



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA:
MANUEL RODRIGO KU DZUL

ASESOR INTERNO:
RICARDO ANTONIO CHIKUINI MEDINA

TÍTULO:
“RECUPERACIÓN DE POTREROS CON PASTO ALEMÁN (*Echinocloa polystachia*), CALCULANDO SU CALIDAD NUTRICIONAL EN EL SURESTE DE MÉXICO”

DICIEMBRE/2025





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN AGRONOMÍA

PRESENTA:
MANUEL RODRIGO KU DZUL

ASESOR INTERNO:
RICARDO ANTONIO CHIQUINI MEDINA

TÍTULO:
“RECUPERACIÓN DE POTREROS CON PASTO ÁLEMAN (*Echinocloa polystachia*) CALCULANDO SU CALIDAD NUTRICIONAL EN EL SURESTE DE MÉXICO”

DICIEMBRE/2025





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLOGÍAS
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Chiná
Dirección

Chiná, Campeche; 01/diciembre/2025

Oficio No. DIR/1205/2025

C. KU DZUL MANUEL RODRIGO
PRESENTE

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada **"RECUPERACIÓN DE POTREROS CON PASTO ALEMÁN (*Echinocloa polystachia*), CALCULANDO SU CALIDAD NUTRICIONAL EN EL SURESTE DE MÉXICO"**; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Aprender Produciendo

MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR

Minutario

MGRA/scbn



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná,
Campeche, C.P. 24520, Tel. 9818272052 y
9818272082, e-mail: dir_china@tecnm.mx
www.itchina.edu.mx



COMITÉ REVISOR

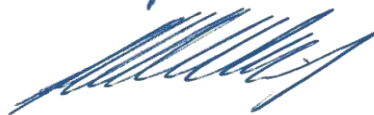
Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por el
C. **KU DZUL MANUEL RODRIGO** como requisito parcial para obtener el título
de: **INGENIERO AGRÓNOMO** el día 05 del mes de diciembre del año 2025 en
Chiná, Campeche.

RICARDO ANTONIO CHIQUINI MEDINA
Presidente

CRESCENCIO DE LA CRUZ CASTILLO AGUILAR
Secretario

BERNARDINO CANDELARIA MARTINEZ
Vocal

MARCO ANTONIO RAMIREZ BAUTISTA
Vocal Suplente

A blue ink signature, likely of Ricardo Antonio Chiquini Medina, consisting of a large, stylized 'R' with a horizontal line through it.A blue ink signature, likely of Crescencio de la Cruz Castillo Aguilar, featuring a series of connected, wavy horizontal strokes.A blue ink signature, likely of Bernardino Candelaria Martinez, showing a stylized 'B' and 'M'.A blue ink signature, likely of Marco Antonio Ramirez Bautista, featuring a stylized 'M' and 'R'.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	6
ABSTRAC.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS	9
JUSTIFICACIÓN.....	9
REVISIÓN DE LITERATURA	10
Importancia de la ganadería.....	10
Degradación de potreros	11
¿Como identificar los potreros degradados?	11
Erosión del suelo:.....	11
Características del pasto alemán.....	12
Característica morfológica.....	12
Reproducción.....	12
Tipo de suelo.....	13
Características del pasto mombaza.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	14
MATERIAL GENÉTICO.....	15
LABORES DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL PASTO	15
Preparación del terreno.....	15
Riego.....	16
Siembra del material vegetativo	17
Mantenimiento del potrero.....	18
Fertilización.....	18
Diseño del trabajo de investigación	19
Variables de estudio	20
Peso fresco.....	20
Peso seco.....	21
Carga animal.....	22
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	22

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
Capacidad de carga animal.....	23
Crecimiento de la planta.....	23
Análisis bromatológico.....	25
Materia Seca (MS).	25
Proteína Cruda.....	26
Fibra Cruda (FC)	26
Fibra Detergente Ácida (FDA)	26
Extracto Etéreo (EE).....	27
Cenizas	27
CONCLUSIONES	28
LITERATURA CITADA	28

La presente tesis titulada Recuperación de potreros con pasto alemán y Pasto Guinea calculando su calidad nutricional en el sureste de México, fue bajo la asesoría particular indicada, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por haberme permitido llegar y concluir esta etapa tan importante en mi vida, dándome experiencias únicas, conocimiento, aprendizaje, valentía y madurez para poder sobrellevar las situaciones problemáticas que he cruzado. Y poder siempre estar “Firmes y adelante”.

A mis padres María A. Dzul Bacab que me ha apoyado en todo momento para poder concluir con mis estudios profesionales, con regaños consejos para no perder la perseverancia y Manuel R. Ku Che, que en paz descanse; que me heredo la voluntad del campesino, lleno de ganas de salir adelante, a pesar de tu ausencia seguiste apoyándome para no rendirme y dándome el amor hacia la agronomía y el campo; por haber hecho fuerte a tu gordito.

A mi hermana Doris A. Ku Dzul por ser una fuente de inspiración para seguir creciendo académicamente, que me ha apoyado en los momentos difíciles, brindándome amor, paciencia, consejos para ser mejor en todos los aspectos, y siempre confiando en mí.

A mi abuela María D. Bacab Chi, que durante todo este proceso estuvo, por ser mi segunda madre, creer y confiar en mí, por darme todos esos consejos, te agradezco mucho, mami.

A mis maestros por haber sido parte de mi formación académica, brindando de sus conocimientos, experiencias y su tiempo para poder llegar hasta este punto.

