo y los grandes sacrificios que hizo para que hoy en día sea la persona que soy, por siempre darme la confianza y brindarme ánimos y motivación para seguir superándome.

A mis hermanos ya que siempre han estado presentes de muchas maneras apoyándome para poder culminar esta etapa.

Agradecimientos.

Margarita García Mejía

Doy gracias a la vida por permitirme concluir esta etapa con enorme satisfacción, y llena de alegría por haber cumplido una de mis más grandes metas, en compañía de mi familia, amigos, compañeros y profesores que estuvieron apoyándome a lo largo de este proceso.

A mis padres por siempre estar junto a mí, apoyándome en cada decisión tomada, por siempre demostrarme su amor y paciencia, por sus sacrificios que han hecho para darme la mejor herencia, y por sus regaños que me han convertido en la persona que soy ahora. A mi mamá **Antonia** por enseñarme que la vida esta echa de sueños y metas que se pueden lograr. A mi papá **Daniel**, que con su lucha incesante y su inteligencia me ayudan a continuar esforzándome en todos los aspectos de mi vida.

A mi hermana **Gabriela** por siempre estar pendiente de mí, por todo el sacrificio hecho para poder lograr este sueño, por darme siempre las herramientas que necesitaba para realizar mis actividades, pero sobre todo por quererme, apoyarme y creer en mí en todo momento, sin ella esto no habría sido posible.

A mi hermano **Daniel**, mi hermana **Imelda** por sus palabras de aliento para seguir esforzándome, por todos esos momentos en los que me hicieron sonreír y por siempre estar presentes en cada etapa de mi formación académica.

A mis sobrinas **Lizeth**, **Evelin** y **Melisa**, por ser mi motivación para seguir esforzándome en la vida, por siempre alegrarme mis días y por todo su cariño.

A **Emmanuel**, por nunca dejar que me rindiera, por motivarme a superar las barreras que yo misma construía, por siempre estar al pendiente de mí en los buenos y malos momentos, pero sobre todo por su amor que me ha demostrado en toda esta etapa de mi vida, tú has sido mi rayito de sol en estos últimos años.

A mis Compañeros de la carrera, por todos esos momentos únicos que pasamos, por tantas risas y llantos compartidos, les agradezco todo el apoyo y cariño brindado a lo largos de nuestra formación, les deseo el mejor de los éxitos a todos.

Eva Juanita Pérez Fonseca

Al maestro Iván Gómez por todo el apoyo y enseñanzas durante la elaboración de este proyecto, por la confianza, ánimos, motivación y sobre todo amistad incondicional que siempre me brindo.

A la Dra. Marcela Quiroz por el gran apoyo que me proporciono en la realización de este trabajo, por sus buenos consejos, enseñanzas y apoyo durante mi desarrollo a lo largo de mi carrera profesional.

A la maestra Nora Hernández, al Dr. Octavio Roldan y al Dr. José Gómez por todas sus enseñanzas durante mi formación académica y por todo el apoyo brindado en la elaboración de esta investigación.

A mis compañeros y amigos por siempre brindarme su apoyo y por recorrer esta etapa siempre unidos.

A la Universidad Autónoma de Querétaro Campus Conca, a todos los profesores de la Licenciatura en Producción Agropecuaria Sustentable que formaron parte de mi desarrollo académico.

Contenido

Resumen en español.....	3
Abstract.....	4
Dedicatorias	6
Agradecimientos.....	7
Índice de Tablas.....	10
Índice de Figuras.....	10
Índice de Imágenes.....	11
I. Introducción.....	12
II. Antecedentes.....	13
2.1 Ganadería.....	13
2.2 Ganadería en la zona serrana	16
2.3 Los forrajes.....	18
2.3.1 Forrajes verdes	18
2.3.2 El forraje verde hidropónico (FVH)	18
2.3.3 Forrajes secos	18
2.4 Gramíneas y leguminosas	19
2.5 Alternativas en la alimentación para la producción animal	20
2.6 Análisis Químico Proximal (AQP)	22
2.6.1 Proteína cruda (PC)	22
2.6.2 Extracto etéreo (EE)	22
2.6.3 Cenizas	23
2.6.4 Fibra Detergente Neutra (FDN)	23
2.6.5 Materia seca (MS)	23
2.6.6 Extracto libre de nitrógeno (ELN)	24
2.7 Comparación morfológica de las especies vegetales	24
III Hipótesis.....	25
IV Objetivos.....	25
4.1 Objetivo general:.....	25

4.2 Objetivos específicos:	25
V. Material y Métodos o Metodología.....	25
5.1 Localización	25
5.2 Obtención de material vegetativo	26
5.3 Análisis químico proximal	26
VI Discusión y resultados	27
6.1 Comparación morfológica.....	27
6.2 Comparación bromatológica.....	34
VII Conclusiones.	41
VIII Bibliografía.....	43

Índice de Tablas.

Tabla 1. Entidades federativas con más producción de ganado bovino en 2019. Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).	14
Tabla 2. Producción de ganado en los municipios de la zona serrana de Querétaro. (2023) Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).	17
Tabla 3. Descripción morfológica del tallo de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	28
Tabla 4. Descripción morfológica de hojas de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	29
Tabla 5. Descripción morfológica de la inflorescencia de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	30
Tabla 6. Descripción morfológica de la flor de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	31
Tabla 7. Descripción morfológica del fruto/semilla de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	32
Tabla 8. Descripción morfológica de la raíz de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	33
Tabla 9. Resultados del análisis bromatológico (%) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	34

Índice de Figuras.

Figura 1. Contenido de Proteína cruda (PC) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	38
Figura 2. Contenido de extracto etéreo (EE) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	39
Figura 3. Contenido de Cenizas de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	39
Figura 4. Contenido de fibra detergente neutra (FDN) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	40
Figura 5. Contenido de materia seca (MS) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i>	40

Figura 6. Contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) de <i>T. diversifolia</i> , <i>T. tubaeformis</i> y <i>H. annuus</i> .	41
---	----

Índice de Imágenes.

Ilustración 1. Colecta de muestras de Acahual (<i>Tithonia tubaeformis</i>) para AQP.	26
Ilustración 2. Pesaje de materias vegetal.	26
Ilustración 3. Proceso de secado en estufa.	27
Ilustración 4. Proceso de molienda de muestras en mortero.	27
Ilustración 5. Trituración de muestras hasta pulverizar.	27
Ilustración 6. Almacenamiento de muestras.	27
Ilustración 7. Tallo tierno, joven y maduro de <i>T. diversifolia</i> .	28
Ilustración 8. Tallo joven de <i>T. tubaeformis</i> .	28
Ilustración 9. Tallo maduro de <i>H. annuus</i> .	28
Ilustración 10. Hojas tiernas de <i>T. diversifolia</i> .	29
Ilustración 11. Hoja joven de <i>T. tubaeformis</i> .	29
Ilustración 12. Hojas maduras de <i>H. annuus</i> .	29
Ilustración 13. Inflorescencia de <i>T. diversifolia</i> .	30
Ilustración 14. Inflorescencia de <i>T. tubaeformis</i> .	30
Ilustración 15. Inflorescencia de <i>H. annuus</i> .	30
Ilustración 16. Flores de <i>T. diversifolia</i> .	31
Ilustración 17. Flores de <i>T. tubaeformis</i> .	31
Ilustración 18. Flores de <i>H. Annuus</i> .	31
Ilustración 19. Semillas de <i>T. diversifolia</i> .	32
Ilustración 20. Semillas de <i>T. tubaeformis</i> .	32
Ilustración 21. Semillas de <i>H. annuus</i> .	32
Ilustración 22. Raíz de <i>T. diversifolia</i> .	33
Ilustración 23. Raíz fibrosa de <i>T. tubaeformis</i> .	33
Ilustración 24. Raíz de <i>H. annuus</i> .	33

I. Introducción

Los forrajes nativos han emergido como una alternativa prometedora para la alimentación animal, especialmente en regiones donde las prácticas de pastoreo y cultivo de forrajes convencionales no son siempre sostenibles o viables. Estos forrajes, que incluyen plantas autóctonas adaptadas a las condiciones climáticas y del suelo locales, ofrecen una fuente rica de nutrientes para los animales, a la vez que promueven la conservación de los ecosistemas naturales y la biodiversidad. A diferencia de los forrajes exóticos, los nativos requieren menos insumos externos, como fertilizantes o pesticidas, lo que reduce el impacto ambiental y mejora la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Además, al ser plantas adaptadas a las condiciones locales, los forrajes nativos tienen una mayor resistencia a plagas, enfermedades y variaciones climáticas extremas. Esta característica los convierte en una opción ideal frente a los desafíos que presenta el cambio climático y la creciente demanda de alimentos para animales. Por lo tanto, explorar e implementar el uso de forrajes nativos no solo es beneficioso desde el punto de vista productivo, sino también como una estrategia clave para promover una agricultura más ecológica y resiliente.

