



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

PROPAGACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE *Desmodium orbiculare* Schltdl. COMO ALTERNATIVA DE USO AGROFORESTAL

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE

PRESENTA:

SANTOS SANTIAGO GLADYS PRINCESA

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DIRECTOR: DR. ALEJANDRO LARA BUENO

ASESOR: DR. DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO

ASESOR: DR. MIGUEL URIBE GÓMEZ



APROBADA



CHAPINGO, TEXCOCO DE MORA, ESTADO DE MÉXICO. MAYO 2022.

**PROPAGACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE *Desmodium orbiculare* Schltdl.
COMO ALTERNATIVA DE USO AGROFORESTAL**

Tesis realizada por **SANTOS SANTIAGO GLADYS PRINCESA** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE.**



DIRECTOR: _____
DR. ALEJANDRO LARA BUENO



ASESOR: _____
DR. DANTE ARTURO RODRÍGUEZ TREJO



ASESOR: _____
DR. MIGUEL URIBE GÓMEZ

Contenido

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS.....	ix
DEDICATORIA.....	x
AGRADECIMIENTOS	xi
DATOS BIOGRÁFICOS	xii
RESUMEN GENERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivo General	4
1.2 Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Propagación y Calidad de Planta	5
2.1.1 Propagación por estacas	5
2.1.2 Propagación por semilla	6
2.1.3 Análisis de semillas	6
2.1.4 Importancia del manejo de la planta en el vivero.....	7
2.1.5 Indicadores de calidad en planta	9
2.2 Las leguminosas como alternativa de alimentación	11
2.2.1 Principales nutrientes en la alimentación animal.	11
2.2.2 Leguminosas en los sistemas silvopastoriles	12
2.2.3 Análisis proximal.....	14
2.3 Diseño de Sistemas Agroforestales	16
2.3.1 Agroforestería y Sistemas agroforestales	16
2.3.2 Clasificación de los sistemas agroforestales.....	16
2.3.3 Diseño de sistemas agroforestales	17

2.4	El género <i>Desmodium</i>	18
2.4.1	Descripción del género.....	18
2.4.2	Clave para la identificación del género <i>Desmodium</i>	19
2.4.3	Usos del género <i>Desmodium</i>	21
2.5	Literatura citada	22
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1	Descripción del área de estudio	34
3.1.1	Clima.....	34
3.1.2	Suelo.....	34
3.1.3	Vegetación	35
3.2	Identificación de la planta y selección de sitios de muestreo	36
3.3	Análisis de semillas	36
3.4	Análisis de indicadores morfológicos de la planta.....	36
3.4.1	Diseño experimental y análisis de los datos	37
3.5	Determinación del contenido nutrimental	38
3.5.1	Diseño experimental y análisis de los datos	38
3.6	Diseño de sistemas agroforestales	38
3.7	Literatura citada	39
4.	ESTUDIO DE SEMILLA, FERTILIZACIÓN E INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTA PARA <i>Desmodium orbiculare</i> Schltl.	41
4.1	Resumen.....	41
4.2	Abstract.....	42
4.3	Introducción.....	43
4.4	Materiales y Métodos	45
4.4.1	Descripción del área de estudio.....	45
4.4.2	Selección de la planta y semillas	45

4.4.3	Análisis de semillas.....	46
4.4.4	Indicadores morfológicos	46
4.4.5	Diseño experimental y análisis de los datos	47
4.5	Resultados y discusión.....	48
4.5.1	Análisis de semilla de <i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl.	48
4.5.2	Curvas de crecimiento para <i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl. con manejo en invernadero.....	48
4.5.3	Indicadores morfológicos de calidad de planta	51
4.6	Conclusiones.....	54
4.7	Agradecimientos	54
4.8	Literatura citada	55
5.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL DE <i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl. COMO ALTERNATIVA DE SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	58
5.1	Resumen.....	58
5.2	Abstract.....	59
5.3	Introducción.....	60
5.4	Materiales y Métodos	62
5.4.1	Descripción del área de estudio.....	62
5.4.2	Selección de la planta.....	62
5.4.3	Selección de sitios de muestreo y toma de muestras	63
5.4.4	Determinación del contenido nutricional	63
5.4.5	Diseño experimental y análisis de los datos	64
5.5	Resultados y discusión.....	64
5.5.1	Composición nutricional por sitio de muestreo	64
5.5.2	Composición nutricional por parte de la planta.....	67
5.6	Conclusiones.....	68

5.7	Agradecimientos	68
5.8	Literatura citada	69
6.	PROPUESTA DE DISEÑO AGROSILVOPASTORIL CON <i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl. EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO TILANTONGO, OAXACA.	71
6.1	Resumen.....	71
6.2	Abstract.....	72
6.3	Introducción.....	73
6.4	Materiales y Métodos	75
6.4.1	Descripción del área de estudio.....	75
6.4.1	Selección de la planta.....	76
6.4.2	Análisis proximal	76
6.4.3	Consideraciones para el diseño.....	76
6.4.4	Selección de las tecnologías agroforestales	76
6.5	Resultados y discusión.....	76
6.5.1	Arbustos dispersos en potreros	76
6.5.2	Cultivos y/o pasturas en callejones.....	77
6.5.3	Arbustos en linderos	78
6.5.4	Banco de proteína.....	78
6.6	Conclusiones.....	79
6.7	Agradecimientos	80
6.8	Literatura citada	80
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82
8.	CONCLUSIONES	83
9.	Anexo.....	85
9.1	Monografía <i>Desmodium orbiculare</i> Schltdl.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Vegetación arbórea de importancia en los sistemas silvopastoriles	13
Cuadro 2. Composición nutrimental de <i>D. orbiculare</i> por sitio de muestro.....	65
Cuadro 3. Composición química de hojas + tallos para las arbustivas forrajeras <i>A. farnesiana</i> , <i>B. alicastrum</i> , <i>G. almifolia</i> y <i>L. leucocephala</i>	66
Cuadro 4. Composición nutrimental de <i>D. orbiculare</i> por parte de la planta.	67
Cuadro 5. Composición química de hojas para las arbustivas forrajeras <i>A. farnesiana</i> , <i>B. alicastrum</i> , <i>G. ulmifolia</i> y <i>L. leucocephala</i>	68
Cuadro 6. Indicadores morfológicos de dos dosis de fertilización para <i>D. orbiculare</i>	51
Cuadro 7. Pesos registrados para dos tratamientos de fertilización en <i>D. orbiculare</i>	53
Cuadro 8. Relación PSA/PSR, coeficiente de esbeltez, índice de Dickson para <i>D. orbiculare</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vegetación del municipio	35
Figura 2. Curva de crecimiento del diámetro de plantas de <i>D. orbiculare</i> con 2 dosis de fertilización.	49
Figura 3. Curva de crecimiento de alturas de plantas de <i>D. orbiculare</i> con 2 dosis de fertilización.	50
Figura 4. Curva de crecimiento para el número de hojas de plantas de <i>D. orbiculare</i> con 2 dosis de fertilización.	50
Figura 5. Raíz de <i>D. orbiculare</i>	52
Figura 6. Localización y vegetación de Santiago Tilantongo.....	75
Figura 7. Arbustos dispersos en potreros.....	77
Figura 8. Cultivos y/o pasturas en callejones.	78
Figura 9. Arbustos en linderos.....	78
Figura 10. Banco de proteína.	79
Figura 11. Mapa de distribución nacional de <i>Desmodium orbiculare</i>	87

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
Bot.	Botánica
cm	centímetros
COLPOS	Colegio de Postgraduados
CONACyT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
Coord.	Coordinador
<i>et al.</i>	y otros
g	gramos
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ISTA	International Seed Testing Association, Asociación Internacional de Análisis de Semillas
m s. n. m.	metros sobre el nivel del mar
mL	mililitros
mm	milímetros
mod.	Modelo
n. sp	Especie nueva
p., pp.	páginas (s)
ppm	Partes por millón
spp.	especies
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

DEDICATORIA

A Dios, por su protección y sus bendiciones.

A mis padres, por la confianza y su apoyo.

A mis hermanas por estar a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, mi alma máter, por proveer lo necesario para realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT por el apoyo otorgado mediante la beca de estudios de posgrado.

A la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible por las facilidades brindadas en instalaciones, servicios administrativos y por la asesoría otorgada a mi formación profesional.

Al Dr. Alejandro Lara Bueno por el apoyo, asesoría profesional y personal para la realización de la presente.

Al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo por su tiempo, paciencia y asesoría profesional, Así como su apoyo en las facilidades brindadas durante el trabajo en el laboratorio de semillas en la División de Ciencias Forestales.

Al Dr. Miguel Uribe Gómez por todos sus consejos en la planeación y desarrollo del proyecto de investigación.

Al Dr. Enrique Guízar Nolasco, profesor investigador de la División de Ciencias Forestales, quien determinó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl

Al técnico de laboratorio Leopoldo, por su asesoría, apoyo y consejos durante los trabajos realizados en el laboratorio de semillas.

A Rey por su apoyo durante los análisis de laboratorio.

A mis amigos Ignacio, Pati, Ale, Gera, Oros, Pach, Vane, Jorge, Antonino, Aldo, Vicente, Dalis y Jess, por todos los momentos compartidos y sus consejos.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Gladys Princesa Santos Santiago
Fecha de nacimiento: 5 de julio de 1994
Lugar de nacimiento: Fuentes del Valle, Tlaxiá, Estado de México
CURP: SASG940705MMCNNL02
Profesión: Licenciatura en Redes Agroalimentarias
Cédula profesional: 11508690



Desarrollo académico

Bachillerato: Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Oaxaca. 2009-2012
Propedéutico: Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Sur (CRUS). 2012-2013
Intercambio académico: Universidad Nacional de Colombia. Área de agronomía. Área de Nutrición y Políticas Públicas. Sede Bogotá. 2016
Licenciatura: Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente (CRUO). 2013-2017

RESUMEN GENERAL

PROPAGACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE *Desmodium orbiculare* Schltdl. COMO ALTERNATIVA DE USO AGROFORESTAL¹

Las regiones de clima templado seco a semiárido cuentan con leguminosas forrajeras nativas adaptadas a las condiciones climáticas, edafológicas y topográficas, y constituyen un campo de investigación en la búsqueda de especies que se puedan incluir en diseños agroforestales. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de la planta localmente conocida como engordacabra (*Desmodium orbiculare* Schltdl.) como arbustiva de uso múltiple que pueda incluirse en el diseño de tecnologías agroforestales. Para ello, se tomaron muestras de rebrotes de *D. orbiculare* en cuatros sitios de un agostadero y se realizó el análisis proximal a tallos y hojas para determinar los contenidos de cenizas (CEN), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Se estableció un ensayo experimental para evaluar el método de propagación de la planta; para ello, se recolectó y sembraron semillas escarificadas con lija en un sustrato compuesto por 40% turba de musgo, 40% vermiculita, 20% agrolita y 4% de fertilizante, en el cual se aplicaron dos dosis de fertilización con 110 y 75 ppm de nitrógeno (N) en un diseño experimental de bloques al azar y se midieron en 30 plantas variables morfológicas: diámetro basal, altura, número de hojas, longitud de la raíz, peso fresco y seco de hoja, tallo y raíz, e indicadores de calidad de planta: relación PSA/PSR (Peso Seco Aéreo/Peso Seco de la Raíz), coeficiente de esbeltez e índice de Dickson; donde solo se encontró diferencia significativa entre las dosis de fertilización nitrogenada y el número de hojas. También, se seleccionaron cuatro tecnologías agrosilvopastoriles para el diseño y uso de esta leguminosa: arbustos dispersos en potreros, cultivos y/o pasturas en callejones, arbustos en linderos y bancos de proteína.

Palabras Clave: *Desmodium orbiculare*, análisis proximal, indicadores de calidad de planta, tecnologías agroforestales, arbusto de uso múltiple.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gladys Princesa Santos Santiago
Director de tesis: Alejandro Lara Bueno

GENERAL ABSTRACT

PROPAGATION AND HARVESTING OF *Desmodium orbiculare* Schltdl. AS AN ALTERNATIVE FOR AGROFORESTAL USE

Dry temperate to semiarid regions have native forage legumes adapted to the climatic, edaphological, and topographic conditions, and constitute a field of research in the search for species that can be included in agroforestry designs. The objective of this study was to evaluate the potential of the plant locally known as engordacabra (*Desmodium orbiculare* Schltdl.) as a multipurpose shrub that can be included in the design of agroforestry technologies. For this purpose, samples of *D. orbiculare* shoots were taken from four sites in a pasture and proximal analysis of stems and leaves was carried out to determine ash content (CEN), organic matter (OM), crude protein (CP), ethereal extract (EE), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). An experimental trial was established to evaluate the plant propagation method; for this purpose, scarified seeds were collected and sown with sandpaper in a substrate composed of 40% peat-moss, 40% vermiculite, 20% agrolite, and 4% fertilizer, in which two doses of fertilization were applied with 110 and 75 ppm of nitrogen (N) in a randomized block experimental design and morphological variables were measured in 30 plants: basal diameter, height, number of leaves, root length, fresh and dry weight of leaf, stem, and root, and plant quality indicators: PSA/PSR ratio, slenderness coefficient, and Dickson index; where only significant difference was found between doses in the number of leaves. Also, four agrosilvopastoral technologies were selected for the design and use of this legume: dispersed shrubs in paddocks, crops and/or pastures in alleys, shrubs in borders, and protein banks.

Keywords: *Desmodium orbiculare*, proximal analysis, plant quality indicators, agroforestry technologies, multipurpose shrub.

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Gladys Princesa Santos Santiago

Advisor: Alejandro Lara Bueno

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Nuestro país, por sus características del suelo, topografía y diversidad de climas, cuenta con una riqueza particular e importante de recursos naturales, principalmente por la diversidad en especies vegetales (Palma, 2005). En las regiones áridas y semiáridas, las condiciones ambientales limitan el potencial de desarrollo de sistemas de producción pecuarios ya existentes, sin embargo, existen plantas que ya están adaptadas a la condición de escasez de agua y que además tienen la capacidad de aportar nutrientes al ganado durante la temporada crítica o de seca (Pinos, 2013). La pérdida de especies nativas aumenta, siendo una de las principales razones el desconocimiento de sus beneficios y de las características que favorecen su supervivencia (Oscanoa-Lagunas, 2005).

Dado que el uso y aprovechamiento de la diversidad de especies es limitado, es necesario la realización de estudios acerca del manejo y la adecuada utilización de estas, pues son una valiosa fuente de alimentación para la fauna silvestre y el ganado (Palma, 2005). Es el caso particular de las especies nativas y endémicas de las que no se tiene suficiente información documental como para ser incluidas en tecnologías agroforestales. Se debe considerar, además, el aprovechamiento del potencial que tienen estas plantas por su capacidad de rebrote (Román-Dañobeytia *et al.*, 2014). Estas especies tienen, además, la capacidad de resiliencia y hasta cierto punto, tienen un mayor éxito en supervivencia comparadas con las plántulas producidas en vivero (Macario-Mendoza, 2003).

En este sentido, comprender y evaluar la calidad nutricional de los forrajes se convierte en una herramienta invaluable para los productores ganaderos. Una adecuada evaluación de la calidad nutricional les permite seleccionar los forrajes más apropiados, formular raciones balanceadas y optimizar la producción animal. Además, un conocimiento profundo de la calidad nutricional de los forrajes puede ayudar a prevenir deficiencias o desequilibrios nutricionales, así como minimizar los costos asociados a la suplementación externa.

La calidad nutricional de los forrajes desempeña un papel fundamental en la alimentación del ganado y en la productividad de los sistemas ganaderos, pues los forrajes constituyen la base de la dieta de los animales rumiantes, proporcionando los nutrientes necesarios para su crecimiento, reproducción y producción de leche o carne. Sin embargo, no todos los forrajes son iguales en términos de su valor nutricional.

Desmodium orbiculare, es una planta perenne de la familia Fabaceae, conocida por su vigoroso crecimiento vegetativo. Puede alcanzar una altura de hasta tres metros, esta especie presenta tallos delgados y rectos que se ramifican abundantemente desde la base, para formar un arbusto compacto. Sus hojas trifoliadas, compuestas por folíolos ovalados de color verde intenso, se disponen alternativamente a lo largo de los tallos. Además, está dotada de un sistema de raíces bien desarrollado y fibroso, por lo que posee una capacidad notable para fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias especializadas.

Gracias a su rápido crecimiento, esta planta logra alcanzar su máxima altura en poco tiempo, lo que la convierte en una valiosa opción para cubrir y proteger el suelo. Sin embargo, es importante destacar que su crecimiento puede ser influenciado por factores ambientales como la luz, el agua, los nutrientes y la temperatura, los cuales pueden afectar la velocidad y calidad de su desarrollo

En este contexto, comprender el crecimiento vegetativo de *D. orbiculare* se vuelve esencial para aprovechar al máximo sus beneficios en diversos contextos agrícolas y ambientales. además, es una planta forrajera reconocida por su potencial nutricional y beneficios para la alimentación animal. Al ser una especie nativa, no se contaba con información suficiente de la especie para su manejo y uso, por lo que se procedió en primera instancia con su identificación botánica, en seguida con la recolección y análisis de muestras de hojas y semillas. Entre los resultados más relevantes encontrados después de realizar un análisis proximal de las hojas se obtuvo una media con 17% de proteína cruda en hojas y que para su producción en vivero se obtienen buenos resultados con una dosis de fertilización de 75 ppm de nitrógeno, estando lista la planta para su trasplante a campo a los tres meses posteriores a su siembra,

además se encontró que tiene una raíz fibrosa, característica importante en la retención y restauración del suelo.

Su valor nutricional ofrece otros beneficios agronómicos y medioambientales. Por un lado, posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del género rizobium, lo que reduce la dependencia de fertilizantes nitrogenados y contribuye a la fertilidad del suelo. Por otro lado, esta planta es resistente a condiciones adversas como sequías y suelos de baja calidad, lo que la convierte en una opción viable para sistemas ganaderos en áreas con limitaciones ambientales.

En esta revisión, se explorarán algunas características nutricionales de *Desmodium orbiculare*. También se abordarán las prácticas recomendadas para su cultivo y manejo en sistemas ganaderos, y se discutirán las potenciales aplicaciones y limitaciones de esta leguminosa en la alimentación animal, así como su uso como arbustiva de uso múltiple en el establecimiento de tecnologías agroforestales.

1.1 Objetivo General

La presente investigación tiene el objetivo de evaluar el potencial de la arbustiva localmente denominada como engorda cabra (*Desmodium orbiculare* Schltdl.) para ser incluida entre las alternativas vegetales de uso múltiple en tecnologías agroforestales de los sistemas de producción agrícola y ganadera del municipio de Santiago Tilantongo.

1.2 Objetivos específicos

Evaluar mediante un análisis proximal, las características nutricionales de la especie *Desmodium orbiculare* para validar su uso como alternativa de suplementación proteica en la alimentación animal durante la época de estiaje.

Estudiar la semilla, la propagación y la calidad de planta para la especie *Desmodium orbiculare* a fin de generar información para su manejo en vivero y su uso en sistemas y tecnologías agroforestales de la zona.

Realizar una propuesta de diseño para tecnologías agrosilvopastoriles con *Desmodium orbiculare* como arbustiva de uso múltiple en asociación con especies y cultivos de la zona de acuerdo con las condiciones ambientales del municipio.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Propagación y Calidad de Planta

2.1.1 Propagación por estacas

La propagación asexual o vegetativa es la utilización y el cultivo de tejidos vegetales que conservan el potencial de la multiplicación y la diferenciación celular, para así generar nuevos individuos similares a la planta donante, a partir de partes vegetativas de la misma (Vázquez-Yanes & Cervantes, 1993).

La propagación por estacas consiste en cortar una porción del tallo de una planta madre, colocarlos en determinadas condiciones ambientales favorables e inducir la formación de raíces y tallos para obtener una nueva planta (Hartmann, 1987). Dentro de los aspectos importantes a considerar para el corte de las estacas se encuentran el estado fisiológico de los árboles, así como la edad y las dimensiones de las estacas (Hernández, 2001).

En la propagación de leguminosas forrajeras, es necesario formar un nuevo sistema radical en la zona del último nudo inferior, por lo que se debe seleccionar material maduro y sano, que se pueden cortar con un bisturí o una tijera que tengan entre 12 y 15 cm de largo. El corte inferior debe ser vertical a 0.5 cm bajo del nudo de la parte inferior dejando un máximo de 2 a 3 hojas mismas que son un fuerte estímulo para la formación de raíces. Para el enraizamiento es importante mantener una adecuada humedad reduciendo al mínimo la pérdida de agua por las hojas, aplicando varias aspersiones ligeras de agua durante el día con intervalos largos, también es necesario que se proporcione un drenaje adecuado (Grof, 1981).

