



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

Ingeniería en agronomía para la producción sustentable



"Efecto de la aplicación de melaza sobre la composición proximal de *Dalbergia palo escrito* en diferentes condiciones edáficas"

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

**Ingeniero en Agronomía para la Producción
Sustentable**

Presenta

Tonatiuh Zaid Palacios Reyes

Director: Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Co-director: Dr. Abraham Monteon Ojeda

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, noviembre de 2025



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 noviembre de 2025

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, **Tonatiuh Zaid Palacios Reyes**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Efecto de la aplicación de melaza sobre la composición proximal de Dalbergia palo escrito en diferentes condiciones edáficas”**, 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. Jaime Pacheco Trejo
SECRETARIO	Dra. Oscar Arce Cervantes
VOCAL 1	Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos
VOCAL 2	Dr. Abraham Monteón Ojeda
VOCAL 3	Ing. Enna Citlalli Vidal Martinez

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”



2025



uae.edu.mx

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775.

Teléfono: 7717172001 Ext. 42173
profe_5566@uae.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de tesis es una cúspide de un largo camino que no habría podido terminarlo solo.

Con toda humildad y alegría, quiero dar gracias a todos los que fueron parte de esto, y me mostraron su apoyo y me guiaron.

Mi gratitud principalmente es para Dios, por darme vida, salud, sabiduría y perseverancia, en cada aspecto de este proceso.

En el plano académico, tengo una deuda de gratitud para mis asesores y profesores. De manera especial agradezco al Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos y Dr. Abraham Monteon Ojeda quienes confiaron en este proyecto, por su guía tanto metodológica, paciencia y exigencia profesional las cuales fueron fundamentales para darle forma y rigor a esta investigación.

Extiendo mi agradecimiento a los doctores que conformaron mi comité Dr. Jaime Pacheco Trejo, Dr. Oscar Arce Cervantes, Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos, Dr. Abraham Monteon Ojeda y a la Ing. Enna Citlali Vidal Martínez, sus preguntas y valiosos aportes me permitieron solucionar algunos problemas y fortalecer mis argumentos.

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme la oportunidad de tener esta experiencia, sin su bendición esto no sería posible.

A mi querida familia, que ha sido mi apoyo inquebrantable y mi motor principal, gracias por sostener mi mano, por celebrar mis pequeños avances, su amor ha sido el combustible que me ha permitido llegar hasta esta meta.

CONTENIDO

RESUMEN.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	8
Antecedentes	10
Determinación del problema.....	11
Justificación	12
II. OBJETIVOS.....	13
Objetivo principal.....	13
Objetivos específicos.....	13
III. HIPÓTESIS.....	13
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
Descripción botánica	14
Taxonomía.....	14
Descripción dendrológica	14
Características ecológicas.....	15
Melaza.....	16
Beneficios destacados.....	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Sitio experimental.....	19
Material vegetal	19
Condiciones edáficas	19
Tratamientos de bioestimulación	19
Diseño experimental.....	19
Análisis físico-químico de sustratos	20
Caracterización proximal	20
Determinación de humedad.....	20
Determinación de cenizas.....	20
Determinación de proteínas.....	21
Determinación de extracto etéreo (lípidos)	22
Determinación de fibra cruda.....	22
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	23
Análisis estadístico.....	24
RESULTADOS	25
DISCUSIONES	31
CONCLUSIONES	33

REFERENCIAS	34
-------------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidad básica de madera de <i>Dalbergia palo-escrito</i>	16
Tabla 2. Coeficiente de variación (para el contenido de humedad y la densidad básica, sesgo estandarizado, apuntamiento estandarizado y grupos homogéneos de las muestras observadas).....	16
Tabla 3. Comparación múltiple de medidas del porcentaje de humedad en material hojas y tallos tiernos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.	25
Tabla 4. Comparación múltiple de medidas contenido de cenizas en material hojas y tallos tiernos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.	26
Tabla 5. Comparación múltiple de medidas de contenido de proteína en material hojas y tallos tiernos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.	27
Tabla 6. Comparación múltiple de medidas del contenido de lípidos en material hojas y tallos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.....	28
Tabla 7. Comparación múltiple de medidas del contenido de fibra en material hojas y tallos tiernos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.	29
Tabla 8. Comparación múltiple de medidas del contenido de extracto Libre de Nitrógeno (ELN) en material hojas y tallos tiernos de árboles de <i>Dalbergia palo-escrito</i> de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.	30

RESUMEN

El uso de los recursos disponibles en el entorno como en el sistema agrosilvopastoril donde se integra la producción agrícola que incluye el cultivo de plantas para uso humano o para alimentación animal; forestal que enfoca la integración de árboles y arbustos que se utilizan para leña, maderas, frutos, cercas vivas o suplemento y sombra para ganado; y el componente pecuario que implica la cría de animales con pastoreo gestionado, que beneficia a los componentes agrícolas y forestal, todo esto hace un complemento en el sistema agropecuario de las unidades de producción.

Hay una necesidad de evaluar la composición química y nutricional de los alimentos para animales, como pastos, granos y silo es necesaria para determinar la calidad del forraje que se les suministra en la dieta del ganado y garantizar la sostenibilidad del sistema.

La especie de *Dalbergia* muestra una durabilidad natural de la madera esto es asociado con la presencia de metabolitos antimicrobianos y antifúngicos además de compuestos con propiedades antibióticas, antioxidantes y citotóxicas. Por ello, algunas especies son empleadas en la medicina tradicional; *Dalbergia* palo-escrito representa una alternativa forrajera, es una especie fijadora de nitrógeno lo que significa que añade este elemento crucial al suelo, también muestra durabilidad y excelentes propiedades físicas, mecánicas y acústicas de su madera, es un árbol leguminoso endémico del bosque mesófilo de montaña la Sierra Madre Oriental, del estado de Hidalgo y zonas limítrofes de los estados de Querétaro y San Luis Potosí. Ha sido explotado de manera distintas maneras y existe poca cultura por su reforestación, una manera de asegurar la existencia y propagación de esta especie es el establecimiento de sistemas agroforestales, donde podrían ser utilizados como fuente de forraje en épocas de estiaje.