Tithonia diversifolia es una especie forrajera nativa a la cual no se le da el valor que merece, ya que según estudios en otras regiones tiene un alto valor proteico y es muy consumida por la mayor parte de los animales de producción.

Así mismo *Helianthus annuus* es una especie muy conocida en la región, pero es más usada para fines comestibles y ornamentales, sin embargo, estudios revelan su eficiente uso en dietas alternativas para la alimentación animal.

En la región de la Sierra de Querétaro la mayor parte de las personas se dedican a la ganadería, sin embargo, no usan forrajes nativos para las dietas de dichos animales, por lo cual este estudio permitirá que los productores empiecen a emplear y reproducir dichas especies, promoviendo una conservación de todas las especies forrajeras nativas que nos rodean.

II. Antecedentes.

2.1 Ganadería

La ganadería es la principal fuente económica en México y es la forma de uso del suelo más extendida en todo el territorio del país, lo cual le da una gran importancia económica, social y ambiental. Esta actividad llegó a América con los españoles en el siglo XVI como un producto indispensable para la alimentación de los conquistadores, consumidores de carne y trigo. Los pueblos originarios no tenían animales domésticos bovinos, caprinos, ovinos, equinos o porcinos y las proteínas de su dieta las proveían la caza de especies silvestres y la pesca, suficientes para el sustento de poblaciones limitadas por su hábitat (Nájera, 2013). Durante el período colonial, el ganado vacuno se multiplicó a medida que se penetraba en el interior del territorio mexicano, para proveer el alimento básico de los nuevos pobladores, el cual fue adoptado en mayor o menor proporción por los pueblos originarios. No se consideró como un factor generador de riqueza ya que, dentro del contexto macroeconómico del imperio español, se organizó como una economía minera y la actividad agropecuaria sólo se estableció para satisfacer el consumo doméstico. La ganadería creció en forma espontánea, sin apoyo del Estado y superó de sobra las necesidades alimenticias de la población, hasta el punto de que se daban casos donde se sacrificaban los animales sólo para aprovechar el cuero, y la carne era dejada de comida a las fieras y a los carroñeros. Especializada la economía en la extracción de metales preciosos, las actividades agrícolas y ganaderas crecieron como faenas secundarias, salvo en aquellas regiones en las que, como en las planicies bajas del Caribe, no había minas (Nájera, 2013). Al hacer referencia a la ganadería en general se trata de distintas especies: vacas, cerdos, cabras, ovejas, asnos o gallinas, a escalas grandes, medianas o pequeñas. Cada tipo de ganadería tiene peculiaridades que requieren de acción especial. Las vacas, los cerdos, las cabras y las demás especies tienen impactos diferenciales en el ambiente (Louette, *et al.*, 2001).

La Revolución Verde incrementó sustancialmente la producción agrícola y ganadera, pero con el paso del tiempo aumentaron los impactos ambientales directos e indirectos, como la sobreexplotación de la tierra, la mayor presencia de patógenos como las garrapatas y las

enfermedades que transmiten, deficiencias nutricionales a causa de la reducción de biomasa aérea neta en los pastizales por los largos periodos de sequía, el agotamiento de la fertilidad del suelo, la contaminación del suelo y agua por el uso de agroquímicos, la presencia de especies invasoras, la pérdida de la agrobiodiversidad, la desigualdad económica, falta de equidad en la distribución de la riqueza y la reducción de los rendimientos. (Alexandre *et al.*, 2021)

En años recientes, en el mundo se han vivido crisis de múltiples dimensiones: económica, ambiental, social, energética, sanitaria, migratoria, etc. Estas crisis conllevan a una mayor falta algo aquí que se ha definido como crisis civilizatoria, que parte de un impacto sobre la naturaleza, la tierra, los alimentos y la salud. La gran crisis ha obligado a la humanidad a reflexionar y repensar su forma de vivir (Del Ángel, *et al.*, 2023)

A nivel internacional la producción de ganado es una de las actividades de suma importancia para la economía de diversas culturas, considerada como un medio para lograr la autosuficiencia alimentaria, además de ser el trabajo y sustento para las personas que viven en zonas rurales y agrícolas (Louette, *et al.*, 2001).

En la tabla 1 se muestra que para el año de 2019 las entidades federativas que se dedicaban más a la producción de ganado bovino fueron:

Tabla 1. Entidades federativas con más producción de ganado bovino en 2019. Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Entidad federativa	Número de cabezas
Baja California	282,583
Baja California Sur	155,195
Campeche	650,403
Coahuila de Zaragoza	772,705

Colima	240,680
Chiapas	2,072,083
Chihuahua	1,845,995
Durango	1,931,043
Guanajuato	1,140,685
Hidalgo	524,057
Jalisco	2,727,961
Estado de México	584,168
Nayarit	745,292
Nuevo León	687,521
Oaxaca	1,464,178
Puebla	465,189
Querétaro	333,517
Quintana Roo	90,310
San Luis Potosí	1,021,808
Tabasco	1,710,001
Tamaulipas	1,043,369
Veracruz	4,571,170

En México destaca la producción de porcinos y caprinos, sin embargo, por su sobresaliente desarrollo y exención, la ganadería vacuna es la más importante entre las especies domesticadas (Louette, *et al.*, 2001).

Se sabe que la producción ganadera ha tenido un gran crecimiento en México; por ejemplo, del año 2014 al año 2020, la producción de carne de bovino creció casi un 14%, la carne de ave aumentó alrededor del 24%, la producción de huevo de ave lo hizo en un 17% y la leche de bovino en poco más del 18%, cifras superiores al crecimiento de la población, que, en el mismo período, mostró un crecimiento de poco más de 5% (Inegi, 2021).

Para el 2019, hay 34, 037,141 cabezas de ganado bovino de las cuales 45.3 % son vacas para cría de becerros o producción de leche, para el ganado porcino, se estimaron 14 millones de cabezas en México, de las cuales el 66.8 % están en desarrollo o engorda y la producción de aves de corral fue de 423 millones de cabezas, de las cuales 45.8 % son pollos y pollas en crecimiento (Inegi, 2021).

2.2 Ganadería en la zona serrana

En la tabla 2 se muestra la producción (T) de ganado en los municipios de la zona serrana de Querétaro. Se puede observar que el municipio de Jalpan de Serra es el mayor productor de ganado bovino con un total de 635.070 T, siguiendo Landa de matamoros con un total de 549.079 T. De igual manera en la producción de porcinos Jalpan es el principal productor con un total de 271.755 T y Landa de Matamoros como el segundo productor con 129.234 T. El municipio con mayor producción de ovinos es Jalpan de Serra con 22.199 T, siguiendo Pinal de amoles con 15.095 T.

En la producción caprina, Pinal de amoles y Jalpan de Serra son los principales ya que generan 9.063 T y 4.820 tn. El municipio de Jalpan es el principal productor de aves con un total de 216.719 T, Pinal con 102.026 T. Por último, la producción de guajolote tiene un auge bajo en comparación a las otras producciones, el mayor productor es el municipio de Pinal de amoles con un total de 1.416 T y como segundo productor está Jalpan de Serra con un total de 1.30.

Tabla 2. Producción de ganado en los municipios de la zona serrana de Querétaro. (2023) Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Producción en toneladas						
Municipio	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Aves	Guajolote
Jalpan de Serra	635.070	271.755	22.199	4.820	216.719	1.309
Landa de Matamoros	549.079	129.234	13.684	3.055	87.206	1.110
Pinal de Amoles	343.805	94.080	15.095	9.063	102.026	1.416
Arroyo Seco	357.826	105.468	11.870	2.822	71.102	1.044

Para tener estas producciones animales, es necesario tener fuentes de alimentos y para estas producciones de masa vegetal se usan plaguicidas para evitar que las plagas destruyan los alimentos. En la ganadería se están utilizando cantidades considerables de plaguicidas que favorecen el crecimiento del forraje, insecticidas y fungicidas usados en el almacenamiento y transporte de semillas con fines forrajeros (Del Ángel *et al.*, 2023).

Si bien sabemos los alimentos para el consumo animal pueden ser cualquier componente orgánico, inorgánico o una combinación de ambos. Así mismo, es común que se clasifiquen en forrajes y concentrados. Dentro de la primera categoría se centran los forrajes verdes, los

forrajes conservados y los residuos de la cosecha, mientras que en los concentrados se encuentran los granos de cereal, los subproductos de la molinería, las grasas y aceites, los subproductos de la industria del azúcar y suplementos minerales (Firco, 2017)

2.3 Los forrajes

Los forrajes son todas aquellas plantas que se cultivan para el consumo de los animales. Puede ser consumida en pie o diferida, según sean las necesidades del proceso productivo, pasto, pienso, compuesto, heno y ensilajes (Hernández, 1990).