Entre los medios que se utilizan para la propagación de material forrajero se encuentran: arena, perlita, vermiculita, suelo, agua, mismos que han dado buenos resultados en la propagación de leguminosas como *Zornia*, *Stylosanthes*, *Desmodium* y *Centrosema* (Grof, 1981). Por lo que son generalmente usados para la propagación de cualquier especie que se quiera manejar bajo condiciones de vivero o invernadero.

En el país, se ha trabajado muy poco acerca de la calidad de plantas derivadas de propagación vegetativa, siendo que la calidad de la planta influye de manera

importante en la disponibilidad de los productores para plantar nuevos árboles (González-Pulido, 2019).

2.1.2 Propagación por semilla

La definición de semilla de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española (2022) es “*Bot. Parte del fruto de las fanerógamas, que contiene el embrión de una futura planta, protegido por una testa, derivada de los tegumentos del primordio seminal*”.

En los análisis de germinación en fabáceas y otras familias botánicas diferentes autores mencionan la presencia de semillas duras como manifestación de latencia física (Galussi *et al.*, 2013; Orsenigo *et al.*, 2019; Paul *et al.*, 2019). De acuerdo con la ISTA (2016) la definición de semilla dura corresponde a la semilla que presenta una cubierta impermeable al agua, por lo que no logra germinar dado que su embrión no puede absorber el vital líquido.

De esta manera, la latencia física se relaciona con diversas características de las semillas como la anatomía y la composición de sustancias químicas en el tegumento seminal, que provocan diferentes grados en la intensidad de la latencia física (Galussi *et al.*, 2019). El nivel de esta última origina distintos niveles de permeabilidad en las semillas, mismos que se pueden analizar mediante modelos matemáticos (Gimena-Gillij, 2021).

2.1.3 Análisis de semillas

Obtener semillas de alta calidad es de suma importancia para los propagadores de plantas, puesto que en la producción de cualquier cultivo normalmente el costo de la semilla es muy reducido en comparación con otros costos de producción, ningún otro factor aislado tiene tanta importancia en el éxito de la operación (Hartmann, 1987).

Por lo anterior es importante el desarrollar análisis de semillas, lo cuáles son realizados para conocer la calidad de lotes de semilla, de acuerdo con el propósito que se tenga:

aprovechar al máximo algunas características en el vivero forestal, generar información que facilite el poner precio a la semilla, conocer los cambios en algunas características del lote después de un tiempo de almacenamiento determinado o bien realizar investigación científica (Rodríguez-Trejo, 2021). Las pruebas para el análisis de semillas forestales incluyen: pureza, peso, contenido de humedad, germinación potencial, vigor y viabilidad. Estas pruebas se realizan de acuerdo con las normas internacionales de ISTA (International Seed Testing Association, Asociación Internacional de Análisis de Semillas) (Bonner *et al.*, 1994).

2.1.4 Importancia del manejo de la planta en el vivero

Dentro de la producción forestal en México, cada vez es de mayor importancia la producción de plantas de calidad en vivero, para de esta manera aumentar la supervivencia de la planta en campo, así como reducir los costos de reemplazo (Albino, 2021), sin embargo, la mayor cantidad de información disponible se concentra en especies de pinos debido a su importancia forestal y económica (Escobar & Rodríguez, 2019) siendo de alguna manera desplazadas especies nativas con potencial de uso dada la adaptación que tienen en el sitio donde se encuentran.

Durante los últimos años la actividad forestal se ha modificado, siendo el principal motivo un mayor énfasis a la restauración de bosques aunado a una atención especial a la reforestación con técnicas para mitigar el constante desgaste de la población arbórea (Gutiérrez, 2010). Por lo tanto, el éxito de los programas de reforestación depende de la calidad de la planta que se produce en los viveros, puesto que este factor puede generar una mayor probabilidad de supervivencia y desarrollo cuando llegan a establecerse en el lugar definitivo (Mas, 2003).

Igual de importante es tener en consideración las características morfológicas y fisiológicas óptimas de las plantas producidas mismas que se logran con la aplicación de diversos tratamientos durante su producción en vivero (Ramírez & Rodríguez, 2004). Además de su origen genético y las fases de producción que van desde la

colecta de la semilla, la germinación y su establecimiento en una plantación (Prieto & Sáenz, 2011).

Los atributos morfológicos más comunes para determinar la calidad de una planta son la altura y el diámetro (Quiroz *et al.*, 2009). Se debe tener en cuenta el volumen y la profundidad del contenedor, pues son variables que tienen correlación con el tamaño de la planta y su supervivencia en campo (Landis, 1990; Domínguez-Lerena *et al.*, 1997; Domínguez-Lerena, 2000).

A nivel nacional, la tasa de supervivencia de las plantaciones forestales es alrededor del 50% al año de establecimiento en el campo (Gutiérrez, 2010). Se asocian como causas principales de muerte: fechas inadecuadas de plantación (36%), sequías (18%), estado general de conservación de los ejemplares (13%), pastoreo, selección inapropiada de especies y la incidencia de plagas y enfermedades, entre otras (Magaña *et al.*, 2007).

La evaluación de la calidad de planta en los viveros forestales inició en 1917, cuando el Departamento de Agricultura de Estados Unidos de América generó el primer manual de procedimientos para producción de planta forestal (Mexal & Landis, 1990; Sánchez & Murillo, 2004). Pero fue en las décadas de 1930 y 1940 que se definieron como criterios de valoración el diámetro del cuello de la raíz y la altura (Mexal & Landis, 1990). Actualmente, se usan métodos más sofisticados para determinar la calidad de la planta, que también están fundamentados en las características morfológicas y fisiológicas de las plántulas (Toral, 1997; Haase, 2007).

Algunos aspectos importantes para obtener plantas de calidad en vivero son los sustratos, la fertilización y la micorrización (Vicente-Arbona, 2019). En cuanto a los sustratos, aproximadamente en 60% de viveros tecnificados en México utilizan la turba de musgo como componente principal (Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2015).

En lo que corresponde a la nutrición de las plantas, el nitrógeno es uno de los elementos más relevantes. Las formulaciones que se usan en los programas de fertilización se realizan con base en ese nutrimento o en las relaciones entre los macronutrientes (Landis *et al.*, 1989). Sin embargo, las necesidades de este tipo

dependen del genotipo y la etapa de desarrollo de la planta, por lo que la fertilización debe responder también a requerimientos específicos (Bernaola, 2016). Para lo que son útiles los análisis foliares como herramienta que permite definirlos de manera precisa (Birchler *et al.*, 1998; Alcántar *et al.*, 2012).

Esta necesidad de producir plantas de calidad lleva consigo la necesidad de implementar mejores estrategias tecnológicas en las plantaciones forestales comerciales o de restauración para la obtención de productos maderables además de la protección y conservación de los recursos asociados al bosque (Sáenz *et al.*, 2010). Es importante determinar prioridades en los futuros trabajos de investigación destinados a conocer mejor los ecosistemas áridos y promover el desarrollo sostenible en las zonas secas del planeta (UNESCO, 2006). Los lugares en los que se encuentra diversidad de especies aprovechables y de las que aún no se tiene información disponible para su uso y reproducción.

2.1.5 Indicadores de calidad en planta

A partir de 2001 con la creación de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) se ha dado impulso al establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales destinadas al desarrollo de la industria maderera, así como con propósitos de restauración ecológica (Rueda-Sánchez *et al.*, 2014). La calidad de la planta utilizada para el establecimiento de dichas plantaciones es uno de los elementos claves para su éxito, pues de acuerdo con diversos estudios realizados, tiene incidencia en la baja supervivencia de los árboles en campo (UACH, 2007, 2010; COLPOS, 2008; UANL, 2009). Por lo tanto, para tener éxito en el establecimiento de plantaciones forestales, ya sea con fines de reforestación, restauración o uso comercial y aumentar la probabilidad de supervivencia en campo es necesario incorporar plantas de calidad que posean propiedades morfológicas y fisiológicas que les permitan establecerse, crecer y desarrollarse vigorosamente en el sitio de plantación (Rodríguez, 2008; Prieto *et al.*, 2009).

Una planta de calidad es aquella que cumple con ciertas características morfológicas y es capaz de alcanzar niveles definidos de supervivencia, crecimiento y desarrollo en el sitio de plantación, es decir, se aclimata (Duryea, 1985; Rodríguez-Trejo, 2008). Entonces, la calidad de planta son características cuantificables de un individuo producido en un vivero y que pueden ser usados como indicadores de su desempeño una vez establecido en el sitio de plantación, es decir, que con ciertos estándares es más probable que aumente la supervivencia y crecimiento de las plantas. (Ritchie *et al.*, 2010).

La clasificación de calidad de una planta se realiza con base en variables morfológicas: altura, diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, relación altura/diámetro del collar, relación tallo/raíz, presencia de yema terminal y micorrizas, color del follaje, sanidad, peso seco de tallos, follaje y raíz (Sáenz-Reyes, 2014) y fisiológicas: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009).

Los principales índices para determinar la calidad de planta producida en viveros forestales son:

Índice de robustez. Es la relación entre la altura de la planta (cm) y el diámetro del cuello de la raíz (mm); es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos, su valor debe ser menor a seis. Un valor inferior a seis indica una mejor calidad de planta, bajo el supuesto de que, arbolitos más robustos, bajos y gruesos son más aptos para sitios con humedad limitada; mientras que valores superiores a seis sugieren una desproporción entre el crecimiento en altura y el diámetro basal, como pueden ser tallos elongados con diámetros delgados (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009). Rodríguez (2008), describió que son más vulnerables a daños por viento, sequía y heladas.

Relación altura del tallo/ Longitud de la raíz principal (AT/LR). Debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de la planta (Sáenz-Reyes, 2014).

Una relación 1:1 promueve altas tasas de supervivencia en sitios de plantación sin limitantes ambientales; para sitios con problemas de humedad es recomendable usar brinzales con relaciones de 0.5:1 a 1:1; mientras que para sitios sin esta situación las relaciones pueden ser de 1.5:1 a 2.5:1, por lo que, se recomienda que viveristas y plantadores establezcan la mejor relación que esté en función de las especies y de las características del sitio de plantación (Prieto *et al.*, 2003).

Relación peso seco de la parte aérea / el peso seco del sistema radicular (PSA/PSR). Es importante considerar la producción de biomasa puesto que refleja el desarrollo de la planta en vivero (Sáenz-Reyes, 2014). Una relación igual a 1 significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea; si es menor a 1 la biomasa subterránea es mayor que la aérea y, por el contrario, si el valor es mayor a 1 la biomasa aérea es mayor que la subterránea (Rodríguez, 2008). Valores que fluctúan entre 1.5 y 2.5 son indicador de una buena relación, dado que el cociente de esta relación no debe ser mayor en situaciones particulares donde la precipitación es escasa en los sitios de plantación, pues valores mayores indican una desproporción habiendo entonces un sistema radical insuficiente que provea de energía necesaria para la parte aérea de la planta (Thompson, 1985).

Índice de Calidad de Dickson (ICD). Permite evaluar las diferencias morfológicas entre un muestreo de plantas (González *et al.*, 1996). Este índice es considerado el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, puesto que expresa el equilibrio entre la distribución de la masa y la robustez, evitando así seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor (García, 2007).

2.2 Las leguminosas como alternativa de alimentación

2.2.1 Principales nutrientes en la alimentación animal.

Se entiende por alimentación animal el proceso mediante el cual los seres vivos incorporan nutrientes a sus organismos de tal forma que se adquieran la energía suficiente para cumplir las funciones elementales, por lo que dichos elementos deben

buscar los mejores rendimientos económicos y biológicos para lo cual se deben tener en cuenta los factores de cada especie como los genéticos y los de raza (Ríos, 2003).

En los sistemas de producción pecuaria los forrajes de buena calidad proporcionan el alimento más económico para los animales de una explotación, por tanto, se debe derivar de ellos la mayor parte de los nutrientes requeridos (Ríos, 2003). Por lo anterior se requiere implementar estrategias de alimentación que mejoren el comportamiento productivo de ovinos utilizando recursos disponibles en la zona (Vásquez, 2012).

Dentro de los nutrientes indispensables para la alimentación animal se encuentran las proteínas, los carbohidratos, los lípidos (grasas), las vitaminas y los minerales; todos estos elementos se destinan para el mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción, así mismo es importante el considerar alimentos que den energía, siendo las proteínas de gran relevancia debido a que son los contribuyentes esenciales de los músculos, la sangre y la piel (Ríos, 2003). La pasta de soya es una de las principales fuentes de proteína en la alimentación animal, sin embargo, el alto costo de transporte y la competencia por su disponibilidad han fomentado la búsqueda de fuentes alternativas para su reemplazo en las dietas para animales (González, 2018).

2.2.2 Leguminosas en los sistemas silvopastoriles

Bajo las condiciones climáticas y edafológicas de los agostaderos existe una variedad de especies que presentan un potencial forrajero, ya sea por el manejo tradicional con alto valor empírico, pero poco evaluados (Palma, 2005). Entre los que se encuentran diversidad de recursos arbóreos y arbustivos forrajeros leguminosos nativos con contenidos de proteína cruda entre 14 y 18% (Meléndez *et al.*, 2000).

Dadas estas condiciones y la ventaja de la adaptación de las especies a los sitios, hace factible el establecimiento de sistemas silvopastoriles, agrosilvícolas o agrosilvopastoriles. Entre las especies que han sido estudiadas se encuentran: ramón o mojo (*Brosimum alicastrum*), cuastecomate (*Crecentia alata*), guácima (*Guazuma umlifolia*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), asmol (*Zizypus mexicana*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), mezquite (*Prosopis juliflora*), higuera (*Ficus padifolia*), Brasil

(*Haematoxylon brasileto*), panícula (*Cochlospermum vitifolium*), palo dulce (*Eysenhardtia polistachia*), huizache (*Acacia farnesiana*), espinillo blanco (*Acacia acatensis*) (Palma y Flores, 1997).

En el cuadro 1, se mencionan los valores químico-nutricionales de algunas especies arbóreas de interés para los sistemas silvopastoriles que representan un recurso importante, dada la gran disponibilidad y diversidad de los recursos genéticos (Morales *et al.*, 1998; Palma *et al.*, 1992; Palma *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Vegetación arbórea de importancia en los sistemas silvopastoriles.

Especie	MS (%) (g/100g)	PC Base seca (g/100g)	EM base seca (Mcal)
*Cabello de ángel (<i>Calliandra calothyrsus</i>)	38.22	31.02	2.24
*Cacanahual (<i>Gliricidia sepium</i>)	30.16	23.53	2.28
Cuastecomate (<i>Crecentia alata</i>)	33.00	7.88	2.64
*Guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>)	35.89	32.23	2.32
**Guácima –hojas–(<i>Guazuma ulmifolia</i>)	32.96	15.91	2.27
**Guácima –fruto– (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	94.80	9.10	2.30
**Guamúchil–hoja–(<i>Pithecellobium dulce</i>)	45.32	16.45	2.01
**Guamúchil –fruto– (<i>Pithecellobium dulce</i>)	25.70	9.93	1.57
Huizache –vainas– (<i>Acacia farnesiana</i>)	64.40	22.97	2.72
Mojo –hojas– (<i>Brosimum alicastrum</i>)	84.90	14.46	2.62
Mojo –semillas– (<i>Brosimum alicastrum</i>)	98.00	13.04	2.98
Parota–vaina–(<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	93.45	15.44	2.89

* Palma *et al.*, (1995) ** Morales *et al.*, (1992).

MS= Materia Seca PC=Proteína Cruda EM= Energía Metabolizable

Fuente: Palma, (2005).

En el trópico mexicano, la alimentación de pequeños rumiantes, como lo son los ovinos, se basa en el consumo de gramíneas introducidas o nativas y en el uso de residuos de cultivos agrícolas como rastrojo de maíz y sorgo (Ruiz, 2005; Ben Salem & Nefzaoui, 2003). Generalmente, estos forrajes presentan un crecimiento estacional; por lo que de su disponibilidad y valor nutritivo dependen los indicadores productivos del ganado (Vásquez, 2012).

Avilés-Nova *et al.* (2008) reportaron ganancias de peso bajas (40 a 60 g /día) en ovinos en crecimiento con manejo en pastoreo continuo en pastizales nativos de *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus* durante la temporada de lluvias, lo que retarda el

proceso de finalización de los ovinos destinados a la venta. Durante la época seca, los pastizales disminuyen su producción, el forraje presenta baja digestibilidad y menor contenido de proteína cruda; por tanto, disminuye el consumo de materia seca (López-González *et al.* 2010; Orskov, 2005), afectando el rendimiento productivo del ganado. En este sentido es necesario mantener al ganado en confinamiento, donde reciban alimento elaborado usando rastrojo de maíz molido y granos, lo que, a su vez, incrementa los costos de alimentación (Macedo & Castellanos, 2004).

2.2.3 Análisis proximal

El análisis proximal creado en 1865 por Henneberg & Stohmann en la Estación Experimental Weende, Alemania, establece una serie de procedimientos, mediante los cuales se explora la composición de los alimentos para determinar su composición en función de grupos de compuestos con características fisicoquímicas semejantes, pero con diferente valor nutritivo y a pesar de sus limitaciones es el punto de partida para la evaluación de un alimento, aunque los métodos de análisis hayan cambiado, el fundamento permanece sin cambios (Apráez, 2020). Este consiste en las siguientes determinaciones (Ayala *et al.*, 2006):

- *Materia Seca (MS), contenido de agua o humedad:* Esta determinación es importante debido al efecto de dilución del agua sobre los nutrientes remanentes en el alimento cuando se reporta en base seca, por tanto, la concentración de cualquier nutrimento en base seca siempre será mayor que en base húmeda, además, debe ser considerado para fines de estimar el costo de transportar nutrimentos a la granja y también cuando se piensa en la conservación de un alimento.
- *Proteína cruda (PC):* EL método tradicional es el llamado Kjeldahl y es útil para clasificar un producto (proteico-energético) o evaluar la calidad de un alimento al compararlo con otros de origen similar, pero no dice nada acerca de la calidad, su disponibilidad y su contenido de aminoácidos, por lo que, desde el punto de vista nutricional, la proteína cruda es válida para los rumiantes ya que estos animales son capaces de emplear de manera relativamente eficiente casi todas las formas de nitrógeno. Consiste en proteína verdadera (aminoácidos de

cadena polipeptídicas) y nitrógeno no proteico (amidas, nitratos, ciertas vitaminas, urea, aminoácidos individuales, etc.) y tiene como principio la determinación del contenido de nitrógeno (N), que es multiplicado por el factor 6.25 para convertir el valor de nitrógeno a PC; este factor proviene de que el promedio de las proteínas contiene 16% de N, entonces $PC = N * 6.25$.

- *Cenizas*: El contenido de cenizas es determinado por combustión completa en mufla a 450-500 °C, siendo entonces que el residuo de esta combustión contiene los elementos minerales totales y normalmente es menor al 10% de la materia seca, además, puede dar información sobre contaminación y/o adulteración con suelo, arena, sal, carbonatos, etc.
- *Extracto etéreo (EE), grasa, grasa cruda o lípidos totales*: consiste en someter las muestras a un proceso de extracción con éter dietílico, ya que el extracto contiene una amplia variedad de compuestos solubles en el solvente como: grasas (ácidos grasos esterificados), ácidos grasos libres, clorofila, esteroides, resinas, ceras, pigmentos, aceites volátiles, vitaminas liposolubles, etc., y las grasas representan una forma concentrada de energía de aproximadamente 2.25 veces el valor de los carbohidratos.

El método de Weende para la determinación de fibra, no permite un estudio apropiado de los carbohidratos estructurales que se consideran fundamentales en la alimentación animal pues ejercen una influencia importante sobre la digestibilidad y el valor nutritivo del alimento directa e indirectamente (Apráez, 2020).

Debido a esta deficiencia, Van Soest y sus colaboradores desarrollaron un sistema para analizar la fracción de carbohidratos, en donde el procedimiento fracciona la MS de un alimento en fracciones que son más afines bioquímicamente, lo que demostró un mayor significado biológico y nutricional de estas fracciones, permitiendo entonces generar mejores predicciones del valor nutritivo e incluso algunos indicadores de comportamiento animal potencial a partir de un alimento dado (Ayala *et al.*, 2006):

- *Fibra detergente neutro (FDN)*: La fracción FDN corresponde a la pared celular, por lo que, la digestibilidad y la disponibilidad de esta fracción es controlada por las características estructurales y arreglo tridimensional de sus componentes

principales: celulosa, hemicelulosa, lignina y sílica, siendo los rumiantes capaces de utilizar la celulosa y hemicelulosa contenidos en esta fracción.

- *Fibra detergente ácido (FDA)*: La FDA (insoluble en ácido detergente) contendrá la celulosa, lignina, algunas pectinas y cantidades variables de sílica, ha sido empleada para predecir la digestibilidad de los alimentos, sin embargo, esta relación descansa en la asociación estadística entre FDN y FDA.

