



**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales
Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable**

**Tesis de Licenciatura
Para obtener el título de:
Licenciada en Ingeniería en Agronomía para la
Producción Sustentable**

**Suplementación de sustratos orgánicos/mineral con melaza
y su efecto sobre la composición proximal en hojas de
*Dalbergia paloescrito***

Presenta:
Yesenia Rosales González

Director:
Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Codirectora:
Dra. Marisol Patricia Castro Mendoza

Comité tutorial:
Dr. Oscar Arce Cervantes
Dr. José Luis Martínez Salas
Dra. Ana Karen Zaldívar Ortega

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., México. Mayo de 2026

Oficio de aprobación de impresión de tesis



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences

Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., a 04 de mayo de 2026

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a él pasante de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, **Yesenia Rosales González**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **"Suplementación de sustratos orgánicos/mineral con melaza y su efecto sobre la composición proximal en hojas de *Dalbergia paloescrito*"**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Oscar Arce Cervantes
SECRETARIO	Dr. José Luis Martínez Salas
VOCAL 1	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
VOCAL 2	Dra. Marisol Patricia Castro Mendoza
SUPLENTE	Dra. Ana Karen Zaldívar Ortega

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

ATENTAMENTE
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
Coordinador del PE de Ingeniería
en Agronomía para la Prod. Sust

c.c.p. Archivo.

"Amor, Orden y Progreso"



Av. Universidad No. 133, Col. San Miguel Huatengo, Santiago
Tulantepec. C.P. 43775. Hidalgo, Mexico.
Teléfono: 7717172000 Ext. 42073
profe_5566@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todas las personas que me ayudaron a dar este paso en el área profesional, al Dr. Sergio Rubén por guiarme y apoyarme, Dra. Marisol sin su ayuda no sé qué sería de mí, infinitas gracias, de igual manera al gran comité de tesis; Dr. Oscar Arce, Dr. José Luis Salas, Dra. Ana Karen Zaldívar, gracias por su paciencia y observaciones para mejorar, a mis padres por acompañarme en esta travesía llamada Universidad. Y a mis amigas por estar a mi lado y apoyarme en todo este tiempo.

Gracias a Lana del Rey y Arrolladora Banda el Limón (antiguos cantantes: Josie Cuen y Jorge Medina) su música fue de gran compañía en noches de correcciones e investigación. Relatos de la Noche por poner un poco de suspenso para inspiración.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente para mí misma, por creer en mí y esforzarme en obtener mi titulación.

*No teníamos nada que perder, nada que ganar, ya nada que deseáramos
Excepto hacer de nuestras vidas una obra de arte.*

Vive rápido

Muere joven

Se salvaje

Y diviértete

LDR-Ride Monologue.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	3
3. Revisión de literatura.....	5
3.1 Melaza	5
4. Planteamiento del problema.....	8
5. Justificación.....	10
6. Objetivos	11
6.1 Objetivo General.....	11
6.2 Objetivos Específicos.....	11
7. Hipótesis	12
8. Materiales y Métodos	12
8.1 Sitio experimental	12
8.2 Material vegetal	13
8.3 Condiciones edáficas objeto de estudio.....	14
8.4 Recolección de hojas de <i>Dalbergia paloescrito</i>	14
8.5 Tratamientos de bioestimulación	14
8.6 Análisis físico-químico de sustratos	15
.....	16
8.7 Caracterización proximal	16
8.8 Determinación de humedad.....	17
8.9 Determinación de cenizas.....	17
8.10 Determinación de Proteína	18
8.11 Determinación de Extracto etéreo (lípidos)	19
8.12 Determinación de Fibra cruda.....	20
8.13 Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).....	20
8.14 Diseño experimental y análisis estadístico	21
9. Resultados y Discusión	22
9.1 Análisis proximal de sustratos.....	22

9.2 Caracterización proximal	23
9.3 Caracterización fisicoquímica	27
9.3.1 Determinación de pH	27
9.3.2 Determinación de CE	30
9.3.3 Determinación de NO_3^-	32
9.3.4 Determinación de NA^+	34
9.3.5 Determinación de Ca^{2+}	36
9.3.6 Determinación de K^+	39
10. Conclusiones	41
Referencias	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional (% de MS) de la melaza de caña.	8
Tabla 2. Resultados del análisis fisicoquímico de los distintos sustratos	23
Tabla 3. Resultados de la caracterización proximal de los distintos sustratos suplementados con melaza.....	26
Tabla 4. Resultados de la determinación de pH de los distintos tratamientos	29
Tabla 5. Resultados de la determinación de CE de los distintos tratamientos.	31
Tabla 6. Resultados de la determinación de NO_3^- de los distintos tratamientos	33
Tabla 7. Resultados de la determinación de NA^+ de los distintos tratamientos	35
Tabla 8. Resultados de la determinación de Ca^{2+} de los distintos tratamientos	38
Tabla 9. Resultados de la determinación de K^+ de los distintos tratamientos.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Hoja de Dalbergia paloescrito. Vivero de Agronomía IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., Mex. 2026.	5
Figura 2: Árboles de Dalbergia paloescrito objeto de estudio. Vivero de Agronomía del Instituto de Ciencias Agropecuarias. IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., Mex. 2026.	13
Figura 3: Sustrato mineral: tierra agrícola. 2026	14
Figura 4: Sustrato orgánico: tierra de monte. 2026	14
Figura 5: Sustrato mineral: tepetate. 2026	14
Figura 6: Medición de melaza y aplicación de tratamientos para 10L de agua. 2026.	15
Figura 7: Medición de parámetros químicos del sustrato con adición de solución de melaza. 2026	16
Figura 8: Medición de parámetros químicos del sustrato con adición de solución de melaza. 2026	16

LISTA DE ABREVIATURAS

MO Materia Orgánica

TA Tierra Agrícola

TM Tierra de Monte

T Tepetate

M Melaza

RESUMEN

Los pastos y forrajes son esenciales en la dieta del ganado por su bajo costo y alta producción. La composición química de estos determina su valor nutricional, afectando la ingesta de alimento y la producción de carne y leche.

Dalbergia paloescrito, es un árbol endémico de México localizándose en los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí. Entre sus cualidades es la alta calidad de su madera misma que es utilizada en la fabricación de instrumentos de laudería y diversas investigaciones reporta que sus hojas son ricas en proteínas lo que lo convierte potencialmente en ser una fuente alimenticia preferentemente para bovinos. Este estudio busca evaluar el efecto de la melaza y su interacción con distintos sustratos en la calidad nutricional de las hojas de *Dalbergia paloescrito*, proponiendo su uso en sistemas agrosilvopastoriles. Se utilizó melaza como un suplemento y estimular la microbiología del suelo, aplicando diferentes tratamientos en árboles de aproximadamente de tres años de edad. Un diseño completamente al azar con tres repeticiones fue aplicado para evaluar la factibilidad y respuesta de los sustratos en el crecimiento vegetativo para obtener la hoja sujeta de estudio. Los resultados mostraron que la inclusión de melaza a dosis de 10 mL por litro de agua mejoró la composición proximal de las hojas de *Dalbergia paloescrito*, evidenciando cambios en humedad, proteínas y fibra en comparación con el control, lo que sugiere un potencial uso de este árbol como forrajero.

ABSTRACT

Grasses and forages are essential in livestock diets due to their low cost and high yield. Their chemical composition determines their nutritional value, affecting feed intake and meat and milk production.

Dalbergia paloescrito is a tree endemic to Mexico, found in the states of Hidalgo, Querétaro, and San Luis Potosí. Among its qualities is the high quality of its wood, which is used in the manufacture of musical instruments, and various studies report that its leaves are rich in protein, making it a potential food source for cattle. This study aims to evaluate the effect of molasses and its interaction with different substrates on the nutritional quality of *Dalbergia paloescrito* leaves, proposing its use in agroforestry systems. Molasses was used as a supplement and to stimulate soil microbiology, applying different treatments to trees approximately three years old. A completely randomized design with three replicates was used to evaluate the feasibility and response of the substrates on vegetative growth to obtain the leaves under study. The results showed that the inclusion of molasses at a dose of 10 mL per liter of water improved the proximate composition of *Dalbergia paloescrito* leaves, revealing changes in moisture, protein, and fiber compared to the control, suggesting a potential use of this tree as a forage crop.

1. Introducción

Los procesos naturales de nuestro planeta se han visto alterados constantemente en las últimas décadas, esto debido al aumento de la población mundial y por ende a una mayor demanda de alimento. El efecto adverso más evidente es aquel que se relaciona con la aplicación y adopción progresiva de métodos intensivos, focalizados exclusivamente en un objetivo productivo, sin tener en cuenta el sustento natural de los sistemas de producción (Alonso, 2011).

La ganadería es crucial para la alimentación global, destacando que el consumo regular de carne mejora la salud humana, al tiempo que fortalece economías rurales y contribuye a la seguridad alimentaria. La alimentación del ganado se basa en concentrados, pastos y forrajes, principalmente.