2.3.1 Forrajes verdes

Estos son de consumo inmediato justo al punto de ser cosechados y directamente en la pradera los cuales se les denomina pastos de pastoreo y de corte (Firco, 2017).

2.3.2 El forraje verde hidropónico (FVH)

Es el resultado del proceso de germinación, generalmente de granos de cereales (cebada, trigo, avena, maíz), cuyo forraje se cosecha en períodos de 10 a 12 días. En general, se reconoce que el empleo de FVH es viable para la alimentación animal dado su alto contenido de proteína cruda (PC), vitaminas y minerales, aunque diferentes densidades de siembra y tiempos de cosecha se manifiestan en variaciones en la composición química del forraje obtenido. El valor nutritivo del FVH también varía con el tipo de cereal utilizado y el tiempo de cosecha (Soto *et al.*, 2012).

2.3.3 Forrajes secos

Este tipo de forraje se corta y se deja secar, se le denomina heno y normalmente son utilizados en las épocas de sequía (Firco, 2017).

En el reino vegetal existen dos órdenes botánicos de gran importancia por su potencial forrajero y la gran cantidad de géneros y especies que abarcan dentro de la flora universal. Estos órdenes agrupan a las gramíneas y a las leguminosas (Hernández, 1990).

2.4 Gramíneas y leguminosas

El adjetivo gramíneo se emplea para calificar a una planta de acuerdo a ciertas características de su tallo. Por extensión, se conoce con este término a la familia de estas especies. Las gramíneas son angiospermas monocotiledóneas, dos conceptos que refieren a cualidades específicas. Las angiospermas son fanerógamas con carpelos cerrados (ovarios) que contienen a los óvulos. Al ser fanerógamas, sus órganos reproductivos tienen forma de flor y resultan visibles. En cuanto a su inclusión en el conjunto de las monocotiledóneas, se debe a que su embrión presenta un único cotiledón (nombre que alude a la primera hoja de las fanerógamas) (Hernández, 1990).

Las leguminosas (Fabaceae) son una familia taxonómica de plantas herbáceas, arbustivas o arbóreas, perennes y anuales, pertenecientes al orden fabales. Constituyen un grupo de distribución cosmopolita que se reconoce fácilmente por el fruto típico “legumbre” y las hojas compuestas con una estípula laminar. De las angiospermas conocidas, la familia fabaceae es una de las más numerosas junto con las asteráceas y orquidáceas. De hecho, en la actualidad se han descrito e identificado aproximadamente 730 géneros y más de 19.500 especies, varias de importancia económica (Hernández, 1990)

La familia *Asteraceae* es uno de los grupos de plantas vasculares más grande que hay; se estima que a nivel mundial existen alrededor de 1535 géneros y de 23000 a 32000 especies. Para México, se reportan alrededor de 362 géneros y 3351 especies. Las plantas que conforman esta familia son un grupo altamente heterogéneo respecto a la morfología de sus partes vegetativas (raíces, tallos, hojas, indumento, etc.), ya que presentan casi todos los tipos de formas, disposición y arreglo; en cambio, es conspicuamente homogéneo en cuanto a la morfología de la inflorescencia que las hace verdaderamente inconfundibles (Muñoz., 2010).

Las características de los forrajes dependen principalmente del tipo especie, de las condiciones fisicoquímicas del suelo, el clima y el tipo de la producción ganadera para la cual sea destinada. Debe reunir condiciones tales como ser nutritiva, palatable, de fácil

multiplicación por el hombre, no debe competir con la alimentación humana y que pueda producirse económicamente en relación con el producto final.

La producción de forraje para la alimentación de ganado se basa en especies como el maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), avena, cereales de invierno y especialmente alfalfa (*Medicago sativa* L.), que ocupa 40 % de superficie total forrajera (Reta *et al.*, 2010). Delgado *et al.*, (2011) mencionan que el pasto es la principal fuente de alimentación, sin embargo, posee muchas limitantes como deficiencias proteicas, de energía y minerales, de igual manera menciona que la maralfalfa (*Pennisetum sp*) es comúnmente utilizado para la alimentación de ganado aportándole gran cantidad de nutrientes, el sorgo (*Sorghum vulgare*) es uno de los principales granos en México, su importancia radica en que nutre a las industrias ganaderas de alimentos balanceados para los animales y por último pero no menos importante la pasta de soya que es una buena fuente de proteína vegetal.

2.5 Alternativas en la alimentación para la producción animal

El género *Tithonia* pertenece a la familia Asteraceae, con más de 10 especies, presenta colores muy brillantes como amarillo, rojo, naranja e incluso combinaciones, este género se encuentra tanto en variedades y especies domésticas como silvestres. Es originario de Centroamérica, pero se encuentra ampliamente distribuido en el área tropical de diferentes continentes, lo que le confiere una gran plasticidad ecológica. El género fue descrito por Desf. ex Juss. y publicado en *Genera Plantarum* 189. 1789 (Rodríguez *et al.*, 2016)

Tithonia diversifolia (conocido como botón de oro) es una especie de plantas de la familia Asteraceae de 1.5 a 4.0 metros de altura caracterizada por una red radicular, posee un tallo erecto ramificado y único, sus ramas tiernas quedarán cubiertas por pelillos los cuales se perderán con la edad. Sus hojas son alternas pecioladas, muy pilosas en el envés. La inflorescencia *Tithonia diversifolia* contienen varias cabezuelas sueltas grandes, en ocasiones agrupadas y en otras solitarias, el fruto es seco indehisciente y contiene una sola semilla conocida como aquenio o cipsela el cual es oblongo, cubierto de pelillos recostado sobre su superficie. La semilla es pequeña, liviana, numerosa y generalmente presenta baja viabilidad

para su propagación. La forma de la raíz tiene por funciones principales el anclaje de la planta, la absorción de nutrientes y el almacenamiento de los mismos, dependiendo de su forma de propagación, siendo pivotante cuando es sexual y adventicias cuando es asexual. (González *et al.*, 2014)

Tithonia tubaeformis (conocida como gigantón) es perteneciente a la familia Asteraceae, en una planta anual erecta muy robusta y se le puede encontrar en floración de junio a noviembre, mide de dos a cuatro metros de altura, tiene un tallo Cilíndrico, finamente estriado, veloso en toda su extensión, hojas Alternas con pecíolos largos, láminas ovadas a triangular-ovadas, ápice acuminado, contienen su inflorescencia en cabezuelas solitarias o agrupadas por varias en el extremo de las ramas. Frutos y semillas: Aquenio oblongo-cuneado, grueso, de 4 a 6 mm de largo, pálido, velutino, vilano de 2 aristas anchas, desiguales, 12 a 14 escamas desiguales, lacerado-fimbriadas, a veces las aristas faltan. (Prillwitz., 2016)

De la misma manera ***Helianthus annuus*** pertenece a la familia Asteraceae, esta es una planta domesticada importante; su forma silvestre es originaria del norte de México y oeste de E.U.A. es resistente a la sequía, de ciclo corto y con baja exigencia nutricional. Es un cultivo que se adapta bien a diferentes condiciones edáficas y climáticas, se desarrolla mejor en suelos profundos, ligeramente alcalinos y con buen drenaje, lo cual es una gran alternativa para utilizarla como forraje (Carrillo *et al.*, 2022). Es una hierba robusta, pero anual, de más de 1 m de alto, con flores en cabezuelas grandes; las exteriores son amarillas y las interiores son café. Los frutos tienen la forma típica del girasol. Las hojas y el tallo son muy ásperos al tacto. Posee un tallo erecto simple o ramificado, por lo general toscamente hispido, con hojas en su mayoría alternas, con pecíolos de hasta 20 cm de largo, lámina ovada a triangular-ovada o anchamente lanceolada, hasta 45 cm de largo y 35 cm de ancho, obtusa a acuminada en el ápice, toscamente aserrada a subentera en el margen, cuneada a acorazonada en la base, por lo común escábrida (áspera) hispida en ambas caras, trinervada (Mondragón *et al.*, 2009).

2.6 Análisis Químico Proximal (AQP)

El valor nutricional de un alimento puede ser estimado a partir de su composición química, el consumo voluntario potencial, la tasa y potencial de digestión y absorción de los nutrientes o a partir de la eficiencia de utilización de nutrientes específicos.

El análisis químico proximal tiene como fin dar una descripción rutinaria de los alimentos para ganado, este consiste en seis componentes de propiedades químicas o nutritivas similares las cuales son agrupadas en las siguientes determinaciones. Proteína cruda, extracto etéreo, ceniza, fibra detergente neutra, materia seca y extracto libre de nitrógeno (Burgos *et al.*, 2016).