La melaza tiene múltiples aplicaciones en la agricultura, destacando su uso en la elaboración de biofertilizantes orgánicos que promueven el crecimiento vegetal, mejoran la germinación de semillas y reducen el estrés biótico, aplicada al suelo mejora la salud bacteriana, mejora la estructura del suelo y la retención de humedad, proporciona carbohidratos que alimentan a microrganismos benéficos y al crecimiento de la planta.

En el presente trabajo se evaluó la aplicación de melaza sobre la composición proximal de hojas de *Dalbergia palo-escrito* en tres condiciones edáficas diferentes (suelo agrícola, tierra de monte y tepetate) y los resultados a obtener en la calidad nutricional (proteína, extracto libre de nitrógeno, fibra cruda, extracto etéreo y cenizas). Una estrategia para garantizar la existencia del árbol *Dalbergia palo-escrito* es establecer sistemas agroforestales. El objetivo del presente trabajo fue medir los cambios en la composición proximal del forraje como efecto de diferentes sustratos y a un mismo nivel de aplicación de melaza.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la composición química y nutricional de los alimentos destinados a la alimentación animal es fundamental para determinar la calidad del forraje suministrado. Las especies utilizadas con este propósito deben distinguirse por su alta capacidad de adaptación y persistencia, un crecimiento eficiente y sostenido, elevada producción de biomasa de buena calidad, así como por su aceptación y palatabilidad para los animales (Aponte et al., 2013).

En general, la aplicación de técnicas agroforestales puede consolidar o aumentar la productividad de establecimientos agropecuarios y plantaciones forestales de diversas dimensiones o, por lo menos, evitar que haya degradación del suelo o merma de la productividad en el curso de los años (Musálem, 2002).

En los sistemas agrosilvopastoriles se integran la producción agrícola, forestal y pecuaria, permitiendo la diversificación productiva y el aprovechamiento eficiente de los recursos. En estos sistemas se emplean árboles y arbustos con múltiples funciones —como fuente de leña, madera, frutos, cercas vivas, sombra o suplemento alimenticio para el ganado—, mientras que el componente pecuario, basado en el pastoreo, complementa el ciclo energético y contribuye a la sustentabilidad y sostenibilidad del sistema (Musálem, 2002).

El género *Dalbergia* comprende alrededor de 269 especies distribuidas en regiones pantropicales y pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae), la segunda más importante a nivel económico después de Poaceae y la tercera más grande del reino vegetal (Lewis et al., 2005). Las leguminosas satisfacen gran parte de sus requerimientos de nitrógeno mediante asociaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium*, capaces de proveer hasta el 65% del nitrógeno disponible, lo que les confiere un papel relevante tanto agrícola como ecológico (De Bedout-Mora et al., 2022).

Las especies del género *Dalbergia* incluyen árboles, arbustos y lianas que se caracterizan por presentar flores pequeñas con anteras basifijas de dehiscencia apical corta. Varias de estas especies son de alto valor maderable y se encuentran amenazadas debido a la explotación ilegal de su madera, utilizada en la fabricación de instrumentos musicales, embarcaciones y otros productos de alto valor (Rodríguez, 2021).

Dalbergia palo-escrito es una especie endémica del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental, principalmente en el estado de Hidalgo y en zonas limítrofes de Querétaro y San Luis Potosí, México. Es un árbol perennifolio que puede alcanzar hasta 35

m de altura y 80 cm de diámetro en el tronco. Su madera, de coloración y veteados distintivos, posee excelentes propiedades de resonancia, por lo que es muy apreciada en la elaboración de guitarras clásicas de alto valor comercial (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

El aprovechamiento no regulado del palo escrito ha puesto en riesgo a sus poblaciones naturales. Sin embargo, su capacidad de adaptación a zonas perturbadas y vegetación secundaria sugiere un potencial para su manejo dentro de sistemas agrosilvopastoriles, donde podría emplearse como fuente de forraje en épocas de estiaje (Rubio Tobón et al., 2025).

La clarificación, concentración y cristalización del jugo de caña en los ingenios azucareros genera distintos tipos de mieles. Durante el proceso tecnológico se obtienen cuatro tipos principales: la meladura o primera miel (también llamada miel rica cuando se hidroliza para evitar la cristalización de sacarosa), la miel A (con aproximadamente 75% de azúcar recuperada), la miel B (con 86% de cristalización) y la melaza o miel final, obtenida cuando ya no es posible recuperar más sacarosa (Carvajal et al., 2006).

La melaza tiene múltiples aplicaciones en la agricultura, destacando su uso en la elaboración de biofertilizantes orgánicos que promueven el crecimiento o vegetal, mejoran la germinación de semillas y reducen el estrés biótico. En estos biofertilizantes, la melaza aporta proteínas, vitaminas, grasas y aminoácidos que favorecen el desarrollo microbiano y la actividad biológica del suelo, facilitando los ciclos de elementos como el carbono, azufre y nitrógeno (Gutiérrez et al., 2012).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto combinado de la aplicación directa de melaza y su interacción con tres condiciones edáficas distintas sobre las variables bromatológicas y de calidad nutricional de hojas y tallos de *Dalbergia palo-escrito*, con el propósito de justificar su incorporación como fuente de forraje en sistemas agrosilvopastoriles.

Antecedentes

Las especies del género *Dalbergia* en México se encuentran amenazadas por la sobreexplotación y el tráfico ilegal, así como por la deforestación y la fragmentación de sus hábitats naturales. A pesar de su importancia ecológica y económica, los estudios realizados sobre este grupo de especies son aún escasos.

Dalbergia es un género pantropical que comprende cerca de 250 especies (Vatanparast et al., 2013). Para Mesoamérica se han descrito 27 especies (Linares & Sousa, 2007), de las cuales 20 se distribuyen en México, y seis son endémicas del país (Linares & Sousa, 2007; Ricker et al., 2013; Sousa et al., 2001).