A mis asesores Dr. Ricardo A, Chiquini Medina, Bernardino Candelaria Martínez y Crescencio de la Cruz Castillo Aguilar que me apoyaron en todo momento, y brindaron de sus conocimientos, así como de tomarse el tiempo de corregirme en donde y cuando necesite.

A mis amigos porque en el momento que necesite ayuda, sin dudar estuvieron para apoyarme a sembrar el pasto, a fertilizarlo y apoyo en la toma de muestras, especialmente a Rubén F. Ek Chan y Livan Estrada por las madrugadas que me acompañaron a preparar el terreno y siembra; de la misma manera a mi “hermano” Luis Flores, por estar en todo momento, en los momentos difíciles y de alegría que pasamos en el rancho, les agradezco ampliamente. Por último, pero menos importante a mi novia, que estuvo en buenos y malos momentos durante esta etapa de mi vida.

RESUMEN.

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del establecimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachia*) y el pasto Guinea (*Panicum maximum*) en la recuperación de potreros. El trabajo de investigación se realizó en un predio ubicado en la comunidad de Castamay, Campeche. Los pastos se establecieron en dos potreros con problemas de sobrepastoreo. La siembra del pasto alemán fue mediante material vegetativo de la región, en tanto el pasto Guinea fue a través de semilla botánica certificada. El manejo agronómico fue el acostumbrado para la región con el uso del riego por cañón. Las variables de estudio fueron la altura de planta, el peso fresco, peso seco, carga animal y la determinación bromatológica del pasto. Debido a las fuertes lluvias ocurridas durante el mes de septiembre el potrero con pasto Guinea se perdió en tanto el de pasto alemán permaneció. Los resultados indicaron la susceptibilidad del pasto Guinea a los excesos de agua. en el potrero La capacidad de carga animal se estimó en 17.11 unidades animal por tres días. Los resultados del análisis bromatológico para el pasto alemán mostraron un contenido de 95.7% de materia seca, 6.5% de proteína cruda, 29.83% de Fibra, 70.79% de fibra detergente ácida, 1.74% de extracto etéreo, 10.05 de cenizas. Se concluye que el pasto alemán es útil en la recuperación de potreros, y aunque su contenido de proteína es bajo, esta puede ser complementada con otro tipo de alimento vegetal animal o procesado.

Palabras clave: *Echinochloa polystachya*, *Panicum maximum*, potrero

ABSTRAC

The objective of this research was to determine the effect of establishing German grass (*Echinochloa polystachya*) and Guinea grass (*Panicum maximum*) on pasture recovery. The research was conducted on a property located in the community of Castamay, Campeche. The pastures were established in two pastures with overgrazing problems. German grass was planted with vegetative material from the region, while Guinea grass was planted with certified botanical seed. Agronomic management was customary for the region with the use of cannon irrigation. The study variables were plant height, fresh weight, dry weight, stocking rate, and bromatological determination of the pasture. Due to heavy rains during the month of September, the pasture with Guinea grass was lost, while the German grass remained. The results indicated the susceptibility of Guinea grass to excess water in the pasture. The animal carrying capacity was estimated at 17.11 animal units for three days. The results of the bromatological analysis for German grass showed a dry matter content of 95.7%, crude protein of 6.5%, fiber of 29.83%, acid detergent fiber of 70.79%, ether extract of 1.74%, and ash of 10.05%. It is concluded that German grass is useful in pasture restoration, and although its protein content is low, it can be supplemented with other types of animal or processed plant feed.

Keywords: *Echinochloa polystachya*, *Panicum maximum*, pasture

INTRODUCCIÓN

En el Sureste de México, la degradación de potreros se ha convertido en una preocupación ambiental significativa, afectando la sostenibilidad de los sistemas ganaderos. Esta problemática se manifiesta a través de la pérdida de calidad del suelo y la disminución de la productividad forrajera, impactando directamente la actividad ganadera. Entre las especies vegetales forrajeras que han sido objeto de estudio estudiadas en la recuperación de potreros se encuentran el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y el pasto Guinea Mombaza (*Panicum maximum*).

Teniendo en cuenta que el pasto alemán, una gramínea acuática de amplia distribución en ambientes tropicales y subtropicales, ha sido identificado como un indicador de degradación en potreros del sureste mexicano. Según estudios recientes, su presencia excesiva podría estar asociada con prácticas inadecuadas de manejo del suelo y una disminución en la diversidad de especies forrajeras (INIFAP, 2021). Por otra parte, el pasto Guinea Mombaza (*Panicum maximum*) es una variedad de gramínea forrajera conocida por su alta productividad y calidad nutricional. Su resistencia a condiciones adversas, como sequías y suelos de baja fertilidad, lo ha convertido en una opción atractiva para mejorar la productividad ganadera en diversas regiones tropicales y subtropicales. Investigaciones recientes destacan su capacidad para proporcionar forraje de alta calidad y su adaptabilidad a diferentes ambientes, lo que lo posiciona como una opción valiosa en sistemas de pastoreo sostenibles.

OBJETIVOS

- Evaluar la capacidad de carga animal en potreros degradados con diferentes especies de pasto en el sureste de México.
- Cuantificar la biomasa disponible de *Echinochloa polystachya* y *Panicum maximum* producto de su establecimiento en potreros erosionados.