Los pastos y los forrajes son la fuente primordial de nutrientes representando el mayor volumen de la dieta, ya que son más baratos, tienen una gran capacidad de producción y crecen fácilmente. La composición química determina la palatabilidad y el valor nutricional para el ganado, por lo cual influyen en la cantidad de alimento que se consume, la tasa de ganancia de peso, el volumen y la calidad de la leche que se produce, así como el éxito reproductivo (López, et al. 2018). El uso de árboles en los sistemas ganaderos, mejora la productividad y sostenibilidad, ofreciendo beneficios como: reducción del estrés por calor, sombra y alimento, recuperación de la fertilidad del suelo, regulador del equilibrio hidráulico, fijador de CO₂, entre otros (Navas, 2010).

El árbol de *Dalbergia paloescrito* se asocia a los sistemas ganaderos principalmente por su potencial de uso que incluye la provisión de sombra, la conservación del suelo y su posible uso forrajero, aunque es más valorado por su madera preciosa. Es una planta endémica que se localiza en los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí; sus hojas contienen altas cantidades de proteína, es quizá por ello que, en algunos animales, este género forme parte de su dieta (Coreno, et al. 2018).

En la actualidad, se buscan distintas alternativas de manejo agronómico para mejorar la calidad del forraje, principalmente con el objetivo de aumentar su calidad

nutricional y rendimiento. Un subproducto natural de la producción de azúcar, la melaza, ha demostrado ser una de las herramientas naturales más versátiles debido a su contenido nutricional, además de ser una fuente de energía que impulsa la actividad microbiana en procesos de compostaje, acelerando la descomposición de materiales orgánicos y facilitando la disposición de elementos minerales, además de que la melaza puede establecer relaciones simbióticas con bacterias diazotróficas o fijadoras de nitrógeno de vida libre (Másmela, 2026).

Contiene un alto nivel de ácidos que mejoran la absorción de nutrientes por las plantas, elevando la calidad del suelo y fortaleciendo el crecimiento de los cultivos, y optimiza la humificación de residuos orgánicos. Impulsa la actividad microbiana en procesos de compostaje, acelerando la descomposición de materiales orgánicos (Agroecology, 2024).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto combinado de la aplicación directa de melaza y su interacción con distintos tipos de sustratos sobre las variables bromatológicas y de calidad nutricional de hojas y tallos de *Dalbergia paloescrito*, con el propósito de justificar su incorporación como fuente de forraje en sistemas agrosilvopastoriles.

2. Antecedentes

El árbol *Dalbergia paloescrito* es endémica de México, localizada en el segmento de la Sierra Madre Oriental (latitud 20°40' a 21°30' N), misma que incluye poblaciones reducidas en los estados de Querétaro y San Luis Potosí y una fracción más amplia de Hidalgo, además de Guerrero, Oaxaca y Morelos. Especie vinculada al bosque mesófilo de montaña de la región. Altitud de 900 a 1,700 msnm. Todas las poblaciones crecen sobre suelos con rocas calizas (Gómez, et al. s.f.). Este árbol llega a medir hasta 35 m de alto y fustes de 80 cm de diámetro normal, cuya madera se considera fina y se ha utilizado en el manejo agroforestal como dosel de sombra de *Coffea arabica* L., y en plantaciones de *Musa spp* (Rubio, et al. 2025). Su fenología se menciona como una especie caducifolia que regularmente en el mes de diciembre entra en dormancia y apareciendo los nuevos brotes vegetativos a partir del mes de febrero.

Por otro lado (Trejo, et al. 2025) destaca que la melaza es un componente fundamental en biofertilizantes agroecológicos como bioles, bokashi y vermicomposta. Su inclusión favorece la actividad microbiana en la rizosfera, estimulando procesos como la mineralización de nutrientes y el ciclado biogeoquímico. Estos procesos son esenciales para mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y, por ende, el crecimiento de los cultivos.

El uso de microorganismos diazótrofos en la biofertilización podría reemplazar parcial o totalmente los fertilizantes sintéticos, lo que fortalecería el avance hacia una agricultura sustentable. Donde se implementó un protocolo para la creación de bacterias fijadoras de nitrógeno pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Azotobacter*. Esto se realizó en un medio líquido que contenía melaza, con la finalidad de ser utilizado en el cultivo. Se encontró que, durante las fermentaciones aeróbicas por lotes, los microorganismos aumentaron su concentración en breves lapsos de tiempo (Agüero, et al. 2009), lo que condujo a la utilización de melaza, que interactúa positivamente con bacterias fijadoras de nitrógeno.

Estudios enfocados en la dinámica del nitrógeno en el suelo han evidenciado efectos positivos derivados de la aplicación de melaza. (Jiménez et al, 2007) evaluó la influencia de la melaza en los contenidos de nitrógeno inorgánico del suelo, en presencia del residuo de cosecha de la caña de azúcar. Reportó que la incorporación de melaza en suelos agrícolas incrementa la disponibilidad de nitrógeno inorgánico en forma de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), debido al aumento en la actividad microbiana y la aceleración de la descomposición de materia orgánica. Este fenómeno contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo y al suministro de nutrientes esenciales para las plantas.

3. Revisión de literatura

Dalbergia paloescrito llega a tener hasta 35 m de altura. Diámetro de hasta 80 cm. Perennifolio. Ramillas jóvenes con pelos rojizos o blanquecinos; las de años anteriores grisáceas. Presenta hojas folioladas con 9 a 13 folíolos; folíolos angosta a anchamente ovados de 4 a 7 cm de largo y 2 a 3.5 cm de ancho; haz verde olivo oscuro, envés verde claro, algo grisáceo, ambas caras con escasos pelos cortos (Rubio, et al. 2025).



Figura 1: Hoja de *Dalbergia paloescrito*. Vivero de Agronomía IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., Mex. 2026.

3.1 Melaza

Un subproducto natural de la producción de azúcar, ha demostrado ser una de las herramientas naturales más versátiles que podemos usar en los proyectos agrícolas gracias a su contenido nutricional, la capacidad para estimular la actividad microbiana y mejorar por tanto la estructura del suelo, que es la base y el recurso más importante del productor agrícola y pecuario. El hecho de ser rica en nutrientes y minerales ha hecho que sea catalogada por muchos como fertilizante orgánico,

pues aporta nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, dentro de los cuales podemos nombrar al nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes y aunque sus concentraciones no son elevadas, sí son fácilmente disponibles, lo que permite que sea seleccionada como fuente nutricional complementaria y energética en los cultivos (Ortiz, 2025).

Se observa que aumenta la concentración de cenizas, calcio, proteína cruda y disminución de la fibra detergente neutro, mejora la condición energética del alimento (Granados, et al. 2014).

Un efecto práctico muy valorado es su capacidad de acelerar el compostaje. Al actuar como catalizador microbiano, la melaza facilita la descomposición inicial de residuos orgánicos, disminuyendo el tiempo necesario para obtener compost maduro. Esta propiedad tiene respaldo en estudios sobre la adición de melaza en compostaje con sustrato de hongos (Liqiang, et al. 2020).

Es una alternativa orgánica de bajo costo frente a fertilizantes sintéticos. Al aportar carbono fácilmente utilizable, nutrientes y energía al sistema edáfico, puede reducir la necesidad de insumos químicos y favorecer prácticas agrícolas más sustentables. En estudios agrícolas se ha observado que la adición de melaza mejora la actividad microbiana del suelo sin necesidad de mayores aportes químicos (Macias, et al. 2020).

Debido a su composición, se utiliza en rumiantes como fuente de energía, y el interés en su uso sigue vigente. La adición de melaza también podría estar asociada con beneficios no nutricionales y dietéticos: los animales prefieren dietas endulzadas, por lo tanto, la melaza generalmente estimula el consumo de materia seca (CMS). En relación con esto, las observaciones de campo sugieren que la melaza o los alimentos líquidos a base de melaza podrían afectar el comportamiento de clasificación de los animales, con un efecto positivo en el consumo de partículas más largas en la ración total combinada (RTM) (Palmonari, 2020).

En México la importancia de la agroindustria de la caña de azúcar radica en el alto impacto que tiene en la creación de empleos en las 15 entidades y 215 municipios en los que se produce, así como en la participación de ésta en el producto interno del sector agrícola (Conadesuca, 2016).

A la melaza se le denomina miel final 85° Brix. La denominación Brix es usada para indicar la gravedad específica. La lectura en Brix se usa en la comercialización; de esta manera cuando las lecturas en Brix son usadas en soluciones puras de azúcar, estas indican el porcentaje de azúcares por peso. No obstante, la melaza contiene también ciertos minerales, gomas y otros materiales extraños, por lo que las lecturas en Brix no son un indicador verdadero del total de azúcar o sólidos totales. Cuando la temperatura aumenta, la viscosidad de la melaza disminuye, por lo que la melaza es más fácil bombearla y mezclarla con otros ingredientes de los piensos. La viscosidad de la melaza puede cambiar con el manejo o bombeo, debido a lo cual, es inusual que a las medidas volumétricas les falte una precisión de hasta 5%. En general, la viscosidad de la melaza es tan alta, que sin disolución, es muy difícil la lectura de ella con el hidrómetro (Conadesuca, 2016).

Tabla 1: Composición nutricional (% de MS) de la melaza de caña.