2.6.1 Proteína cruda (PC)

La proteína cruda consiste en proteína verdadera (aminoácidos contenidos en cadenas polipeptídicas) y nitrógeno no proteico (amidas, nitratos, ciertas vitaminas, urea, aminoácidos individuales, etc.). El análisis de proteína cruda se determina por la técnica de Kjeldahl que consiste en una digestión, destilación y titulación AOAC (2002) este análisis es importante para clasificar un producto (proteico, energético) o evaluar la calidad de un alimento al compararlo con otros de origen similar (Burgos *et al.*, 2016).

2.6.2 Extracto etéreo (EE)

El extracto contiene una amplia variedad de compuestos solubles en el solvente como son: grasas o lípidos, ácidos grasos libres, clorofila, aceites volátiles, vitaminas etc.

Los compuestos con importancia cuantitativa normalmente son las grasas verdaderas y los ésteres de ácidos grasos, algunos lípidos compuestos y vitaminas.

Las grasas representan una forma concentrada de energía. Es por ello por lo que el análisis pretende cuantificar estos compuestos.

En los rumiantes se debe monitorear el contenido de grasas en las raciones para evitar exceder el 6-8% de grasa por ración, esto podría ocasionar problemas en la digestión (Burgos *et al.*, 2016).

De acuerdo con la AOAC (2002), este análisis consiste en someter las muestras a un proceso de extracción con éter dietílico.

2.6.3 Cenizas

Burgos *et al.*, (2016) mencionan que el contenido de cenizas de un alimento normalmente es menor al 10% de la materia seca. El análisis puede dar información sobre contaminación y/o adulteración del alimento con suelo, arena, sal, carbonatos etc.

El contenido de cenizas de un alimento es determinado por combustión completa (en mufla a 550- 600°C) sugerido por AOAC (2002), el residuo de esta combustión contiene los elementos minerales totales del alimento.

2.6.4 Fibra Detergente Neutra (FDN)

Esta fracción FDN corresponde a la pared celular. La digestibilidad y disponibilidad de esta fracción es controlada por las características estructurales y arreglo tridimensional de sus componentes principales que es la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílica, todos ellos agrupados en esta fracción (Burgos *et al.*, 2016).

El análisis no proporciona información sobre la velocidad y potencial de utilización de estos compuestos. Este análisis pretende simular los procesos de digestión ácida y alcalina que ocurren en el tracto digestivo (Tapasco, 2024), este análisis se determina mediante el equipo ANKOM, de acuerdo con la AOAC (2002).

2.6.5 Materia seca (MS)

Todos los alimentos contienen cantidad de agua, la importancia de la determinación del contenido de agua o humedad radica en el efecto de dilución del agua sobre los nutrientes remanentes en el alimento cuando se reporta en base seca. Por lo tanto, la concentración de

cualquier nutriente en base seca siempre será mayor que en base húmeda. El contenido de la humedad es importante cuando se habla de la conservación de un alimento con alto nivel de humedad puede proporcionar la aparición de hongos y esto puede causar efectos negativos en los animales. (Burgos *et al.*, 2016).

Este análisis se realiza utilizando la estufa de secado hasta obtener un peso constante de la muestra para después someterlas a un desecador por 15 min AOAC (2002). Las muestras se pueden secar desde 60 a 105°C. La temperatura está en función del tipo de muestra y en base al tipo de análisis que se vaya a aplicar a la muestra obtenida. Si solamente se va a determinar la humedad se puede secar hasta 105°C.

2.6.6 Extracto libre de nitrógeno (ELN)

El ELN principalmente está formado por carbohidratos fácilmente aprovechables como los azúcares simples y el almidón, como también puede contener hemicelulosa y lignina, más que nada en alimentos como las pajas y henos (Burgos *et al.*, 2016). Desde un punto nutricional esta fracción está altamente utilizada por todos los animales, pero el ELN de las pajas y henos tiene un menor nivel de aprovechamiento.

Según Burgos *et al.*, 2016 y la AOAC (2002) esta fracción se determina por la diferencia de la MS y la sumatoria de (Ceniza+PC+FDN+EE). El análisis incorpora en esta determinación todos los errores de los análisis previos. Se determina libre de nitrógeno bajo el supuesto que la determinación de la PC fue precisa y por lo tanto el residuo no debiera contener N.

2.7 Comparación morfológica de las especies vegetales

El estudio morfológico de las plantas, por medio de técnicas rigurosas y observaciones meticulosas, pretende investigar sus aspectos macroscópicos, explorar y comparar aquellos aspectos microscópicos de forma, estructura y reproducción; los cuales constituyen la base para la interpretación de similitudes y diferencias entre ellas.

III Hipótesis.

Las dos especies nativas de *Tithonia* y *Helianthus annuus* tienen potencial nutricional, adaptabilidad y viabilidad para ser incluidas como ingredientes en las dietas comerciales de animales.

IV Objetivos.

4.1 Objetivo general:

Identificar las características nutricionales y morfológicas de *Tithonia diversifolia*, *Tithonia tubaeformis* y *Helianthus annuus*.

4.2 Objetivos específicos:

- Identificación morfológica de cada especie.
- Efectuar un análisis nutricional (Análisis químico proximal) de las tres especies.
- Describir el uso potencial de estos tres forrajes nativos.

V. Material y Métodos o Metodología.

5.1 Localización

Los forrajes se colectaron dentro de las instalaciones del módulo pecuario de la Universidad Autónoma de Querétaro, en la delegación de Concá, Arroyo Seco. Así mismo los procesos para obtener las muestras finales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis bioquímico y biosperma en este lugar.

El análisis químico proximal se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, ubicado en Juriquilla.

5.2 Obtención de material vegetativo

Se utilizó el follaje de tres forrajes nativos de la región: *Tithonia diversifolia* (400 g), *Tithonia tubaeformis* (400 g) y *Helianthus annuus* (400 g), colectados durante los meses de diciembre 2022-enero 2023; enero-febrero 2023, el cual fue seleccionado para obtener el follaje más tierno de las muestras (Ilustración 1 y 2).



Ilustración 1. Colecta de muestras de Acahual (*Tithonia tubaeformis*) para AQP.



Ilustración 2. Pesaje de materias vegetal.

5.3 Análisis químico proximal

Las muestras obtenidas se colocaron en la estufa de secado hasta que se obtuvo el peso constante en gramos, durante una semana a temperatura de 40° C (Ilustración 3), de acuerdo con la metodología de la AOAC (1984). Con las muestras secas obtenidas de cada forraje, se pasó al proceso de la molienda (Ilustración 4), en el cual se trituró hasta pulverizar cada muestra (Ilustración 5) y se almacenó en su respectivo frasco de vidrio sellado y etiquetado correspondientemente (Ilustración 6).



Ilustración 3. Proceso de secado en estufa.



Ilustración 4. Proceso de molienda de muestras en mortero.



Ilustración 5. Trituración de muestras hasta pulverizar.



Ilustración 6. Almacenamiento de muestras.

Una vez realizado lo anterior, se utilizaron 15 gramos de follaje por muestra (M1: *T. diversifolia*; M2: *T. tubaeformis*; M3: *H. annuus*), se determinó por duplicado cada análisis y un control, donde se evaluó: Proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, fibra detergente neutra (FDN), materia seca (MS) y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (2002).

VI Discusión y resultados

6.1 Comparación morfológica

En la tabla 3, 4, 5, 6, 7 y 8, se presentan los resultados de la descripción morfológica de cada una de las partes de las especies evaluadas, todas las descripciones se compararon con las ilustraciones obtenidas y se basaron en información bibliográfica.