JUSTIFICACIÓN

La superficie de praderas en el trópico mexicano es de más de 11.9 millones de hectáreas, destacando por superficie los estados de Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Tabasco, Yucatán, Campeche y Oaxaca (Villegas et al., 2001). La superficie establecida en la región tropical se cuenta tanto con pastos nativos: varias especies de los géneros *Axonopus*, *Paspalum* y el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*), como con especies introducidas, en su mayoría de África: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), Privilegio (*Panicum maximum*). Tanzania y Mombaza, Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Pangola (*Digitaria decumbens*), Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), Llanero (*Andropogon gayanus*), y especies del género *Brachiaria*, como Señal (*Brachiaria decumbens*), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), Isleño CIAT 6133 (Centro de Colección de germoplasma) de CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical en el caso de especies del género *Brachiaria* (Miles, Maass, & do Valle, 1996) y Chetumal (*Brachiaria humidicola*), que sobresalen por su adaptación a diferentes condiciones ambientales y alta productividad (Enríquez et al., 2011). El deterioro paulatino de la pradera se manifiesta en disminución de la cobertura y densidad de plantas de la especie deseable, la aparición de áreas despobladas y el surgimiento de especies generalmente consideradas invasoras, malezas de hoja ancha y gramíneas nativas o naturalizadas, lo que provoca una baja producción de forraje; en esta situación, una pradera pierde productividad y soporta menos de 0.5 unidades animal por ha, mientras que una pradera recientemente establecida puede soportar 2 unidades animal por ha (Oliveira et al., 2004; Silva et al., 2004; Padilla et al., 2009b). La

degradación de praderas ocasiona reducción en la producción animal e incremento de costos de producción. Además del problema económico, la degradación de las praderas es un problema. Rehabilitación y mejoramiento de tierras de pastoreo en el trópico de México 2 ecológico (Padilla et al., 2009b). En un estudio de algunas cuencas ganaderas seleccionadas de Centroamérica, se estima que entre 50 y 80% de las áreas con pasturas se encuentran en estado avanzado de degradación, con una carga animal inferior a 40%, en relación con pasturas que reciben un manejo apropiado (Holman et al., 2004). El tipo de tratamiento y costo de rehabilitación de una pradera dependen de su grado de degradación. Cuando la degradación no es muy avanzada (20 a 30% de maleza), se pueden aplicar prácticas sencillas para recuperar la capacidad de producción de la pradera, pero cuando es severa (más de 70% de maleza), la opción más viable es el establecimiento de una nueva pradera. Algunas de las prácticas que se utilizan para incrementar la población y producción de la especie deseable son: control de malezas, labores agrícolas para mejorar las propiedades físicas del suelo, fertilización y resiembra (Cuesta et al., 2002).

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de la ganadería.

En México, se destinan alrededor de 108.9 millones de hectáreas a la actividad ganadera, que representan el 55.5 % del territorio nacional. La región del trópico cubre aproximadamente una cuarta parte de la superficie del país y en ella, la ganadería bajo pastoreo es una de las actividades económicas de mayor importancia. Se estima que, en al menos 24 estados del país, el número de cabezas de ganado es superior a la capacidad de carga, en función de la producción de forrajes. Esta situación trae como consecuencia la degradación paulatina de las praderas y, por consiguiente, una disminución de su productividad (Enríquez-Quiroz et al., 2021).

Degradación de potreros:

El proceso de degradación de praderas por mal manejo inicia con una pérdida de vigor de las plantas, las cuales presentan hojas angostas, bajo índice de verdor y disminución en su capacidad de rebrote. Como consecuencia, se presenta pérdida de la cobertura aérea de la especie forrajera, dejando espacio para el desarrollo de malezas, o suelo descubierto, que propicia la compactación por el pisoteo de los animales y la erosión (Rincón, 1999; Padilla et al., 2009)

¿Como identificar los potreros degradados?

Los criterios para calificar un pastizal como degradado son: a) disminución de la producción y calidad del forraje, b) disminución de la cobertura vegetal y densidad de plantas, c) bajo número de plantas nuevas provenientes de la resiembra natural, de plantas.

Erosión del suelo:

Procesos de erosión del suelo por la acción de las lluvias, e) presencia de malezas de hoja ancha y angosta que no son consumidas por los animales, y f) colonización por gramíneas nativas (Padilla et al., 2009). El grado de degradación de un pastizal se puede caracterizar por el porcentaje del área ocupada por las plantas invasoras; los niveles de degradación se clasifican en: a) praderas productivas, con 0 a 10 % del área con especies invasoras, b) degradación leve, con 11 a 35 %, c) degradación moderada, con 36 a 60 % y d) degradación avanzada, con 61 a 100 % (Padilla et al., 2009). Otro criterio de clasificación se basa en establecer cuatro niveles en una clasificación cualitativa que incluye el color de la planta; los criterios cuantitativos involucran los porcentajes de material muerto, de suelo desnudo y de malezas, así como la edad de pradera.) En el Sureste de México, la degradación de potreros se ha convertido en una preocupación ambiental significativa, afectando la sostenibilidad de los sistemas ganaderos. Esta problemática se manifiesta a través de la pérdida de calidad del suelo y la disminución de la productividad forrajera, impactando directamente la actividad ganadera. Entre las especies vegetales

forrajeras que han sido objeto de estudio estudiadas en la recuperación de potreros se encuentran el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y el pasto Guinea Mombaza (*Panicum maximum*).

Características del pasto alemán.

El pasto alemán se lo considera una gramínea que crece en forma de macolla; sus tallos pueden alcanzar hasta los 2 metros de altura y sus hojas son alternas no pubescentes, siendo un pasto de excelente calidad para realizar el heno y dárselo al ganado de leche o carne (Gálvez, 2021)

Característica morfológica.