Estas especies poseen un alto valor económico debido a la belleza, durabilidad y excelentes propiedades físicas, mecánicas y acústicas de su madera (Pittier, 1922). En México, su aprovechamiento tradicional incluye la fabricación de muebles, instrumentos musicales, artesanías y diversos objetos utilitarios (Díaz Gómez & Huerta Crespo, 1986; Guridi-Gómez & García-López, 1996). La durabilidad natural de la madera de *Dalbergia* se asocia con la presencia de metabolitos antimicrobianos (Rutiaga-Quiñones et al., 2010) y antifúngicos (Barragán-Huerta et al., 2004; Rutiaga-Quiñones et al., 1995), además de compuestos con propiedades antibióticas, antioxidantes y citotóxicas. Por ello, algunas especies son empleadas en la medicina tradicional (Hamburger et al., 1987; Lianhe et al., 2011; Pérez-Gutiérrez & García-Baez, 2013).

Recientemente, se ha explorado el uso del pigmento del duramen de *Dalbergia* como colorante natural para alimentos y bebidas, debido a su potencial antioxidante y su contribución en la prevención de enfermedades degenerativas (Barragán et al., 1999; Gutiérrez-Zúñiga et al., 2014; Hamburger et al., 1988).

Además de su valor económico, diversas especies del género establecen asociaciones simbióticas con rizobios, formando nódulos radiculares capaces de fijar nitrógeno atmosférico. Esta función ecológica contribuye a mejorar la fertilidad de los suelos y la productividad de los ecosistemas donde crecen (Rasolomampianina et al., 2005).

La melaza es un subproducto viscoso y oscuro de la producción de azúcar de caña o remolacha, caracterizado por su sabor agridulce. Se utiliza ampliamente en la agricultura como fuente energética y como insumo en procesos biotecnológicos. Su composición incluye principalmente agua y sacarosa, así como pequeñas cantidades de glucosa,

fructosa y compuestos secundarios que aportan minerales como hierro, potasio, fósforo, magnesio y ácido pantoténico (Liu, et al., 2020; Nugroho et al.,2023).

La aplicación de melaza al suelo favorece la actividad bacteriana, mejora la estructura y retención de humedad, y proporciona carbohidratos que estimulan el crecimiento de microorganismos benéficos y de las plantas. En el ámbito agrícola, se emplea como fertilizante natural, estimulante microbiano, acelerador del compostaje y promotor del crecimiento vegetal. En la ganadería se utiliza como suplemento energético y para mejorar la palatabilidad del forraje. También tiene aplicaciones en la alimentación humana, como fuente de energía y minerales, y en la producción de alcohol y procesos de biorremediación (Liu, et al., 2020; Nugroho et al.,2023).

Determinación del problema

Dalbergia palo-escrito es una especie endémica de los bosques mesófilos de montaña (BMM) en los estados de Hidalgo, San Luis Potosí y Querétaro. Esta especie se encuentra amenazada por la explotación no regulada, principalmente con fines de laudería (fabricación de guitarras clásicas). Sin embargo, existe poca o nula cultura de reforestación y aprovechamiento sustentable, lo que representa un riesgo para sus poblaciones.

La inclusión de cualquier especie en un sistema agroforestal, como el agrosilvopastoril, depende de la caracterización, calidad y potencial de explotación del recurso. En este contexto, *Dalbergia palo-escrito* representa una alternativa forrajera que requiere estudio. 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.

Justificación

El presente estudio es importante porque *Dalbergia palo-escrito* es una especie endémica de los bosques mesófilos de montaña (BMM) en Hidalgo, San Luis Potosí y Querétaro, que se encuentra amenazada por la explotación no regulada y la falta de estrategias de manejo sustentable. A pesar de su relevancia ecológica, económica y potencial como recurso forrajero, existen pocos estudios que evalúen su crecimiento, composición nutricional y posibles prácticas de manejo que puedan mejorar su rendimiento y sostenibilidad.

Asimismo, 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, pero su efecto en árboles leñosos como *Dalbergia palo-escrito* aún no se ha documentado. Evaluar estos efectos 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.

En este contexto, el estudio es relevante para generar conocimiento que contribuya tanto a la conservación de una especie endémica amenazada como al desarrollo de prácticas agroforestales sostenibles que beneficien la productividad agrícola y ganadera de la región.

II. OBJETIVOS

Objetivo principal

Evaluar el efecto de aplicaciones de melaza sobre la composición proximal de hojas de *Dalbergia palo-escrito* en tres condiciones edáficas diferentes (suelo agrícola, tierra de monte y tepetate).

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad en las hojas de *Dalbergia palo-escrito*, contrastando las interacciones entre la aplicación de melaza y los diferentes tipos de suelo.
- Cuantificar el contenido de cenizas para estimar el contenido mineral total, considerando las interacciones del diseño experimental.
- Determinar el contenido de proteína cruda con fines de evaluación nutricional para el consumo animal, contrastando los tratamientos aplicados y las condiciones edáficas.
- Cuantificar el contenido de lípidos en las hojas de *Dalbergia palo-escrito*, según las diferentes interacciones del diseño experimental.
- Determinar el contenido de extracto libre de nitrógeno en las hojas, contrastando los efectos de la aplicación de melaza en los distintos tipos de suelo.
- Cuantificar el contenido de fibra cruda para evaluar la digestibilidad del forraje, en función de las interacciones entre tratamiento y tipo de suelo.

III. HIPÓTESIS

La aplicación de melaza al suelo, debido a sus compuestos funcionales como azúcares, aminoácidos y metabolitos secundarios, favorecerá la actividad microbiana y mejorará la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, lo que incrementará la calidad nutricional del follaje y tallos de *Dalbergia palo-escrito* en comparación con los tratamientos sin melaza, contrastando entre las diferentes condiciones edáficas evaluadas.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción botánica

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Dalbergieae

Género: Dalbergia

Especie: *Dalbergia palo-escrito* Rzed. & Guridi-Gómez

(Linares & Sousa, 2007).