Tabla 3. Descripción morfológica del tallo de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
TALLO	Erecto, ramificado y único, las ramas tiernas cubiertas de vellosidad, que con la edad se pierden. (González, 2014).	Cilíndrico, finamente estriado, con vellosidad en toda su extensión, blanquecinos, rojizos o verdosos. Más o menos ramificado. (López, 2005)	Cilíndrico con consistencia semileñosa y maciza en su interior. La superficie exterior de este es rugosa, asurcada y vellosa; excepto en su base. El tallo es recto, pero en su etapa adulta se inclina por el peso de su inflorescencia. (Cañavera, 2022).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p><i>Ilustración 7. Tallo tierno, joven y maduro de T. diversifolia.</i></p>	 <p><i>Ilustración 8. Tallo joven de T. tubaeformis.</i></p>	 <p><i>Ilustración 9. Tallo maduro de H. annuus.</i></p>

Tabla 4. Descripción morfológica de hojas de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
HOJA	Las hojas son alternas, pecioladas, con un ápice acuminado, divididas en tres a cinco lóbulos, muy pilosas en el envés, con dientes redondeados en el margen y la base. (César, 2014)	Sus hojas son alternas con pecíolos largos, láminas ovadas a triangular-ovadas, de 1.5 a 11 cm de largas y hasta de 15 a 17 de anchas, verdes oscuros en el haz y más pálidas en el envés, suaves al tacto y no ásperas. (Prillwitz., 2016)	Las hojas son alternas, grandes, trinervadas, muy pecioladas y de formas variables; lámina ovada a triangular-ovada o anchamente lanceolada. Por lo común escábrida (áspera) hispida en ambas caras. (Girón, 2023).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p>Ilustración 10. Hojas tiernas de <i>T. diversifolia</i>.</p>	 <p>Ilustración 11. Hoja joven de <i>T. tubaeformis</i>.</p>	 <p>Ilustración 12. Hojas maduras de <i>H. annuus</i>.</p>

Tabla 5. Descripción morfológica de la inflorescencia de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
INFLORESCENCIA	La inflorescencia contiene varias cabezuelas grandes, se presenta en divisiones donde las flores sésiles son pequeñas que está dispuesta sobre el receptáculo convexo y tiene un aspecto tubular y pétalos de color amarillo. (Carrión et al., 2022)	Su inflorescencia en cabezuelas solitarias o agrupadas por varias en el extremo de las ramas, sobre pedúnculos fistulosos, ensanchados y cubiertos por pubescencia larga y densa hacia su extremo y a menudo oscuras en el ápice. (Prillwitz., 2016)	El capítulo (inflorescencia), está formada por dos tipos de flores que se encuentran insertadas en un receptáculo rodeado de brácteas protectoras. Las más externas, llamadas flores liguladas, de color amarillo, y en el interior flores tubulares de color rojizo. (Girón, 2023).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p data-bbox="548 1203 898 1256">Ilustración 13. Inflorescencia de <i>T. diversifolia</i>.</p>	 <p data-bbox="940 1203 1402 1227">Ilustración 14. Inflorescencia de <i>T. tubaeformis</i>.</p>	 <p data-bbox="1444 1203 1877 1227">Ilustración 15. Inflorescencia de <i>H. annuus</i>.</p>

Tabla 6. Descripción morfológica de la flor de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
FLORES	Las flores sésiles y pequeñas, dispuestas sobre un receptáculo convexo, provisto en su superficie de brácteas rígidas, puntiagudas; Las flores liguladas, de doce a catorce, de color amarillo brillante, muy vistosa. (González, 2014).	Flores liguladas de 11 a 20, sus corolas amarillas a anaranjadas, las láminas elípticas, hasta de 5 cm de largo. (Prillwitz., 2016)	Flores liguladas estériles, poseen una corola semejante a un pétalo; se disponen radialmente en unas o dos filas, en número de 30 a 70. Su color puede variar de amarillo a anaranjado. Hacia el interior, las denominadas tubulares, son flores hermafroditas dispuestas a manera de espiral con una antesis acrópeta. (Girón, 2023).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p data-bbox="590 1256 854 1312">Ilustración 16. Flores de <i>T. diversifolia</i>.</p>	 <p data-bbox="982 1256 1362 1284">Ilustración 17. Flores de <i>T. tubaeformis</i></p>	 <p data-bbox="1486 1256 1835 1284">Ilustración 18. Flores de <i>H. Annuus</i></p>

Tabla 7. Descripción morfológica del fruto/semilla de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
FRUTO/SEMILLAS	El fruto es seco, indehiscente y contiene una sola semilla de 6 mm de largo, conocida como aquenio o cipsela el cual es oblongo. La semilla es pequeña, liviana, numerosa. (González, 2014).	Fruto aquenio oblongo-cuneado, grueso, de 4 a 6 mm de largo, pálido, velutino, vilano de 2 aristas anchas, desiguales, hasta de 3.5 mm de largo, 12 a 14 escamas desiguales, lacerado-fimbriadas, de 0.3 a 1.2 mm de largo, a veces las aristas faltan (Daniel et al., 2024).	El fruto es fibroso y duro, quedando pegado a la semilla. Estas miden aproximadamente entre 10 - 15 mm de largo y está formado por un embrión cubierto por el tegumento seminal y el pericarpio (cáscara). El pericarpio está formado por células alargadas y pigmentadas. (Cañavera, 2022).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p data-bbox="558 1243 873 1295"><i>Ilustración 19. Semillas de T. diversifolia.</i></p>	 <p data-bbox="968 1222 1377 1247"><i>Ilustración 20. Semillas de T. tubaeformis.</i></p>	 <p data-bbox="1476 1222 1850 1247"><i>Ilustración 21. Semillas de H. annuus.</i></p>

Tabla 8. Descripción morfológica de la raíz de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

DESCRIPCIÓN	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	<i>Tithonia tubaeformis</i> (Jacq.) Cass.	<i>Helianthus annuus</i> L.
RAÍZ	Raíz principal fusiforme con numerosas derivaciones secundarias muy finas. (Angulo-Arizala, 2017)	Las raíces son fibrosas ya que tiene un aspecto de fibras, en donde normalmente todas son de la misma longitud y grosor. (Vibrans, Malezas de México, 2009)	Está formada por una raíz pivotante y un sistema de raíces secundarias. Esta, profundiza poco. En la zona engrosada de la raíz principal, cerca del cuello, se forman un gran número de raíces laterales. (Franco, 2022)
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 <p data-bbox="562 1256 879 1312">Ilustración 22. Raíz de <i>T. diversifolia</i>.</p>	 <p data-bbox="968 1221 1285 1276">Ilustración 23. Raíz fibrosa de <i>T. tubaeformis</i></p>	 <p data-bbox="1463 1221 1787 1243">Ilustración 24. Raíz de <i>H. annuus</i></p>

6.2 Comparación bromatológica

Durante el proceso de crecimiento de las plantas, estas empiezan a sufrir cambios estructurales que si bien apoyan su desarrollo tienen un efecto negativo como aporte nutrimental en animales. Como mencionan Taiz y Zeiger (2010) la edad impacta en la presentación y cantidad de carbohidratos estructurales que contienen las plantas.

En la tabla 9, se presentan los valores obtenidos en la determinación del perfil bromatológico realizado con la técnica del AQP, con dos repeticiones por especie, de las cuales los resultados se reportan en base seca.

Tabla 9. Resultados del análisis bromatológico (%) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

Nombre	Proteína Cruda (PC)	Extracto Etéreo (EE)	Cenizas	Fibra Detergente Neutra (FDN)	Materia Seca (MS)	Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)
Tithonia diversifolia	17.8522	2.5758	15.7118	38.4375	91.7852	17.2081
Tithonia tubaeformis	14.7010	2.6327	14.2029	24.0903	91.7755	36.1486
Helianthus annuus	17.3107	3.2550	14.9365	30.1214	89.5954	23.9718

Según Murgueitio, (2009) y Ferreira, (2015), existen diversas plantas, entre árboles y arbustos, que se caracterizan por su alto valor nutricional y múltiples usos en la naturaleza; entre estas se destacan las leguminosas y otras especies perennes como la *T. diversifolia*, especie arbustiva muy ramificada que puede alcanzar alturas de hasta 3 o 4 m, perteneciente a la familia Asteraceae, y es comúnmente conocida como botón de oro o gigantón. Así mismo

Gallego (2014) la clasifica como una planta forrajera de alto potencial en la producción animal, por su fácil establecimiento, rusticidad, resistencia al corte y al ramoneo.

Los resultados del análisis químico proximal arrojaron que el contenido de proteína cruda (PC) es en promedio de 17.8522%. Este resultado se encuentra dentro del rango que menciona Verdecia *et al.*, (2011), donde el promedio de la proteína es de 24.13%, con un contenido mínimo de 11.7% y un máximo de 27.5 %.

El contenido de extracto etéreo (EE) es de 2.5758%, sin embargo, Wambui *et al.*, (2006), expone que en promedio el EE es de 3.25% con un mínimo de 1.9% y un máximo de 5.2%, lo cual indica que el resultado del AQP está dentro del rango expuesto por este autor.

Kato, (2014) indica que el contenido de Cenizas es en promedio de 15.66%, con un corte de 30 días de germinado, así mismo en los resultados el contenido de Cenizas es de 15.7118%.

Mauricio *et al.*, (2014), señala que en promedio el contenido de Fibra Detergente Neutra (FDN) es de 44.7%, y muestra un rango de 33.3% a 55.9%, por lo cual el valor obtenido en los resultados se encuentra dentro de este rango, con un promedio de 38.43775% de FDN.