Su característica morfológica de esta especie de pasto alemán es que es una gramínea perenne decumbente, macolladora con estolones largos y de consistencia suave; hojas largas y angostas y la altura del tallo puede llegar hasta dos metros; inflorescencias en la parte terminal del tallo con semillas infértiles. Este pasto se puede considerar de doble propósito, para pastoreo y corte, permitiendo el ensilaje, con aparente buen aspecto y palatabilidad para los animales (López y Rodríguez, 2011).

Reproducción.

Por su forma de reproducción o establecimiento se utiliza semilla asexual (estolones), necesitándose en una hectárea alrededor de uno a dos toneladas. En este sentido se seleccionan aquellos estolones que tengan mínimo tres nudos y al momento de sembrar se deja un nudo sobre el suelo (Martínez, 2019). La plantación debe realizarse a distancias de 90 - 100 cm entre plantas e hileras (León et al., 2018). León et al., (2018) mencionan que el pasto alemán es claramente tropical o subtropical de zonas constantemente húmedas o inundables; pero esta gramínea no soporta la sequía.

Tipo de suelo.

El pasto alemán no es muy exigente en el tipo de suelo puede crecer en suelos que sean arcillosos, franco/arcillosos o franco/arenosos. En otras palabras, este pasto responde bien a la fertilización y que sea especialmente completa (León et al., 2018). Asimismo, se puede establecer en suelos húmedos que tengan de mediana a alta fertilidad, pero con un pH de 4.0 – 8.0, este pasto soporta salinidad y mal drenaje (Martínez, 2019). A pesar de que hay poca información sobre el comportamiento agronómico y bromatológico del periodo de corte sobre esta especie forrajera, algunos trabajos referencian que para frecuencias de corte se da en los días 41, 48, 55 y 62, se tuvieron valores nutritivos y fueron buenos, con resultados relativamente altos para la digestibilidad de la materia seca en animales de carne y leche (Manrique, 1993). El rendimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) presenta mejores respuestas agro-productivas durante el periodo de mayor precipitación pluvial con relación a la época de escasez de agua, por ser una especie que prefiere suelos más húmedos, presenta alta tolerancia a terrenos inundados, y sensible a sequías y suelos compactos (Díaz et al., 2020).

Reino:	Plantae
Orden:	Liliopsida
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Paniceae
Genero:	Echinochloa
Esaespecie:	E.polystachia

Tabla1. Taxonomía del pasto alemán: *Echinochloa polystachia*

Características del pasto mombaza.

Acerca del pasto *guinea mombaza* de la misma manera que el pasto alemán es un pasto perenne originario de África, que suele contar con macollas de hasta 3 metros de altura; con hojas largas, anchas y toscas también contando con una tasa alta de rebrote.

Teniendo una adaptabilidad a suelos con pH de 5.0 a 7.5 soportando encharcamientos, de la misma manera soporta alturas de 0000 a 1600 M.S.N.M (metros sobre el nivel del mar) acompañado de precipitaciones anuales de 800 a 1500 mm, así como periodos largos de sequía.

Dentro de las generalidades del género **Panicum** ya que uno de los usos más comunes del pasto es en la ganadería en el pastoreo rotacional con descansos de 30 a 35 días.

Por otra parte, en tiempos de alta cantidad de biomasa se utilizan alternativas para aprovecharlos en silos, heno ya que es una de las especies favoritas de los productores.

Tabla 2: Taxonomía del pasto guinea: *Panicum maximum*.

Reino:	<i>Plantae</i>
Orden:	<i>Cyperales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Tribu:	<i>Paniceae</i>
Genero:	<i>Panicum</i>
Especie:	<i>P. maximum</i>

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El potrero donde se realizó la rehabilitación se ubica en el Rancho La Unión, propiedad del C. Ramón Chiquini Charles, ubicado (19°47'53.2"N 90°23'49.6"W) ubicado en la carretera Campeche-Hopelchén Km 19 Castamay, presentaba un clima cálido con lluvias en verano, era de esperarse que en el tiempo de siembra se encontraba con buena humedad para ambos pastos. el tipo de suelo de los potreros fue Akalché suelos arcillosos, rojos, profundos, e inundables.

MATERIAL GENÉTICO

El pasto Guinea Mombaza fue establecido mediante el uso de semilla producto de reproducción sexual obtenida en un establecimiento de agroquímicos en la ciudad de Campeche. Por su parte, el pasto alemán se obtuvo mediante biomasa disponible en los alrededores del sitio experimental, material que fue analizado botánicamente para cerciorarse de la autenticidad del pasto alemán. El pasto alemán fue seleccionado tomado como característica principal buena presencia de raíces tallos maduros activos, como medida ideal para su establecimiento.

LABORES DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL PASTO

Preparación del terreno.

De manera previa al establecimiento de la evaluación se realizó el cercado perimetral con alambre eléctrico de doble hilo para evitar el ingreso del ganado durante las etapas críticas de preparación, siembra y establecimiento del forraje, garantizando así la integridad del área de intervención

La preparación del terreno consistió en tres pases consecutivos de rastra agrícola de discos para des compactar el suelo y eliminar residuos vegetales superficiales. Con la finalidad de mejorar la infiltración del agua y favorecer el establecimiento del material vegetativo se surcó a una distancia de 70 cm entre surcos para el pasto alemán y a 30 cm para el pasto Guinea.