Nombre común: Palo escrito, escrito, tlajuilocuáhuitl (náhuatl), tzipil, tzipilín (huasteco), tlacuilo y tlanchinol (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

Descripción dendrológica

Dalbergia palo-escrito Rzed. & Guridi-Gómez es un árbol perennifolio que alcanza hasta 35 m de altura y 80 cm de diámetro en el tronco. Las ramillas jóvenes son pubérulas, con pelos rojizos o blanquecinos de 0.1–0.2 mm; las más viejas se vuelven grisáceas y casi glabras (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

Las hojas, generalmente con 9–13 foliolos, presentan estípulas pronto caedizas. El pecíolo y el raquis son pubérulos en la juventud y casi glabros en la madurez. Los foliolos son ovados, de (3)4–7 cm de largo por (1)2–3.5 cm de ancho, con ápice redondeado, a veces retuso, y base redondeada o subtruncada, frecuentemente asimétrica. La nervadura central es prominente en el envés, con 10–12 pares de venas laterales; el haz es verde olivo oscuro y el envés verde claro grisáceo, ambos con fina puberulencia (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

Las inflorescencias son panículas axilares de hasta 5 cm, moderadamente densas, con ejes ferrugíneo-pubérulos. Las flores, de 3–5.5 mm de largo, tienen olor poco agradable; el cáliz es campanulado, zigomórfico y densamente pubérulo; la corola blanquecina o amarillenta.

Posee nueve estambres monadelfos y un ovario estipitado y pubérulo (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

El fruto es una legumbre oblonga de 4–7.5 cm de largo y 1–1.5 cm de ancho, monosperma, café, con venación reticulada y fina puberulencia (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

La corteza externa es rugosa, castaño amarillento, cubierta por musgos y líquenes que le dan tonalidad verdosa; mide unos 0.2 cm de espesor. La corteza interna es crema y de 0.4 cm. La madera presenta albura crema y duramen castaño violáceo con vetas oscuras casi negras, responsables de su vistoso veteado. Tiene textura media, hilo recto, brillo moderado, y es dura y pesada, aunque fácil de trabajar y de acabado fino. No se observan anillos de crecimiento definidos, aunque existe zonación por parénquima terminal. La porosidad es difusa, con poros pequeños a grandes, solitarios o en grupos radiales (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988).

Características ecológicas

El árbol de *Dalbergia palo-escrito* Rzed. & Guridi-Gómez es una especie fijadora de nitrógeno lo que significa que añade este elemento crucial al suelo, mejorando así su fertilidad general, florece de febrero a abril y fructifica de junio a septiembre, y es adaptable a zonas perturbadas y vegetación secundaria lo que sugiere que puede ser una especie útil para la restauración de ecosistemas. *Dalbergia palo-escrito* es una especie endémica de México que se distribuye preferentemente en bosques mesófilos de montaña (BMM) en los estados de Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí, Guerrero, Oaxaca y Morelos. En el estado de Hidalgo, los BMM se desarrollan principalmente en las laderas de la Sierra Madre Oriental expuestas a los vientos húmedos procedentes del Golfo de México, entre 750 y 2400 m de altitud (Luna-Vega y Alcántara Ayala, 2004); forma parte de los estratos superior e intermedio del BMM, los individuos más altos alcanzan una altura de 30 a 35 m y un diámetro normal de hasta 80 cm; sin embargo, su abundancia es escasa (Rzedowski & Guridi-Gómez, 1988; Cartujano et al. 2002; Ponce-Vargas et al., 2006). El BMM del área de distribución natural del palo escrito se encuentra muy fragmentado y perturbado, como sucede en otras partes de México con este tipo de bosque (Ponce-Vargas et al. 2006).

Tabla 1. Densidad básica de madera de *Dalbergia* palo-escrito

Especie	P0	CHini	PSF	MCH	PC	EV
<i>Dalbergia</i> palo-escrito	537	8.1	16	124	35	65
P0 = Densidad básica; CHini= Contenido de humedad inicial; CHmax = Contenido de humedad máximo experimental; MCH = Máximo contenido de humedad; PSF = Punto de saturación de la fibra; PC = Porcentaje de pared celular; EV = Porcentaje de espacios vacíos; μ = Media; CV = Coeficiente de variación en porcentaje y entre paréntesis.						

Tabla 2. Coeficiente de variación (para el contenido de humedad y la densidad básica, sesgo estandarizado, apuntamiento estandarizado y grupos homogéneos de las muestras observadas).

Especie	CV	SE*	AE*
	(%)	[-2 - +2]	[-2 - +2]
	Contenido de humedad (CH)		
Dalbergia palo-escrito	-10	-1.631	0.836
	Densidad básica (p0)		
Dalbergia palo-escrito	-13	0.384	0.084

* Se acepta normalidad en la distribución de las Muestras para valores del sesgo estandarizado (SE) y del apuntamiento estandarizado (AE) al interior del intervalo [-2, +2]

Melaza

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-Y-327-1998-SCFI, la melaza es el producto denso y viscoso resultante de la fabricación de azúcar, del cual no puede cristalizarse más sacarosa por métodos convencionales. Es un subproducto de la producción de azúcar de caña o remolacha, caracterizado por su color oscuro, consistencia espesa y sabor agridulce similar al regaliz.

Su composición incluye principalmente agua y sacarosa, con pequeñas cantidades de glucosa y fructosa, alcanzando un contenido total de azúcares cercano al 50 %. Además, contiene minerales y oligoelementos como hierro, potasio, fósforo, magnesio y ácido pantoténico, cuya proporción varía según el proceso de producción.

La melaza tiene múltiples usos agropecuarios e industriales. En la agricultura se emplea como alimento para el ganado y como fuente de energía para la fermentación de compostas. En la industria alimentaria y biotecnológica sirve como materia prima para la

producción de ron, vodka, whisky, levaduras, potenciadores del sabor, ácidos orgánicos y enzimas. Aplicada al suelo, la melaza estimula la actividad bacteriana y microbiológica, mejora la estructura y retención de humedad, y aporta carbohidratos y minerales que benefician el crecimiento vegetal. La melaza no sulfurada es especialmente valiosa, ya que contiene micronutrientes como calcio, magnesio, hierro y potasio, esenciales para la función enzimática de los microorganismos. Por el contrario, la melaza sulfurada puede alterar el pH del suelo y afectar a las bacterias benéficas, mientras que la melaza negra no sulfurada promueve un equilibrio microbiano saludable. Además, su uso ayuda a repeler plagas de cuerpo blando (como pulgones, hormigas y nematodos) y a reducir el empleo de fertilizantes e insecticidas químicos, ofreciendo una alternativa orgánica, económica y sustentable.