El valor de materia seca (MS) obtenido fue en promedio de 91.7852%, este resultado fue mayor al reportado por Ferreira, (2015) con un promedio de 22.3%, con un mínimo de 1.5% y un máximo de 29.5%. Esta variación observada podría estar vinculada a una compleja interacción de factores como el estado fenológico de la planta, el momento exacto de la cosecha, las características del suelo, así como las condiciones climáticas y ambientales específicas que rodean a la planta. Cada uno de estos elementos tiene el potencial de influir en la acumulación de materia seca, creando un escenario en constante cambio que refleja la fragilidad y adaptación del ecosistema.

Juglans, S. (2021), presenta en un estudio realizado en Colombia que el contenido de Extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo con su estado vegetativo está entre el 50%- 65.6%. Por lo cual no hay relación con los resultados obtenidos en el AQP, ya que se presenta un

contenido de 13.9391% y 20.4771%. Esto puede deberse a que los factores climáticos, edáficos (del suelo) y de manejo agrícola pueden influir significativamente en la composición de las plantas, incluyendo el contenido de nitrógeno. La variabilidad entre regiones puede generar variaciones tanto en la cantidad como en la calidad de los compuestos bioquímicos presentes en las plantas.

Por otro lado, *Tithonia tubaeformis* muestra un contenido de proteína cruda (PC) del 14.70% en promedio, este resultado es ligeramente menor al descrito por Zepeda-Bastida *et al.*, (2019) con 16%, este estudio se realizó en el valle del Mezquital, en el estado de México, es importante destacar que factores como la época de corte, la edad de la planta, el déficit hídrico y las características edafológicas del suelo pudieron haber influido en el resultado de la producción de proteína cruda.

En cuanto al contenido de extracto etéreo resultó en promedio 2.6327%, sin embargo, Zepeda-Bastida *et al.*, (2019) muestra que el contenido en la planta entera, en hojas y tallo fue de 8.3%, 19.6% y 4.3%, respectivamente. Por otra parte, Arenas-Báez *et al.*, (2023) en un estudio de selección y composición química de plantas consumidas por las cabras en tres microrregiones de la Comarca Lagunera, México, muestra un porcentaje de EE de 0.41%.

En el contenido de cenizas resultó un valor de 14.2029 % en promedio, sin embargo, Zepeda-Bastida *et al.*, (2019) muestra un contenido de cenizas de 5.93%, 14.17%, 4.05% para la planta entera, hojas y tallos, respectivamente, lo que muestra un mayor contenido en las hojas. Esto se debe a que las especies herbáceas y arbustivas tienden a acumular minerales en sus hojas, lo que se refleja en un mayor contenido de cenizas según (Vogel *et al.*, 1991).

El contenido de fibra detergente neutra (FDN) en promedio fue de 24.0903%, valor casi similar del reportado por Zepeda-Bastida *et al.*, (2019) de 26.3% en toda la planta, 26.4% en hojas y 26.7% en tallos y mucho menor al reportado por Arenas-Báez *et al.*, (2023) con un 44.36% de FDN. La diferencia observada puede ser atribuida al ciclo vegetativo en el que se

obtuvo la muestra, ya que, durante este proceso, la composición, estructura y cantidad de los tejidos varían, lo que a su vez afecta los valores obtenidos (Alvarado, J. *et al.*, 2015).

El valor de materia seca (MS) obtenido fue de 91.7755 %, sin embargo, Álvarez, (2023) en un estudio sobre la composición química y valores de pH de *T. tubaeformis* expresó que el valor de la MS de su control era de 187.2 g/kg lo cual corresponde a un 18.2%. Existe una gran diferencia entre los porcentajes de MS obtenidos, lo cual puede deberse a la diferencia de las etapas fenológicas en las que se colectó cada muestra.

El valor del extracto libre de nitrógeno (ELN) en promedio fue de 36.1486 %, Sánchez *et al.*, (2023) expresó en su análisis proximal de diferentes especies obtenidas en dos muestreos que el porcentaje de ELN para *T. tubaeformis* corresponde a 15.29%. Existe una diferencia entre los valores, esto puede deberse a la etapa de corte del material vegetal en el que se encontraba al momento del corte.

En el caso del *Helianthus Annuus* se muestra un contenido de 17.3107% de proteína cruda (PC), este resultado es ligeramente menor al obtenido por Farfán, *et al.*, (2015), quien al realizar un análisis bromatológico del girasol para aplicar dietas en pollos en engorda obtuvo un porcentaje de 20.71%.

El valor del extracto etéreo (EE) es en promedio de 3.2550%, un resultado similar obtuvo Crespo *et al.*, (2014) en una investigación sobre los valores nutricionales en donde obtuvo un promedio de 3.8% de extracto etéreo (EE).

Farfán, (2015) realizó una investigación sobre el valor nutricional del *H. annuus* y tuvo como resultado un promedio de 6.00% de cenizas, en comparación con esta investigación el resultado es de 14.9365% el cual es más elevado ya que este autor realizó su estudio únicamente de las semillas de *H. annuus*.

Quijia, (2023) analizó los nutrientes de la planta de girasol desde el estado de inicio de floración hasta la madurez fisiológica y observó respectivos valores, por ello afirma que el

contenido de fibra detergente neutra (FDN) es de 29.5 a 30.4 %, por lo cual hay relación con los resultados obtenidos con un promedio de 30.1214% de (FDN).

El valor obtenido de Materia seca (MS) es de un promedio de 89.5954%, el resultado es mayor al obtenido por Crespo *et al.*, (2014) con un promedio de 68.8%, esto puede deberse al estado de maduración de la planta al momento de la cosecha.

Por último, del Extracto libre de nitrógeno (ELN) se obtuvo un valor promedio de 23.97175%, este resultado es mucho menor en comparación al trabajo de investigación de Farfán, (2015) ya que el obtuvo como resultado promedio 52.18%, cabe mencionar que el autor no realizó el análisis bromatológico de la planta completa sino solo de las semillas.

COMPARACIÓN DE VALORES DE *T. DIVERSIFOLIA*, *T. TUBAEFORMIS* Y *H. ANNUUS*

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de proteína cruda (PC) de las tres especies, se muestra que *T. diversifolia* aporta mayor contenido, seguido *H. annuus* y *T. tubaeformis* con un porcentaje menor.

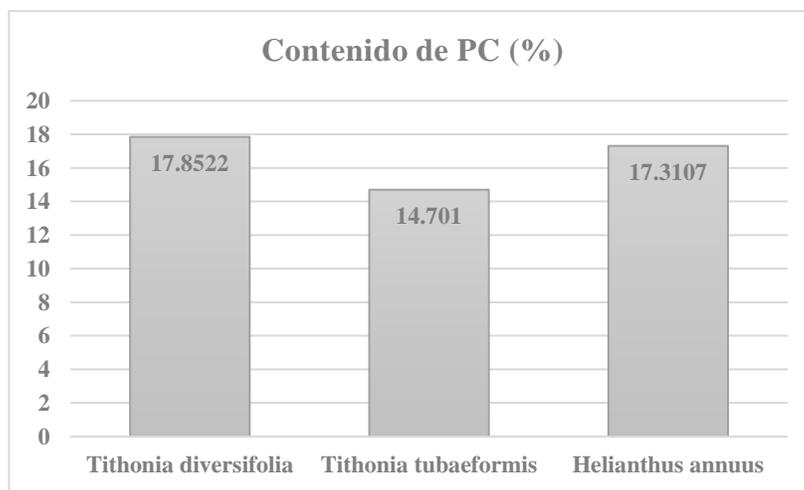


Figura 1. Contenido de Proteína cruda (PC) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de extracto etéreo, se observa que *H. annuus* aporta mayor contenido y *T. tubaeformis* tiene ligeramente más EE que *T. diversifolia*.

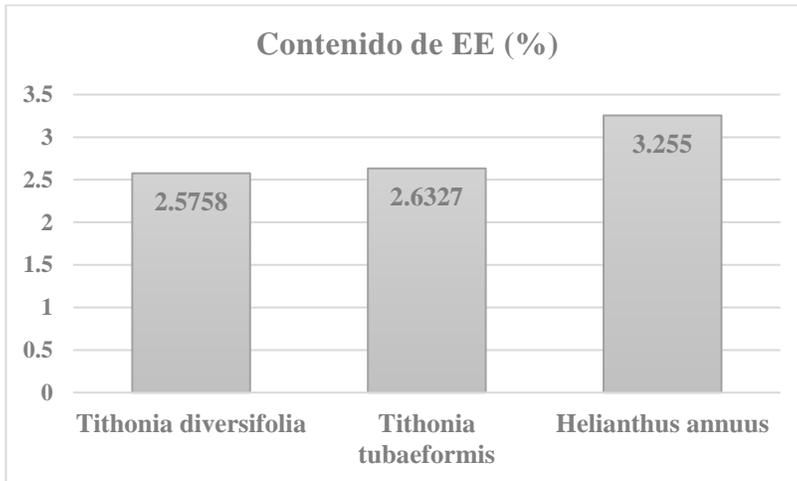


Figura 2. Contenido de extracto etéreo (EE) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de cenizas de las tres especies, se muestra que *T. diversifolia* aporta mayor contenido, seguido *H. annuus* y *T. tubaeformis* con un porcentaje menor.