Riego

Una vez concluida la preparación del terreno, se procedió con la instalación del sistema de riego por aspersión. Se colocaron dos cañones de aspersión tipo cañón rotatorio, programados para operar cada 48 horas, lo que permitió un suministro hídrico óptimo durante la fase inicial del establecimiento del cultivo. La cobertura fue diseñada para alcanzar un radio efectivo de 35 metros por cañón, logrando así abarcar la mayor parte del área de intervención con una distribución homogénea del riego. Este sistema contribuyó significativamente a mantener la humedad edáfica requerida para la germinación y el desarrollo inicial del pasto, asegurando un establecimiento exitoso bajo condiciones controladas.

Respecto al manejo hídrico, el riego del pasto alemán se programó en ciclos de dos días consecutivos con sesiones de 45 minutos cada uno, seguido de un día de descanso semanal. Esta frecuencia fue diseñada considerando su alta demanda hídrica en etapas tempranas, y se ajustaba cuando ocurrían precipitaciones naturales, evitando el exceso de humedad y promoviendo un uso eficiente del agua. En cambio, el pasto Guinea Mombaza fue regado dos veces por semana, con sesiones de 20 a 30 minutos, debido a su menor requerimiento hídrico y a las lluvias registradas durante algunas semanas, las cuales beneficiaron de forma natural el desarrollo del cultivo. Esta estrategia permitió mantener la humedad del suelo sin provocar saturación ni encharcamientos.



Figura 1. Riego para el establecimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) mostrando un crecimiento rápido de las plantas.

Siembra del material vegetativo

La siembra de *Echinochloa polystachia* (pasto alemán), se realizó el 8 de agosto de 2023 en forma manual colocación el material vegetativo en surcos previamente trazados, con una distancia entre plantas de 15 a 20 cm, buscando una densidad adecuada para lograr una cobertura rápida del terreno y facilitar el control de malezas en etapas tempranas. El pasto Guinea fue sembrado en la misma echa que el pasto alemán depositando la semilla a chorrillo dentro de los surcos, a una distancia de 30 cm entre ellos, lo que permitió una mejor distribución y competencia controlada entre plántulas. Se empleó una densidad de siembra de 5 kg/ha de semilla pura viable (SPV), aplicando una dispersión uniforme a lo largo del terreno. La elección de este método obedeció a la disponibilidad del material en forma de semilla, así como a su adaptabilidad a las condiciones del sitio.



Figura 2. Establecimiento del Pasto Alemán en el potrero de evaluación (*Echinochloa polystachya*)

Mantenimiento del potrero

Durante la etapa de mantenimiento, específicamente tras dos semanas de riego, comenzaron a emerger malezas en el área de cultivo. Estas fueron controladas mediante deshierbe manual, con el objetivo de evitar la competencia por luz, agua y nutrientes, así como la posible presencia de especies alelopáticas que pudieran afectar negativamente el establecimiento de los pastos. En consonancia con el enfoque agroecológico del proyecto, no se aplicaron herbicidas ni productos químicos para el control de arvenses.

Fertilización.

La fertilización para ambos cultivos (pasto alemán y pasto guinea Mombaza) fueron abonados con gallinaza previamente fermentada, aplicada de manera uniforme, con la finalidad de una mayor aportación de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes

minerales, contribuyendo a mejorar la fertilidad del suelo de forma sostenible. Para el caso específico del *Echinochloa polystachia*, se aplicaron adicionalmente 25 kg/ha de nitrógeno como fertilización de arranque, dado que este cultivo presentó dificultades iniciales en su establecimiento.

Finalmente, una vez que el pasto alemán logró establecerse de manera vigorosa, se comenzó a aplicar pollinaza previamente fermentada, complementando la nutrición del suelo con otra fuente orgánica rica en nitrógeno y materia orgánica.

Diseño del trabajo de investigación

El trabajo de investigación se estableció considerando dos eventos independientes, dado la disponibilidad de terreno de la empresa, por lo que la evaluación de los pastos fue realizada en terrenos distantes.

En el caso de pasto alemán a superficie destinada al trabajo de investigación se dividió en cuatro partes de 20 x 20 m, llamados bloques. Para el caso del pasto Guinea Mombaza la superficie sembrada se dividió en tres partes de 9 x 15 m por bloque. (Figura 3)



Figura 3. Vista aérea de la superficie destinada al establecimiento y evaluación del pasto alemán y el pasto Guinea Mombaza.

Variables de estudio

Altura de planta. Medida de la base del suelo hasta la punta de la última hoja para el caso del pasto Guinea Mombaza, en el caso del pasto alemán, la altura se midió 3 cm arriba del suelo hasta punta de la última hoja del pasto.



Figura 4. Medición de la altura del pasto con ayuda de un flexómetro.

Peso fresco.

Esta variable fue realizada el 4 de noviembre, muestreo realizado sólo para el pasto alemán debido a la pérdida del material vegetativo del pasto Guinea Mombaza

debido a la inundación del terreno donde fue establecido, por las fuertes lluvias presentadas en el mes de septiembre. Las muestras de material vegetativo del pasto alemán se realizaron considerando tirar dos veces un cuadro de 1m por lado hecho de PVC en cada bloque en que se dividió el potrero donde fue establecido el pasto. El pasto que quedo dentro del marco de PVC, fue cortado y depositado en bolsas de plástico previamente etiquetadas para proceder a la obtención del peso fresco con una báscula de precisión.