2.3 Diseño de Sistemas Agroforestales

2.3.1 Agroforestería y Sistemas agroforestales

Farrell & Altieri (1999) describen a la Agroforestería como un sistema de uso de la tierra antiguo de amplia práctica, en donde los árboles se combinan espacial y/o temporalmente con animales y/o cultivos agrícolas en la misma unidad de tierra. Por su parte Petit-Aldana, (1993) citado por Torralba *et al.* (2016) la definen como o una interacción biológica y económica de plantas perennes leñosas nativas, con cultivos o cría de animales, donde se incluyen como mínimo dos especies vegetales, una leñosa y, por lo menos, una de interés económico.

Al ser un sistema compuesto por varios elementos, el objetivo de la mayoría de los sistemas agroforestales es optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes para obtener un patrón productivo en comparación lo obtenido en un monocultivo, con determinadas condiciones económicas, ecológicas, y sociales predominantes (Nair, 1982).

2.3.2 Clasificación de los sistemas agroforestales

La forma más común de clasificar a los sistemas agroforestales es de acuerdo con su estructura. Farrell & Altieri (1999) los agrupan de la siguiente manera:

- Agrosilvicultura: uso de la tierra para la producción secuencial o recurrente de cultivos agrícolas y cultivos forestales.
- Sistemas silvopastoriles: manejo de la tierra en los que los bosques se manejan para la producción de madera, alimento, forraje y crianza de animales.

- Sistemas agrosilvopastoriles: manejo para la producción recurrente de cultivos forestales en combinación con cultivos agrícolas y la crianza de animales.
- Sistemas de producción forestal de multipropósito: manejo para especies forestales que se regeneran y producen además de madera, hojas y/o frutas para alimento y/o forraje.
- Otros sistemas agroforestales: apicultura con árboles, acuicultura en zonas de manglar, lotes de árboles de multipropósito entre otros.

2.3.3 Diseño de sistemas agroforestales

Somarriba (1998) menciona que el diseño responde a los criterios de productividad, sostenibilidad y potencial de adopción, por lo que el diseño de alternativas agroforestales es una búsqueda de oportunidades que permitan un manejo óptimo del componente leñoso en los sistemas de producción de acuerdo con la situación actual y el potencial del componente leñoso en los diferentes sistemas de producción.

De esta manera, cualquier conceptualización de un sistema agrícola debe considerar por lo menos (Spedding, 1975):

- Propósito: Por qué el sistema debe ser establecido.
- Delimitación: Dónde empieza y termina el sistema.
- Contexto: El ambiente externo en el que funciona el sistema.
- Componentes: Los principales constituyentes que forman el sistema.
- Interacciones: Las relaciones entre los componentes.
- Insumos: recursos externos usados para el funcionamiento del sistema.
- Recursos: Componentes que están dentro del sistema y que son usados en su funcionamiento.
- Productos finales: Los principales productos deseados.
- Subproductos: Productos útiles pero incidentales.

Por consiguiente, el diseño de Sistemas Agroforestales debe responder a necesidades y propósitos contextuales del sitio donde se pretenden desarrollar (Rojas-Pardo, 2022). Se debe tomar en cuenta las diversas dimensiones existentes como son: ecológica, social, económica, sistémica (Nair, 2011; Montagnini *et al.*, 2015). Así como los

enfoques de: uso del suelo, manejo del bosque, conservación de la biodiversidad, cambio climático, desarrollo comunitario, desarrollo rural, entre otros (Torralba *et al.*, 2016; Tschora & Cherubini, 2020). Aplicar de manera integral los conocimientos locales y científicos haciendo uso de estrategias participativas entre las que destacan: el diagnóstico rural participativo (DRP), el diagnóstico rural rápido (DRR) y el diagnóstico y diseño agroforestal (D&D) (Rojas-Pardo, 2022).

2.4 El género *Desmodium*

2.4.1 Descripción del género

Desmodium Desv., J. Bot. Agric. 1: 122. 1813.

Meibomia Heist ex Fabr., Enum. 168. 1759.

Hierbas anuales o perennes, erectas, postradas o procumbentes. Tallos estriados o sulcados, con tricomas simples, uncinados y glandulosos o glabrescentes. Hojas alternas generalmente trifolioladas (ocasionalmente 1-5 folioladas); estípulas persistentes o deciduas, libres o amplexicaules, erectas o retrorsas, pubescentes o glabras; pecíolos estriados o sulcados adaxialmente, raquis generalmente corto, puberulento; dos estípelas en el folíolo terminal y una en cada lateral; folíolos linear lanceolados, ovados, elípticos, oblongos. Inflorescencias axilares y terminales, en pseudo racimos, panículas o fascículos; brácteas primarias persistentes o deciduas, estriadas, ciliadas, sosteniendo generalmente dos o más flores; brácteas secundarias persistentes o deciduas, estriadas, ciliadas, sosteniendo una flor. Flores rosa, lila, púrpura u ocasionalmente blancas; cáliz bilabiado, lóbulo superior dividido, el inferior tridentado, dos dientes laterales y un diente central; corola con estandarte ovado, obovado u oblongo, en ocasiones maculado, ligeramente unguiculado, alas generalmente oblongas, unguiculadas, unidas a la quilla en la base; quilla con pétalos parcialmente fusionados en la porción distal, unguiculados; androceo diadelfo, estambre vexilar libre o parcialmente fusionado en la base; gineceo con ovario sésil o estipitado, puberulento o glabro, dos o más óvulos; estilo delgado, glabro; estigma terminal. Lomentos sésiles o estipitados, aplanados o espiralados, indehiscentes; 1-8

artículos, orbiculares, oblongos, rómbicos, cuadrados, planos; revoluto-involuto en el margen, reticulados, uncinado-puberulentos a glabrescentes, ocasionalmente ciliados; una semilla por artículo, orbiculares, oblongas u rómbicas.

2.4.2 Clave para la identificación del género *Desmodium*

1. Flores solitarias o en racimos de 2 a 4 axilares y opuestas a las hojas; plantas pequeñas postradas muy ramificadas y foliolos de 1 cm de largo o más pequeños..... *D. triflorum* (L.) DC in DC.

1. Flores más numerosas en inflorescencias axilares, panículas o pseudoracimos.

2. Inflorescencia una cabezuela muy floreada de 1 a 3 cm de largo; cáliz cinco dentado, densamente piloso; planta anual..... *D. barbatum* (L) Benth.

2. Inflorescencia más larga, a veces paniculada poco floreada; cáliz dos lobado, el lóbulo superior bífido y el inferior tres dentado, no piloso; plantas perennes o anuales; hierbas o arbustos.

3. Hojas todas o casi todas unifoliadas, aparentando ser simples; hierbas erectas o postradas.

4. Ovario y lomento glabro; lomento ni enrollado y corrugado; estípulas semicordadas de 1 cm de largo; hojas fuertemente setosas en ambas superficies..... *D. guadalupensis* S.Wats

4. Folíolos al menos los basales oblongos a ovados o más anchos; estípulas conspicuas; lomentos indehiscentes, márgenes no continuos, una porción cayendo con cada artejo.

5. Lomento generalmente con un solo artículo o artejo de 5-9 mm de largo, mordido crenado en la parte superior, hierbas perennes; flores 3 o más por nudo una abortiva..... *D. glabrum* (Mill) DC.

5. Lomento normalmente con 2 o más artículos fértiles de 5 mm de largo, no crenado, aparentando estar espiralado o convexo en la parte superior.

6. Ovario y lomento pubescentes; lomento enrollado cuando joven; estípulas de forma diferente; hojas pubescentes o estrigosas.

7.- Estípulas amplexicaules, más anchas que largas; brácteas primarias y secundarias deciduas; lomentos espiralados; los márgenes de los artículos alternadamente revolutos e involutos..... *D. tortuosum* (Sw) DC in DC.

7. Estípulas subuladas de 1.2 mm se ancho; lomentos espiralados.

8. Lomentos espiralados: estipa 1.5 a 3.5 mm de largo; hojas superiores pinnado trifoliadas; hojas unifoliadas transversalmente elípticas, más anchas que largas; plantas anuales con hojas delgadas..... *D. procumbens* var *transversum* (B.L.Rob & Greenm) Schubert.

8. Lomento al principio lateralmente arrugado, prontamente erecto; hojas todas unifoliadas con nervaduras firmes; plantas perennes.

9. Foliolos ovados, todos obtusos con venación reticulada; peciolos 5 a 9 mm de largo y estipa de los lomentos 1.56 mm de largo: región de Guadalajara..... *D. xilopodium* Greenm.

9. Foliolos oblongos, 4 a 5 veces más largos que anchos, agudos y mucronados; venación escaleriforme; peciolos 1 mm de largo; estipa del lomento ausente; de Jalisco..... *D. scalare* Schubert & McVaugh.

3. Hojas todas o casi todas pinnada trifoliada, a veces unifoliada.

10. Flores fasciculadas, 3 o más en cada nudo, una abortiva y dos laterales madurando.

11.- Lomentos lineares, los artículos oblongo-fusiformes, escasamente aplanados 2 a 3 veces tan largos como anchos; hierbas; estípulas semi cordadas, a veces con una aurícula en la base..... *D. scorpiurus* (Sw.) Desv.

11. Lomentos evidentemente espiralados en uno o ambos lados, los artículos aplanados, la mayoría elípticos u orbiculares; plantas y estípulas diversas.

12. Arbustos erectos o a veces semejan a árboles o hierbas leñosas de 2 a 5 metros de altura, flores en panícula, la mayoría en forma de espiga.

13. Foliolos orbiculares o anchamente elípticos con ápice redondeado, reticulado en el envés; los más grandes 1-2 cm de largo; plantas pubescentes..... *D. orbiculare* Schltdl.

2.4.3 Usos del género *Desmodium*

Algunas especies de este género son consideradas como plantas invasoras de los cultivos, pero también como importantes forrajeras que integran bien a las pasturas naturales (Vanni, 2001). De acuerdo con Fernández *et al.* (1988), la especie *Desmodium incanum* es una forrajera de muy buena calidad y la de mayor difusión en las pasturas naturales de la provincia de Corrientes, en Argentina. Así mismo, se ha probado a *D. uncinatum* pero ésta presenta problemas de resistencia al pisoteo y es susceptible a enfermedades como virosis (Vanni, 2001).

Una de las especies más estudiadas es *D. ovalifolium*. Esta especie presenta grandes cualidades para la estabilización de suelos degradados de acuerdo con Villada-Zuluaga *et al.*, (1997). En otro estudio, Nisimblat (1985), encontró que esta especie presenta una gran resistencia a la sombra, el mejor rendimiento como forraje, mayor persistencia al asociarse con gramíneas, mayor porcentaje de cobertura al terminar y pocos problemas de invasión de malezas. Gil y Rojas (1984), encontraron que fue la leguminosa con mayor número promedio de nudos enraizados por planta y la más persistente, con un alto número de semillas.

D. ovalifolium tiene un valor nutritivo moderado en comparación con otras leguminosas forrajeras tropicales, siendo el contenido de proteína cruda aceptable que varía entre 11% y 20% pero de digestibilidad baja siendo de 45% a 50%, así mismo, su valor nutritivo está relacionado con altos contenidos de taninos que afectan la degradabilidad de la proteína a nivel ruminal, la digestibilidad de la materia seca y el consumo (Pérez, 2002).

Calderón (1995), menciona ecotipos de esta especie con altos porcentajes de cobertura en su fase de establecimiento en suelos con pH de 4.7, aluminio igual a 2 me/100 g de suelo y fósforo igual a 4.1 ppm y que la alta radiación solar puede ocasionar defoliación. Además, presenta un gran potencial para su establecimiento en suelos infértiles y fuertemente ácidos, con niveles de aluminio del 50% o mayores (Manrique, 1993) En las zonas tropicales los suelos tienen esas características, las especies presentes se han adaptado.

Además, del aporte directo de nitrógeno, esta leguminosa contribuye a mejorar la calidad de la dieta de los animales en pastoreo, mediante el mejoramiento de la calidad de la gramínea acompañante (Pérez, 2002). Lo que se presenta como uno de los grandes potenciales en la asociación de especies y por tanto el establecimiento de sistemas silvopastoriles.

En la Altillanura colombiana, se encontró que la concentración de Proteína Cruda en las hojas de *Brachiaria humidicola* asociado con *Desmodium ovalifolium* aumentó de 7.5% a 9.1% y en los tallos paso de 4% a 6%, después de los 2 años de establecida la pastura asociada (Toro, 1990).

Se debe considerar que de acuerdo con Pérez (2002), sus parámetros de calidad están relacionados con las características de clima y suelo, presentando mayor contenido de proteína y digestibilidad en suelos de mediana a alta fertilidad con adecuada distribución de lluvias, que en suelos de baja fertilidad en zonas con períodos prolongados de sequía.

2.5 Literatura citada

Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Martínez-Trinidad, T., & Ordaz-Chaparro, V. M. (2015). Producción de *Pinus pseudostrobus* Lindl. con sustratos de aserrín y fertilizantes de liberación controlada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(34), 7–19.

- Albino, F. D. J., Hernández, R. I., Rodríguez - Trejo, D. A., & Mohedano, C. L. (2021). Calidad de planta de *Quercus rugosa* Née en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(67), 147-167.
- Alcántar G., G., L. Trejo T., L. Fernández P. y Ma. de las Nieves Rodríguez M. (2012). *Elementos esenciales*. In: Alcántar G., G. y L. Trejo T. (Coords.). Nutrición de cultivos. Reedición. Printing Arts México, S. de R. L. de C.V. Texcoco, Edo. de Méx., México. pp. 7-47.
- Apráez, G. J. E. (2020) *Análisis Químico De Alimentos Para Animales*. Editorial Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. ISBN 978-958-5123-14-4
- Avilés-Nova, F., Espinoza- Ortega, A., Castelán-Ortega, O.A., Arriaga-Jordan, C.M. (2008). Sheep performance under intensive continuous grazing of native grasslands of *Paspalum notatum* and *Axonopus compressus* in the subtropical regions of the Highlands of Central México. *Tropical Animal Health and Production*. 40: 509-515.
- Ayala, B. A. J., Capetillo, L. C. M., Cetina, G. R. H., Zapata, C. C., Sandoval, C. C. A. (2006). *Composición química-nutricional de árboles forrajeros*. CONCACYT-SAGARPA-COFUPRO. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México ISBN: 970-94223-2-4
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A. (2003). Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Ruminant Research*. 49: 275-288
- Bernaola-Paucar, R. M., Zamora-Natera, J. F., Vargas-Radillo, J. D. J., Cetina-Alcalá, V. M., Rodríguez-Macías, R., & Salcedo-Pérez, E. (2016). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Trasplante. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(33), 74-93.
- Birchler, T., R. W. Rose, A. Royo y M. Pardos. (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales* 7(1-2): 110-121.

- Bonner, F. T., Vozzo, J. A., Elam, W. W., & Land, S. B. (1994). Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. General Technical Report SO-106. USDA Forest Service, South Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 160 p.
- Burkart, A. (1987). Flora ilustrada de la provincia de Entre Ríos. Buenos Aires: INTA,
- Calderón, A (1995). Adaptación de forrajes en la región del Magdalena medio, Colombia. *Pasturas Tropicales*. Vol 17. No 2. p. 29
- Colegio de Postgraduados (Colpos). (2008). *Reforestación*. Evaluación Externa. Ejercicio Fiscal 2007. Conafor-Semarnat
- Domínguez-Lerena, S. (2000). Influencia de distintos tipos de contenedor en el desarrollo en campo de *Pinus halepensis* y *Quercus ilex*. *Reunión de Coordinación I + D Fundación CEAM*
- Domínguez-Lerena, S; Herrero, N.; Carrasco, I.; Ocaña, I. y Peñuelas, J. L. (1997). Ensayo de diferentes contenedores para *Quercus ilex*, *Pinus halepensis* *Pinus pinaster* y *Pinus pinea*: resultados en vivero. *Actas del II Congreso Forestal Español*. Pamplona
- Duryea, M. L. (1985). *Evaluating seedling quality: Importance to reforestation*. En M. L. Duryea (Ed.), *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests* (pp. 1–4). Oregon: USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- Escobar-Alonso, S. & Rodríguez T. D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 10(55): 4-38.
- Farriell J.G.& Altieri, M.A. (1999). Sistemas agroforestales *In*: Altieri, M. A. (Coord.). AGROECOLOGÍA Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay.
- Fernández, J., Benítez, C., Pizzio, R. & Pallarés, O. R. (1988). Leguminosas forrajeras nativas del Este de la provincia de Corrientes. Serie Técnica N° 26. INTA Mercedes: 21-27.

- Galussi, A. A.; Argüello, J. A.; Moya, M. E.; Zuriaga, F. D. & Zimmermann, L. R. (2013). Seed dormancy mechanism as a factor influencing seed physiological quality in alfalfa (*Medicago sativa*) cv. Baralfa 85. *Seed Sci. Technol.* 41 (1):50-59.
- Galussi, A. A.; Moya, M. E.; Zuriaga, F. D. & Zimmermann, L. R. (2019). Seed physical dormancy of two cultivars of alfalfa (*Medicago sativa*) and white clover (*Trifolium repens*): similarities and differences. In: R. V. Botelho, ed. Plant dormancy. Mechanisms causes and effects. New York: Nova Science Publishers. p. 173-201.
- García, M. A. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. In: *XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos*. Área Forestal de la EEA Concordia del INTA. Concordia, Entre Ríos, Argentina. 10 p.
- Gil, A. & Rojas, D. (1984). Estudio del comportamiento de cinco leguminosas forrajeras como cobertura de áreas fuertemente erosionadas del pie de monte de la Cordillera occidental en el Valle del Cauca. Tesis (Ing. Agrónomo) Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 120 pp.
- Gimena-Gillij, Y., Anibal-Galussi, A., Fabiàn-Prand, M., & Perissé, P. (2021). Calidad y dormición física de semillas de *Desmodium incanum* DC. en la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Pastos y Forrajes*, 44.
- González, M. E., C. Donoso, C. & B. Escobar. (1996). Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de plantas de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Oerst.) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque* 17(1): 29-41
- González-García. A. O, Domínguez-Viveros, J., Rodríguez-Almeida, F. A., & Carlos-Valdez, L. (2018). Comportamiento productivo en corderos de pelo engordados con diferentes fuentes de proteína. *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, In: José Herrera Camacho et al. Morelia, Michoacán, México. 845-850.
- González-Pulido, A., Rodríguez-Trejo, D. A., Corona-Ambríz, A., & Gil Vera Castillo, J. A. (2019). Propagación por estacas y calidad de planta en *Acer negundo* L. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(51), 224-243.

- Grof, B., Ramírez, A., & Buch, C. (1981). Técnicas en propagación por estacas de leguminosas forrajeras.
- Gutiérrez, G. O., Flores, H. J. M., Sánchez, A. R., Rodríguez, J. Á. S., Ruiz, J. Á. P., & Magaña, J. J. G. (2010). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2), 134-145.
- Haase, D. L. (2007). Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: Riley, L. E.; Dumroese, R. K. & Landis, T. D (coords.). National proceedings: Forest and conservation nursery associations. (2006). USDA Forest Service. Fort Collins, CO. USA. 3-8 pp.
- Hartmann, H. T. & Kester, D. E. (1987). Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. 3ra edición en español de la 4ta en inglés. Ed. Continental. México, D.F., México.
- Hernández, I.; Pérez, E.; Sánchez, T. (2001). Las cercas y los setos vivos como una alternativa agroforestal en los sistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 24: 93-103.
- ISTA. (2016). International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association. Seed Sci. Technol.
- Landis, T., R. Tinus, S. McDonald and J. Barnett. (1989). Seedling nutrition and irrigation, Vol. 4. The container tree nursery manual. Agriculture Handbook 674. US Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC, USA. 119 p.
- Landis, T. D. (1990). Containers: Types and function. In: Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E. y Barnett, J. P. (Eds.). The container Manual. Vol. 2. Agric. Handbook 674. Washington DC, US Department of Agriculture, Forest Service: 1-39
- Landis, T., R. Tinus, S. McDonald and J. Barnett. (1990). Containers and growing media, Vol. 2. The container tree nursery manual. Agriculture Handbook 674. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC, USA. 88 p.