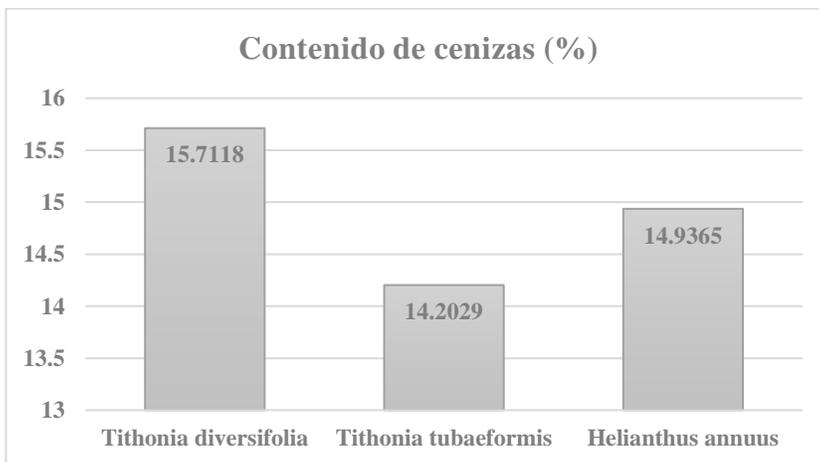


Figura 3. Contenido de Cenizas de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

En la figura 4 se observan los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de FDN, se muestra que *T. diversifolia* aporta mayor contenido, seguido *H. annuus* y *T. tubaeformis* con un porcentaje menor.

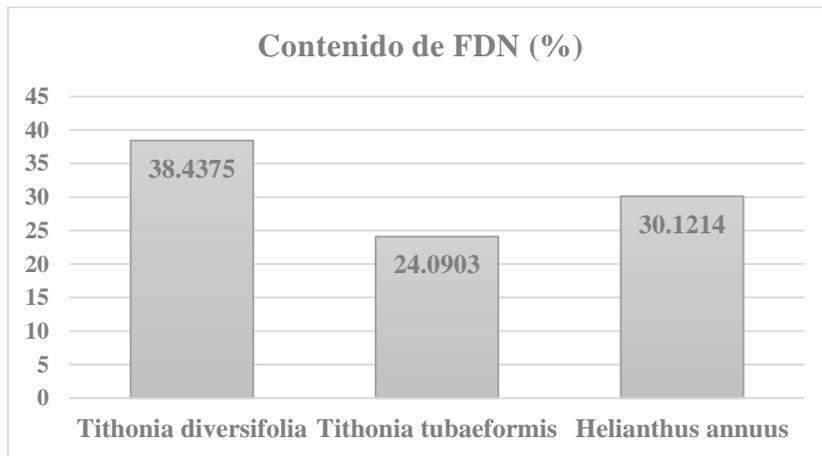


Figura 4. Contenido de fibra detergente neutra (FDN) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de materia seca (MS) de las tres especies estudiadas, donde se observa que *T. diversifolia* aporta mayor contenido, seguido *T. tubaeformis* y *H. annuus* con un porcentaje menor.

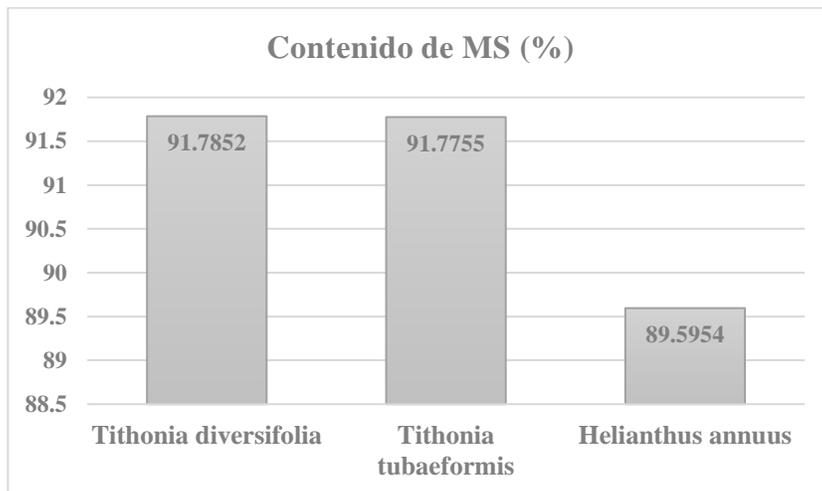


Figura 5. Contenido de materia seca (MS) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos respecto al contenido promedio de extracto libre de nitrógeno (ELN), donde se observa que *T. tubaeformis* aporta mayor contenido, seguido por *H. annuus* y *T. diversifolia* con un porcentaje menor.

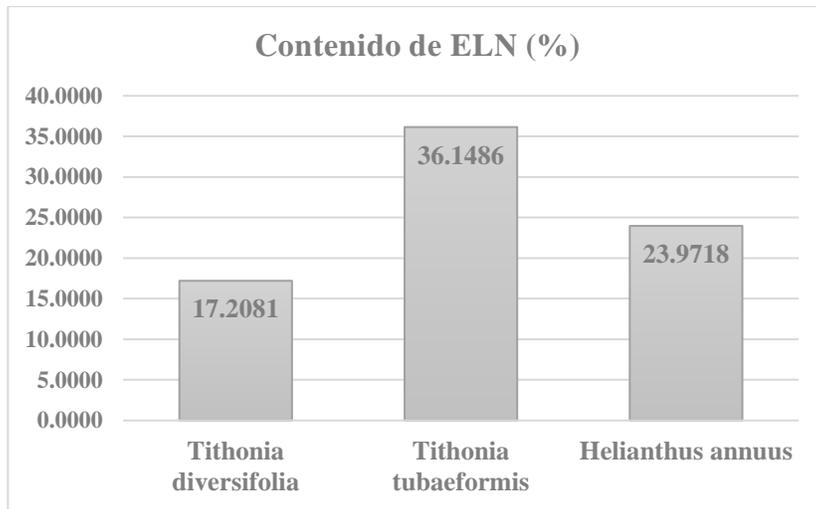


Figura 6. Contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) de *T. diversifolia*, *T. tubaeformis* y *H. annuus*.

VII Conclusiones.

Los resultados obtenidos en la composición química proponen a estos forrajes como una alternativa para la alimentación animal viable y con un buen potencial para ser agregado a las dietas del ganado en la Sierra.

Tanto las dos especies de *Tithonia* como *Helianthus annuus* pueden ser consideradas como alternativas para ser utilizadas y reproducidas en los sistemas silvopastoriles de la Sierra de Querétaro por su composición nutricional y morfológica, sin embargo, se sugiere fomentar más la investigación de estos forrajes.

Este estudio de comparación bromatológica, nutricional y morfológica entre estos forrajes nativos permitió obtener datos relevantes de estos arbustos comúnmente observados en la

Sierra, que más, sin embargo, no eran identificados correctamente y no se les conocía el valor nutricional con potencial para uso forrajero. Los cuales pueden ser una opción accesible para la alimentación de bovinos, caprinos, ovinos, porcinos y aves de corral, así como su uso en la apicultura (por sus flores productores de polen). Además, son una opción para la reforestación y conservación con especies nativas para mejorar la biodiversidad de la Sierra.

De acuerdo con los resultados se puede concluir que estas tres especies son similares en algunos aspectos morfológicos pero identificables cada una, así como, que son una fuente de alimento rico en nutrientes para el ganado, ya que pueden satisfacer la demanda de nutrientes en determinado momento, puesto que muestran buenos porcentajes de PC, MS, FDN, EE, ELN y CENIZAS, los cuales proporcionarán a las dietas los requerimientos necesarios para satisfacer su demanda nutricional dependiendo el estado fisiológico del animal .

VIII Bibliografía.