	Promedio	Mínimo	Máximo
Materia seca (% MF)	76.8	75.7	79.6
Proteína	6.65	2.22	9.31
Azúcares totales	62.3	57.0	71.0
Sacarosa	48.8	39.2	67.3
Glucosa	5.26	1.30	12.0
Fructosa	8.07	2.30	14.2
Almidón	0.33	0.06	1.07
Ácido láctico	6.10	1.62	12.7
Ácido málico	0.10	0.03	0.21
Ácido cítrico	0.13	0.08	0.22
Ácido acético	0.44	0.16	1.04
Cenizas	13.1	10.2	16.3
Ca	1.39	0.82	3.13
Mg	0.43	0.19	0.63
Na	0.08	0.01	0.42
K	1.82	0.31	7.99
Sulfatos	2.09	0.81	4.09
Fosfatos	2.03	0.70	2.97
Nitratos, mg/kg	464	17	999
Cloruros, mg/kg	60	1	340
BCAD mEq/100g	7	-76	155

(Villagrasa, et al. 2020)

4. Planteamiento del problema

La demanda mundial de alimentos está creciendo significativamente debido al aumento poblacional además de enfrentar problemas como el desperdicio, la escasez de recursos, cambios en el consumo, entre otros, siendo la carne uno de los alimentos con mayor demanda (Blas, 2019). Es por ello que se han buscado alternativas que aporten una mayor cantidad de nutrientes al ganado y por lo tanto una mejor calidad a la carne (Smith, 2024).

La mejora de forrajes se centra en aumentar su calidad y cantidad mediante distintas estrategias entre ellas, el manejo agronómico, el cual consiste principalmente en técnicas para optimizar la producción de alimento para el ganado, maximizando la cantidad y calidad del forraje (Wróbel et al, 2025)

El uso de *Dalbergia paloescrito* como forraje es objeto de estudio debido a su alto contenido nutricional en hojas, principalmente su contenido proteico. *Dalbergia paloescrito* es un árbol que se utiliza principalmente en la elaboración de instrumentos musicales y muebles. Sus hojas contienen altas cantidades de proteína, es quizá por ello que, en algunos animales, este género forme parte de su dieta.

En este contexto, *Dalbergia paloescrito* representa una alternativa forrajera que requiere estudio y análisis. Para potenciar sus características proximales y garantizar la sostenibilidad del sistema, es necesario evaluar y validar estrategias de manejo sustentable, como nutrición, bioestimulación y remediación orgánica. En este sentido, la melaza de caña de azúcar se presenta como una alternativa viable que debe ser evaluada ya que es usada tanto en la agricultura por su fuente enriquecida por azúcares, como también en alimentación directa en el ganado bovino. Es por ello que la suplementación de sustratos con melaza puede ser una alternativa en la mejora nutricional de hojas de *Dalbergia paloescrito*.

5. Justificación

La aplicación de bioestimulantes y enmiendas orgánicas, como la melaza de caña de azúcar, ha demostrado mejorar la salud del suelo y la calidad de los cultivos debido a su alto contenido de minerales y eficacia promoviendo la actividad microbiana del suelo logrando un mayor porcentaje de cultivos sanos como también su facilidad de aplicación, precio accesible y disponibilidad en el mercado, pero su efecto en árboles leñosos como *Dalbergia paloescrito* aún no se ha documentado.

Evaluar estos efectos al ser aplicados en diferentes tipos de suelo observando la producción de biomasa del crecimiento vegetativo permitirá identificar estrategias sostenibles para integrar esta especie en sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles, promoviendo la conservación de la especie, el aprovechamiento responsable de sus recursos y la producción de forraje de calidad para el ganado.

Este estudio fue de suma importancia ya que contribuye a las poblaciones colindantes de donde es endémico para tener un mejor conocimiento sobre sus diferentes usos, de igual forma ayudando a conservarlo ya que se encuentra sujeta a medidas de protección en México, principalmente enfocadas en su conservación debido a la sobreexplotación y la pérdida de su hábitat por lo cual *Dalbergia paloescrito* se ubica en la categoría de Amenazada (A) dentro del Anexo Normativo III de esta norma, debido al declive poblacional por tráfico ilegal y sobreexplotación (NOM-059-SEMARNAT-2010).

6. Objetivos

6.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la suplementación de la melaza en sustratos orgánico/mineral para evaluar su efecto en la composición proximal de hojas de *Dalbergia paloescrito* utilizando tres sustratos distintos

6.2 Objetivos Específicos

- Determinar el contenido de proteína y variación estacional de follaje en las hojas de *Dalbergia paloescrito*, como recurso forrajero, contrastando las interacciones entre la aplicación de melaza y los diferentes tipos de sustratos.
- Comparar los resultados obtenidos de cada sustrato suplementado con melaza y su efecto en el desarrollo proximal en hojas de *Dalbergia paloescrito* mediante un estudio de análisis bromatológico y recolección de parámetros al aplicar melaza.

7. Hipótesis

El uso de la melaza en *Dalbergia paloescrito*, muestra una respuesta positiva, ayudando a la actividad microbiana y disponibilidad de nutrientes en el suelo, aumentando la calidad del follaje y tallos

8. Materiales y Métodos

8.1 Sitio experimental

El sitio experimental para este estudio se ubicó en el vivero del Programa Educativo de Ingeniería en Agronomía para la Producción Sustentable, del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México. El clima de esta región es fresco y templado, con una temperatura promedio anual de 14°C al año. La precipitación media anual oscila entre 500 y 553 mm, los vientos predominantes son moderados, con una velocidad media anual de 4 km/s, y los vientos predominantes del noreste promedian 29 km/h. Las precipitaciones en la región son moderadas, oscilando entre 500 y 700 mm por año (Ayala, et al. 2013).

8.2 Material vegetal

Vainas de *Dalbergia paloescrito* fueron recolectadas en su hábitat natural de la comunidad de Chachala, Tlanchinol, Hidalgo, localizada las coordenadas siguientes: Latitud 20°58'14.15" N y Longitud 98°42'00.52" O a 1379 msnm.

Posteriormente, la semilla fue seleccionada mediante apariencia visual y estas se plantaron en charolas forestales de 49 tubetes con capacidad de 135 mL de volumen y empleando como sustrato una mezcla de turba: perlita: vermiculita a razón de 50:25:25, respectivamente. Las plántulas obtenidas se trasplantaron en bolsas de polietileno negro (40×40 cm) con los sustratos órgano/mineral objeto de estudio.

Los árboles de los cuales fue recolectada la hoja contaban con una edad de tres años de edad y 3 m de altura, establecidos bajo condiciones de agricultura protegida de vivero.



Figura 2: Árboles de *Dalbergia paloescrito* objeto de estudio. Vivero de Agronomía del Instituto de Ciencias Agropecuarias. IAPS-ICAP (UAEH). Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hgo., Mex. 2026.

8.3 Condiciones edáficas objeto de estudio

Las plantas se establecieron en bolsas con tres tipos de sustrato: tepetate (T), tierra agrícola (TA) y tierra de monte (TM), todos obtenidos en la región del Valle de Tulancingo, Hidalgo.



Figura 3: Sustrato mineral: tierra agrícola. 2026



Figura 4: Sustrato orgánico: tierra de monte. 2026



Figura 5: Sustrato mineral: tepetate. 2026

8.4 Recolección de hojas de *Dalbergia paloescrito*

Al finalizar la aplicación de melaza se procedió a recolectar hojas de la parte intermedia de los árboles de acuerdo a cada tipo de sustrato órgano/mineral, mismas que no presentaran daños mecánicos o por insectos y procurando que todas las hojas fueran similares a su estadio fenológico. El corte de las hojas se realizó de manera manual separando la hoja del raquis.

8.5 Tratamientos de bioestimulación

La estimulación microbiológica se realizó mediante la aplicación de melaza de caña de azúcar. Debido a su elevada viscosidad y limitada movilidad en el espacio intercelular, la melaza se aplicó en forma de solución acuosa, preparada 24 h antes de su aplicación a una concentración de 10 mL L^{-1} . Las aplicaciones se efectuaron por drench, cada 10 días durante un periodo continuo de 12 meses, aplicando un volumen de 1 galón de solución por árbol en cada tratamiento. Los riegos normales

fueron con agua de pozo y se aplicó de acuerdo a las condiciones ambientales y de necesidad hídrica de cada árbol.



Figura 6: Medición de melaza y aplicación de tratamientos para 10L de agua. 2026.

8.6 Análisis físico-químico de sustratos

Previo a la aplicación del tratamiento bioestimulante, y posteriormente de forma semanal, se determinaron las variables textura, densidad aparente, densidad real, pH, conductividad eléctrica (CE) y cationes asimilables. El pH y la conductividad eléctrica se determinaron en suspensión acuosa de suelo conforme a las metodologías descritas por Bunt (1988) y Gabriëls & Verdonck (1990). La materia orgánica (MO) se cuantificó mediante el método de Walkley y Black (1934).



Figura 7: Medición de parámetros químicos del sustrato con adición de solución de melaza. 2026



Figura 8: Medición de parámetros químicos del sustrato con adición de solución de melaza. 2026

8.7 Caracterización proximal

Una vez seca las hojas se realizó una mezcla compuesta de 400g, posteriormente se molió con un mortero con pistilo para obtener una muestra de partícula fina. En el Laboratorio Multidisciplinario del Instituto de Ciencias Agropecuarias (UAEH) se realizó un análisis químico proximal con la finalidad de evaluar detalladamente la composición química, valor nutricional y características físicas de la hoja pulverizada de *Dalbergia paloescrito* recolectada de cada tipo de sustrato órgano/mineral. Entre las variables se determinó el contenido de proteína total, fibra cruda, ceniza, lípido, humedad y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo con los métodos oficiales recomendados por la American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000). Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

8.8 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó mediante el método gravimétrico de secado en estufa, que consiste en pesar 5 g de muestra en una charola de aluminio previamente tarada hasta alcanzar peso constante. Las muestras se colocaron en un horno de secado (CRAFT® HFA-1000 DP) a 120 °C durante 8 h. Posteriormente, se mantuvieron en un desecador por 30 min y finalmente se pesaron. El análisis se realizó conforme a la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000).