- López-González, F., Estrada-Flores, J. G., Avilés-Nova, F., Yong-Angel, G., Hernández-Morales, P., Martínez-Loperena, R., Pedraza-Beltrán, P. E., Castelán-Ortega, O. A. (2010). Agronomic evaluation and chemical composition of star grass (*Cynodon plectostachyus*) in the southern region of the State of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystem* 12: 1-9.
- Macedo, R. & Castellanos, J. (2004). Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Rev. Avances en Investigación Agropecuaria*. 8(3). 39-50.
- Magaña T., O., M. Venegas L., M. Castillo C., P. Lozano C., C. Hernández G. y B. Gamás Z. (2007). Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Ejercicio Fiscal 2006. Universidad Autónoma Chapingo. Gerencia de Servicios Profesionales.
- Manrique, L. (1993). Soil management and conservation in the tropics. Hawái, Manrique International Agrotech. 215 pp.
- Mas, P. J. (2003). Guía práctica para la producción de planta en un vivero. Boletín Técnico Número 5, Volumen 1. Comisión Forestal del Estado. Morelia, Michoacán, México. 37 p.
- Meléndez, N. F., Báez, R. V. A., López, J., Tejada H. I., Shimada, M. A., Goñi C. S. (2000). *Alimentación de rumiantes en el trópico*. Generalidades y tópicos especiales. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Mexal, J. G. & Landis, D. T. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. In: Rose R., S. J. Campbell and T. D. Landis (eds.). Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO. USA. pp. 17-35.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas agroforestales: Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. CIPAV Serie técnica. Informe técnico/ CATIE; no 402. CIPAV

- Morales, A.; Aguirre, M. A. y Palma, J. M. (1998). *Estudio químico-nutricional de follaje y fruto de diferentes especies leñosas en condiciones del trópico seco*. Memorias del III Taller Internacional Silvopastoril. Los árboles y arbustos en la ganadería. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 25 al 27 de noviembre de 1998, pp. 41-44.
- Nair, P. K. R. (1982). Soil Productivity Aspects of Agroforestry. Nairobi: ICRAF.
- Nair, P. K. R. (2011). Agroforestry systems and environmental quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3), 784-790. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- Nisimblat, O. (1985). Persistencia y productividad estacional de 6 leguminosas forrajeras puras y asociadas con dos gramíneas en un Ultisol. Tesis (Ing. Agrónomo) Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 130 pp.
- Orsenigo, S., Mondoni, A., Tazzari, Elena R., Vagge, I., Rossi, G. & Abeli, T. (2019). Seed dormancy and seedling growth changes in response to scarification treatments and population origin in *Kosteletzkyia pentacarpos* (Malvaceae). *Seed Sci. Technol.* 47 (1):59-64.
- Ørskov, E. R. (2005). Plant factors limiting roughage intake in ruminants. *Tropical Feeds and Feeding Systems*. Elsevier, Amsterdam, p. 55-70.
- Oscanoa-Lagunas, J. M. (2005). *Cuantificación de taninos. Estudio farmacobotánico de Desmodium molliculum*. Barcelona, España: Botanical Online SL.
- Palma, J. M.; Topete, A. & Galina, M. A. (1992). Tablas del valor nutritivo de los alimentos para bovinos en el trópico seco. *V Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria*. Colima, México, pp. 82-87.
- Palma, J. M.; Delgado, C.; Rodríguez, A. & Aguirre, M. A. (1995). Composición química y digestibilidad de tres leguminosas arbóreas. *1er. Simposium Estatal de Ciencia y Tecnología*. U. de Colima. Colima, México, pp. 6.

- Palma, J. M. & Flores, R. (1997). Aproximación al estudio de la vegetación arbórea del estado de Colima, México. *X Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria, Trópico 97*. Barra de Navidad, Jalisco, pp. 88-90.
- Palma, J. M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en investigación agropecuaria*. Vol. 9, núm. Universidad de Colima. Colima, México
- Paul, D., Chakrabarty, S. K., Dikshit, H. K. & Jha, S. K. (2019). Hardness breaking force: an alternative method to evaluate hardseededness in mung bean (*Vigna radiata*). *Seed Sci. Technol.* 47 (2):155-160.
- Pérez, R. (2002). Cultivar Maquenque - *Desmodium heterocarpon* (L.) DC. Subsp. *Ovalifolium* (Prain.) Ohashi (Accesión CIAT 13651): leguminosa para usos múltiples en sistemas agropecuarios en Colombia / R. Pera, A. Rincón, M. Cipagauta, A. Schmidt y C. Lascano-Villavicencio, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 31 p.
- Petit-Aldana, J. (1993). Una revisión sobre el concepto de agroforestería. *Revista Forestal Latinoamericana*, 12(Especial), 7-21.
- Pinos, R. J. M. (2013). Propuestas Tecnológicas para la mejora de los sistemas de alimentación de rumiantes menores en la zonas áridas y semiáridas de México. Rojas, I.L. (Ed.) *La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica* (477–494). Embrapa, 2013. Brasília, DF.
- Prieto, R. J. A., & Sáenz, J. T. (2011). Indicadores de la calidad de planta en viveros de la sierra madre occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. México. 212 P.
- Prieto, R. J. A., Vera, C. G. & Merlín, B. E. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, México Folleto Técnico Núm. 12. 24 p.

- Prieto, R. J. A., García, R J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. & Aguilar, V. J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p.
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P., Casanova, K & Soto, H. (2009). Calidad de planta y certificación. Centro tecnológico de la planta forestal. 5 p
- Ramírez, C. A. & Rodríguez, D. A. (2004). Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.6 en línea]. <<https://dle.rae.es>>.
- Ríos, C. D. O. (2003). *Guía para alimentación animal y elaboración de concentrados* (No. 114). Número 114 de Serie Ciencia y Tecnología Volumen 5 de Serie guías Agroindustriales de la UPAR. Siglo Del Hombre Editores S.A.
- Ritchie, A. G., Landis, T. D., Dumroese, R. K. & Haase. D. L. (2010). Assessing Plant Quality. *In*: Landis, T. D., Dumroese, R. K. & D. L. Haase (Eds.). *The Container Tree Nursery Manual*. Vol. 7. Seedling Processing, Storage, and Outplanting Agric. Handbk. 674. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Washington, DC USA. pp. 17-82.
- Rodríguez-Trejo., D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Mundi Prensa UACH. México, D.F., México. 156 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., Mendoza-Ángeles, G. (2021). Análisis de semillas forestales. *In*: Rodríguez-Trejo, D. A. (Coord.). *Semillas de Especies Forestales*. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 432-461
- Rojas-Pardo, M., Beltrán-Vargas, J., & Zafra-Mejía, C. A. (2022). Tendencias metodológicas para la implementación de sistemas agroforestales en el marco

del desarrollo sustentable: una revisión. *Madera y bosques*, 28(1). doi: 10.21829/myb.2022.2812279

- Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. D. D., Saenz-Reyez, J., Muñoz Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., & Orozco Gutiérrez, G. (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(22), 58-73.
- Ruiz, T. E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E. (2005). Las leguminosas: sus posibilidades para implantar sistemas ganaderos sostenibles. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 501- 514.
- Sáenz, R., J., T., Villaseñor, R. F. J., Muñoz, F. H. J., Rueda, S. A. & Prieto, R. J. A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Center. Campo Experimental. Uruapan, Mich., México. Folleto Técnico Núm. 17. 19 p
- Sáenz-Reyes, J., Muñoz Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda Sánchez, A., & Hernández Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero " Morelia", estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(26), 98-111.
- Sánchez, S. y O. Murillo. (2004). Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense* 28 (2):95-106.
- Schubert, B. G (1980). *Desmodium*. Flora of Panamá, family 83. *Leguminosae*. Ann. Missouri Bot. Gard. 67: 622- 662.
- Somarriba, E. (1998). Diagnóstico y diseño agroforestal. *Agroforestería en las Américas*, 5 (17-18). CATIE.
- Thompson, B. (1985). Seeling morphological evaluation. What can you tell by looking? In: Durges, M. L. (ed.). *Evaluating seeling quality: principles, procedures and*

- predictive abilities of major test*. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, OR, USA. pp. 59-71
- Toral, I. M. (1997). Conceptos de calidad de plantas en viveros forestales. Ciclo económico forestal. Programa de desarrollo forestal integral de Jalisco. Documento Técnico 1. Guadalajara, Jal. México. 28 p.
- Toro, M. N. (1990). Productividad animal en pasturas de *Brachiaria humidicola* (CIAT 679) solo y en asociación con *Desmodium ovalifolium* (CIAT 13089) bajo un sistema de manejo flexible del pastoreo. M. Sc. thesis. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., Moreno, G., & Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150-161.
- Tschora, H., & Cherubini, F. (2020). Co-benefits and trade-offs of agroforestry for climate change mitigation and other sustainability goals in West Africa. *Global Ecology and Conservation*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00919>
- UNESCO (2006). Desertificación y zonas áridas. http://www.unesco.org/bpi/pdf/memobpi40_desertification_es.pdf.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). (2007). Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Categoría Reforestación. Ejercicio Fiscal 2006. Gerencia de Servicios Profesionales. Conafor-Semarnat.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). (2010). Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. Conafor- Semarnat.
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). (2009). Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. Conafor-Semarnat.
- Vanni, R. O. (2001). El género *Desmodium* (Leguminosae-Desmodieae) en Argentina. *Darwiniana* 39(3-4): 255-285

- Vázquez-Mendoza, P., Castelán-Ortega, O. A., García-Martínez, A., & Avilés-Nova, F. (2012). Uso de bloques nutricionales como complemento para ovinos en el trópico seco del altiplano central de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(1), 87-96
- Vázquez-Yanes, C. & Cervantes, V. (1993). Estrategias para domesticación y propagación de árboles nativos de México. *Ciencia y Desarrollo* 19 (113): 52-58
- Vicente-Arbona, J. C., Carrasco-Hernández, V., Rodríguez-Trejo, D. A., & Villanueva-Morales, A. (2019). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y bosques*, 25(2).
- Villada Zuluaga, D. E., Cifuentes, R. D., Ayala, V, R., Doering, H., & Müller-Sämann, K. M. (1997). Uso de *Brachiaria dictyoneura* (CIAT No. 6133) y de *Desmodium ovalifolium* (CIAT No. 13089) en la estabilización de cárcavas y terrenos degradados. Documento de Trabajo No. 4. Proyecto de Conservación de Suelos, CIAT, Universidad de Hohenheim.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

Se recolectaron muestras de la hojas, tallos y semillas de *Desmodium orbiculare* Schltdl. en el paraje denominado, en lengua mixteca, *Yuku-Yacu*, municipio de Santiago Tilantongo, perteneciente al estado de Oaxaca. El municipio se localiza, entre los paralelos 17°03' y 17°21' de latitud norte, los meridianos 97°17' y 97°26' de longitud oeste, siendo además que la altitud varía entre los 1,100 y 2,900 m s. n. m. (INEGI, 2010).

3.1.1 Clima

Los climas presentes son: templado subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (64.71%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (26.73%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, con una humedad media (8.56%) (INEGI, 2015). Mientras que la temperatura oscila entre 12 – 22 °C. El rango de precipitación va de los 800 mm a los 1,200 mm (INEGI, 2010).

3.1.2 Suelo

Los tipos de suelo son: Leptosol (52.18%), Luvisol (47.45%), Fluvisol (0.22%) y Phaeozem (0.15%) (INEGI, 2015). Algunas de las características de estos suelos de acuerdo con el INEGI (2014) son:

Leptosol: Se presentan suelos con menos de 25 cm de espesor, o bien, con más del 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas; muy susceptibles a erosión y generalmente se localizan en zonas montañosas con más de 40% de pendiente.

Luvisol: Suelos de colores rojos, grises o pardos claros, susceptibles a erosión particularmente aquellos con un alto contenido de arcilla, o bien, los que están situados en pendientes muy pronunciadas. Generalmente son fértiles para la agricultura, siendo el quinto grupo de suelos más extendido sobre el país y cuya distribución incluye bosques de pino en la Sierra Madre Occidental, áreas de profundidad limitada en la Mesa del Centro y pastizales en la llanura costera del Golfo.

Fluvisol: Contienen abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en periodos recientes y sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Tienen buena fertilidad natural y son atractivos para asentamientos humanos. Se localizan principalmente en las llanuras inter-montañas y valles abiertos o ramificados.

Phaeozem: Suelos característicos de climas semiseco y subhúmedo, de colores pardo a negro en la superficie, son suelos fértiles, ricos en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. Se localizan en relieves generalmente planos o ligeramente ondulados. En México constituyen los suelos más importantes para la agricultura.

3.1.3 Vegetación

De acuerdo con los datos de INEGI (2018) se tienen registrados para el municipio de Santiago Tilantongo agricultura de temporal anual, bosque de encino, bosque de pino-encino, palmar inducido, pastizal inducido, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino (Figura 1):

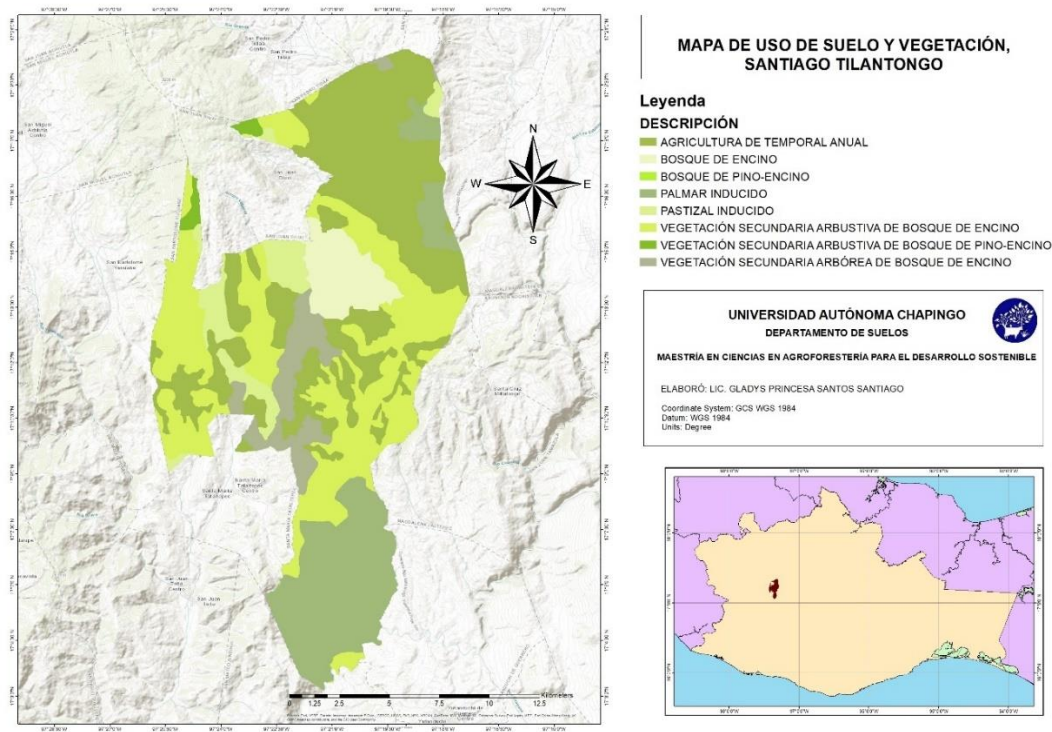


Figura 1. Vegetación del municipio
Elaboración propia con datos de (INEGI, 2018).

3.2 Identificación de la planta y selección de sitios de muestreo

Se realizó una visita a la zona de estudio, se observó la distribución de la planta, se detectó su potencial de uso forrajero al ser consumida por el ganado, una buena capacidad de rebrote y resistencia al ramoneo, por lo que se procedió con su identificación botánica solicitando el apoyo del Dr. Enrique Guízar Nolasco, profesor investigador de la División de Ciencias Forestales, quien determinó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl. Se hizo una selección aleatoria de plantas para la recolecta de semillas.

Se seleccionaron cuidadosamente cuatro sitios de muestreo representativos del agostadero. Estos se eligieron estratégicamente para abarcar diferentes características del terreno, como la topografía, la vegetación circundante y la disponibilidad de recursos hídricos. Se recolectaron tres muestras compuestas con pesos frescos superiores a 500 g. Se utilizaron técnicas de corte para obtener rebrotes de los arbustos con longitudes de 10 a 15 cm. Estos rebrotes se obtuvieron exclusivamente de las ramas laterales, en su región apical, para simular el proceso de ramoneo llevado a cabo por el ganado en su alimentación.

3.3 Análisis de semillas

El análisis de semillas se realizó con base en las Normas internacionales de ISTA (International Seed Testing Association, Asociación Internacional de Análisis de Semillas) (Bonner et al., 1994). Para la germinación se usaron unidades experimentales de 20 semillas con los siguientes tratamientos: testigo, escarificación con lija, ácido sulfúrico al 5% por 10 minutos y ácido sulfúrico al 5% por 20 minutos.

3.4 Análisis de indicadores morfológicos de la planta

Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones (charolas), para los dos tratamientos: T 1 (110 ppm de N, 24.2 ppm de P y 91.3 ppm de K) y T 2 (75 ppm de N, 16.5 ppm de P y 62.25 ppm de K). Se usó la formulación 20 N-10 P₂O₅-20 K₂O de fertilizante soluble marca Multicote. Se preparó un sustrato para las charolas con 50% turba de musgo, 30 % vermiculita, 20% vermiculita y además se agregó una dosis equivalente a 4 kg m⁻³ de fertilizante de liberación progresiva, marca

Osmocote. Se seleccionaron 30 plantas al azar de cuatro meses de edad y se midió las variables morfológicas siguientes: diámetro, del cuello de la raíz, con un vernier digital (NICOLASA®); altura, medida desde el cuello de la raíz hasta la yema apical con flexómetro (PRETUL 3m/10'); número de hojas y longitud de la raíz principal. Se determinó la relación biomasa aérea/ biomasa subterránea, para lo cual se obtuvo el peso seco de la parte aérea y de la parte subterránea, al separar cada planta en tallo, hojas y raíz que se colocaron por separado en bolsas de papel estraza y se secaron en horno (Ríos Rocha S.A. ®, mod. H41) a 70 °C. Los pesajes se realizaron con una balanza digital (Ohaus, modelo N14120, 0.01 g) hasta alcanzar pesos secos constantes. Se calcularon el índice de esbeltez [altura (cm) / diámetro (mm)]; e índice de calidad de Dickson [ICD=peso seco total (g) / (biomasa aérea (g) / biomasa subterránea (g) + índice de esbeltez (cm/mm))] (Landis et al., 2010).

3.4.1 Diseño experimental y análisis de los datos

Se usó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y para el análisis estadístico se hizo el análisis de varianza (PROC ANOVA) del programa SAS (SAS Institute, 2004). También se realizó la prueba de Tukey para conocer las diferencias entre tratamientos. El modelo estadístico fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = Variable respuesta del *i*-ésimo bloque, en el *j*-ésimo tratamiento y *k*-ésima planta

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del *i*-ésimo bloque

β_j = Efecto del *j*-ésimo tratamiento

E_{ijk} = Error experimental

3.5 Determinación del contenido nutrimental

Las muestras frescas se separaron en hojas y tallos, se colocaron en bolsas de papel y se secaron en una estufa Rios Rocha® Mod. ECFD-71 a 65 °C por 72 horas. Las muestras secas se molieron en un molino tipo Wiley LABORATORY MILL Mod. 4, Arthur Thomas Co., con un tamiz de 1 mm.

Las muestras se llevaron al laboratorio de nutrición de rumiantes para determinar los siguientes componentes: materia orgánica, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas (AOAC, 1990). Además, se utilizaron los procedimientos propuestos por Van Soest et al. (1991) para determinar el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

3.5.1 Diseño experimental y análisis de los datos

Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA de SAS con el modelo estadístico siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Variable respuesta del tratamiento

μ = Valor de la media estadística

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (sitio)

E_{ijk} = Error estándar

3.6 Diseño de sistemas agroforestales

Se tomó como base la conceptualización de un sistema agrícola que considera: propósito, delimitación, contexto, componentes, interacciones, insumos, recursos, productos finales y subproductos; las dimensiones ecológica, social y económica, así como el enfoque de sostenibilidad del sistema para el desarrollo local.

Como resultado de las consideraciones anteriores, se seleccionaron cuatro tecnologías agroforestales con el propósito de tener el mayor aprovechamiento del uso

forrajero que tiene la planta: arbustos dispersos en poteros, cultivos en callejones, arbusto en linderos y banco de proteína.

3.7 Literatura citada

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, 16th ed.; Association of Official Analytical Chemists, The William Byrd Press Inc.: Richmond, VA, USA,

Bonner, F. T., Vozzo, J. A., Elam, W. W., & Land, S. B. (1994). Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. General Technical Report SO-106. USDA Forest Service, South Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 160 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Santiago Tilantongo, Oaxaca. 2010. Recuperado el 05 de febrero de 2022 de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20492.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). Guía para la interpretación de cartografía: edafología: escala 1:250 000: serie III / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. INEGI, c2014. vii, 60 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta intercensal. 2015. Libro demográfico Santiago Tilantongo, Dirección General de Población de Oaxaca. Recuperado el 8 de febrero de 2022 de https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/wp-content/uploads/sites/13/recursos/info_pdf/Santiago%20Tilantongo.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). Mapas INEGI. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Recuperado el 10 de mayo de 2022 de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

Landis, T. D., R. K. Dumroese and D. L. Haase. (2010). The Container tree nursery manual. Vol. 7. Seedling processing, storage, and outplanting Agricultural

Handbook 674. U. S. Department of Agriculture Forest Service. Washington, DC. USA. 200 p.

SAS Institute. (2004). *SAS/ETS 9.1 User's Guide*. SAS Institute.

Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583–3597

4. ESTUDIO DE SEMILLA, FERTILIZACIÓN E INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTA PARA *Desmodium orbiculare* Schltdl.¹

4.1 Resumen

La propagación de plantas en vivero es un proceso fundamental en la producción de plantas saludables y de calidad. El objetivo del estudio fue estudiar la semilla, la propagación y la calidad de planta de *Desmodium orbiculare* Schltdl. a fin de generar información para su manejo en vivero y uso, así como su empleo en sistemas y tecnologías agroforestales de la zona. Se estableció un ensayo experimental para evaluar el método de propagación de la planta; para ello, se recolectó y sembraron semillas escarificadas con lija en un sustrato compuesto por 40% turba de musgo, 40% vermiculita, 20% agrolita y se añadió 4% de fertilizante, en el cual se aplicaron dos dosis de fertilización con 110 y 75 ppm de nitrógeno (N) en un diseño experimental de bloques al azar y se midieron en 30 plantas variables morfológicas: diámetro basal, altura, número de hojas, longitud de la raíz, peso fresco y seco de hoja, tallo y raíz, e indicadores de calidad de planta: relación PSA/PSR (Peso Seco Aéreo/Peso Seco de la Raíz), coeficiente de esbeltez e índice de Dickson, donde solo se encontró diferencia significativa entre las dosis de fertilización nitrogenada y el número de hojas.

Palabras claves: *Desmodium orbiculare*, indicadores de calidad de planta, fertilización, vivero, propagación de leguminosas.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gladys Princesa Santos Santiago
Director de tesis: Alejandro Lara Bueno

4.2 Abstract

SEED STUDY, FERTILIZATION, AND PLANT QUALITY INDICATORS FOR *Desmodium orbiculare*

Plant propagation in forest nurseries is a crucial process in producing healthy and quality plants. The aim of the study was to study the seed and the propagation methods, as well as the seedling quality for *Desmodium orbiculare* to generate information for its nursery management and use in agroforestry systems and technologies in the area. An experimental trial was established to evaluate the plant propagation method. For this purpose, scarified seeds were collected and sown in a substrate composed of 40% peat moss, 40% vermiculite, 20% agrolite, plus 4% fertilizer. Two fertilizer doses of 110 and 75 ppm of nitrogen (N) were applied in a randomized complete block design, and morphological variables were measured on 30 plants, including basal diameter, height, leaf count, root length, fresh and dry weights of leaves, stem, and root. Plant quality indicators such as the shoot-to-root ratio (PSA/PSR), slenderness coefficient, and Dickson's index were also assessed. Only the leaf count showed a significant difference between the fertilization nitrogen doses and number of leaves

Keywords: *Desmodium orbiculare*, seedling quality indicators, fertilization, nursery, legume propagation.

4.3 Introducción

La propagación de plantas en vivero es un proceso fundamental en la producción de plantas saludables y de alta calidad. Los viveros desempeñan un papel crucial en la multiplicación y reproducción de diversas especies vegetales, ya sean árboles, arbustos, plantas ornamentales o cultivos hortícolas. A través de métodos de propagación tanto sexuales como asexuales, se obtienen nuevas plantas que conservan las características genéticas y fitosanitarias deseadas. Estos métodos incluyen la siembra de semillas, la propagación vegetativa, los injertos y la micropropagación, entre otros.

La siembra de semillas es un método ampliamente utilizado para la propagación de plantas en viveros. La siembra de semillas permite reproducir especies anuales y perennes, y es especialmente útil para obtener una gran cantidad de plantas a partir de semillas viables. Por otro lado, la propagación vegetativa, que abarca técnicas como los esquejes y los acodos, permite obtener clones genéticamente idénticos a la planta madre. Según Vliet et al. (2001), la propagación vegetativa es especialmente útil para perpetuar características deseables en variedades seleccionadas.

La fertilización adecuada en viveros desempeña un papel fundamental en el crecimiento saludable y el desarrollo óptimo de las plantas. Proporcionar nutrientes esenciales en las cantidades correctas es esencial para garantizar un vigoroso crecimiento vegetativo, un sistema radicular saludable y una óptima producción de biomasa. La fertilización balanceada en viveros no solo suministra los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, sino que también ayuda a prevenir deficiencias nutricionales y mejora la calidad de las plantas producidas. Además, contribuye al éxito del establecimiento de las plantas tras el trasplante, permitiéndoles adaptarse a su nuevo entorno de manera más eficiente."

Según Albertyn y Wessels (2017), la fertilización adecuada en viveros desempeña un papel crucial en el suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Marschner (2012) destaca que la fertilización balanceada en viveros promueve un vigoroso crecimiento vegetativo y un sistema radicular saludable. Además, Taiz, Zeiger, Møller y Murphy (2014) resaltan que la fertilización adecuada

en viveros ayuda a prevenir deficiencias nutricionales y mejora la calidad de las plantas producidas.

Una planta de calidad es aquella que cumple con ciertas características morfológicas y es capaz de alcanzar niveles definidos de supervivencia, crecimiento y desarrollo en el sitio de plantación, es decir, se aclimata (Duryea, 1985; Rodríguez-Trejo, 2008). Entonces, la calidad de planta son características cuantificables de un individuo producido en un vivero y que pueden ser usados como indicadores de su desempeño una vez establecido en el sitio de plantación, es decir, que con ciertos estándares es más probable que aumente la supervivencia y crecimiento de las plantas (Ritchie *et al.*, 2010).

La clasificación de calidad de una planta se realiza con base en variables morfológicas: altura, diámetro basal del tallo o del collar, tamaño, forma y volumen del sistema radical, relación altura/diámetro del collar, relación tallo/raíz, presencia de yema terminal y micorrizas, color del follaje, sanidad, peso seco de tallos, follaje y raíz (Sáenz-Reyes, 2014) y fisiológicas: resistencia al frío, días para que la yema principal inicie su crecimiento, índice de mitosis, potencial hídrico, contenido nutricional y de carbohidratos, tolerancia a sequía, fotosíntesis neta, micorrización y capacidad de emisión de nuevas raíces (Prieto *et al.*, 2003; Prieto *et al.*, 2009).

Los principales índices para determinar la calidad de planta producida en viveros forestales son *Índice de robustez*, Relación altura del tallo/ Longitud de la raíz principal (AT/LR), Relación peso seco de la parte aérea / el peso seco del sistema radicular (PSA/PSR). Índice de Calidad de Dickson (ICD).

Desmodium orbiculare, es una planta perenne de la familia Fabaceae, conocida por su vigoroso crecimiento vegetativo. Puede alcanzar una altura de hasta tres metros, esta especie presenta tallos delgados y rectos que se ramifican abundantemente desde la base, para formar un arbusto compacto. Sus hojas trifoliadas, compuestas por folíolos ovalados de color verde intenso, se disponen alternativamente a lo largo de los tallos. Además, está dotada de un sistema de raíces bien desarrollado y fibroso, por lo que posee una capacidad notable para fijar el nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias especializadas.

Gracias a su rápido crecimiento, esta planta logra alcanzar su máxima altura en poco tiempo, lo que la convierte en una valiosa opción para cubrir y proteger el suelo. Sin embargo, es importante destacar que su crecimiento puede ser influenciado por factores ambientales como la luz, el agua, los nutrientes y la temperatura, los cuales pueden afectar la velocidad y calidad de su desarrollo. En este contexto, comprender el crecimiento vegetativo de *D. orbiculare* se vuelve esencial para aprovechar al máximo sus beneficios en diversos contextos agrícolas y ambientales, por lo que en el presente estudio se analizaron los principales índices morfológicos y los índices de calidad de planta, a fin de generar información para el manejo de la planta en vivero.

4.4 Materiales y Métodos

4.4.1 Descripción del área de estudio

La recolecta de semillas para el establecimiento del experimento se realizó en el paraje denominado en lengua mixteca, *Yuku-Yacu*, perteneciente al municipio de Santiago Tilantongo, Oaxaca, que se localiza entre los paralelos 17°03' y 17°21' de latitud norte, los meridianos 97°17' y 97°26' de longitud oeste, un rango de temperatura que oscila entre 12 – 22 °C y una precipitación va de los 800 mm a los 1,200 mm (INEGI, 2010) a una altitud de 2 189 m s. n. m.

Los climas presentes son: templado subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (64.71%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (26.73%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, con una humedad media (8.56%), mientras que la temperatura oscila entre 12 – 22 °C y el rango de precipitación va de los 800 mm a los 1 200 mm (INEGI, 2010). Los tipos de suelo son: Leptosol (52.18%), Luvisol (47.45%), Fluvisol (0.22%) y Phaeozem (0.15%) (INEGI, 2015).

4.4.2 Selección de la planta y semillas

Se realizó una visita a la zona de estudio, se observó la distribución de la planta, se detectó su potencial de uso forrajero al ser consumida por el ganado, una buena capacidad de rebrote y resistencia al ramoneo, por lo que se procedió con su identificación botánica solicitando el apoyo del Dr. Enrique Guízar Nolasco, profesor

investigador de la División de Ciencias Forestales, quien determinó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl. Se hizo una selección aleatoria de plantas para la recolecta de semillas.

4.4.3 Análisis de semillas

El análisis de semillas se realizó con base en las Normas internacionales de ISTA (International Seed Testing Association, Asociación Internacional de Análisis de Semillas) (Bonner et al., 1994). Para la germinación se usaron unidades experimentales de 20 semillas con los siguientes tratamientos: testigo, escarificación con lija, ácido sulfúrico al 5% por 10 minutos y ácido sulfúrico al 5% por 20 minutos. Dichos tratamientos se usaron dado que la semilla presenta latencia física (cubierta seminal dura e impermeable). En total se utilizaron 40 semillas en la prueba de germinación. Las semillas fueron puestas a germinar en cajas germinadoras de 30 X 25 X 10 cm, sobre tela fieltro, encima de una retícula de plástico, bajo la cual se vertieron 150 mL de agua con el fungicida Captán (1.5 g L⁻¹). En un extremo de la caja, la tela estaba en contacto con el fondo y, por ende, con el líquido, con lo cual se mantuvo húmeda para las semillas durante la prueba. La semilla fue germinada en cámara de ambiente controlado a 27°C de día, 12°C de noche, luz fluorescente y un fotoperiodo de 12 horas.

4.4.4 Indicadores morfológicos

Se usó el diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones (charolas), para los dos tratamientos: T 1 (110 ppm de N, 24.2 ppm de P y 91.3 ppm de K) y T 2 (75 ppm de N, 16.5 ppm de P y 62.25 ppm de K). Se usó la formulación 20 N-10 P₂O₅-20 K₂O de fertilizante soluble marca Multicote. La etapa de establecimiento fue durante el mes de julio, el riego se aplicó diariamente por dos semanas y posteriormente de 2 a 3 veces por semana aplicando 750 mL de agua por charola; para la etapa de crecimiento se aplicó durante agosto 850 mL de solución fertilizante y en septiembre 1500 mL por charola. Para la etapa de endurecimiento se aplicaron las dosis mencionadas con 1500 mL de solución fertilizante por charola.

Las charolas eran de plástico rígido y contenían 54 cavidades, cada una con 5 cm de diámetro o lado en el extremo superior y 3 cm en el inferior, así como una longitud de 15 cm y una capacidad de 150 mL. Se aplicó escarificación mecánica para eliminar la latencia física de la semilla, mediante la escarificación con lija de 324 de ellas. Se preparó un sustrato para las charolas con 50% turba de musgo, 30 % vermiculita, 20% vermiculita y además se agregó una dosis equivalente a 4 kg m⁻³ de fertilizante de liberación progresiva, marca Osmocote.

Se seleccionaron 30 plantas al azar de cuatro meses de edad y se midió las variables morfológicas siguientes: diámetro, del cuello de la raíz, con un vernier digital (NICOLASA®); altura, medida desde el cuello de la raíz hasta la yema apical con flexómetro (PRETUL 3m/10´); número de hojas y longitud de la raíz principal. Se determinó la relación biomasa aérea/ biomasa subterránea, para lo cual se obtuvo el peso seco de la parte aérea y de la parte subterránea, al separar cada planta en tallo, hojas y raíz que se colocaron por separado en bolsas de papel estraza y se secaron en horno (Ríos Rocha S.A. ®, mod. H41) a 70 °C. Los pesajes se realizaron con una balanza digital (Ohaus, modelo N14120, 0.01 g) hasta alcanzar pesos secos constantes. Se calcularon el índice de esbeltez [altura (cm) / diámetro (mm)]; e índice de calidad de Dickson [ICD=peso seco total (g) / (biomasa aérea (g) / biomasa subterránea (g) + índice de esbeltez (cm/mm))] (Landis et al., 2010).

4.4.5 Diseño experimental y análisis de los datos

Se usó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y para el análisis estadístico se hizo el análisis de varianza (PROC ANOVA) del programa SAS (SAS Institute, 2004). También se realizó la prueba de Tukey para conocer las diferencias entre tratamientos. El modelo estadístico fue:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + E_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = Variable respuesta del i -ésimo bloque, en el j -ésimo tratamiento y k -ésima planta

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del *i-ésimo* bloque

β_j = Efecto del *j-ésimo* tratamiento

E_{ijk} = Error experimental

4.5 Resultados y discusión

4.5.1 Análisis de semilla de *Desmodium orbiculare* Schltdl.

Se determinó que una pureza de la semilla de 99.85%. Sin embargo, presentó un alto porcentaje de vanalidad con un 40% de viabilidad aparente de acuerdo con el número de semillas obtenidas después de retirar el lomento. El análisis mostró que, debido al tamaño de la semilla, 1000 semillas tienen un peso de 3.731 g, por lo que hay aproximadamente 142 878 semillas en 1 kg.

En los tratamientos escarificatorios aplicados se obtuvieron los porcentajes de germinación siguientes: testigo 25%, escarificación con lija 94%, ácido sulfúrico al 5% por 10 minutos 20 % y ácido sulfúrico al 5% por 20 minutos 35%.

Adicionalmente, se identificó la presencia de una plaga típica de las leguminosas que se identificó de forma preliminar como *Bruchidius christiae* n. sp., así como de un parasitoide de este proveniente de la familia Eulophidae.

4.5.2 Curvas de crecimiento para *Desmodium orbiculare* Schltdl. con manejo en invernadero

La Figura 2, muestra el crecimiento en diámetro del cuello de la raíz para las plantas sometidas a dos dosis de fertilización de nitrógeno (N), a lo largo de 4 meses. Los dos tratamientos evaluados fueron el tratamiento T 1 con 110 ppm de N y el tratamiento T 2 con 75 ppm de N.

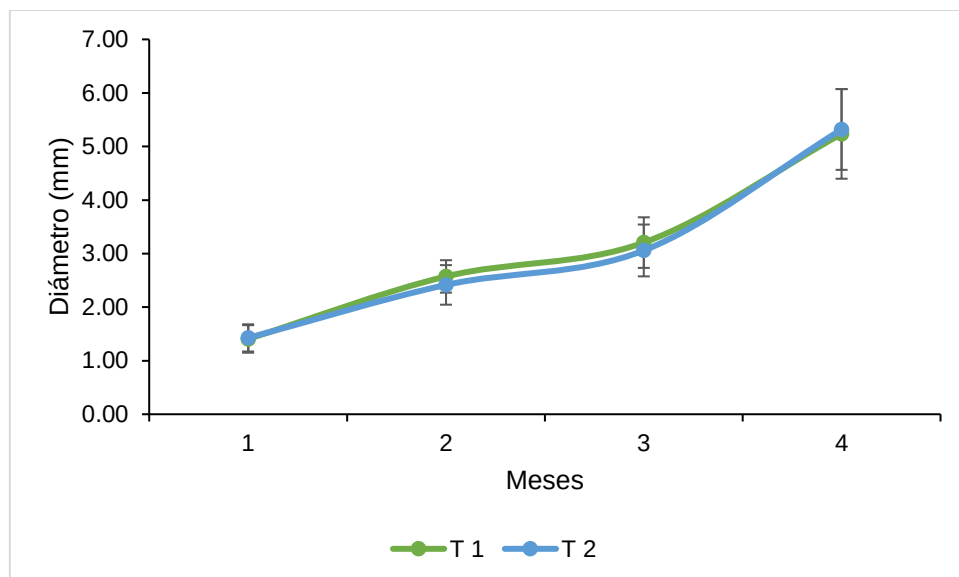


Figura 2. Curva de crecimiento del diámetro de plantas de *D. orbiculare* con 2 dosis de fertilización.

Las barras de error representan la desviación estándar. Inicialmente, ambos tratamientos presentaron un diámetro similar al inicio del experimento. A medida que avanzaron las semanas, no se observó una diferencia clara en el crecimiento entre los dos tratamientos, pero sí un crecimiento gradual sostenido en ambos tratamientos.

Para el caso de la variable altura, las medidas de ambos tratamientos también fueron similares. A partir del segundo mes, se observó un aumento acelerado de la altura de las plantas para ambos tratamientos a lo largo de los meses, lo que podría indicar que las dosis de N ofrecidas estimularon el desarrollo de las plantas. Sin embargo, no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos obteniendo valores promedio cercanos como se observa en la Figura 3.

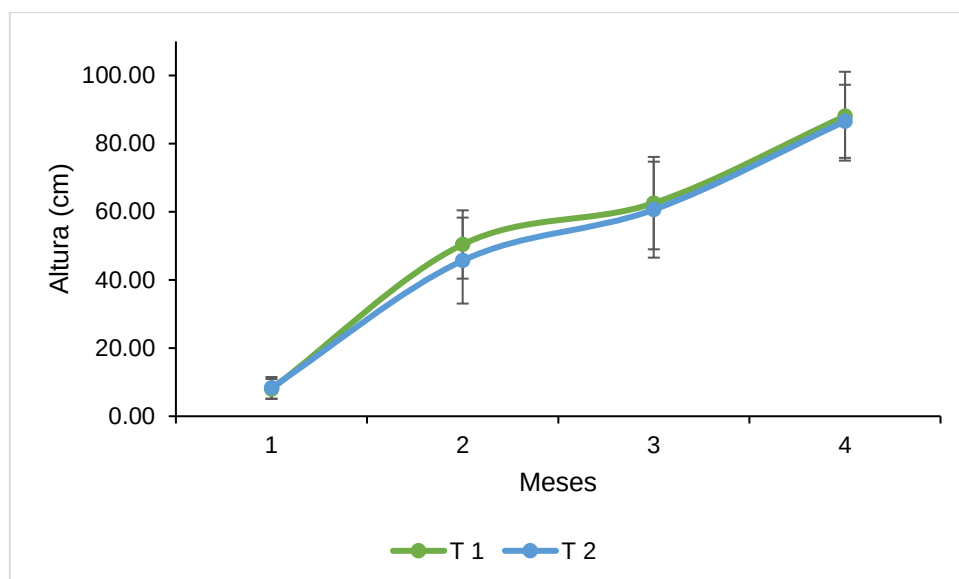


Figura 3. Curva de crecimiento de alturas de plantas de *D. orbiculare* con 2 dosis de fertilización.

Por otro lado, para el número de hojas, el tratamiento T 2 exhibió una producción mayor de biomasa para el cuarto mes en comparación con el tratamiento T 1. Durante los primeros meses, se observó un aumento lento en la producción de hojas para ambos tratamientos Figura 4.

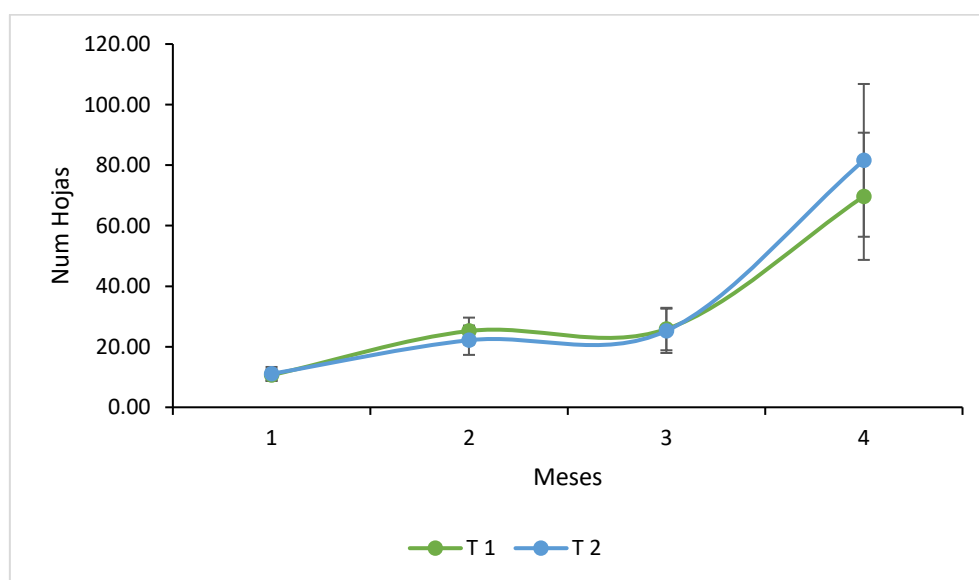


Figura 4. Curva de crecimiento para el número de hojas de plantas de *D. orbiculare* con 2 dosis de fertilización.