Beneficios destacados

La melaza sirve como una fuente energética rápida para la microbiota del suelo: sus azúcares (principalmente sacarosa) son fácilmente asimilables por bacterias, hongos y otros microorganismos, lo que estimula su crecimiento y actividad metabólica. Este aumento en la actividad microbiana promueve la descomposición de la materia orgánica del suelo y la liberación de nutrientes disponibles para las plantas. Estudios con sustratos de hongos complementados con melaza han mostrado mejoras en la degradación de materia orgánica y un estímulo claro de la actividad microbiana (Meng et al., 2020). Otros trabajos demuestran que la aplicación de melaza incrementa indicadores biológicos del suelo, como la actividad enzimática y el carbono lábil, lo que evidencia mejoras en la salud del suelo (Nugroho et al., 2023).

Al estimular la actividad microbiológica, la melaza también puede mejorar la estructura del suelo: al favorecer la formación y estabilidad de agregados, incrementa la porosidad, la aireación y la capacidad de retención de humedad. Ello reduce pérdidas de nutrientes por escorrentía y ayuda a proteger la capa superficial del suelo frente a la erosión (Nugroho et al., 2023).

La melaza aporta también micronutrientes esenciales como potasio, calcio, magnesio e hierro, que son útiles para el metabolismo microbiano y la función enzimática en el suelo. Además, al contener ácidos orgánicos como los ácidos fulvicos, puede mejorar la disponibilidad y absorción de nutrientes por parte de las raíces vegetales. En un estudio combinando melaza con zeolita e inoculantes microbianos, se observaron mejoras en la fracción de fósforo disponible y en la actividad de la fosfatasa alcalina (Meng et al., 2020).

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 (Meng et al., 2020).

Desde un punto de vista fitosanitario, la melaza puede contribuir indirectamente al control de plagas y enfermedades. En experimentos con suelos tratados con melaza o combinados con *Trichoderma asperellum*, se observó que la actividad microbiana aumentaba y la severidad de nemátodos del género *Meloidogyne* disminuía (Baños et al., 2010). Esto sugiere que un suelo con microbiota más activa puede favorecer microorganismos antagonistas frente a patógenos radiculares.

Finalmente, la melaza 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-Benítez et al., 2020).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se llevó a cabo en el vivero forestal del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (ICAp-UAEH), durante el periodo comprendido entre julio de 2023 y julio de 2024. El clima de la zona se clasifica como templado-frío, con una temperatura media anual de 14 °C y una precipitación promedio anual de 500 a 700 mm.

Material vegetal

Se utilizaron árboles de *Dalbergia palo-escrito* de aproximadamente tres años de edad y 3 m de altura, establecidos en bolsas de polietileno negro (40 × 40 cm) bajo condiciones de agricultura protegida (vivero).

Condiciones edáficas

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

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 20 mL L⁻¹. Las aplicaciones se efectuaron por drench, cada 10 días durante un periodo continuo de 12 meses, utilizando 1 L de solución por árbol en cada evento.

Diseño experimental

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 (20 mL L⁻¹; 1 L/planta) en suelo agrícola (TA), T2: Melaza (20 mL L⁻¹; 1 L/planta) en tierra de monte (TM), T3: Melaza (20 mL L⁻¹; 1 L/planta) en tepetate (TP), T4: Control sin melaza en suelo agrícola (TA), T5: Control sin melaza en tierra de monte (TM), T6: Control sin melaza en tepetate (TP).

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).

Caracterización proximal

Semanalmente, después de la aplicación del bioestimulante, se colectaron 1 000 g de hojas maduras y tallos secundarios (ramas secundarias) de cada planta. El material vegetal recolectado se sometió a análisis químico proximal, determinándose los contenidos de proteína total, fibra cruda, cenizas, lípidos, 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.

Determinación de humedad

El contenido de humedad se determinó 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).

El contenido de humedad se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{B - A}{PM} \times 100$$

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)

Determinación de cenizas

Se pesaron 5 g de muestra y se colocaron en un crisol previamente tarado, el cual se dispuso sobre un triángulo de porcelana sostenido en un trípode de acero. La muestra se

incineró inicialmente con un mechero hasta eliminar la materia orgánica visible. Posteriormente, los crisoles se introdujeron en una mufla (FELISA® FE-361) durante 4 h a 550 °C.

Al término del tiempo de incineración, los crisoles se colocaron en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y posteriormente se pesaron. El análisis se realizó de acuerdo con la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000).

El contenido de cenizas se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{B - A}{PM} \times 100$$

donde:

B = peso del crisol con cenizas (g)

A = peso del crisol vacío (g)

PM = peso de la muestra (g)

Determinación de proteínas

El contenido de proteína total se determinó mediante el método Micro-Kjeldahl, el cual se basa en la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) en presencia de un catalizador compuesto por sulfato de cobre pentahidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y sulfato de potasio (K_2SO_4), formando $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. En medio alcalino, este compuesto libera NH_3 , que se destila y se captura en una solución de ácido bórico. Se pesaron 5.0 g de muestra y se colocaron en un matraz Kjeldahl, al que se adicionaron 15 mL de H_2SO_4 concentrado y 5 g de mezcla digestora (preparada con 20 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y 200 g de K_2SO_4). Los matraces se colocaron en un digestor Micro-Kjeldahl (Büchi®, modelo B-426) y se sometieron a digestión durante 3 h, en parrillas de calentamiento conectadas a una campana de extracción de gases. Una vez que el contenido cambió de color negro a verde, se continuó el calentamiento por 1 h adicional. Posteriormente, el material digerido se destiló con NaOH al 25 % (p/v), y el destilado se captó en ácido bórico al 2 %, titulándose con H_2SO_4 0.1 N para determinar el contenido total de nitrógeno (AOAC, 2000).