Los resultados se calcularon de acuerdo con la siguiente ecuación 1:

$$\%Humedad = \frac{B - A}{PM} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

B: Peso de la charola con la muestra húmeda (g)

A: Peso de la charola con la muestra seca (g)

PM: Peso de la muestra (g)

8.9 Determinación de cenizas

Se utilizaron 5 g de muestra y se colocaron en un crisol previamente tarado, el cual se dispuso sobre un triángulo de porcelana sosteniendo un trípode de acero. La muestra se incineró inicialmente con un mechero hasta terminar la materia orgánica visible. Posteriormente, los crisoles se introdujeron en una mufla (FELISA®-FE-361) durante 4 h a 550 °C, luego se colocaron en un desecador para enfriarse y después se pesaron (AOAC, 2000).

Los resultados se calcularon de acuerdo con la siguiente ecuación 2:

$$\%Cenizas = \frac{B - A}{PM} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

B: Peso del crisol con cenizas (g)

A: Peso del crisol vacío (g)

PM: Peso de la muestra g

8.10 Determinación de Proteína

Se utilizó el método Micro-Kjeldahl, la técnica se basa en la digestión de la materia orgánica con H_2SO_4 concentrado, $CuSO_4(H_2O)_5$ y K_2SO_4 , formando $(NH_4)_2SO_4$ que en exceso de NaOH libera NH_3 , el cual es destilado y captado en una solución de ácido bórico. Se utilizaron 0.5 g de muestra y se colocaron en un matraz Kjeldahl donde se adicionaron 15 mL de H_2SO_4 concentrado y 5 g de mezcla digestora (20 g de $CuSO_4(H_2O)_5$ y 200 g de K_2SO_4). Los matraces se colocaron en el Micro-Kjeldahl (Buchi. Model b-426) y se digirieron durante tres horas. La digestión se realizó en parrillas de calentamiento conectadas a una campana de extracción de humos. A partir de que la muestra digerida cambio de negro a verde se calentó por una hora. Después se destiló con NaOH 25% [p/v], el destilado se captó en ácido bórico al 2% y se tituló con H_2SO_4 al 0.1 N. para obtener la concentración total de nitrógeno (AOAC, 2000). El porcentaje de nitrógeno se calculó usando la siguiente ecuación 3:

$$\%N = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0.014 \times 100}{PM} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

V1: volumen (mL) de H_2SO_4 gastado en la titulación de la muestra

V2: volumen (mL) blanco de H_2SO_4 gastado en el blanco

N: normalidad del H_2SO_4

PM: peso de la muestra (g)

% de Proteína = (% N) (6.38)

El contenido de proteína cruda se obtuvo multiplicando el porcentaje de nitrógeno por el factor de conversión 6.38, de acuerdo con el tipo de muestra vegetal analizada:

Ecuación 4

$$\%Proteína = \%N \times 6.38 \quad (\text{Ecuación 4})$$

8.11 Determinación de Extracto etéreo (lípidos)

Se pesaron 0.5 g de muestra seca, y se sometieron a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Se utilizó el método Soxhlet y un sistema de extracción Büchi, modelo BUL36681 con vasos Büchi y cartuchos de celulosa en los que se colocaron las muestras secas. Los vasos se colocaron en el sistema de extracción de grasa añadiendo 90 mL de solvente para lograr las descargas correctamente por 4h consecutivas. Después del tiempo de extracción fueron retiradas las muestras del equipo y se dejaron por 1h en un desecador para permitir la volatilización del solvente presente en las muestras (AOAC, 2000) Por último, se calculó el porcentaje de grasa con la siguiente ecuación 5:

$$\%Extracto\ etéreo = \frac{(B - A)}{PM} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

B: peso del vaso Büchi con grasa extraída (g)

A: peso del vaso vacío (g)

PM: peso muestra

8.12 Determinación de Fibra cruda

La fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas (AOAC, 2000). Para realizar este análisis se utilizó el método gravimétrico y un determinador de fibra marca Labconco modelo LAC300001-00. Las muestras de tallo y hoja encontradas en los cartuchos de extracción de grasa fueron colocados en vasos Berzelius, añadiendo 200mL de ácido sulfúrico (0.255N), se calentó cada vaso en el aparato condensador y dejó hervir por 30min, se filtró y lavó con agua caliente hasta pH neutro, el residuo fue colocado en los vasos Berzelius, añadiendo 200mL de NaOH (0.313N) se dejó hervir por 30min, se procedió a filtrar, adicionando 25mL de ácido sulfúrico, 150mL de agua destilada y 25mL de alcohol, se colocaron en los crisoles dejándolos secar por 2h a 120°C en una estufa marca (Craft®), se registró el peso y posteriormente se calcino a 530 °C durante 30 min en una mufla marca (Felisa® modelo 3510), se dejó enfriar en un desecador y se pesó.

Los resultados de fibra cruda se calcularon de acuerdo con la siguiente ecuación 6:

$$\%Fibra\ cruda = \frac{(B - C)}{PM} \times 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

B: peso del crisol con residuo seca (g)

C: peso del crisol con ceniza (g)

PM: peso de la muestra (g)

8.13 Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Obtenida por diferencia, alrededor de 100 del resultado de: humedad, ceniza, extracto etéreo, fibra curda y proteína cruda (AOAC, 2005)

Dentro de este concepto se agrupan todos los nutrientes no evaluados con los métodos señalados anteriormente dentro del análisis proximal, constituido principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás

compuestos orgánicos solubles no nitrogenados; debido a que se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentos calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Cálculo

$$\text{Extracto Libre de Nitrógeno (\%)} I = 100 - (A+B+C+D+E)$$

Donde:

A = Contenido de humedad (%)

B = Contenido de proteína cruda (%)

C= Contenido de lípidos crudos (%)

D= Contenido de fibra cruda (%)

E= Contenido de ceniza (%)

8.14 Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento, considerando cada árbol como unidad experimental. Los tratamientos establecidos fueron los siguientes: T1: Melaza (10 mL L^{-1} ; 1 L/planta) en suelo agrícola (TA+M), T2: Melaza (10 mL L^{-1} ; 1 L/planta) en tierra de monte (TM+M), T3: Melaza (10 mL L^{-1} ; 1 L/planta) en tepetate (T+M), T4: Control sin melaza en suelo agrícola (TA), T5: Control sin melaza en tierra de monte (TM), T6: Control sin melaza en tepetate (T).

Al obtener la recopilación de las variables evaluadas: proteína total, fibra cruda, cenizas, lípidos, humedad y extracto libre de nitrógeno (ELN), con el objetivo de determinar las diferencias significativas entre tratamientos, se realizaron análisis de varianzas (ANOVAS) y comparaciones de medidas utilizando la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

9. Resultados y Discusión

9.1 Análisis proximal de sustratos

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de los distintos sustratos órgano/mineral. Como se puede observar hay diferencias estadísticas significativas entre ellos, principalmente en el contenido de cenizas. En el resto de parámetros evaluados como son humedad, proteína, lípidos y ELN hay similitudes entre tierra agrícola y tepetate en comparación con tierra de monte. Sin embargo, en el contenido de fibra existe una mayor similitud entre tierra de monte y tepetate.

Los tepetates constituyen un sustrato que permite analizar diversos procesos edáficos a través de experimentos sencillos en condiciones controladas, en los que se aplica materia orgánica al material roturado, con la finalidad de habilitarlos a un uso agrícola, pecuario o forestal (Velázquez, et al. 2022)

El tepetate, que posee estructura masiva y carece de reservas orgánicas, la adición de materia orgánica (MO) ha mostrado un efecto significativo en la fertilidad al aportar N y P, esenciales para el desarrollo de biota, al tiempo que favorece una estructuración estable. Aunque se sabe que la calidad del suelo se relaciona con la naturaleza de los compuestos orgánicos, son escasos los estudios acerca de los componentes básicos de la MO, una vez que se ha incorporado a capas duras como el tepetate (Velázquez, et al. 2008).

El suelo agrícola está compuesto de minerales que sirven de alimento, tierra que retiene la humedad y microorganismos, que ayudan a que conserve sus buenas propiedades. El factor físico tiene especial relevancia en los suelos cultivados de forma intensiva (Fernández, 2015).

Ambos sustratos cuentan con características similares son de origen natural ya que, al incorporarse MO pueden ser de buen uso dando como resultado un buen drenaje y porosidad, así como la disponibilidad de nutrientes que son esenciales para el desarrollo de *Dalbergia paloescrito*. A comparación de la tierra de monte la cual muestra una gran diferencia en contenido de MO, la cantidad de microorganismos que se encuentran en ella es mucho mayor en comparación a tierra agrícola y

tepetate. La materia orgánica es el componente principal que determina la calidad y productividad del suelo. La fertilidad, la disponibilidad de agua, la susceptibilidad a la erosión, la compactación, e incluso la resistencia de las plantas a los insectos y las enfermedades, dependen en gran medida de la materia orgánica del suelo (Docampo, n.d.).