El no encontrar diferencias en los resultados entre de altura y diámetro en los dos tratamientos de fertilizante indica que con el tratamiento T 2, que es la dosis baja de fertilización (75 ppm), se pueden obtener buenos resultados en el desarrollo de la planta en la etapa de crecimiento en vivero. Esto tiene un impacto positivo en los costos de producción de las plantas, pues se requiere de una cantidad menor de fertilizante para la producción de plantas de calidad.

4.5.3 Indicadores morfológicos de calidad de planta

Según Ruano (2003), el tamaño del diámetro del cuello de la raíz es un indicador confiable para predecir el crecimiento y la supervivencia futura de una plantación. Un diámetro mayor se asocia con una raíz más robusta, que tiene un mayor potencial para almacenar carbohidratos, mayor resistencia para tolerar condiciones de humedad limitada y daños mecánicos, así como una mayor cantidad de yemas para posibles rebrotes (Landis et al., 2010). Para esta variable, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, para el cuarto mes en diámetros superiores a 5 mm como se indica en el Cuadro 6, medida suficiente para ser llevadas a campo, la robustez del tallo es una característica que determina el vigor y el éxito de una plantación, se ha observado que cuando el diámetro del tallo es mayor a 5 mm, las plantas muestran una mayor resistencia al doblamiento y una mejor tolerancia a los daños causados por plagas y fauna perjudicial, aunque esta relación puede variar según la especie de planta (Prieto et al., 2003; 2009).

Cuadro 2. Indicadores morfológicos de dos dosis de fertilización para *D. orbiculare*.

Indicadores morfológicos	T 1	T 2
Diámetro (mm)	5.24 ^a	5.32 ^a
Altura (cm)	88.05 ^a	86.55 ^a
Nº hojas	69.70 ^b	81.57 ^a
Longitud raíz (cm)	1.36 ^a	1.33 ^a

T 1= 110 ppm de N; T 2= 75 ppm de N.

No se encontraron diferencias significativas para la altura entre los tratamientos, sin embargo, se debe considerar que, para el momento de la evaluación de las plantas, la

altura de las plantas presentó dificultades para su manejo en los contenedores llegando a medidas superiores a los 80 cm, por lo que se recomienda el uso de contenedores grandes.

El número de hojas mostró diferencias significativas, siendo mayor para el tratamiento T 2. No obstante, la biomasa foliar no mostró diferencias entre ambos tratamientos. Esto quiere decir que la menor dosis de fertilización no afectó la biomasa total de las hojas, pero redujo su número.

Para la variable de longitud de raíz no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Se debe destacar que la planta mostró no contar con una raíz principal claramente visible, siendo entonces una raíz de tipo fibrosa como se observa en la Figura 5. Esta característica es importante en el uso de este tipo de planta en la restauración y conservación de suelos.



Figura 5. Raíz de *D. orbiculare*.

Como se muestra en el Cuadro 7, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los indicadores morfológicos de pesos frescos ni secos.

Cuadro 3. Pesos registrados para dos tratamientos de fertilización en *D. orbiculare*.

Indicadores morfológicos	T 1	T 2
Peso fresco hoja (g)	9.08 ^a	9.25 ^a
Peso fresco tallo (g)	8.97 ^a	8.82 ^a
Peso fresco raíz (g)	9.05 ^a	7.91 ^a
Peso fresco aéreo (g)	18.05 ^a	18.06 ^a
Peso fresco total (g)	27.10 ^a	25.97 ^a
Peso seco hoja (g)	2.46 ^a	2.51 ^a
Peso seco tallo (g)	2.99 ^a	3.05 ^a
Peso seco raíz (g)	1.27 ^a	1.23 ^a
Peso seco aéreo (g)	5.45 ^a	5.56 ^a
Peso seco total (g)	6.72 ^a	6.79 ^a

T 1= 110 ppm de N; T 2= 75 ppm de N.

Respecto a la relación PSA/PSR (Peso seco aéreo/Peso seco raíz), no hubo diferencias significativas entre las dosis de N. Aunque de acuerdo con Cano y Cetina (2004), los valores bajos (menores a 2.5) favorece la supervivencia en sitios con limitaciones de humedad, las condiciones ambientales del sitio y la alta producción de biomasa (hojas), justifican los valores obtenidos en el Cuadro 8, pues, aunque en esta etapa puede ser una relación desproporcional entre la parte fotosintética y la que transpira, el crecimiento posterior de la planta puede compensar la relación.

El coeficiente de esbeltez presenta valores superiores a los recomendados por Rodríguez (2008) para especies de clima templado frío, es decir menor a 6. Sin, embargo, una altura mayor en la planta la hace más apta para competir contra hierbas y arbustos, particularmente en ambientes tropicales y subtropicales, además, dada su característica de sistema radical fibroso, una vez bien desarrollado, este brinda el soporte necesario para el establecimiento en campo de la planta.

Cuadro 4. Relación PSA/PSR, coeficiente de esbeltez e índice de Dickson para *D. orbiculare*.

Indicadores morfológicos	T 1	T 2 75
Relación PSA/PSR	4.50 ^a	4.75 ^a
Coeficiente de esbeltez	17.03 ^a	16.56 ^a
Índice de calidad de Dickson	0.31 ^a	0.33 ^a

T 1= 110 ppm de N; T 2= 75 ppm de N; PSA/PSR= Peso Seco Aéreo/Peso Seco de la Raíz.

Para el Índice de Calidad de Dickson, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, si bien autores como Sáenz et al. (2010) y Rueda et al. (2012) mencionan que para este indicador se recomiendan valores altos como indicador de plantas de calidad y por ende mejores resultados en la plantación, esta especie, al ser una leguminosa de rápido crecimiento, tiene atributos que se han adaptado a las condiciones climáticas y edafológicas limitantes, como lo es su rápido crecimiento. Esta planta logra alcanzar su máxima altura en poco tiempo, lo que también la convierte en una valiosa opción para cubrir y proteger el suelo.

4.6 Conclusiones

Obtener los mejores métodos de propagación de *Desmodium orbiculare* Schltdl. es crucial en su cultivo y establecimiento. Es esencial asegurar prácticas óptimas de fertilización y monitorear los indicadores de calidad de planta para obtener plantas sanas y vigorosas. Se encontró que para asegurar una mejor germinación se debe usar la técnica de escarificación mecánica, sin embargo, es una técnica que toma tiempo y trabajo, por lo que se debe continuar la investigación en este aspecto. Resulta relevante el poder utilizar dosis bajas de fertilización para esta especie lo que la hace atractiva para su reproducción. No obstante, es conveniente seguir realizando investigación que incorporen las tres etapas de cultivo en el breve tiempo que para su producción requiere la especie estudiada. Al implementar técnicas de propagación efectivas, emplear prácticas de fertilización adecuadas y monitorear los indicadores de calidad de planta, se puede lograr el cultivo exitoso de *D. orbiculare*, lo que contribuirá a su producción sostenible y su utilización en diversos sistemas agrícolas y agroforestales.

4.7 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, a la División de Ciencias Forestales por las facilidades y el apoyo en la

disposición de las instalaciones del laboratorio de semillas para la realización de los análisis así como al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo por su asesoría; al Dr. Enrique Guízar Nolazco, profesor investigador de la División de Ciencias Forestales, quien determinó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl., al Departamento de Suelos por el apoyo otorgado durante el desarrollo de la investigación dentro del invernadero.

4.8 Literatura citada

- Albertyn, S., & Wessels, D. (2017). The role of nutrition in horticultural crop production. In *Horticultural Reviews* (Vol. 45, pp. 167-203). John Wiley & Sons.
- Baijukya, F. P., Mpairwe, D. R., & Vanlauwe, B. (2010). *Desmodium intortum* as a fallow species in crop-livestock systems of Uganda: 2. The effect of cutting frequency on biomass production, nitrogen accumulation and the performance of subsequent maize crop. *Agroforestry Systems*, 78(3), 235-244.
- Bonner, F. T., Vozzo, J. A., Elam, W. W., & Land, S. B. (1994). Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. General Technical Report SO-106. USDA Forest Service, South Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 160 p.
- Cano P., A. y Cetina A., V. M. (2004). Calidad de planta en vivero y prácticas que influyen en su producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coah., México. 16 p.
- Duryea, M. L. (1985). Evaluating seedling quality: Importance to reforestation. En M. L. Duryea (Ed.), *Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests* (pp. 1–4). Oregon: USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Santiago Tilantongo, Oaxaca. 2010. Recuperado el 05 de febrero de 2022 de

https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20492.pdf

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta intercensal. 2015. Libro demográfico Santiago Tilantongo, Dirección General de Población de Oaxaca. Recuperado el 8 de febrero de 2022 de https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/wp-content/uploads/sites/13/recursos/info_pdf/Santiago%20Tilantongo.pdf
- Landis, T. D., Dumroese, R. K. & Haase, D. L. (2010). The Container tree nursery manual. Vol. 7. Seedling processing, storage, and outplanting. Agricultural Handbook 674. U. S. Department of Agriculture Forest Service. Washington, DC. USA. 200 p.
- Marschner, P. (2012). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
- Prieto, R. J. A., Vera, G. C. & Merlín, E. B. (2003). Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Primera reimpresión. Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP-SAGARPA. Durango, México Folleto Técnico Núm. 12. 24 p.
- Prieto, R. J. A., García, R. J. L., Mejía, B. J. M., Huchín, A. S. & Aguilar, V. J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Publicación Especial No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana INIFAP-SAGARPA. Durango, Dgo. México. 48 p
- Ritchie, A. G., Landis, T. D., Dumroese, R. K. & Haase, D. L. (2010). Assessing Plant Quality. In: Landis, T. D., R. K. Dumroese and D. L. Haase (Eds.). *The Container Tree Nursery Manual*. Vol. 7. Seedling Processing, Storage, and Outplanting Agric. Handbk. 674. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Washington, DC USA. pp. 17-82.
- Rodríguez, T. D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal*. Mundi PrensaUACH. México, D.F., México. 156 p.

- Ruano, M. J. R. (2003). *Viveros Forestales: Manual de cultivos y proyectos*. Mundi Prensa. Madrid, España. 281 p.
- Rueda, S., A., Benavides, S. J. de D., Prieto, R. J. A., Sáenz, R. J. T., Orozco, G. G. & Molina, C. A. (2012). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(14): 69-82. Doi:10.29298/rmcf.v3i14.475.
- Sáenz, R. J. T., Muñoz, F. H. J., F. Villaseñor, R. J. A., Prieto, R. & Rueda, S. A. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico No. 12. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Mich., México. 50
- Sáenz-Reyes, J., Muñoz-Flores, H. J., Pérez, C. M. Á., Rueda-Sánchez, A., & Hernández-Ramos, J. (2014). Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero " Morelia", estado de Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(26), 98-111.
- SAS Institute. (2004). *SAS/ETS 9.1 User's Guide*. SAS Institute.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2014). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates, Inc.
- Tchamba, M. N., Tchienkoua, M., Mvondo, Z. A., & Jum, C. N. (2018). Contribution of *Desmodium intortum* and *Tithonia diversifolia* in soil fertility restoration of an impoverished Ferralsol in Southern Cameroon. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 9(5), 58-68.
- Vliet, P. C. V., Shepherd, K. D., Buresh, R. J., & Janssen, B. H. (2001). Exploring diversity in soil fertility management of smallholder farms in western Kenya. I. Soil nutrient status, nutrient use efficiencies and soil fertility replenishment rates. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83(1-2), 119-135.

5. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRIMENTAL DE *Desmodium orbiculare* Schltdl. COMO ALTERNATIVA DE SUPLEMENTACIÓN PROTEICA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

5.1 Resumen

Los forrajes constituyen la base de la dieta de los animales rumiantes, proporcionando los nutrientes esenciales necesarios para su crecimiento, reproducción y producción. El objetivo de este estudio fue evaluar las características nutricionales de la especie *Desmodium orbiculare* mediante un análisis proximal, con el fin de validar su uso como alternativa de suplementación proteica en la alimentación animal durante la época de estiaje y como arbusto de uso múltiple en los sistemas silvopastoriles. Para llevar a cabo el estudio, se recolectaron muestras de rebrotes de *D. orbiculare* en cuatro sitios de un agostadero. Posteriormente, se realizó un análisis proximal en tallos y hojas para determinar los contenidos de cenizas (CEN), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sitios de muestreo en cuanto a los contenidos de CEN, FDN y EE. Además, se encontraron diferencias significativas en el contenido nutricional de hojas y tallos en cuanto a PC, FDN, FDA y EE. Estos hallazgos respaldan el potencial de *D. orbiculare* como una opción viable para la suplementación proteica durante la época de escasez de alimentos y su utilidad como arbusto en los sistemas silvopastoriles.

Palabras claves: *Desmodium orbiculare*, análisis proximal, calidad nutricional, suplementación proteica.

5.2 Abstract

NUTRITIONAL QUALITY EVALUATION OF *Desmodium orbiculare* Schltdl. AS AN ALTERNATIVE PROTEIN SUPPLEMENTATION IN ANIMAL FEEDING

Forages form the basis of the diet for ruminant animals, providing essential nutrients necessary for their growth, reproduction, and production. The objective of this study was to evaluate the nutritional characteristics of the species *Desmodium orbiculare* through proximal analysis in order to validate its use as an alternative protein supplementation in animal feeding during the dry season and as a multipurpose shrub in silvopastoral systems. To carry out the study, samples of *D. orbiculare* regrowth were collected from four sites in a pastureland. Subsequently, a proximal analysis was conducted on stems and leaves to determine the contents of ash (ASH), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), and acid detergent fiber (ADF). The results showed significant differences between the sampling sites in terms of ASH, NDF, and EE contents. Furthermore, significant differences were found in the nutritional content of leaves and stems regarding CP, NDF, ADF, and EE. These findings support the potential of *D. orbiculare* as a viable option for protein supplementation during periods of food scarcity and its utility as a shrub in silvopastoral systems.

Keywords: *Desmodium orbiculare*, proximal analysis, nutritional quality, protein supplementation.

5.3 Introducción

La calidad nutricional de los forrajes desempeña un papel fundamental en la alimentación del ganado y en la productividad de los sistemas ganaderos, pues los forrajes constituyen la base de la dieta de los animales rumiantes, proporcionando los nutrientes esenciales necesarios para su crecimiento, reproducción y producción de leche o carne. Sin embargo, no todos los forrajes son iguales en términos de su valor nutricional.

La calidad nutricional de los forrajes se refiere a su contenido y disponibilidad de nutrientes, como proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas. Estos nutrientes son vitales para mantener la salud y el rendimiento óptimo de los animales. La variabilidad en la calidad nutricional de los forrajes puede deberse a múltiples factores, como la especie vegetal, el estado de madurez al momento de la cosecha, las condiciones climáticas, el manejo agronómico y el procesamiento posterior.

En este sentido, comprender y evaluar la calidad nutricional de los forrajes se convierte en una herramienta invaluable para los productores ganaderos. Una adecuada evaluación de la calidad nutricional les permite seleccionar los forrajes más apropiados, formular raciones balanceadas y optimizar la producción animal. Además, un conocimiento profundo de la calidad nutricional de los forrajes puede ayudar a prevenir deficiencias o desequilibrios nutricionales, así como minimizar los costos asociados a la suplementación externa.

Diversas especies del género *Desmodium* son utilizadas en algunos países del mundo para la producción de forraje para ganado, siendo este género pertenece a la familia Leguminosae con una gran variabilidad de especies (presenta alrededor de 200), amplia distribución en el trópico y ser considerado como un alimento adecuado para el ganado, este género presenta buenas perspectivas para el desarrollo de la ganadería (Tang *et al.*, 1984).

Desmodium orbiculare es una planta forrajera reconocida por su potencial nutricional y beneficios para la alimentación animal. Originaria de regiones tropicales y subtropicales, esta leguminosa perenne ha despertado un reciente interés en la

producción ganadera debido a sus propiedades nutritivas y su capacidad para mejorar la calidad de los sistemas de pastoreo.

La calidad nutricional de *D. orbiculare* se destaca por su alto contenido de proteínas y nutrientes esenciales. Las hojas y tallos tiernos de esta planta son ricos en proteínas de alta calidad, lo que los convierte en una fuente valiosa de aminoácidos esenciales para el ganado.

El valor nutricional de *D. orbiculare* también se ve reflejado en su contenido de fibra digestible. Esta leguminosa presenta una fracción de fibra dietética altamente fermentable, lo que promueve una buena digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales. Esto resulta especialmente beneficioso para los rumiantes, ya que les brinda una fuente de energía sostenida y contribuye a mantener la salud del sistema digestivo

Además de su valor nutricional, *D. orbiculare* ofrece otros beneficios agronómicos y medioambientales. Por un lado, posee la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del rizobio, lo que reduce la dependencia de fertilizantes nitrogenados y contribuye a la fertilidad del suelo. Por otro lado, esta planta es resistente a condiciones adversas como sequías y suelos de baja calidad, lo que la convierte en una opción viable para sistemas ganaderos en áreas con limitaciones ambientales.

A través de este estudio y mediante un análisis proximal de la planta, se espera contribuir al conocimiento y la adopción de *Desmodium orbiculare* como un recurso valioso en la alimentación animal. En conclusión, *D. orbiculare* se presenta como una alternativa prometedora para mejorar la calidad nutricional de los forrajes utilizados en la alimentación animal. Su riqueza en proteínas, minerales y fibra digestible la convierten en una opción atractiva para productores ganaderos que buscan maximizar la productividad y salud de su ganado, al tiempo que promueven prácticas sostenibles en la agricultura y ganadería.

5.4 Materiales y Métodos

5.4.1 Descripción del área de estudio

Se recolectaron muestras de hojas y tallos en el paraje denominado *Yuku-Yacu*, en lengua mixteca, en Santiago Tilantongo, perteneciente al estado de Oaxaca. El municipio se localiza, entre los paralelos 17°03' y 17°21' de latitud norte, los meridianos 97°17' y 97°26' de longitud oeste, siendo además que la altitud varía entre los 1,100 y 2,900 m s. n. m. (INEGI, 2010).

Los climas presentes son: templado subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (64.71%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (26.73%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, con una humedad media (8.56%) (INEGI, 2015). Mientras que la temperatura oscila entre 12 – 22 °C. El rango de precipitación va de los 800 mm a los 1 200 mm (INEGI, 2010). Los tipos de suelo son: Leptosol (52.18%), Luvisol (47.45%), Fluvisol (0.22%) y Phaeozem (0.15%) (INEGI, 2015).

De acuerdo con INEGI (2018) se tienen registrados para el municipio: agricultura de temporal anual, bosque de encino, bosque de pino-encino, palmar inducido, pastizal inducido, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino.

5.4.2 Selección de la planta

Durante el mes de febrero, se llevó a cabo una visita al agostadero con el propósito de evaluar su potencial de uso forrajero. Durante esta visita, se observó que la especie en estudio mostraba una alta aceptación y consumo por parte del ganado, además de una destacada capacidad de rebrote y resistencia al ramoneo.

Dado el interés en determinar la identidad botánica precisa de esta especie, se buscó la asesoría del Dr. Enrique Guízar Nolasco, reconocido profesor investigador de la División de Ciencias Forestales. El Dr. Guízar Nolasco realizó la identificación botánica correspondiente y concluyó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl.

5.4.3 Selección de sitios de muestreo y toma de muestras

En el mes de julio, se llevó a cabo una exhaustiva inspección del agostadero con el propósito de determinar con precisión la ubicación de los arbustos en estudio. Este proceso se realizó mediante un recorrido minucioso del terreno, teniendo en cuenta la distribución espacial de los arbustos dentro del área de estudio.

Posteriormente, se seleccionaron cuidadosamente cuatro sitios de muestreo representativos del agostadero. Estos sitios se eligieron estratégicamente para abarcar diferentes características del terreno, como la topografía, la vegetación circundante y la disponibilidad de recursos hídricos.

En cada uno de los sitios de muestreo, se recolectaron tres muestras compuestas con pesos frescos superiores a 500 g. Para garantizar la representatividad de las muestras, se siguió un riguroso protocolo de recolección. Se utilizaron técnicas de corte especializadas para obtener rebrotes de los arbustos en un rango de longitud de 10 a 15 cm. Estos rebrotes se obtuvieron exclusivamente de las ramas laterales, en su región apical, para simular de manera fiel el proceso de ramoneo llevado a cabo por el ganado en su alimentación.

5.4.4 Determinación del contenido nutrimental

Las muestras frescas se separaron en hojas y tallos, se colocaron en bolsas de papel y se secaron en una estufa Rios Rocha® Mod. ECFD-71 a 65 °C por 72 horas. Una vez secas, las muestras se molieron en un molino tipo Wiley LABORATORY MILL Mod. 4, Arthur Thomas Co., con un tamiz de 1 mm.