- A. (2022). Comportamiento agronómico y composición química del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la Parroquia Guasaguanda del Cantón La Maná (Bachelor's thesis, Ecuador: La Mana: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Alejandro R. Castillo¹, Rubén Barajas², Matías J. Aguerre³ y Pablo Lencioni⁴. (2013). Uso de taninos en la nutrición de rumiantes actualización técnica.IV° Congreso Argentino de Nutrición Animal CAENA 2013.https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/128-taninos.pdf
- Alexandre, G., Rodríguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., García, G. W., Habermeier, K., ... & Archimède, H. (2021). Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: A Caribbean and Latin American perspective. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-13.
- Alvarado, J., Martínez, C., & Pérez, L. (2015). Variación temporal en la composición química de plantas medicinales durante el ciclo vegetativo. *Revista Mexicana de Fitoterapia*, 8(3), 134-142.
- Álvarez-García, C. D., Sánchez-Valdés, J. J., Pozo-Leyva, D., Arriaga-Jordán, C. M., & López-González, F. (2023). Evaluación de aditivos y etapa fenológica sobre el valor nutricional de ensilado de *Tithonia tubaeformis*. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2).
- Ángel-Lozano, G. D., Escalona-Aguilar, M. Á., Baca del Moral, J., & Cuevas-Reyes, V. (2023). Principios y prácticas agroecológicas para la transición hacia una ganadería bovina sostenible. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 14(3), 696-724.
- AOAC. (1984). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C, 14th, 152–157.
- AOAC. (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Current through Revision, 17th, 143–147.
- Arenas-Báez, P., MaldonadoJáquez, J. A., Garay-Martínez, J. R., & Granados-Rivera, L. D. (2023). Selection and chemical composition of plant species consumed

by goats under drought conditions in three microregions of the Comarca Lagunera, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i12.2764>

- Burgos, A. A., Góngora, R. C., Leal, C. C., Campos, C. Z., & Castro, C. S. (2006). Composición química-nutricional de árboles forrajeros.
- Cañavera Morelo, O. D. J. (2022). Efecto del lombricompost en las propiedades del aceite crudo y torta de *Helianthus annuus* L. híbrido Verónica, cultivada en el Sinú Medio-Córdoba.
- Carrillo Criollo, J. F., & Yumbra-Orbes, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de *Helianthus annuus* L. para flor de corte. *Siembra*, 9(1).
- Carrión Zambrano, L. S., & Palacios Rivera, R. Angulo-Arizala, E. M.-L. (2017). *Tithonia diversifolia*: Especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *costa rica: universidad de costa rica*.
- César, G. J. (2014). Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (asterales: asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Manizales: universidad de caldas*.
- Crespo, S. P., Lorenzo, B. F., Alonso, J. V., Díaz, N. D., Zafra, C. R., Arráez, A. G., & Calvete, G. F. (2014). Evolución del rendimiento y calidad del girasol (*Helianthus annuus* L.) aprovechado para forraje tras la floración y desarrollo de calibraciones NIRS para la predicción del valor nutricional de los componentes morfológicos. *Pastos*, 44(2), 19-30.
- Daniel Gómez, A. E., & Jiménez Estrada, S. N. (2024). Formulación de nanoherbicidas a partir de D-Limoneno para su evaluación en malezas bajo invernadero.
- Delgado, I. B., & Benito, J. (2011). Desarrollo de alimento animal melazado, y enriquecido a partir de insumos no-convencionales y subproductos de la caña de azúcar, para engorda de ganado bovino en etapa de finalización (Doctoral dissertation).
- Farfán-López, C. J., Chávez, L. J., De Basilio, V. A., & Araque, H. E. (2015). Efecto de la Harina de Girasol (*Helianthus annuus*) y dos complejos enzimáticos sobre el desempeño productivo de pollos de engorde. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 027-034.

- Ferreira, L.H. (2015). Produtividade e valor nutricional da *Tithonia diversifolia* para ruminantes. Tesis MSc, Universidade Federal de São João del-Rei. Minas Gerais, BRA.
- Firco. (2017). Fortalecimiento productivo para la producción de forrajes. <https://www.gob.mx/firco/articulos/fortalecimiento-productivo-para-la-produccion-de-forrajes?idiom=es>
- Franco Naranjo, A. R. (2022). Efecto del lombricompost en las propiedades fisicoquímicas del aceite crudo y torta de *Helianthus annuus* L, híbrido shakira en Montería, Córdoba.
- Gallego, L.A., L. Mahecha, & J. Angulo. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agron. Mesoam.* 25: 393-403.
- Girón, D. J. (2023). Caracterización morfológica de una accesión de girasol silvestre (*Helianthus annuus* L.) con presencia de androesterilidad.
- González-Castillo, J. C., Hahn von-Hessberg, C. M., & Narváez-Solarte, W. (2014). Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 45-58.
- González-Castillo, J. C., Hahn von-Hessberg, C. M., & Narváez-Solarte, W. (2014). Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 45-58.
- Hernández, T., Valles, B., & Castillo, E. (1990). Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales*, 12(3), 29-33.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI (2021). Anuario Estadístico y Geográfico por entidad federativa. Consultado en [Instituto Nacional de Estadística y Geografía \(INEGI\)](#).
- Juglans, S. (2021). Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como alternativa sostenible en granjas de producción con especies de interés zootécnico en Colombia (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Abierta).

- Kato, C. R. (2014). *Tithonia diversifolia* - HEMSL - Gray. Recuperado en marzo de 2015, de Una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico: <http://www.fao.org/AG/Aga/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.PDF>
- López Muraira, I. G. (2005). Dinámica de la producción y sobrevivencia de la semilla de maleza bajo dos regímenes de labranza en el cultivo de maíz en Jalisco, México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Louette, D., Aguilar, C., & Decombell, E. (2001). Historia y desarrollo reciente de la ganadería en el ejido de Zenzontla, Jalisco. In *Historia ambiental de la ganadería en México* (pp. 163-175). France and México: Institut de Recherche pour le Développement Instituto de Ecología.
- Maurício, R., R. Ribeiro, S. Silveira, P. Silva, L. Calsavara, L. Pereira, and D. Paciullo. (2014). *Tithonia diversifolia* for ruminant nutrition. *Trop. Grasslands* 2:82-84.
- Mondragón, P.J. (2009). Malezas de México, Ficha-*Helianthus annuus*. Conabio. *Helianthus annuus* - ficha informativa (conabio.gob.mx)
- Muñoz, J. L. T. La familia Asteraceae.
- Murgueitio E R. (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. En: *Colombia Avances En Investigación Agropecuaria* ISSN: 0188-7890 ed: Publicaciones De La Universidad De Colima. v. 13. p.3 – 19.
- Nájera, S. (2013). Ganadería: La industria que construyó al país.
- Prillwitz, M. C. M. (2016). Determinación de la presencia de piretrinas, evaluación de actividad larvicida contra larvas de *Aedes aegypti* y citotoxicidad contra nauplios de *Artemia salina* en fracciones de los extractos hexánicos de las hojas y flores de las especies endémicas *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass. y *Lasianthaeae fruticosa* (L.) K. Becker de la región de San Lucas Sacatepéquez, Guatemala.
- Quijia, E., & Valencia, E. (2023). Efecto del corte de forraje de girasol (*Helianthus annuus*) en dos etapas fenológicas sobre la producción y calidad del ensilaje1, 2.
- Quiñones Chillambo, J. D., Cardona Iglesias, J. L., & Castro Rincón, E. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 285-301.

- Reta Sánchez, D. G., Figueroa Viramontes, U., Faz Contreras, R., Núñez Hernández, G., Gaytán Mascorro, A., Serrato Corona, J. S., Payán García, J. A. (2010). Sistemas de producción de forraje para incrementar la productividad del agua. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(SPE4), 83-87.
- Rodríguez Carbente, A. G., Santacruz López, H., & Huerta Oropeza, S. (2016). *Tithonia rotundifolia* y sus posibles polinizadores.
- Sánchez Valdés, Jair Jesús, et al. (2023). Evaluación de aditivos y etapa fenológica sobre el valor nutricional de ensilado de *Tithonia tubaeformis*.
- Soto, M. A. C., Reyes, A. S. J., Ahumada, J. A. R., Cervantes, M. G., Lozano, R. G. R., & Barragán, H. B. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12), 906-913.
- Tapasco Juárez, J. J. (2024). Evaluación de tres niveles de fibra en dietas de inicio y crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus* L.) con exclusión de forraje.
- Verdecia, D., J.L. Ramírez, I. Leonard, & Álvarez, & Bazán, R. Bodas, S. Andrés, J. Álvarez, F. Giráldez, & S. López. (2011). Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. *REDVET*. 12(5):1-13.
- Vibrans, H. (14 de Julio de 2009). Obtenido de Malezas de México: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tithoniatubiformis/fichas/ficha.htm>
- Vogel, C. S., & O'Keefe, J. M. (1991). Mineral nutrient accumulation and leaf ash content in herbaceous and shrub species. *Journal of Ecology*, 79(4), 1139–1148. <https://doi.org/10.2307/2260861>
- Wambui, C. C., Abdulrazak, S. A., & Noordin, Q. (2006). The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Development*, 18, 5.
- Zepeda-Bastida, A., Martínez, M. A., & Simental, S. S. (2019). Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, e20190074.