La tierra de monte es el material que resulta de la acumulación de materiales orgánicos en el suelo de un bosque (Durán, 2012). Es uno de los principales sustratos utilizados debido a sus características físicas, su disponibilidad y su bajo costo. Sin embargo, la explotación irracional de este recurso tiene graves impactos ambientales principalmente sobre la vegetación y el suelo de los ecosistemas forestales. La tierra de monte es un material de extracción del bosque por lo que su disponibilidad está limitada por la ley debido al impacto ecológico negativo que se produce por la explotación excesiva (Acosta, et al. 2018).

Tabla 2. Resultados del análisis fisicoquímico de los distintos sustratos

Testigo	Humedad	Cenizas	Proteína	Lípidos	ELN	Fibra
Tierra agrícola	9.9±0.08 ^B	9.6±0.11 ^A	29.6±0.26 ^A	2.2±0.03 ^A	45.4±0.16 ^B	3.3±0.06 ^B
Tierra de monte	10.4±0.18 ^A	8.4±0.06 ^C	27.6±0.22 ^B	1.4±0.01 ^B	48.5±0.06 ^A	3.8±0.06 ^A
Tepetate	9.8±0.05 ^B	9.2±0.16 ^B	29.5±0.36 ^A	2.2±0.11 ^A	45.4±0.40 ^B	3.7±0.10 ^A

Los resultados están expresados como el promedio ± la desviación estándar. Las comparaciones estadísticas están realizadas en columnas.

9.2 Caracterización proximal

Se realizó la caracterización proximal de los distintos sustratos suplementados con melaza, los resultados se muestran en la Tabla 3. Dicha caracterización se llevó a cabo con el objetivo de realizar una comparación del antes y después de la suplementación con melaza.

Como se puede observar en todos los parámetros hubo diferencias, en comparación con los resultados sin la adición de melaza (Tabla 2).

El promedio más alto en humedad fue tierra de monte, mientras que los otros dos tratamientos mostraron similitud aumentando de igual manera (Tabla 2), comparándolos con el tratamiento de melaza (Tabla 3) fue notable el cambio con la suplementación de melaza mientras que en una investigación previamente realizada con una dosis mayor (dosis de 20mL/L de agua), indicaron que el mayor porcentaje de humedad se encontró en el tratamiento de tierra de monte sin melaza (Palacios, 2025). Esto se debe al estado líquido de la melaza y su alto contenido de azúcares solubles. Contiene de 26 a 40% de sacarosa y de 12 a 25% de azúcares reductores, con un contenido total de azúcar de más de 50 a 60% (Conadesuca, 2016). Es decir, le gusta absorber agua del entorno, las mezclas que emplean melaza poseen un alto poder higroscópico (Hernández, 1995), al incorporarse a los sustratos causa un incremento de humedad.

Respecto al contenido de cenizas, se observó una disminución un tanto ligera en los tratamientos de tierra agrícola más melaza (TA+M) y tepetate más melaza (T+M) obteniendo un mayor nivel de cenizas en el testigo (Tabla 3), mientras que en la tierra de monte más melaza (TM+M) hubo un incremento. Dichos cambios pueden explicarse por el aporte mineral propio de la melaza, la cual contiene cantidades apreciables de potasio, calcio, magnesio y otros minerales que permanecen como residuo inorgánico tras la calcinación. El alto contenido de carbohidratos de la melaza estimuló la actividad microbiana en el suelo, lo que mejoró la solubilidad y la movilización de nutrientes del suelo, facilitando su captación por las raíces (Palacios, 2025). El contenido de ceniza varía de 8-10%, constituido principalmente por K, Mg, Ca, Cl y sales de azufre (Conadesuca, 2016).

En el caso de la proteína, todos los tratamientos con melaza presentaron una disminución en comparación con los valores del testigo (Tabla 3) teniendo el valor más bajo tepetate más melaza (T+M) (13.73) (Tabla 3). El mayor contenido de proteína del material vegetal se obtuvo en el tratamiento que no consideró la aplicación de la melaza en un sustrato de suelo agrícola; esto puede mostrar que

un exceso de melaza puede alterar el equilibrio de nutrientes en el suelo (Palacios, 2025). En este resultado muestra de igual manera valores altos en los sustratos sin melaza. Aunque la melaza no es una fuente significativa de proteína, su alto contenido de carbohidratos fácilmente fermentables puede modificar la proporción relativa de los componentes del sustrato, generando un efecto de dilución sobre la fracción proteica. El contenido de proteína cruda normalmente es bastante bajo (cerca del 3%) y variable (Conadesuca, 2016).

Por otro lado, en cuanto al contenido de lípidos mostró una disminución en tierra agrícola más melaza (TA+M) (2.2) y tepetate más melaza (T+M) (2.2) siendo más bajo tierra de monte más melaza (TM+M) con un total de 1.4, teniendo niveles más altos los testigos (tierra agrícola y tepetate) con un promedio similar (Tabla 2). Mientras que en tierra de monte más melaza (TM+M) se observó un ligero aumento de 1.5 (Tabla 3). Este comportamiento se explica por la presencia de melaza, ya que se ha reportado que posee un contenido lipídico muy bajo, por ende, su adición reduce proporcionalmente la concentración de grasas presentes en el sustrato. Generalmente reportado como 0% o valores menores a 0.1 g por cada 100 g, ya que es rica en azúcares. De acuerdo al contenido de lípidos, Zamora (2003) menciona que en la melaza el contenido es nulo, teniendo mayor concentración de azúcares, por ende en el análisis bromatológico muestra valores bajos.

Por otro lado, el Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) aumentó en todos los tratamientos con melaza mostrando un mayor valor tierra de monte más melaza (TM+M) (Tabla 3). El mayor contenido de extracto libre de nitrógeno del material vegetal se obtuvo en el tratamiento que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de suelo agrícola, la mejora en el contenido de ELN se debe a la estimulación de la vida microbiana en el suelo (Palacios, 2025). Este incremento se atribuye directamente al elevado contenido de carbohidratos solubles presentes en la melaza, los cuales forman parte de esta fracción en el análisis proximal. Por tal motivo podemos deducir que la melaza, contiene de 75 a 83% de materia seca, 30 a 40% de sacarosa, 2.5 a 4.5% de compuestos nitrogenados (predominado aspartato y glutamato) y aproximadamente, 0.4 a 1.5% de nitrógeno (Conadesuca,

2016) de este modo al ser aplicada a los diferentes tratamientos se puede observar un incremento de ELN (Tabla 3)

Finalmente, el contenido de fibra presentó un aumento en los tres tratamientos con melaza siendo el más notorio en el tepetate más melaza (T+M) (Tabla 3). En algunos casos se observó un incremento aparente, el cual puede estar relacionado con cambios en la proporción de los componentes del sustrato tras la aplicación de melaza.

Esto aumenta la disponibilidad de nutrientes y la salud de la planta, se traduce en mayor crecimiento y en mayor producción de biomasa y por lo tanto en fibra (Palacios, 2025).

Tabla 3. Resultados de la caracterización proximal de los distintos sustratos suplementados con melaza

Tratamientos	Humedad	Cenizas	Proteína	Lípidos	Extracto Libre de Nitrógeno	Fibra
TA+M	13.3±0.2 ^A	8.9±0.2 ^A	19.2±0.5 ^A	1.8±0.01 ^A	52.3±0.6 ^A	4.2±0.01 ^A
TM+M	13.5±0.2 ^A	9.0±0.03 ^{A B}	21.4±0.05 ^B	1.5±0.01 ^B	50.5±0.2 ^B	3.8±0.06 ^B
T+M	12.5±0.1 ^B	8.4±0.2 ^B	13.7±0.1 ^C	1.4±0.1 ^B	58.1±0.5 ^C	5.6±0.06 ^C

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar. TA: Tierra agrícola; TM: Tierra de monte; T: Tepetate. Las comparaciones estadísticas están realizadas en columnas.

9.3 Caracterización fisicoquímica

9.3.1 Determinación de pH

En la Tabla 4 se muestran los resultados de pH de los distintos tratamientos. Como se puede observar, los valores del pH del día 1 con el sustrato TA+M mostró un valor de 6.7, sin embargo, fue disminuyendo conforme al tiempo, hasta alcanzar un valor más bajo en el día 210 con un total de 4.5 de pH, posteriormente al final de la aplicación se registró una ligera recuperación 5.2 (Tabla 4). Esta tendencia se puede deber a la acidificación, lo cual es consistente con lo reportado en sistemas agrícolas debido al tipo de manejos que se da, ya que conforme fue pasando el tiempo se iban incorporando a los sustratos de *Dalbergia paloescrito* las aplicaciones de melaza causando cierto grado de acidez. Durante la descomposición de plantas y otros residuos orgánicos, los microorganismos del suelo liberan ácidos orgánicos como el ácido cítrico, el ácido acético y el ácido oxálico. Estos ácidos, al acumularse en el suelo, donan protones (H^+) al ambiente, lo que incrementa la acidez del mismo. Este proceso de mineralización de la materia orgánica, es crucial para el ciclo de nutrientes, pero cuando ocurre en exceso o en suelos que ya tienen una capacidad limitada para neutralizar la acidez, puede contribuir significativamente a la disminución del pH (Marketing, 2024).