Las muestras se llevaron al laboratorio de nutrición de rumiantes para determinar los siguientes componentes: materia orgánica, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas (AOAC, 1990). Además, se utilizaron los procedimientos propuestos por Van Soest et al. (1991) para determinar el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

5.4.5 Diseño experimental y análisis de los datos

Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA de SAS con el modelo estadístico siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + E_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Variable respuesta del tratamiento

μ = Valor de la media estadística

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (sitio)

E_{ijk} = Error estándar

5.5 Resultados y discusión

5.5.1 Composición nutrimental por sitio de muestreo

Para la variable materia orgánica (MO) se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los sitios de muestreo S2 y S4, con 93.43% y 92.64% respectivamente, mientras que los sitios S1 y S3 no se encontraron diferencias significativas. De la misma manera, para la variable cenizas (CEN), la prueba de comparación de medias de Tukey mostró diferencias entre los sitios S4 (7.36%) y S2 (6.57%), mientras que para los sitios S1 y S3 con valores de 7% y 6.97% respectivamente, no se encontró diferencia significativa, esto indica un contenido significativo de minerales, como calcio, fósforo, magnesio, potasio y hierro.

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína cruda (PC) entre los sitios de muestreo Cuadro 2. En este estudio se obtuvieron valores entre el 12.54% y el 13.36%.

Bryan (1966) señaló que dentro del género *Desmodium* se destacan las especies *D. uncinatum* y *D. intortum*, por poseer una composición química satisfactoria, además de sus rendimientos y persistencia en pastoreo, lo que permite obtener una producción animal adecuada. Para *D. intortum*, en Cuba, Funes, Yepes & Hernández (1971)

encontraron contenidos de proteína bruta con 16%-18%, tanto a distintas edades como años, pero reportaron que la fibra bruta mostró tendencia a aumentar en relación directa a la edad de rebrote. Porcentajes de proteína similares han sido reportados en Tailandia (Legel, 1981), Sri Lanka (Perthirana *et al.*, 1980) y Hawaii (Younge *et al.*, 1964) entre otros países; Derieux (1971) en Guadalupe, reportó valores menores 14.36% y 14.75% para *D. uncinatum* y *D. intortum* respectivamente, en forraje cosechado a las 6 semanas de rebrotado.

Por lo tanto, la composición química y el valor nutritivo de las especies del género *Desmodium* pueden variar dependiendo de las condiciones de crecimiento (Milford, 1967). La especie, la edad de la planta, la época del año, el manejo y demás factores (Tang *et al.*, 1984).

Cuadro 5. Composición nutrimental de *D. orbiculare* por sitio de muestro.

Composición nutrimental (%)	S1	S2	S3	S4	Valor de <i>p</i>
MO	93.00 ^{ab}	93.43 ^a	93.04 ^{ab}	92.64 ^b	
CEN	7.00 ^{ab}	6.57 ^b	6.97 ^{ab}	7.36 ^a	
PC	13.20 ^a	12.54 ^a	13.36 ^a	13.32 ^a	
FDN	58.60 ^c	59.16 ^c	63.72 ^a	61.48 ^b	
FDA	44.81 ^a	47.51 ^a	49.46 ^a	50.16 ^a	
EE	2.70 ^a	2.07 ^b	2.29 ^b	2.74 ^a	

S1, S2, S3, S4= Sitios de muestreo; MO= materia orgánica; CEN= cenizas; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EE= extracto etéreo.

La prueba de comparación de medias por sitio de muestreo para la variable fibra detergente neutro (FDN) mostró que el sitio S3 (63.72%) fue superior al sitio S4 (61.48%) y ambos fueron superiores a S2 (59.16%) y S1 (58.60%), mientras que para la variable fibra detergente ácido (FDA) no hubo diferencias significativas entre los sitios de muestreo.

Para la variable de extracto etéreo (EE), en la comparación de medias de Tukey, por sitio de muestreo, los sitios S4 (2.74%) y S1 (2.70%) no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero fueron superiores a S3 (2.29%) y S2 (2.07%). Estos dos últimos sitios de muestreo tampoco tuvieron diferencias entre sí.

Los valores mostrados en el Cuadro 2 para los sitios de muestreo, se obtuvieron a partir de los valores de la media estadística entre hojas y tallos. En el Cuadro 3, se muestran los valores promedio de proteína cruda, cenizas, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido para cuatro de las principales arbustivas de clima tropical y subtropical, que frecuentemente se han incluido en los sistemas silvopastoriles por lo que se tienen como referencia de los valores que se deben considerar significativos en los análisis de otras arbustivas.

Cuadro 6. Composición química de hojas + tallos para las arbustivas forrajeras *A. farnesiana*, *B. alicastrum*, *G. almifolia* y *L. leucocephala*.

Composición química hojas + tallos (%)	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Guazima ulmifolia</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
PC	10.8	13.2	10.6	19.6
CEN	7.6	12.8	8.2	7.6
FDN	51.5	44.7	55.9	51.1
FDA	50.3	33.3	38.2	34.7

PC=proteína cruda; CEN= cenizas; FDN=fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido. Elaboración propia con información de (Ayala *et al.*, 2006).

Si bien las leguminosas tropicales como *L. leucocephala* presentan valores superiores en proteína cruda (19.6%) a las subtropicales, *D. orbiculare* mostró valores similares a *B. alicastrum* y mayores a *G. ulmifolia* y *A. farnesiana* pues para los sitios de muestreo se encontraron valores cercanos a 13%.

Para el caso de fibras detergente ácido y neutro, los valores son cercanos para todas e indican que estas arbustivas promueven buena digestibilidad para los rumiantes. Finalmente, para el caso de las cenizas, *B. alicastrum* muestra un valor superior a las demás forrajeras mencionadas.

Con lo anteriormente expuesto se demuestra el potencial que tiene *D. orbiculare* como arbustiva de importancia para los sistemas silvopastoriles de los agostaderos donde crece la planta, además se debe tener en consideración que los valores nutricionales pueden variar según la región de cultivo, el manejo agronómico y las condiciones

ambientales y que la calidad nutricional puede ser afectada por factores como la edad de la planta, el momento de la cosecha y el procesamiento posterior.

5.5.2 Composición nutrimental por parte de la planta

En el Cuadro 4, se muestra la composición nutrimental para *Desmodium orbiculare* por parte de la planta (tallos y hojas) siendo estos valores, en algunos casos, superiores a los valores expresados en el Cuadro 2, para los sitios de muestreo.

Para las variables MO y CEN no hubo diferencias significativas entre partes de la planta. La variable PC fue mayor en hojas con un 17.21% frente al 8.99% en tallos.

Cuadro 7. Composición nutrimental de *D. orbiculare* por parte de la planta.

Composición nutrimental (%)	Hojas	Tallos	Valor de <i>p</i>
MO	93.05 ^a	93.01 ^a	
CEN	6.95 ^a	7.00 ^a	
PC	17.21 ^a	8.99 ^b	
FDN	54.02 ^b	67.46 ^a	
FDA	40.79 ^b	55.17 ^a	
EE	3.47 ^a	1.43 ^b	

MO= Materia Orgánica; CEN= Cenizas; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EE= extracto etéreo.

Para el contenido de FDN se encontró que es mayor en tallos que en hojas con valores de 67.46% y 54.02% respectivamente. De la misma manera para la variable FDA se encontró un porcentaje mayor en los tallos que en las hojas. La variable EE fue mayor en hojas (3.47%) que en el tallo (1.43%).

En comparación con otras arbustivas, el valor de la proteína cruda de las hojas de *D. orbiculare*, presenta valores superiores a *B. alicastrum* y *G. ulmifolia*. Sin embargo, para el caso del contenido de cenizas en las hojas, el valor encontrado se encuentra entre los menores reportados en el Cuadro 5.

Cuadro 8. Composición química de hojas para las arbustivas forrajeras *A. farnesiana*, *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*.

Composición química hojas (%)	<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Guazima ulmifolia</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
PC	18.1	14.9	19.7	14.3	23.5
CEN	5.6	13.4	11.1	10.2	8.9
FDN	49.8	39.2	44.2	43.2	41.4
FDA	29.4	28.0	30.2	27.2	25.6

PC=proteína cruda; CEN= cenizas; FDN=fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido. Elaboración propia con información de (Ayala et al., 2006).

El valor nutricional de *D. orbiculare* también se ve reflejado en su contenido de fibra digestible. Esta leguminosa presenta una fracción de fibra dietética altamente fermentable, lo que promueve una buena digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes por parte de los animales. Esto resulta especialmente beneficioso para los rumiantes, ya que les brinda una fuente de energía sostenida y contribuye a mantener la salud del sistema digestivo.

5.6 Conclusiones

D. orbiculare se presenta como una alternativa prometedora para mejorar la calidad nutricional de los forrajes utilizados en la alimentación animal del municipio. Su riqueza en proteínas, minerales y fibra digestible la convierten en una opción atractiva para ser presentada a los productores ganaderos que buscan maximizar la productividad y salud de su ganado, al tiempo que promueven prácticas sostenibles en la agricultura y ganadería dadas las características morfológicas de la planta.

5.7 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, al departamento de Zootecnia por el apoyo en la disposición de las instalaciones de laboratorio necesarias para la realización de los análisis, al Dr. Enrique Guízar Nolasco, profesor investigador de la División de Ciencias Forestales,

quien determinó que la muestra enviada correspondía a la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl. y en especial a la familia Santos Santiago, por el apoyo otorgado durante el desarrollo de la investigación dentro de su predio.

5.8 Literatura citada

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis, 16th ed.; Association of Official Analytical Chemists, The William Byrd Press Inc.: Richmond, VA, USA,

Ayala, B. A. J., Capetillo, L. C. M., Cetina, G. R. H., Zapata, C. C., Sandoval, C. C. A. (2006). Composición química-nutricional de árboles forrajeros. CONCACYT-SAGARPA-COFUPRO. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México ISBN: 970-94223-2-4

Bryan, W.W. (1966). Proc. 10th Int. Grassland. Congr. Helsinki. pp. 311

Funes, F.; Yepes, S. & Hernández, D. (1971). Memoria EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 40 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Santiago Tilantongo, Oaxaca. 2010. Recuperado el 05 de febrero de 2022 de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20492.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta intercensal. 2015. Libro demográfico Santiago Tilantongo, Dirección General de Población de Oaxaca. Recuperado el 8 de febrero de 2022 de https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/wp-content/uploads/sites/13/recursos/info_pdf/Santiago%20Tilantongo.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). Mapas INEGI. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Recuperado el 10 de mayo de 2022 de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

- Legel, S. (1981). Tablas de valores alimenticios de forrajes tropicales. DDR-Etiopía. 98 p.
- Milford, R. (1967). Nutritive values and chemical composition of seven tropical legumes and lucerne grown in subtropical south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 7(29), 540-545.
- Pathirana, K.K.; Nugara, N.M. St. D.; Siriwardene, J.A. de S. & Jayawardana, A.B.P. (1980). *Ceylan Veterinary Journal*. 28:19
- Tang, M., Hernández, I. & Hernández C.A. (1984). Desmodium spp. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” Perico, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes* Vol, 7 N° 3. 29 p
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583–3597
- Younge, O. R., Plucknett, D. L., & Rotar, P. P. (1964). Culture and Yield Performance of Desmodium intortum and D. canum in Hawaii.

6. PROPUESTA DE DISEÑO AGROSILVOPASTORIL CON *Desmodium orbiculare* Schltdl. EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO TILANTONGO, OAXACA.

6.1 Resumen

La presencia de especies leguminosas forrajeras nativas representa un amplio campo de investigación en la búsqueda de aquellas que se puedan incluir en el diseño de tecnologías agrosilvopastoriles, dada su adaptación a las condiciones climáticas, edafológicas y topográficas de las zonas donde se encuentran, característica importante que les atribuye un potencial de uso. El objetivo del presente trabajo fue realizar una propuesta de tecnologías agrosilvopastoriles con la especie *Desmodium orbiculare* Schltdl. como arbustiva de uso múltiple en asociación con especies y cultivos de la región. El análisis proximal de muestras de la planta indicó contenido de 17% de proteína cruda en hojas, siendo ésta una característica importante. Se midieron y probaron dos dosis de fertilización (110 ppm y 75 ppm de nitrógeno) donde se encontró que puede ser usada la dosis baja, siendo relevante esto para los costos de producción en vivero. Se seleccionaron cuatro tecnologías agrosilvopastoriles para su implementación: arbustos dispersos en potreros, cultivos y/o pasturas en callejones, arbustos en linderos y banco de proteína. Para la estrategia de arbustos dispersos en potreros, se propuso establecer plantas de *D. orbiculare* en un potrero destinado a pastoreo, con una recomendación de al menos una planta por cada tres árboles presentes en el área. En cuanto a los cultivos y/o pasturas en callejones, se sugirió incluir a *D. orbiculare* como la especie arbustiva en filas espaciadas a una distancia de 5 m entre ellas, y entre las filas se podría intercalar pasto u otros cultivos. Para la tecnología de arbustos en linderos, se planteó la idea de una plantación con una distancia de 2 m entre cada planta, ubicadas en los límites de un terreno o parcela. Por último, para la opción del banco de proteína, se propuso un arreglo en forma de tresbolillo o triángulo utilizando *D. orbiculare*, con una distancia de 2 m entre cada planta y 2.5 m entre cada fila. Con esta propuesta se espera la adopción de esta planta dentro de los sistemas silvopastoriles del municipio a fin de mejorar los sistemas de producción

Palabras clave: *Desmodium orbiculare*, arbusto de uso múltiple, cultivos y/o pasturas en callejones, arbustos dispersos, arbustos en linderos y banco de proteína

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Gladys Princesa Santos Santiago

Director de tesis: Alejandro Lara Bueno

6.2 Abstract

AGROSILVOPASTORAL DESIGN PROPOSAL WITH *Desmodium orbiculare* Schltdl. IN THE MUNICIPALITY OF SANTIAGO TILANTONGO, OAXACA

The presence of native forage legume species represents a broad field of research in the search for those that can be included in the design of agroforestry technologies, given their adaptation to the climatic, edaphic, and topographic conditions of the areas where they are found. This characteristic is important as it attributes them a potential for use. The objective of this study was to propose agroforestry technologies with the species *Desmodium orbiculare* Schltdl. as a multipurpose shrub in association with local species and crops. Proximal analysis of plant samples indicated a 17% content of Crude Protein in the leaves, which is an important characteristic. Two fertilization doses (110 ppm and 75 ppm of nitrogen) were tested, and it was found that the lower dose can be used, which is relevant for production costs in the nursery. Four agroforestry technologies were selected for implementation: scattered shrubs in pastures, crops and/or forages in alleys, shrubs in borders, and protein banks. For the scattered shrubs strategy, it was proposed to establish *D. orbiculare* plants in a grazing pasture, with a recommendation of at least one plant for every three trees present in the area. Regarding crops and/or forages in alleys, it was suggested to include *D. orbiculare* as the shrub species in rows spaced at 5 m between them, and grass or other crops could be intercropped between the rows. For the shrubs in borders technology, the idea of a plantation with 2 m between each plant, located at the boundaries of a land or plot, was proposed. Finally, for the protein bank option, an arrangement in the form of a clover or triangle using *D. orbiculare* was proposed, with 2 m between each plant and 2.5 m between each row. With this proposal, the adoption of this plant is expected within the silvopastoral systems of the municipality in order to improve production systems.

Keywords: *Desmodium orbiculare*, all-purpose shrub, alley crops and/or pastures, scattered shrubs, border shrubs, and protein bank

6.3 Introducción

Nuestro país, por sus características del suelo, topografía y diversidad de climas, cuenta con una riqueza particular e importante de recursos naturales, principalmente por la diversidad en especies vegetales (Palma, 2005). En las regiones áridas y semiáridas, las condiciones ambientales limitan el potencial de desarrollo de sistemas de producción pecuarios ya existentes, sin embargo, existen plantas que ya están adaptadas a la condición de escasez de agua y que además tienen la capacidad de aportar nutrientes al ganado durante la temporada crítica o de seca (Pinos, 2013), sobre todo cuando existe escasez e incluso ausencia de pasturas.

Dado que el uso y aprovechamiento de la diversidad de especies es limitado, es necesario la realización de estudios acerca del manejo y la adecuada utilización de estas, pues son una valiosa fuente de alimentación para la fauna silvestre y el ganado (Palma, 2005). Para el caso particular de las especies nativas y endémicas de las que no se tiene suficiente información documental como para ser incluidas en tecnologías agroforestales. Se debe considerar, además, el aprovechamiento del potencial que tienen estas plantas dada su capacidad de rebrote en la mayoría de las especies nativas (Román-Dañobeytia *et al.*, 2014). Estas especies tienen la capacidad de generar muchos rebrotes presentan además un potencial de resiliencia y hasta cierto punto, tienen un mayor éxito en supervivencia comparadas con las plántulas producidas en vivero (Macario-Mendoza, 2003).

Sin embargo, son pocas las propuestas de diseños en agroforestería que consideren una perspectiva que integre a las especies vegetales regionales en los sistemas de producción agrícolas (Dzib-Castillo *et al.*, 2014). Por otro lado, la integración de especies leñosas nativas en los sistemas de producción agrícola permite incrementar las interacciones y hace menos drástica la transición entre las áreas remanentes de vegetación y áreas fragmentadas por la agricultura (Lawrence *et al.*, 2004). Lo que genera entonces externalidades positivas.

A manera más específica del uso de tecnologías agroforestales se tiene que, los sistemas silvopastoriles son una opción para revertir los procesos de degradación de los pastizales (Nair *et al.* 2009). Aumentar la protección física del suelo, por cobertura

o sombra, y contribuir a la restauración de la disponibilidad de nutrientes mediante la intervención de leguminosas que fijen el nitrógeno al suelo y de leñosas cuyas raíces sean pivotantes, pues de esta manera se puede aprovechar las capas profundas de suelo y reciclaje de nutrientes, puesto que en estos sistemas se desarrollan de una forma más armónica los árboles, arbustos, pastos y animales con el suelo (Alonso, 2011). El silvopastoreo se describe como un sistema biótico y abiótico que constantemente está en desarrollo dinámico (Ruiz *et al.*, 2003).

Desmodium orbiculare es una especie arbustiva leguminosa que se localiza en la zona sur sureste del país. Su presencia en el municipio de estudio se hizo notar al ser una de las especies que ya está adaptada a las condiciones climáticas de los sitios en donde crece, además, es una especie que se encontró palatable al ganado presente en la zona (caprinos, ovinos, vacunos y cunícola) y destacó su capacidad de rebrote, y como uso adicional, se tiene que las ramas secas pueden ser utilizadas como combustible.

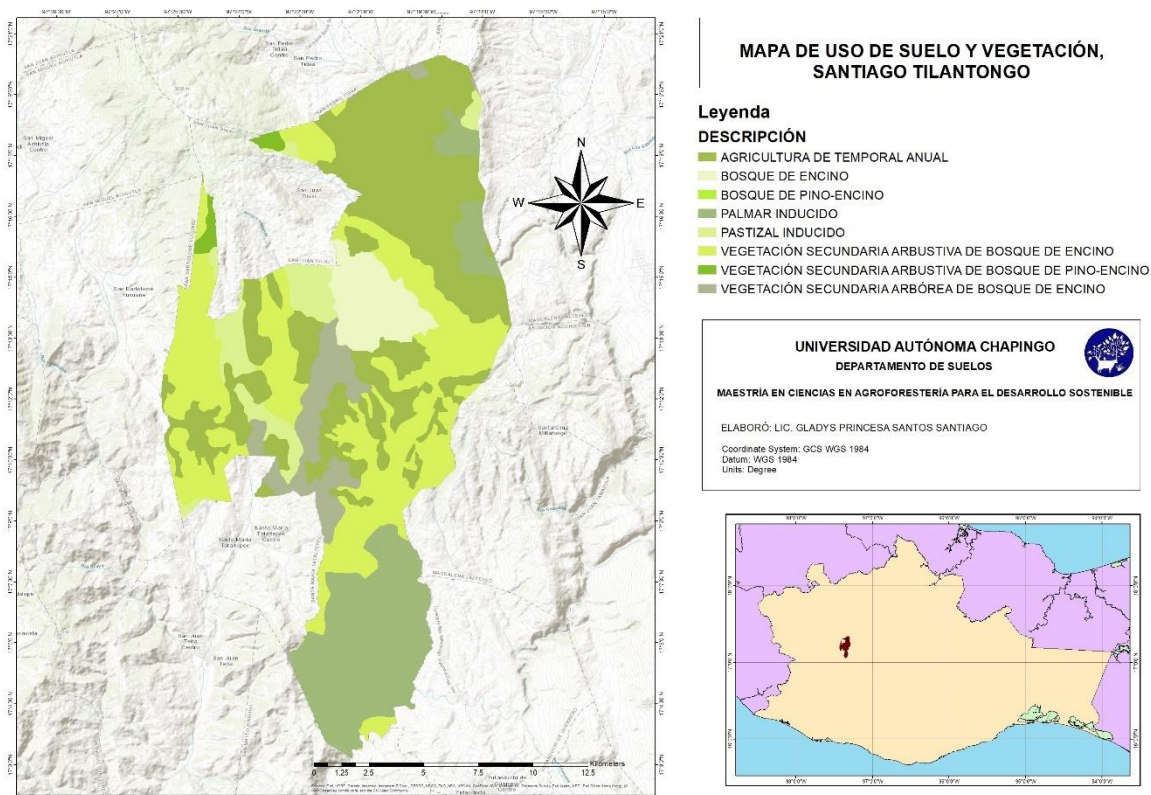
Al ser una especie nativa, no se contaba con información suficiente de la especie para su manejo y uso, por lo que se procedió en primera instancia con su identificación botánica, en seguida con la recolección y análisis de hojas y semillas. Entre los resultados más relevantes se obtuvo que después de realizar un análisis proximal de las hojas se obtuvo una media de 17% de proteína cruda en hojas y que para su producción en vivero se obtienen buenos resultados con una dosis de fertilización de 75 ppm de nitrógeno, estando lista la planta para su trasplante a campo a los tres meses posteriores a su siembra, además se encontró que tiene una raíz fibrosa, característica importante en la retención y restauración del suelo.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar una propuesta de tecnologías agrosilvopastoriles con la especie *Desmodium orbiculare* como arbustiva de uso múltiple en asociación con especies y cultivos de la región, a fin de incentivar el establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles sostenibles, ambiental y económicamente viables para el municipio.