Figura 5. Medición de la producción de biomasa del pasto alemán mediante un marco cuadrado de PVC de 1 x 1 m.

Peso seco.

Secado en estufa por cinco días a de 30°C paso a las 6 horas subía a 60 C° se mantenía 4 horas y volvía bajar a 30°C en 5 días. se realizó el cálculo del peso seco y luego se envió al laboratorio una muestra 0.500 kg al laboratorio de nutrición animal de la universidad autónoma de Yucatán.

$$\text{Cálculo de la Materia seca (\%)} = \frac{70 \text{ gramos (gr) de la muestra seca}}{190 \text{ gramos (gr) de la muestra húmeda}} \times 100 = 36.8 \%$$

Carga animal

Considerando a la carga animal como el número de animales por unidad de superficie que está siendo usada para pastoreo en un momento dado en el tiempo. Y su relación con la cantidad de pasto disponible.

Con los datos obtenidos de los muestreos de material vegetal se realizó el cálculo de la carga animal mediante la expresión.

$$\frac{CA}{ha} / día = \frac{\text{Peso fresco total del muestreo}/4}{(\text{peso de un animal de } 450Kg)(0.03)}$$



Figura 6. Efecto de la inundación del suelo en el crecimiento y desarrollo del pasto Mombaza.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de la información fue numérica basado en repeticiones por la unidad de terreno destinada para el crecimiento del pasto, con el cálculo de la media y desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de carga animal

La capacidad de carga obtenida con el establecimiento del pasto alemán fue de 51.35 unidades animal por hectárea por día, con su equivalente a 17.11 unidades por hectárea por tres días. El resultado la carga animal hallada puede ser relativa ya que la CA adecuada de una región puede ser muy distinta a la de otra área, ya que dependerá del potencial de producción de forraje de cada lugar, y de las condiciones agro-climatológicas bajo las cuales se produzca el forraje para pastoreo, representado por la cantidad de materia seca producida. Esta cantidad de materia seca obtenida de 44,368 Kg puede ser mejorada por un adecuado manejo agronómico del potrero y una adecuada elección del tipo de pasto. No obstante, la producción de pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) puede ser una opción para los potreros tropicales, no así el pasto Guinea Mombaza (*Panicum maximum*) el cual no pudo establecerse y fue fuertemente afectado por las lluvias.

Crecimiento de la planta

El monitoreo quincenal del crecimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) mostró un patrón ascendente constante a lo largo del periodo evaluado, comprendido entre el 9 de agosto y el 24 de noviembre de 2023. Al inicio del periodo, el 9 de agosto, el pasto presentaba una altura promedio de 30 cm. Posteriormente, al 23 de agosto, alcanzó 47.5 cm, lo que representa un incremento de 17.5 cm en quince días. Para el 9 de octubre, el crecimiento continuó con un valor registrado de 57.5 cm, y dos semanas después, el 24 de octubre, se observó un aumento

significativo, alcanzando los 65.7 cm. En la siguiente medición, correspondiente al 8 de noviembre, el pasto alcanzó los 89 cm, y finalmente, para el 24 de noviembre, se registró la altura máxima del periodo con 110 cm. Con un valor de desviación estándar de 10.68 cm (Figura 7). Estos resultados indican un crecimiento acumulado de 80 cm en un periodo de aproximadamente tres meses y medio. La tasa de crecimiento fue más acelerada durante los meses de octubre y noviembre, lo cual puede estar relacionado con condiciones climáticas favorables y una mayor disponibilidad de humedad en el suelo. Lo anterior confirma el buen desempeño del pasto alemán bajo las condiciones agroclimáticas del área de estudio. Por su parte el pasto Guinea Mombaza en un periodo de 83 días alcanzó una altura promedio de 83 cm, con una desviación estándar de 3.20 cm, lo cual, resultados que mostraron un crecimiento muy homogéneo, pero una fuerte susceptibilidad a excesos de humedad como los presentados en el mes de septiembre, ocasionando la pérdida del potrero de evaluación.