Por otra parte, el sustrato TM+M presentó valores de pH óptimos entre 6 y 7 hasta el día 180, dando el máximo valor el día 150 (7.4 de pH) (Tabla 4), posteriormente se observó una disminución de 4.9 de pH en el día 210, finalizando con 5.6 de pH del día 270. Esto pudo deberse a que al tener mayor cantidad de materia orgánica no hubo variaciones tan notables excepto por las dos mencionadas. Este comportamiento sugiere una mayor capacidad amortiguadora inicial, probablemente asociada a un mayor contenido de materia orgánica y bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+), características típicas de suelos con cobertura vegetal natural (Weil, 2017).

Para finalizar, el sustrato T+M presentó valores más bajos a comparación con los dos sustratos mencionados con anterioridad (Tabla 4), iniciando con un valor de 4.6 y un mínimo de 4.0 de pH en el día 210, a lo largo del tiempo de evaluación y las

constantes aplicaciones, el rango de pH que se mantuvo fue ácido (4.0-4.6). Esto puede explicarse ya que presentan bajos porcentajes de materia orgánica y nutrimentos (García et al., 2007). Dando como resultado un escaseo de variación en medidas de parámetros en pH.

El Tratamiento de Tierra Agrícola marcó una tendencia a la acidificación, mientras que la Tierra de Monte tuvo valores estables en cuanto a neutralidad, el Tepetate mantuvo mayor valor ácido debido a sus limitaciones edáficas.

Tabla 4. Resultados de la determinación de pH de los distintos tratamientos

Tratamientos	pH día 1	pH día 30	pH día 60	pH día 90	pH día 120	pH día 150	pH día 180	pH día 210	pH día 240	pH día 270
TA+M	6.7±0.15 ^B	6.2±0.10 ^B	6.0±0.05 ^B	5.8±0.09 ^B	6.2±0.05 ^B	5.5±0.05 ^B	5.4±0.01 ^B	4.5±0.01 ^B	4.9±0.1 ^B	5.2±0.07 ^B
TM+M	7.3±0.04 ^A	6.9±0.03 ^A	6.8±0.06 ^A	6.8±0.09 ^A	6.9±0.13 ^A	7.4±0.04 ^A	7.3±0.01 ^A	4.9±0.01 ^A	6.8±0.02 ^A	5.6±0.1 ^A
T+M	4.6±0.16 ^C	4.4±0.06 ^C	4.3±0.06 ^C	4.4±0.11 ^C	6.2±0.12 ^B	4.4±0.06 ^C	4.2±0.06 ^C	4.0±0.01 ^C	4.5±0.08 ^C	4.5±0.1 ^C

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

9.3.2 Determinación de CE

En la Tabla 5 se muestran los resultados de conductividad eléctrica (CE), como se puede observar el comportamiento de los distintos tratamientos conforme van pasando los días tras ser aplicada la melaza.

La conductividad eléctrica (CE) se relaciona directamente con la concentración de sales y nutrientes disponibles. Cabe mencionar que un aumento excesivo de CE puede causar estrés salino en las plantas, reduciendo su capacidad de absorción de agua y afectando negativamente sus funciones fisiológicas (Tester, 2008). Se ha reportado ampliamente que el límite superior de tolerancia al cual el crecimiento de la raíz se afecta con incrementos de salinidad, ha sido estimado entre $6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Agrichem, s.f.). Con base a lo citado anteriormente, los valores de CE presentados por los tratamientos evaluados se encuentran en rangos óptimos.

En los primeros días se observaron variaciones marcadas entre los diferentes tipos de sustrato, en el día 1 TM+M muestra el valor más alto 1930.6 de CE, seguido de TM+M 1509.0 1930.6 de CE mientras que TA+M da como resultado más bajo 3.5 1930.6 de CE.

Al pasar de los días se observa un elevado pico en el día 60 y 180 (Tabla 5), en el día 90 y 150 los valores son de 2.3 y 2.9 1930.6 de CE mostrando pocas diferencias, presentando TA+M valores más altos en este periodo, posteriormente en los días 210 a 270, TA+M muestra el nivel más alto hacia el final 3.4 1930.6 de CE, T+M mantiene niveles bajos en el día 270 con un total de 2.6 1930.6 de CE. El sustrato TA+M presentó niveles más altos de CE a comparación de los otros dos sustratos utilizados, pero al final lograron estabilizarse. Las variaciones observadas de la CE pueden atribuirse principalmente al efecto de la melaza como fuente de carbono fácilmente degradable y de sales solubles. De igual manera, los cambios rápidos en CE pueden deberse a la absorción de nutrientes por la planta o la lixiviación de sales en el medio del cultivo (Benton, 2004). Así también, la melaza contiene cantidades apreciables de potasio, calcio, magnesio y sodio (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, s.f.), lo que incrementa temporalmente la concentración iónica en la solución del suelo

Tabla 5. Resultados de la determinación de CE (mS/cm) de los distintos tratamientos.

Tratamientos				CE día		CE día		CE día	CE día	CE día
	CE día 1	CE día 30	CE día 60	90	CE día 120	150	CE día 180	210	240	270
TA+M	3.5±0.03 ^C	1949.6±46.8 ^A	1964.0±46.8 ^A	2.4±0.06 ^B	2.9±0.06 ^B	2.4±0.05 ^A	2.7±0.04 ^B	2.8±0.3 ^A	3.4±0.2 ^A	3.4±0.1 ^A
TM+M	1930.6±2.5 ^A	2.08±0.1 ^C	270.6±18.01 ^C	2.7±0.06 ^A	2.3±0.1 ^B	2.5±0.06 ^A	1579.0±3.6 ^A	2.8±0.09 ^A	2.4±0.09 ^B	3.02±0.1 ^B
T+M	1509.0±45.9 ^B	1151.3±41.02 ^B	1809.0±29.5 ^B	2.3±0.07 ^B	1775.3±9.7 ^A	2.4±0.05 ^A	2.2±0.07 ^B	2.6±0.3 ^A	2.5±0.1 ^B	2.6±0.1 ^C

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

9.3.3 Determinación de NO_3^-

Respecto a la determinación de NO_3^- los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6. De manera general, se observa que los valores van cambiando conforme el tipo de sustrato que se utiliza, por ende, los resultados se notan diferentes entre sí.

Donde el tratamiento TA+M presentó una concentración inicial más alta en nitrato de 960.0 de NO_3^- en comparación con los otros dos tratamientos, siendo el valor más alto el que se registró durante la aplicación de melaza en el tiempo establecido, seguido del día 60 TA+M 767.0 de NO_3^- ; por otra parte, se observó una tendencia general de disminución alcanzando valores de 438.3 de NO_3^- al día 270, el valor más bajo fue en el día 210 con un total de 421.6 de NO_3^- . El comportamiento observado pudo deberse a la prevalencia de la nitrificación en los suelos agrícolas, ya que la mayor parte del nitrógeno se absorbe en forma de nitrato, y por su parte el nitrato se desplaza libremente hacia las raíces de las plantas a medida que estas absorben agua (Company, 2026).

Por su parte el TM+M, presentó un comportamiento intermedio a lo largo del experimento. El valor mínimo obtenido fue 375.6 de NO_3^- correspondiente al día 1, mientras que en los días 120-240 se logró capturar un incremento de 641.0-730.3 de NO_3^- (Tabla 6). En un momento dado, entre el 95 y el 99 % del nitrógeno potencialmente disponible en el suelo se encuentra en formas orgánicas, ya sea en residuos vegetales y animales, en la materia orgánica relativamente estable o en organismos vivos del suelo, principalmente microbios como las bacterias (Company, 2026). Aunado a lo mencionado anteriormente, el alto contenido de microorganismos en la TM sus valores son parecidos a TA.

El tratamiento T+M obtuvo las concentraciones más bajas, el valor mínimo se registró en el día 30 dando como resultado 164.3 de NO_3^- , seguido del día 270 con 211.0 de NO_3^- . Por otra parte, los valores más altos corresponden al día 1 con 280.6 de NO_3^- y el día 60 con 275.3 de NO_3^- . Viendo los resultados al tener menor cantidad de microorganismos causando una menor movilización microbiana.

Tabla 6. Resultados de la determinación de NO_3^- de los distintos tratamientos

Tratamientos	NO_3^- día									
	1	30	60	90	120	150	180	210	240	270
TA+M	960.0±4.0 ^A	509.0±8.5 ^A	767.0±15.7 ^A	579.0±25.9 ^A	557.6±9.7 ^B	470.3±7.5 ^A	521.0±7.5 ^B	421.6±5.6 ^B	497.3±15.1 ^B	438.3±4.7 ^B
TM+M	375.6±8.3 ^B	486.0±17.3 ^A	460.0±16.0 ^B	605.6±5.1 ^A	641.0±7.5 ^A	461.6±8.6 ^A	581.3±6.1 ^A	458.6±5.1 ^A	730.3±7.5 ^A	482.0±6.2 ^A
T+M	280.6±3.06 ^C	164.3±7.3 ^B	275.3±11.9 ^C	220.0±9.0 ^B	221.3±7.09 ^C	241.6±5.6 ^B	241.0±5.5 ^C	209.3±6.03 ^C	253.6±7.7 ^C	211.0±4.5 ^C

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

9.3.4 Determinación de Na^+

La Tabla 7 muestra la dinámica del sodio; se observa que la concentración inicial de Na^+ fue mayor en el tratamiento TA+M en el día 1 con 388.0 de Na^+ , posteriormente ocurre una disminución en el lapso de las aplicaciones hasta el día 210 marcando como resultado 37.0 de Na^+ , sin embargo, al finalizar el experimento se observa un leve incremento alcanzado 86.0 de Na^+ en el día 270 (Tabla 7). Este tratamiento presentó concentraciones altas al inicio debido a una mayor disponibilidad de melaza o por su composición del sustrato.