6.4 Materiales y Métodos

6.4.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Santiago Tilantongo se localiza entre los paralelos 17°03' y 17°21' de latitud norte, los meridianos 97°17' y 97°26' de longitud oeste, siendo además que la altitud varía entre los 1,100 y 2,900 m s. n. m. un rango de temperatura que oscila entre 12 – 22 °C y una precipitación que va de los 800 mm a los 1,200 mm (INEGI, 2010). Los tipos de suelo son: Leptosol, Luvisol, Fluvisol y Phaeozem (INEGI, 2015). De acuerdo con INEGI (2018) se tienen registrados para el municipio los tipos de vegetación siguientes: agricultura de temporal anual, bosque de encino, bosque de pino-encino, palmar inducido, pastizal inducido, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino, vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino-encino y vegetación secundaria arbórea de bosque de encino (Figura 6).



6.4.1 Selección de la planta

Se realizó una visita de campo, se observó la distribución de la planta, se detectó su potencial de uso forrajero pues presentó consumo por parte del ganado, una buena capacidad de rebrote y resistencia al ramoneo, por lo que se procedió con su identificación botánica.

6.4.2 Análisis proximal

Se realizó un análisis proximal en laboratorio de las hojas usando la técnica de ramoneo, en donde se determinó el contenido de Cenizas (CE), Materia Orgánica (MO), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Extracto Etéreo (EE) donde se encontró un importante contenido de proteína (17% en promedio en base seca).

6.4.3 Consideraciones para el diseño

Se tomó como base la conceptualización de un sistema agrícola que considera: propósito, delimitación, contexto, componentes, interacciones, insumos, recursos, productos finales y subproductos; las dimensiones ecológica, social y económica, así como el enfoque de sostenibilidad del sistema para el desarrollo local.

6.4.4 Selección de las tecnologías agroforestales

Como resultado de las consideraciones mencionadas en el apartado anterior, se seleccionaron cuatro tecnologías agroforestales con el propósito de tener el mayor aprovechamiento del uso forrajero que tiene la planta: arbustos dispersos en potreros, cultivos en callejones, arbusto en linderos y banco de proteína.

6.5 Resultados y discusión

6.5.1 Arbustos dispersos en potreros

Ya sea en potreros y generalmente en terrenos de cultivos agrícolas podemos encontrar árboles y arbustos dispersos, ya sea por elección de los agricultores o porque éstos proveen algún bien o servicio y no les genera un costo representativo o

algún otro efecto negativo en la producción de bien principal. Por esto se pretende considerar a *Desmodium orbiculare* como una especie permanente en los potreros e incrementar su presencia en potreros y límites con terrenos de cultivos agrícolas para tener una mayor disponibilidad de este forraje. A continuación, se presenta un diagrama de las posibles localizaciones de la planta en un potrero destinado a pastoreo donde se pretende tener por lo menos una planta de *Desmodium orbiculare* por cada 3 árboles (Figura 7):

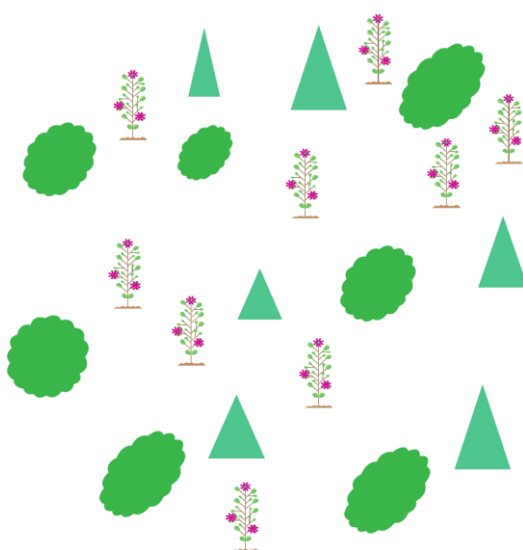


Figura 7. Arbustos dispersos en potreros

6.5.2 Cultivos y/o pasturas en callejones

Los cultivos y/o pasturas en callejones es una tecnología silvopastoril modificada en la que alguna especie forrajera, arbórea o arbustiva, que se establece en hileras y en medio de ellas se establece algún cultivo de corte o pastura. En la siguiente figura se ilustra la distribución en la que se puede incluir a *Desmodium orbiculare* como la leñosa establecida en hileras a 5 m de distancia entre hileras y en medio algún pasto o bien algún cultivo (por ejemplo, sembrar maíz dado que es un cultivo típico de la región) como se muestra en la Figura 8:

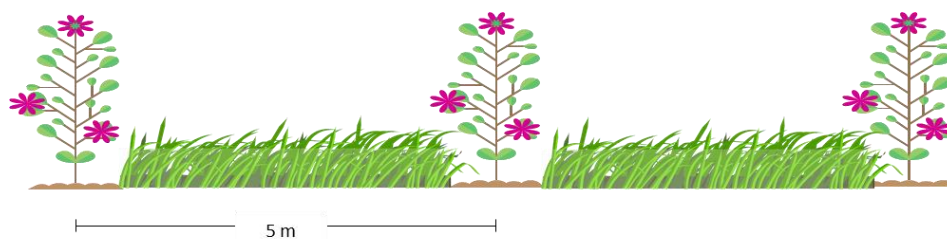


Figura 8. Cultivos y/o pasturas en callejones.

6.5.3 Arbustos en linderos

Generalmente los linderos están conformados por una línea de árboles y/o arbustos que deslinda propiedades, además de otras ventajas como la producción de maderas y frutos en áreas sin otro uso, reducción de malezas, producción de postes y biomasa con las podas, reducción en las afectaciones por plagas y/o enfermedades, agregar valor visual o estético a la parcela, entre otros.

En la Figura 9 se ilustra un arreglo de arbustos en linderos usando a *Desmodium orbiculare* plantadas a una distancia de 2 m entre plantas y localizadas en los límites de un terreno.



Figura 9. Arbustos en linderos.

6.5.4 Banco de proteína

Los bancos de proteína son cultivos de arbustos, árboles o herbáceas, dispuestos en bloques cuya biomasa o follaje es de alto contenido proteico, sembrados en una

densidad alta de plantas y que pueden ser cosechadas o bien, el ganado puede pastorear dentro por periodos cortos durante el día.

En la Figura 10 se muestra un arreglo en tresbolillo o triángulo usando *Desmodium orbiculare* con una distancia de 2 m entre plantas y 2.5 m entre hileras:

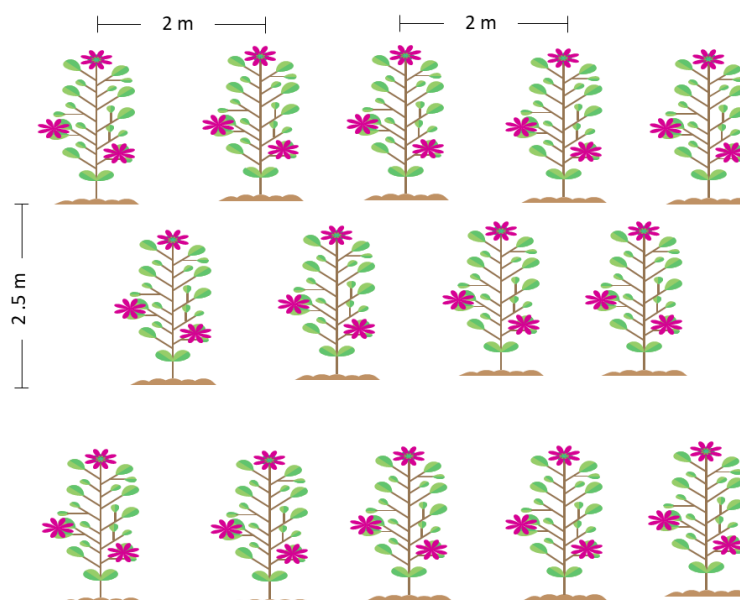


Figura 10. Banco de proteína.

6.6 Conclusiones

De acuerdo con los análisis, pruebas y observaciones realizados a la planta se demostró su potencial como arbusto de uso múltiple y como un nuevo componente para las tecnologías agro y silvopastoriles que se reconocieron como viables para poner en práctica en la zona. La adaptación de la planta a las condiciones climáticas y edafológicas del municipio presentó una característica importante en su selección y queda aún información por generar de esta especie. Al ser una leguminosa y tener una raíz de tipo fibrosa presentó potencial en el uso como especie estabilizadora de suelo. El contenido de proteína en las hojas de la planta fue otra de las características de la planta de relevancia que se espera motive la continuación de estudios fisicoquímicos.

6.7 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible por las facilidades brindadas durante el desarrollo del trabajo en campo a la familia Santos Santiago por su apoyo en los trabajos realizados en campo.

6.8 Literatura citada

Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115.

Dzib-Castillo, B. B., Van der Wal, H., Cervantes-Gutiérrez, V., Cetzal-Ix, W., Chantásig-Vaca, C. I., & Casanova-Lugo, F. (2021). Diversidad arbórea nativa: base para el diseño de sistemas agroforestales en una comunidad maya en la península de Yucatán, México. *Polibotánica*, (51), 73-89.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010. Santiago Tilantongo, Oaxaca. 2010. Recuperado el 05 de febrero de 2022 de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20492.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2015). Encuesta intercensal. 2015. Libro demográfico Santiago Tilantongo, Dirección General de Población de Oaxaca. Recuperado el 8 de febrero de 2022 de https://www.oaxaca.gob.mx/digepo/wp-content/uploads/sites/13/recursos/info_pdf/Santiago%20Tilantongo.pdf

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). Mapas INEGI. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. Recuperado el 10 de mayo de 2022 de <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>

- Lawrence, G., Cheshire, L., & Richards, C. A. (2004). Agricultural production and the ecological question. In R. White (Ed.), *Controversies in Environmental Sociology* (pp. 221-237). Cambridge University Press.
- Macario-Mendoza, P. A. (2003). Efecto del cambio de uso del suelo sobre la selva y estrategias para el manejo sustentable de la vegetación secundaria en Quintana Roo. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Nair, P. K. R., Kumar, B.M., Nair, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nut. Soil Sci.* 172:10
- Palma, J. M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en investigación agropecuaria*. Vol. 9, núm. Universidad de Colima. Colima, México
- Pinos, R. J. M. (2013). Propuestas Tecnológicas para la mejora de los sistemas de alimentación de rumiantes menores en la zonas áridas y semiáridas de México. Rojas, I.L. (Ed.) *La producción de rumiantes menores en las zonas áridas de Latinoamérica* (477–494). Embrapa, 2013. Brasília, DF.
- Román-Dañobeytia, F. J., Levy-Tacher, S. I., Macario-Mendoza, P., & Zúñiga-Morales, J. (2014). Redefining secondary forests in the Mexican Forest Code: Implications for management, restoration, and conservation. *Forests*, 5(5), 978-991.
- Ruíz, T. E., Febles, G. & Alonso, J. (2003). Potencial para la producción de biomasa en sistemas con leguminosas perennes. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes (CD-ROM). La Habana, Cuba

7. DISCUSIÓN

La composición química y el valor nutritivo de las especies del género *Desmodium* pueden variar dependiendo de las condiciones de crecimiento (Milford, 1967). De la misma manera influye la especie, la edad de la planta, la época del año, el manejo y demás factores (Tang *et al.*, 1984).

D. orbiculare se presenta como una alternativa para mejorar la calidad nutricional de los forrajes utilizados en la alimentación animal. Su contenido de proteínas y fibra digestible la convierten en una opción atractiva para ser presentada a los productores ganaderos que buscan maximizar la productividad y salud de su ganado, al tiempo que promueven prácticas sostenibles en la agricultura y ganadería dadas las características morfológicas de la planta.

Por lo que es necesario obtener métodos de propagación más eficientes que permitan su establecimiento y cultivo, pues se encontró que para asegurar una mejor germinación se debe usar la técnica de escarificación mecánica, sin embargo, esto implica mayor trabajo y tiempo por lo que se debe continuar la investigación en este aspecto. Es indispensable asegurar prácticas óptimas de fertilización y seguir el monitoreo de los indicadores de calidad de planta para así obtener plantas sanas y vigorosas. Resulta relevante el poder utilizar dosis bajas de fertilización para esta especie lo que la hace atractiva para su reproducción. No obstante, es conveniente seguir realizando investigación que incorporen las tres etapas de cultivo.

Diversos estudios mencionan, por ejemplo, que los taninos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas dicotiledóneas, particularmente en las leguminosas, y son capaces de afectar el comportamiento animal (Provenza *et al.*, 2000; Min *et al.*, 2003; Otero & Hidalgo, 2004). Si bien se realizó una descripción básica de la composición nutrimental de la planta, es necesario continuar con análisis de composición que permitan conocer a profundidad todas las sustancias que contiene.

8. CONCLUSIONES

Desmodium orbiculare se presenta como una alternativa prometedora para mejorar la calidad nutricional de los forrajes utilizados en la alimentación animal del municipio. Su riqueza en proteínas, minerales y fibra digestible la convierten en una opción atractiva para ser presentada a los productores ganaderos que buscan maximizar la productividad y salud de su ganado, al tiempo que promueven prácticas sostenibles en la agricultura y ganadería dadas las características morfológicas de la planta.

De acuerdo con los análisis, pruebas y observaciones realizados a la planta se demostró su potencial como arbusto de uso múltiple y como un nuevo componente para las tecnologías agro y silvopastoriles que se reconocieron como viables para poner en práctica en la zona. La adaptación de la planta a las condiciones climáticas y edafológicas del municipio presentó una característica importante en su selección y queda aún información por generar de esta especie. Al ser una leguminosa y tener una raíz de tipo fibrosa presentó potencial en el uso como especie estabilizadora de suelo. El contenido de proteína en las hojas de la planta fue otra de las características de la planta de relevancia que se espera motive la continuación de estudios fisicoquímicos.

9. Literatura citada

- Milford, R. (1967). Nutritive values and chemical composition of seven tropical legumes and lucerne grown in subtropical south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 7(29), 540-545.
- Min., B.R., Barry, T.N., Atwood, G.T., McNabb, W.C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106: 3-19.
- Otero, M. & Hidalgo, L. (2004). Condensed tannins in temperate forages species: effects on the productivity of ruminants infected with internal parasites (a review). *Livestock Research for Rural Development* 16(2): 18-36.

- Provenza, F.D., Burritt, E.A., Perevolotsky, A., Silanikove, N. (2000). Self-regulation of intake of polyethylene by sheep fed diets varying in tannin concentrations. *Journal Animal Science* 78: 1206-1212.
- Tang, M., Hernández, I. & Hernández C.A. (1984). *Desmodium* spp. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Perico, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes*. Vol, 7 N° 3. 29 p

10. Anexo

10.1 Monografía *Desmodium orbiculare* Schltdl.



Ilustración 1. *Desmodium orbiculare* Schltdl.

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Téllez (2009) la clasificación taxonómica correspondiente para la leguminosa engorda cabra es:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledónea)

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Género: *Desmodium*

Especie: *Desmodium orbiculare*

Nombres comunes: chicharillo, engorda cabra, hierba de la víbora, vara prieta.

Descripción biológica

En la obra de McVaugh (1987) se identifica mediante claves a la especie y se menciona que la planta presenta las siguientes características vegetativas:

Planta: Arbusto o árbol de 3 m de alto, densamente tomentoso con pelos blancos pálidos.

Hojas: pinnado-trifoliadas con folíolos elípticos a lanceolados, redondeado o punteado el ápice, coriáceos, más o menos rugosos, tomentosos en el envés; el folíolo terminal de 2 a 6 cm de largo; estípulas 4 mm de largo con base ancha, fácilmente caedizas; peciolo de 3-6 mm de largo

Inflorescencia: Espiga de 10 a 12 cm de largo, algo tiesa, muy floreada; 3 o más flores por nudo; cáliz muy pubescente; corola púrpura y el estandarte pálido o más oscuro con una mancha verde central; filamentos 5 mm de largo.

Fruto: Lomento con 2 a 6 artículos ligeramente doblados de 3 mm de ancho, pubescentes.

Etapas fenológicas de la especie

La producción de biomasa coincide con el inicio de la temporada de lluvias, siendo el comienzo entre febrero y marzo hasta el inicio de la temporada de invierno; la época de floración es de mayo a julio y la producción de semillas se da entre agosto a octubre.

Usos y valor forrajero

El principal uso que se da a esta leguminosa es el de forraje de pastoreo, así como forraje para estabulado, así como de combustible usando las ramas secas.

Propagación

Esta planta puede ser reproducida de manera asexual, por medio de estacas, y manera sexual, por semillas.

Distribución natural

De acuerdo con Téllez-Valdés (2009) dentro del país, esta leguminosa se encuentra distribuida en los estados de: Sonora, Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Estado de México, Oaxaca, Veracruz, Chiapas (Figura 11).

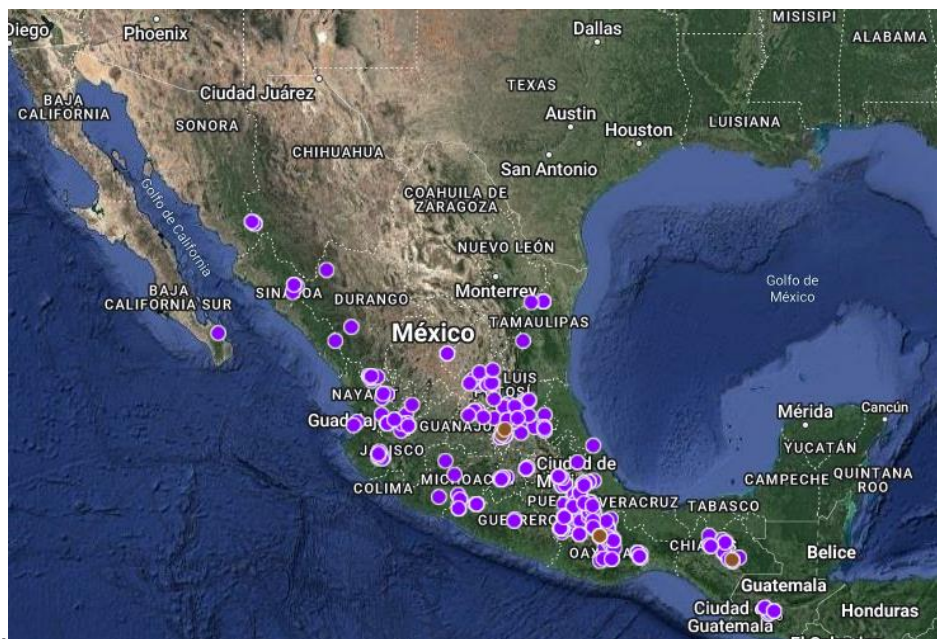


Figura 11. Mapa de distribución nacional de *Desmodium orbiculare*.
Fuente: <https://enciclovida.mx/especies/187591-desmodium-orbiculare>

Hábitat y especies asociadas

D. orbiculare se adapta bien a climas de semicálido subhúmedo con lluvias en verano y templado subhúmedo con lluvias en verano, a suelos de tipo Luvisol y temperaturas de entre 12 a 30 °C, su hábitat corresponde a zonas rocosas y zonas de ladera de montaña.

Literatura citada

- McVaugh, R. (1987). Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico. Volume 5. Leguminosae. University of Michigan Press.
- Téllez-Valdés, O. (2009). Base de datos SNIBCONABIO proyecto No. DS001. Base de datos de las Fabaceae y Caesalpiniaceae (Sensu Cronquist) y Dioscoreaceae de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. México, D.F.