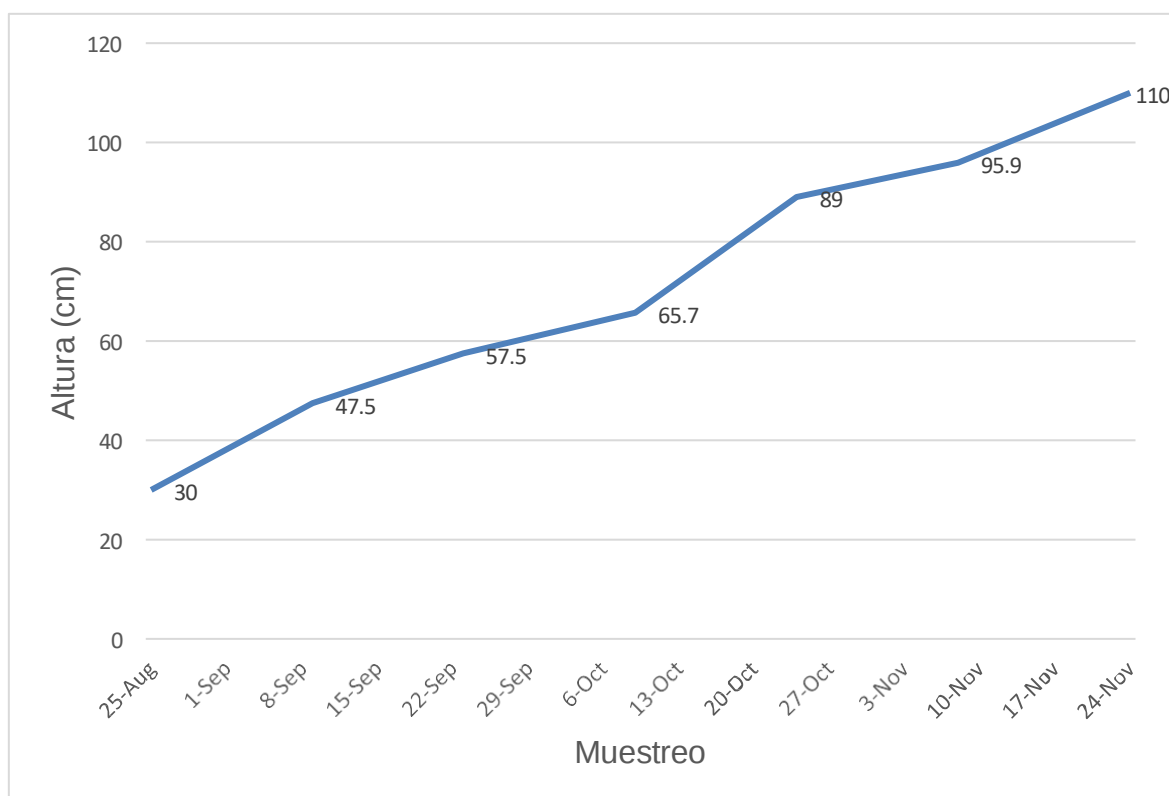


Figura 7. Crecimiento en altura del pasto alemán a través de muestreos

Análisis bromatológico

Los resultados respecto al contenido bromatológico de pasto alemán, de las muestras enviadas al laboratorio pueden apreciarse en la gráfica siguiente:

Materia Seca (MS).

El valor de 95.70 para el contenido de materia seca indica un contenido de humedad muy bajo (aproximadamente 4.3%), lo cual es característico de muestras bien deshidratadas o sometidas a secado previo al análisis. Una alta MS facilita el almacenamiento y reduce el riesgo de fermentación no deseada, aunque también puede implicar menor palatabilidad si el forraje no es rehidratado adecuadamente antes del suministro (McDonald et al., 2011). el alto contenido de materia seca puede ser importante por ser agente de proteínas y otros elementos nutritivos

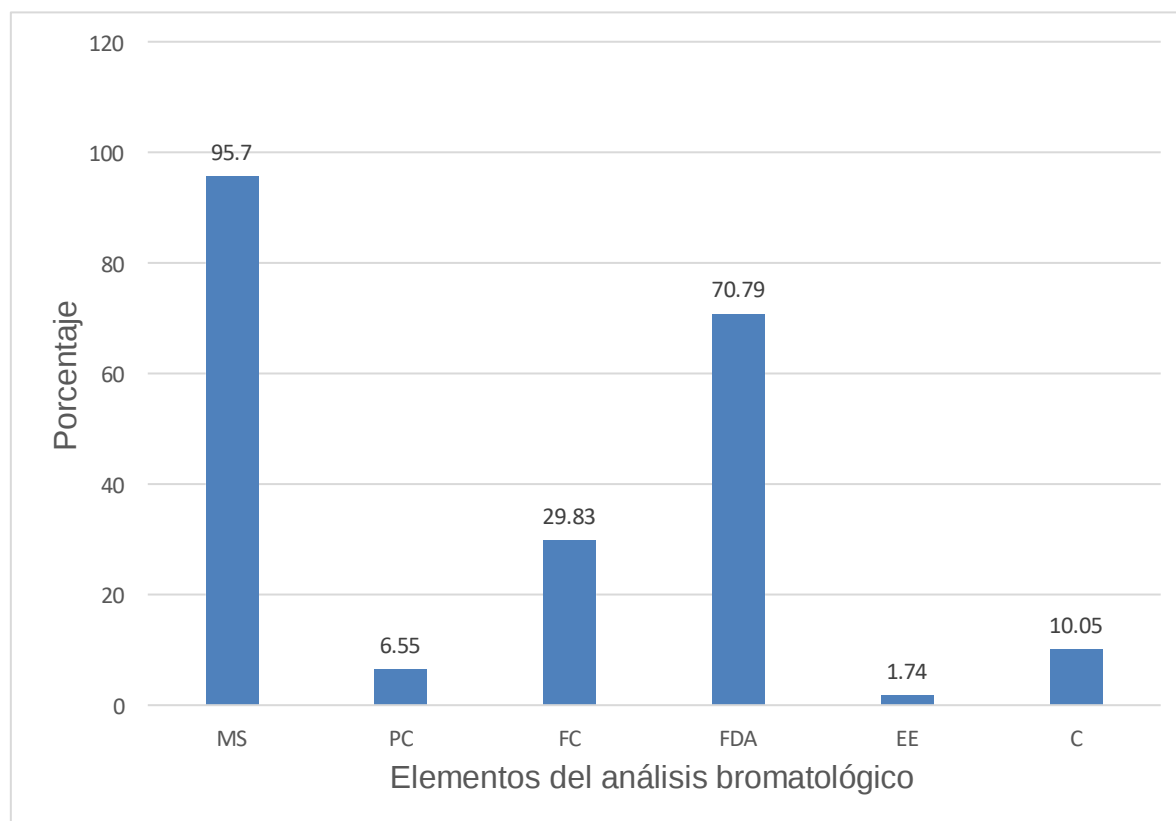


Figura 4. Resultados del análisis bromatológico de las muestras de pasto alemán en base a materia seca. MS: materia seca; PC, proteína cruda, FC, fibra cruda; FDA, fibra detergente ácida; EE, extracto etéreo; C, ceniza.