El porcentaje de nitrógeno se calculó mediante la siguiente ecuación:

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

donde:

V_1 = volumen (mL) de H_2SO_4 gastado en la titulación de la muestra

V_2 = volumen (mL) de H_2SO_4 gastado en el blanco

N = normalidad del H_2SO_4

PM = peso de la muestra (g)

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:

$$\% \text{Proteína} = \%N \times 6.38$$

El valor 6.38 corresponde al factor de conversión empleado para forrajes, mientras que el 0.014 representa los miliequivalentes de nitrógeno.

Determinación de extracto etéreo (lípidos)

Se pesaron 0.5 g de muestra seca y se sometieron a extracción continua con éter de petróleo, éter etílico libre de peróxidos o una mezcla de ambos, utilizando el método Soxhlet, conforme a la metodología de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). Las extracciones se realizaron en un sistema de extracción Büchi® (modelo BÜL 36681), empleando vasos Büchi y cartuchos de celulosa donde se colocaron las muestras previamente secas. Se añadieron 90 mL de solvente y se mantuvo la extracción durante 4 h consecutivas, hasta completar el ciclo de descarga. Al finalizar el proceso, las muestras se retiraron del equipo y se colocaron en un desecador durante 1 h, para permitir la volatilización completa del solvente residual.

El porcentaje de grasa se calculó mediante la siguiente ecuación:

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

donde:

B = peso del vaso Büchi con la grasa extraída (g)

A = peso del vaso vacío (g)

PM = peso de la muestra (g)

Determinación de fibra cruda

La fibra cruda se define como la pérdida de masa correspondiente a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión secuencial con soluciones diluidas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e hidróxido de sodio (NaOH) bajo condiciones controladas (AOAC, 2000). El análisis se realizó mediante el método gravimétrico, utilizando un determinador

de fibra Labconco® (modelo LAC300001-00). Las muestras de tallo y hoja previamente desgrasadas se colocaron en vasos Berzelius, añadiendo 200 mL de H₂SO₄ 0.255 N. Cada vaso se calentó en el aparato condensador, manteniendo la ebullición durante 30 min. Posteriormente, el contenido se filtró y se lavó con agua caliente hasta alcanzar pH neutro. El residuo se transfirió nuevamente a los vasos Berzelius, adicionando 200 mL de NaOH 0.323 N, y se dejó hervir durante 30 min. Luego, se filtró y se enjuagó con una mezcla de 25 mL de H₂SO₄, 150 mL de agua destilada y 25 mL de etanol, para eliminar residuos de reactivos y grasas. El material obtenido se colocó en crisoles de porcelana, se secó en estufa (Craft®) a 120 °C durante 2 h, y posteriormente se pesó. Despues, los crisoles se incineraron en mufla (Felisa®, modelo 3510) a 530 °C durante 30 min, se enfriaron en desecador y se pesaron nuevamente.

El contenido de fibra cruda se calculó mediante la siguiente ecuación:

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

donde:

B = peso del crisol con residuo seco (g)

C = peso del crisol con ceniza (g)

PM = peso de la muestra (g)

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 porcentajes calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Cálculo

Extracto Libre de Nitrógeno (%) = 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 (%)

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos de las variables evaluadas: proteína total, fibra cruda, cenizas, lípidos, humedad y Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), y con el objetivo de determinar diferencias significativas entre tratamientos, se realizaron análisis de varianzas (ANOVAS) y comparaciones de medias utilizando la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS

El mayor porcentaje de humedad del material vegetal se obtuvo en el T5 que no consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de tierra de monte, en el caso del T3 y T4 aun cuando fueron unidades bajo tratamientos completamente diferentes (uno con bioestimulante y otro no y bajo diferentes condiciones edáficas), presentaron niveles de humedad similares; este comportamiento fue similar en el caso de los T2 y T6 quienes se ubicaron en la misma literal de grupo Tukey, finalmente el T1 en donde se aplicó la melaza en condiciones de suelo agrícola, presento el porcentaje de humedad más bajo (9.33%) (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación múltiple de medidas del porcentaje de humedad en material hojas y tallos tiernos de árboles de *Dalbergia* palo-escrito de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media (% humedad)	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	9.33	C
T2: Bioestimulante / tierra de monte	9.86	B
T3: Bioestimulante / tepetate	10.04	BA
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	9.99	BA
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	10.40	A
T6: Sin bioestimulante / tepetate	9.84	B
DMS***	0.44	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L^{-1} ; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa

El mayor contenido de cenizas del material vegetal se obtuvo en el T1 que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de suelo agrícola, en el caso del T4 que no se aplicó melaza al suelo agrícola fue el segundo con más cenizas, en los casos T2 y T6 presentaron niveles muy similares de cenizas aun cuando fueron unidades bajo tratamientos completamente diferentes (uno con bioestimulante y otro no y bajo diferentes condiciones edáficas), ambas se colocaron en la misma literal de grupo Tukey; el T5 sin aplicación de bioestimulante sobre tierra de monte se colocó en el penúltimo lugar del contenido de cenizas , finalmente el T3 en donde se aplicó la melaza sobre tepetate, presento el contenido de cenizas más bajo (6.28) (Tabla 2).

Tabla 4. Comparación múltiple de medidas contenido de cenizas en material hojas y tallos tiernos de árboles de *Dalbergia* palo-escrito de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	10.09	A
T2: Bioestimulante / tierra de monte	9.26	C
T3: Bioestimulante / tepetate	6.28	E
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	9.57	B
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	8.36	D
T6: Sin bioestimulante / tepetate	9.23	C
DMS***	0.2732	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L⁻¹; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa

El mayor contenido de proteína del material vegetal se obtuvo en el T4 que no consideró la aplicación de la melaza en un sustrato de suelo agrícola, seguido por el T6 que tampoco se aplicó melaza sobre el tepetate, ambas se ubicaron en la misma literal A de grupo Tukey; en el caso del T5 sobre sustrato de tierra de monte sin aplicación de bioestimulante obtuvo el tercer lugar de contenido de proteína; el penúltimo lugar de contenido de proteína lo obtuvo el T3 que fue aplicación de bioestimulante sobre tepetate, finalmente el T1 en donde se aplicó la melaza en condiciones de suelo agrícola, presento el contenido de proteína más bajo (19.99%) (Tabla 3).