El tratamiento TM+M inicia con un valor de 222.0 de Na^+ y en los primeros 3 meses su valor se mantuvo alto, sin embargo, conforme se fueron haciendo las aplicaciones este valor disminuye hasta alcanzar un valor mínimo en el día 210 (27.0 de Na^+), y al concluir hubo un ligero aumento (53.6 de Na^+) esto en el día 270. Cabe mencionar que el tratamiento T+M, fue el que resultó con valores menores (184.3 de Na^+) en comparación con los anteriores, donde en el día 30 se presentó el valor más alto, y al paso del tiempo los valores disminuyeron gradualmente hasta estabilizarse al igual que los otros 2 tratamientos finalizando con 92.3 de Na^+ en el día 270.

El sodio se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales (K+S Minerals and Agriculture, 2025). Al presentarse tres tipos de sustrato los cuales son diferentes entre sí, los resultados fueron variados siendo del más alto TA+M, al más bajo T+M.

En situaciones donde el sodio representa un alto porcentaje entre los cationes intercambiables, se presentan cambios en la estructura del suelo que afectan a la permeabilidad; el suelo entonces se considera sódico (INTAGRI, s.f.). Ya que el sodio es necesario en cantidades pequeñas para que se pueda asimilar, ya que al presentar exceso puede generar problemas, para el desarrollo

Tabla 7. Resultados de la determinación de NA⁺ de los distintos tratamientos

Tratamientos	NA ⁺ día 1	NA ⁺ día 30	NA ⁺ día 60	NA ⁺ día 90	NA ⁺ día 120	NA ⁺ día 150	NA ⁺ día 180	NA ⁺ día 210	NA ⁺ día 240	NA ⁺ día 270
TA+M	388.0±2.0 ^A	205.6±5.1 ^A	189.0±5.5 ^A	149.0±7.5 ^A	84.6±7.5 ^A	68.0±4.5 ^A	44.3±3.5 ^A	37.0±3.6 ^A	51.3±4.1 ^{A B}	86.0±3.6 ^A
TM+M	222.0±4.3 ^B	174.3±18.1 ^B	117.0±6.5 ^B	85.6±9.07 ^B	44.6±3.5 ^C	55.3±4.5 ^{A B}	42.6±3.06 ^A	27.0±3.6 ^B	48.6±5.5 ^B	53.6±4.5 ^B
T+M	141.3±1.5 ^C	184.3±7.3 ^A B	121.6±11.5 ^B	99.3±8.02 ^B	62.6±3.5 ^B	50.6±8.02 ^B	42.3±5.03 ^A	41.0±4.0 ^A	61.6±5.1 ^A	92.3±4.04 ^A

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

9.3.5 Determinación de Ca^{2+}

Respecto a los resultados de Ca^{2+} , en general se observa que la concentración presentó variaciones a lo largo del tiempo en todos los tratamientos evaluados (Tabla 8).

TA+M en el día 1 dio como resultado una mayor concentración de calcio 2299.0 de Ca^{2+} , hasta el día 60 los valores se notaron estables. Posteriormente, se observó una disminución progresiva hasta alcanzar valores de 774.6 de Ca^{2+} en el día 90 y 189.0 de Ca^{2+} en el día 120. Estos resultados continuaron hasta llegar al valor mínimo registrado en este tratamiento, 189.0 de Ca^{2+} en el día 210, al concluir se observó una ligera recuperación de la concentración de calcio, registrándose valores de 343.3 de Ca^{2+} en el día 240 y 430.6 de Ca^{2+} en el día 270 (Tabla 8).

En el tratamiento TM+M, los valores iniciales fueron menores en comparación con el tratamiento TA+M. En el día 1 se registró una concentración de 1199.0 de Ca^{2+} , mientras que en el día 30 se observó el valor máximo para este tratamiento con 1286.0 de Ca^{2+} . Mientras que, las concentraciones de calcio disminuyeron hasta alcanzar el valor mínimo de 131.3 de Ca^{2+} en el día 180. Al igual que en el tratamiento anterior, hacia el final del periodo experimental se evidenció una ligera recuperación en los niveles de calcio, alcanzando valores de 317.6 de Ca^{2+} en el día 240 y 419.0 de Ca^{2+} en el día 270.

Por su parte, el tratamiento T+M presentó las concentraciones más bajas durante todo el periodo de evaluación. El valor inicial registrado fue de 810.0 de Ca^{2+} en el día 1, disminuyendo progresivamente hasta 382.6 de Ca^{2+} en el día 90 y 243.3 de Ca^{2+} en el día 120. La concentración mínima en este tratamiento se registró en el día 180 con 141.3 de Ca^{2+} , seguido de un ligero incremento hacia el final del experimento, alcanzando 243.6 de Ca^{2+} en el día 240 y 322.0 de Ca^{2+} en el día 270.

Al comparar los tres tratamientos evaluados, se observa que el tratamiento TA+M presentó las mayores concentraciones de Ca^{2+} durante gran parte del periodo experimental, seguido por el tratamiento TM+M, mientras que el tratamiento T+M registró consistentemente los valores más bajos. El calcio es absorbido por las

regiones jóvenes de las raíces de las plantas (InfoAgro, s.f.). Lo cual causa al inicio mayor disponibilidad con las aplicaciones de melaza que causa un aumento de actividad microbiana causando la liberación de los nutrientes disponibles, para posteriormente ser absorbido para el desarrollo del *Dalbergia paloescrito*. Las sustancias azucaradas como la melaza favorecen la descomposición de materiales orgánicos y la liberación de nutrientes en el suelo (Álvares et al., s.f.)

Tabla 8. Resultados de la determinación de Ca^{2+} de los distintos tratamientos

Tratamientos	Ca^{2+} día 1	Ca^{2+} día 30	Ca^{2+} día 60	Ca^{2+} día 90	Ca^{2+} día 120	Ca^{2+} día 150	Ca^{2+} día 180	Ca^{2+} día 210	Ca^{2+} día 240	Ca^{2+} día 270
TA+M	2299.0±3.6 ^A	1295.3±5.6 ^A	1199.0±9.5 ^A	774.6±16.6 ^A	454.3±18.1 ^A	312.3±7.7 ^A	321.3±6.1 ^A	189.0±5.5 ^A	343.3±19.8 ^A	430.6±4.04 ^A
TM+M	1199.0±4.5 ^B	1286.0±17.06 ^A	979.3±8.02 ^B	763.0±12.7 ^A	313.6±53.5 ^B	281.6±6.6 ^B	131.3±6.1 ^B	200.0±8.0 ^A	317.6±5.8 ^A	419.0±5.5 ^A
T+M	810.0±2.0 ^C	747.0±18.08 ^B	543.0±10.8 ^C	382.6±7.3 ^B	243.3±7.5 ^B	189.6±3.5 ^C	141.3±6.1 ^B	200.0±6.0 ^A	243.6±10.9 ^B	322.0±11.1 ^B

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

9.3.6 Determinación de K⁺

En el tratamiento TA+M se observa que el contenido de potasio inicia con un valor de 151.0 de K⁺ en el día 1, aumentando hasta 179.6 de K⁺ en el día 30, lo que indica una liberación inicial del nutriente. Posteriormente se observa una disminución considerable en el día 60 (110.6 de K⁺), que corresponde al valor más bajo registrado en todo el experimento. Los valores vuelven a incrementarse alcanzando 259.6 de K⁺ en el día 180, lo que indica una nueva liberación de la nutriente asociada probablemente con una mayor degradación de la materia orgánica.

El tratamiento TM+M presenta valores generalmente mayores que TA+M a lo largo del experimento. El valor máximo para este tratamiento se registra en el día 180 (290.0 de K⁺). Este incremento progresivo puede estar asociado con una mayor degradación de compuestos orgánicos y liberación de nutrientes minerales que se encuentran en el sustrato.

El tratamiento T+M presenta las concentraciones más elevadas de potasio en prácticamente todo el periodo de evaluación, el valor más bajo pertenece al día 210 161.6 de K⁺.

Este comportamiento puede relacionarse con el hecho de que la melaza contiene cantidades apreciables de este elemento y puede contribuir indirectamente a su disponibilidad en el suelo, como ya se ha mencionado con anterioridad. Estas diferencias pueden atribuirse a la influencia del tipo de tratamiento sobre la actividad microbiana, la degradación de la materia orgánica y la liberación de nutrientes minerales. La presencia adecuada de potasio en el suelo permite a las raíces de las plantas absorber agua de manera eficiente y ayuda a mantener la turgencia celular, lo que les permite mantener su forma y estructura (México, 2023).