Tabla 5. Comparación múltiple de medidas de contenido de proteína en material hojas y tallos tiernos de árboles de *Dalbergia palo-escrito* de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	19.99	E
T2: Bioestimulante / tierra de monte	26.42	C
T3: Bioestimulante / tepetate	24.76	D
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	29.62	A
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	27.57	B
T6: Sin bioestimulante / tepetate	29.55	A
DMS***	0.901	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L^{-1} ; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa

El mayor contenido de lípidos del material vegetal se obtuvo en el T2 que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de tierra de monte; en el caso del T6 y T4 aun cuando fueron unidades sin tratamientos de aplicación de bioestimulante y bajo diferentes condiciones edáficas, presentaron niveles de contenido de lípidos similares, colocando a estos tres primeros en la misma literal A de grupo Tukey; en la literal B de grupo Tukey se colocó el T3 el cual fue aplicación de bioestimulante melaza sobre tepetate; finalmente el T1 y T5 aun cuando fueron unidades bajo tratamientos completamente diferentes (uno con bioestimulante y otro no y bajo diferentes condiciones edáficas), presentaron niveles de contenido de lípidos similares presentaron el contenido de lípidos más bajo (1.41 y 1.37) colocándose en la literal C de grupo Tukey (Tabla 4).

Tabla 6. Comparación múltiple de medidas del contenido de lípidos en material hojas y tallos de árboles de *Dalbergia* palo-escrito de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	1.41	C
T2: Bioestimulante / tierra de monte	2.27	A
T3: Bioestimulante / tepetate	1.76	B
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	2.18	A
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	1.37	C
T6: Sin bioestimulante / tepetate	2.25	A
DMS***	0.1945	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L^{-1} ; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa

El mayor contenido de fibra del material vegetal se obtuvo en el T1 y T3 que consideró la aplicación de la melaza y bajo diferentes condiciones edáficas; este comportamiento fue similar en el caso de los T5 y T6 aun cuando fueron unidades sin aplicación de bioestimulante y diferentes condiciones edáficas presentaron contenido de fibra similares; el T2 presento un contenido de fibra de (3.53) dejando en la posición CB de grupo Tukey; y finalmente el contenido de fibra más bajo (3.27) fue el T4 en suelo agrícola y sin aplicación de melaza (Tabla 5).

Tabla 7. Comparación múltiple de medidas del contenido de fibra en material hojas y tallos tiernos de árboles de *Dalbergia palo-escrito* de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	4.73	A
T2: Bioestimulante / tierra de monte	3.53	CB
T3: Bioestimulante / tepetate	4.57	A
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	3.27	C
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	3.83	B
T6: Sin bioestimulante / tepetate	3.70	B
DMS***	0.3824	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L^{-1} ; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa

El mayor contenido de extracto Libre de Nitrógeno del material vegetal se obtuvo en el T1 que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de suelo agrícola, en el caso del T3 en el cuan se aplicó bioestimulante sobre tepatate fue el segundo con mayor contenido de extracto Libre de Nitrógeno; en los casos de T2 y T5 aun cuando fueron unidades bajo tratamientos completamente diferentes (uno con bioestimulante y otro no y bajo diferentes condiciones edáficas), presentaron niveles de contenido de extracto Libre de Nitrógeno similares; finalmente el contenido de extracto Libre de Nitrógeno más bajo fueron en los caso de los T6 y T4 a los cuales no se aplicó bioestimulante y tuvieron diferentes condiciones edáficas se ubicaron en la misma literal D de grupo Tukey (Tabla 6).

Tabla 8. Comparación múltiple de medidas del contenido de extracto Libre de Nitrógeno (ELN) en material hojas y tallos tiernos de árboles de *Dalbergia palo-escrito* de 3 años de edad bajo bioestimulación con melaza y 3 condiciones edáficas.

Tratamiento	Media	Grupo Tukey*
T1: Bioestimulante** / suelo agrícola	54.45	A
T2: Bioestimulante / tierra de monte	48.67	C
T3: Bioestimulante / tepatate	52.60	B
T4: Sin bioestimulante / suelo agrícola	45.39	D
T5: Sin bioestimulante / tierra de monte	48.47	C
T6: Sin bioestimulante / tepatate	45.44	D
DMS***	0.9642	

*Diferentes letras en una misma columna son estadísticamente diferentes según la Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

**Bioestimulante. Melaza (20 mL L^{-1} ; 1 L/planta)

***Diferencia mínima significativa.

DISCUSIONES

La realización de este trabajo de investigación es importante ya que nos muestra el efecto que causa la aplicación de melaza como bioestimulante sobre la composición proximal de *Dalbergia* palo-escrito en tres condiciones edáficas diferentes (suelo agrícola, tierra de monte y tepetate).

Como se puede apreciar los resultados obtenidos se deben a que la dosis de aplicación para cada sustrato fue la misma, pero el sustrato fue diferente y los resultados se explican de la siguiente forma:

Los análisis realizados muestran que el mayor porcentaje de humedad se encontró en el tratamiento de tierra de monte sin melaza (T5).

El mayor contenido de cenizas se encontró en el (T1) que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de suelo agrícola, la melaza funcionó eficazmente como una enmienda mineral, aumentando la disponibilidad y absorción de minerales orgánicos por parte de la planta. 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. Actúa como un bioestimulante que promueve el desarrollo de raíces sanas y la absorción de nutrientes, observando un crecimiento más vigoroso y una mayor biomasa en la planta.

El mayor contenido de proteína del material vegetal se obtuvo en el T4 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 afectando negativamente la absorción de otros elementos esenciales para la síntesis de proteínas.

El mayor contenido de lípidos del material vegetal se obtuvo en el T2 que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de tierra de monte ya que estimuló la microbiota, el aporte de energía y nutrientes, y el fortalecimiento general de la planta, aumentando el contenido de lípidos.