Tabla 9. Resultados de la determinación de K⁺ de los distintos tratamientos

Tratamientos	K ⁺ día 1	K ⁺ día 30	K ⁺ día 60	K ⁺ día 90	K ⁺ día 120	K ⁺ día 150	K ⁺ día 180	K ⁺ día 210	K ⁺ día 240	K ⁺ día 270
TA+M	151.0±6.5 ^B	179.6±11.6 ^C	110.6±11.02 ^C	140.0±4.0 ^C	155.3±0.06 ^B	200.3±11.5 ^B	259.6±6.5 ^B	116.6±6.1 ^C	223.3±12.3 ^A _B	211.3±7.09 ^C
TM+M	171.6±5.6 ^B	221.6±11.5 ^B	161.6±10.6 ^B	268.3±11.5 ^B	215.0±12.2 ^A	191.3±7.09 ^B	290.0±9.0 ^A	141.0±4.5 ^B	195.0±12.2 ^B	268.3±4.7 ^A
T+M	252.0±45.9 ^A	281.3±20.4 ^A	201.6±4.7 ^A	310.3±6.5 ^A	208.3±8.02 ^A	320.0±8.0 ^A	192.3±6.8 ^C	161.6±6.6 ^A	243.3±11.3 ^A	243.6±7.2 ^B

Los datos que se presentan en la tabla, son el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar

10. Conclusiones

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron evaluar la suplementación de melaza con una dosis de 10 mL sobre diferentes sustratos (tierra agrícola, tierra de monte y tepetate) y su influencia en la composición proximal de las hojas de *Dalbergia paloescrito*, considerando parámetros físico químicos (pH, CE, NO_3^- , NA^+ , Ca^{2+} y K^+) durante el periodo experimental. De manera general la adición melaza influyó en la composición proximal de las hojas, evidenciándose diferencias notorias en los contenidos de humedad, cenizas, proteína, lípidos, ELN y fibra en comparación con el testigo.

La aplicación de melaza mejoró sus condiciones en la tierra de monte más melaza (TM+M), ya que los resultados obtenidos fueron los mejores en general, mostrando un alto contenido de humedad, cenizas y proteína, seguido de tierra agrícola más melaza (TA+M) que aumentó en lípidos, ELN y fibra, lo cual puede atribuirse al aporte de compuestos orgánicos y azúcares que se encuentran presentes en la melaza, que actúan como fuente de energía para la actividad microbiana.

Referencias

Acosta Durán, C. M., & Acosta Peñaloza, D. (2018). Sustratos de basura verde para cultivo de geranio (*Pelargonium spp.*) en contenedor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 899–910. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.265>

Agrichem. (s.f.). Sales del suelo: su importancia y manejo. <https://agrichem.mx/sales-del-suelo-importancia-manejo/>

Agroecology. (2024). *Melaza de caña*. <https://agroecologysl.com/producto/melaza-de-cana/>

Agüero-Murillo, A. C., & Montero Campos, V. (2009). Producción de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter*, *Bacillus* y *Pseudomonas*) en medio líquido a base de melaza para su aplicación en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Azucarera El Viejo, Guanacaste, Costa Rica. *FAO AGRIS – Sistema Internacional de Ciencia y Tecnología Agrícola*. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124451/records/66470d98e62948cba00ad1e0>

Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001.pdf>

Blas, A. (2019, septiembre 15). Las consecuencias sociales, nutricionales y ambientales de desperdiciar la comida. *The Conversation*. <https://theconversation.com/las-consecuencias-sociales-nutricionales-y-ambientales-de-desperdiciar-comida-122576>

CONADESUCA. (2016, noviembre). *Melazas de caña de azúcar y su fabricación de dietas para ganado* (Nota informativa, pp. 3–11). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171888/Nota_Informativa_Noviembre_Melazas.pdf

Coreno Hernández, O., Zepeda Bastida, A., Soto Simental, S., Ayala Martínez, M., & Ojeda Ramírez, D. (2018). Efecto del consumo de palo escrito, alfalfa y maíz en bloques multnutricionales sobre la calidad de la canal y carne de conejos. *Abanico Veterinario*, 8(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-61322018000100075&script=sci_arttex

Fernández, J. F. (2015, septiembre 8). *Importancia de la estructura del suelo en la agricultura*. iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/iriego/importancia-estructura-suelo-agricultura>

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). (s.f.). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. <https://www.fundacionfedna.org/>

Germen Biotec Marketing. (2024, septiembre 30). La tierra se acidifica, el desafío oculto. <https://germenbiotec.com/blogs/news/la-tierra-se-acidifica-el-desafio-oculto>

Gómez Sánchez, I., et al. (s.f.). *Fichas de propagación de árboles clave para la restauración*.

https://revivemx.org/Recursos/Fichas_propagacion/FichaPropagacion_F4_Dalbergia_paloescrito_PaloEscrito.pdf

Granados Marín, C., WingChing-Jones, R., & Rojas Bourrillón, A. (2014). Ensilaje de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con la adición de melaza. *Revista de Ciencias Agrícolas*. <https://www.redalyc.org/pdf/5156/515651795006.pdf>

InfoAgro. (s.f.). Absorción, transporte y distribución del calcio en la planta. <https://mexico.infoagro.com/absorcion-transporte-y-distribucion-del-calcio-en-la-planta/>

INTAGRI. (s.f.). *Suelos sódicos*. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/suelos-sodicos>

Jiménez, C., Sampietro, D., Vattuone, M., Sgariglia, M., Soberón, J., & Quiroga, E. (2007). Influencia de la melaza en la evolución del nitrógeno inorgánico del suelo en presencia del residuo de cosecha de la caña de azúcar. *Biología de Suelos*. <https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/en/346146>

K+S Minerals and Agriculture GmbH. (2023–2025). *Sodio como elemento beneficioso en la nutrición vegetal y animal*. <https://www.ks-iberia.com/es-es/agricultura/kali-academy/nutrientes/es-sodio/>

López Vioga, O., Lamela López, L., & Sánchez Santana, T. (2018). Evaluación del valor nutricional de los forrajes en un sistema silvopastoril. *Pastos y Forrajes*. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269159592007/html/>

Macías-Benítez, S., Pérez-Castillo, M., et al. (2020). Rhizospheric organic acids as biostimulants: Monitoring feedbacks on soil microorganisms and biochemical properties. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00633>

Másmela, M., et al. (2026). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the productivity and nutrition of sugarcane under reduced urea fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2026.100716>

Meng, L., & Wang, L. (2020). Influence of spent mushroom substrate and molasses amendment on nitrogen loss and humification during sewage sludge composting. *Science of the Total Environment*. <https://www.sciencedirect.com/>

Navas, A. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico. *Revista MVZ Córdoba*, 15(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-93542010000100010&script=sci_arttext

Ortiz, P. R. (2025, febrero). *Melaza: Un aliado natural en la sostenibilidad agrícola*. AgroRural. https://www.agrorural.com.mx/02_102023/

Palacios, T. Z. (2025, noviembre). *Efecto de la aplicación de melaza sobre la composición proximal de Dalbergia palo-escrito en diferentes condiciones edáficas* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/7192/ATD1348.pdf>

Palmonari, D. C. (2020). Short communication: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020>

Rubio Tobón, C. A., Rodríguez Laguna, R., Suárez Salazar, A., Octavio López, P., & Capulín Grande, J. (2025). Influencia de la perturbación en atributos morfológicos y estructura poblacional de *Dalbergia palo-escrito* Rzed. & Guridi-Gómez. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 16(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322025000100004

SMEAP México. (2023, abril 29). *Funciones del potasio en las plantas*. <https://smeapmexico.org/funciones-del-potasio-en-las-plantas/>

Smith, J. (2024). Necesidades nutricionales del ganado vacuno de carne. *MSD Manual Veterinario*. <https://www.msdrveterinario.com/es/manejo-y-nutricion/nutricion-ganado-vacuno-de-carne/necesidades-nutricionales-del-ganado-vacuno-de-carn>

The Mosaic Company. (2026). *Nitrogen*. <https://www.cropnutrition.com/nutrient-management/nitrogen/>

Trejo-Ibarra, O., Aispuro-Hernández, E., & Martínez-Téllez, M. Á. (2025). Biofertilizantes mineralizados en sistemas agroecológicos: Interacciones microbianas y desafíos para el escalamiento productivo. *Terra Latinoamericana*, 43(1). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792025000100205&script=sci_arttext

Velázquez, A. S., et al. (2008). Materia orgánica en tepetate bajo cultivo de higuera y pasto, acondicionado con estiércol y fertilizante. *Agrociencia*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952008000100002

Velázquez, A. S., et al. (2022). Formación de suelos a partir de tepetates: unidades estructurales, carbono orgánico y estabilidad estructural. *Terra Latinoamericana*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792022000100121

Villagrasa, M., & Díaz, F. (s. f.). *Diferencias entre las melazas de caña y de remolacha*. Dellait. <https://dellait.com/es/diferencias-entre-las-melazas-de-cana-y-de-remolacha/>

Wróbel, B., Zielewicz, W., & Paszkiewicz-Jasińska, A. (2025). Improving forage quality from permanent grasslands to enhance ruminant productivity. *Agriculture*, 15(13), 1438.

Zamora, M. (2003, julio 1). *Melaza: composición nutricional*. Nutriguía. <https://nutriguia.com/alimentos/melaza.html>