El mayor contenido de extracto libre de nitrógeno del material vegetal se obtuvo en el T1 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. Esto acelera la descomposición de la materia orgánica y mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta.

Por último, el mayor contenido de fibra del material vegetal se obtuvo en el T1 que consideró la aplicación de la melaza en un sustrato a base de suelo agrícola, la melaza aumento el contenido de fibra de forma indirecta, atreves de la estimulación de la actividad microbiana del suelo. 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.

CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación de melaza mejoró las condiciones del tratamiento(T1) de melaza sobre suelo agrícola ya que obtuvo mejores resultados en general, muestra aumento en contenido de cenizas que tiene mayor contenido de minerales inorgánicos, aumento en extracto libre de nitrógeno que es una medida indirecta de azúcares y almidones que son fuente importante de energía y aumento en contenido de fibra, fue el tratamiento con mejores resultados obtenidos; en el (T2) tratamiento de melaza sobre tierra de monte mejoró el aumento de lípidos.

Con estos resultados podemos concluir que la aplicación de melaza mejora las propiedades de la composición proximal de *Dalbergia palo-escrito* plantado sobre suelo agrícola y así mejora y aumenta la composición química y nutricional de los alimentos destinados a la alimentación animal mejorando la calidad del forraje suministrado, puede consolidar o aumentar la productividad de establecimientos agropecuarios y plantaciones forestales de diversas dimensiones y a su vez evitar que haya degradación del suelo o merma de la productividad en el curso de los años (Musálem, 2002).

Con este análisis se puede concluir que aplicar melaza sobre tierra de monte y tepetate es un gasto económico y de energía ya que no trae muchos beneficios para la composición química de *Dalbergia palo-escrito*.

REFERENCIAS

- American Association of Cereal Chemists. Approved Methods Committee (AACC). (2000). *Approved methods of the American association of cereal chemists* (Vol. 1). American Association of Cereal Chemists.
- Aponte, H., Segura, C., & Francia, J. C. (2013). Análisis químico proximal de *Limnobium laevigatum* y su potencial para su uso como forraje. *Científica*, 10(2), 158-67.
- Baños, Y. S., Concepción, A. D. B., Lazo, R. C., González, I. A., & Morejón, L. P. (2010). Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp. *Revista Brasileira de Agroecología*, 5(2), 224-233.
- Carvajal, J. E. E., Mock, M. D. M., Castillo, R., & Vélez, M. (2006). Evaluación del uso de melaza en dietas para cerdos en crecimiento y engorde. *Ceiba*, 47(1-2), 3-9.
- De Bedout-Mora, M., Solis-Ramos, L. Y., Valverde-Barrantes, O., & Rojas-Jiménez, K. (2022). Capacidad de nodulación en especies forestales leguminosas (Fabaceae) según su filogenia y características morfológicas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 19(45), 1-8.
- Gutiérrez, L. A., Seguro, S., Arenas Arrubla, J. E., & Moreno, J. G. (2012). Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz.
- Lewis, G., B. Schrire, B. Mackinder & Lock, M. 2005. Legumes of the Word. Royal Botanic Garden, Kew.
- Linares, J., & Sousa, M. (2007). Nuevas especies de *Dalbergia* (Leguminosae: Papilionoideae: Dalbergieae) en México y Centroamérica.
- Liu, B., Yang, Z., Huan, H., Gu, H., Xu, N., & Ding, C. (2020). Impact of molasses and microbial inoculants on fermentation quality, aerobic stability, and bacterial and fungal microbiomes of barley silage. *Scientific Reports*, 10(1), 5342.
- Macias-Benitez, S., Garcia-Martinez, A. M., Caballero Jimenez, P., Gonzalez, J. M., Tejada Moral, M., & Parrado Rubio, J. (2020). Rhizospheric organic acids as biostimulants: monitoring feedbacks on soil microorganisms and biochemical properties. *Frontiers in plant science*, 11, 633.

- Macias-Benitez, S., Garcia-Martinez, A. M., Caballero Jimenez, P., Gonzalez, J. M., Tejada Moral, M., & Parrado Rubio, J. (2020). Rhizospheric organic acids as biostimulants: monitoring feedbacks on soil microorganisms and biochemical properties. *Frontiers in plant science*, 11, 633.
- Meng, L., Li, W., Zhang, X., Zhao, Y., Chen, L., & Zhang, S. (2020). Influence of spent mushroom substrate and molasses amendment on nitrogen loss and humification in sewage sludge composting. *Helijon*, 6(9).
- Musálem, M. A. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 8(2), 91-100.
- Nugroho, P. A., Prettl, N., Kotroczo, Z., & Juhos, K. (2023). The effect of molasses application on soil biological indicators and maize growth of different tillage soil: a pot experiment. *Journal of Environmental Geography*, 16(1-4), 119-124.
- Nugroho, P. A., Prettl, N., Kotroczo, Z., & Juhos, K. (2023). The effect of molasses application on soil biological indicators and maize growth of different tillage soil: a pot experiment. *Journal of Environmental Geography*, 16(1-4), 119-124.
- Rodriguez Huertado, J. D. (2021). Revisión taxonómica del género Dalbergia L. F.(Leguminosae: Papilionoideae, Dalbergieae) para la Orinoquia Colombiana.
- Rubio Tobón, C. A., Rodríguez Laguna, R., Suárez Islas, A., Octavio Aguilar, P., & Capulin 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(87), 4-27.
- Rzedowski, J., & Guridi-Gomez, L. I. (1988). El palo escrito, árbol de madera preciosa-una nueva especie mexicana de Dalbergia (Leguminosae, Papilionoideae). *Acta Botanica Mexicana*, (4), 1-8.
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1), 29-38.

Bunt, A. C. (1988). Principles of nutrition. In *Media and Mixes for Container-Grown Plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants* (pp. 64-93). Dordrecht: Springer Netherlands.

Gabriëls, D. I. R., & Verdonck, D. I. O. (1990, September). Physical and chemical characterization of plant substrates: towards a European standardization. In *II Symposium on Horticultural Substrates and their Analysis, XXIII IHC 294* (pp. 249-260).

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2000). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (Vol. 11). The Association.