Proteína Cruda

El nivel de proteína cruda hallado para el pasto alemán (6.55%) es considerado bajo, especialmente para animales de alta demanda nutricional como vacas en lactancia o en crecimiento acelerado. Valor de proteína cruda bajo en comparación con otras determinaciones como la realizada por Ramírez et al., (2018) quienes obtuvieron un valor promedio de 10.38 %. Considerando lo obtenido bajo las condiciones de estudio se determinó que el forraje por sí solo no cubre los requerimientos proteicos y se recomienda complementar la alimentación del ganado con fuentes proteicas adicionales, como leguminosas, bloques multinutricionales o suplementos comerciales (Van Soest, 1994). Este resultado también refleja que el pasto fue probablemente cosechado en una etapa avanzada de madurez, lo que reduce el contenido de nitrógeno total.

Fibra Cruda (FC)

El valor del contenido de fibra cruda encontrado (29.83%) está dentro del rango esperado para gramíneas tropicales. Sin embargo, este valor fue superior al hallado en promedio de 24.77 hallado por Ramírez et al., (2008). Es importante considerar que valores por encima del 25% pueden afectar la digestibilidad del forraje, disminuyendo su aprovechamiento energético, lo cual es relevante en climas cálidos donde el consumo voluntario puede ser limitado (Juárez-Lagunes, García, & Ku-Vera, 2004).

Fibra Detergente Ácida (FDA)

El contenido de fibra detergente ácida de 40.79% indica un nivel alto en el contenido de celulosa y lignina, componentes más indigeribles del forraje. Un nivel superior al 40% generalmente se asocia con una baja digestibilidad in vitro (<55%), lo cual puede afectar la ganancia de peso o producción de leche en sistemas más exigentes. No obstante, en condiciones de mantenimiento o en ganadería extensiva,

puede ser adecuado si se complementa la alimentación del ganado (Van Soest, 1994).

Extracto Etéreo (EE)

Considerando que representa el contenido de grasas y lípidos del forraje. el valor hallado de 1.74% se considera bajo en términos energéticos, y por ello no contribuye significativamente a cubrir los requerimientos calóricos del ganado. La inclusión de fuentes lipídicas en la dieta puede ser una estrategia útil en raciones más balanceadas.

Cenizas

El valor de 10.05% para el contenido de cenizas es relativamente alto, posiblemente influenciado por el uso de gallinaza como fertilizante orgánico, que incrementó los niveles de fósforo, potasio y otros minerales en el suelo. Este dato es positivo si se busca enriquecer el valor mineral del forraje, pero se debe monitorear el riesgo de toxicidades si se sobrepasa el 12–13% de cenizas totales. En un estudio de gramíneas tropicales en Jalisco, México, se reportó que especies como *Andropogon gerardi* tienen contenidos de cenizas de aproximadamente 7.9 %, lo cual muestra variaciones importantes según especie y condiciones de crecimiento (Sosa-Montes et al., 2022).

CONCLUSIONES

El pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) mostró su establecimiento con éxito bajo condiciones de alta humedad con un incremento en el crecimiento constante. Los resultados del análisis bromatológico mostraron limitaciones en su valor nutritivo reflejado en el valor bajo obtenido para el contenido de (6.55%), La fibra y la FDA indicaron una digestibilidad media-baja, lo que puede limitar la eficiencia alimenticia, especialmente en etapas productivas exigentes.

El contenido de cenizas fue adecuado, posiblemente por el uso de gallinaza, lo que aporta ciertos minerales que son importantes para el metabolismo animal.

La recuperación de potreros degradados y la generación de volumen de forraje, que aporte a la capacidad de carga animal, está en función a una buena selección del pasto y su adaptación a las condiciones edafo-climatológicas. El pasto alemán resultó una opción, sin embargo, para mejorar la calidad nutricional del potrero se recomienda incorporar leguminosas forrajeras, realizar cortes en etapas más tiernas o complementar con suplementos proteicos, especialmente si se busca alimentar animales en crecimiento o producción.

LITERATURA CITADA

Díaz, M., Hernández, J., & Gómez, C. (2020). Impacto del régimen pluvial en la composición química, digestibilidad y producción de metano de *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 147. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n2/2077-9917-agro-11-02-147.pdf>

Enríquez QJF, Esqueda EVA, Rivas PFA, Castillo HJE, Martínez MD, López GI, et al. Rehabilitación y mejoramiento de tierras de pastoreo en el trópico de México. Folleto Técnico Núm. 79. Medellín de Bravo, Ver.: INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta; 2015.

Gálvez, L. (2021). Past alemán - *Echinochloa polystachya*. Obtenido de Portal Mundo Pecuario: https://mundopecuario.com/tema191/gramineas/pasto_aleman-1046.html

Escamilla, P., Ruiz, L., & Muñoz, E. (2019). Impacto del pastoreo intensivo en los suelos de la región tropical mexicana. *Revista de Ciencias Ambientales*, 7(3), 67-82.

Holmann F, Argel P, Rivas L, White D, Estrada RD, Burgos C et al. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de Trabajo No. 196. Cali, Colombia: CIAT. DICTA. ILRI; 2004b.

Holmann F, Rivas L, Argel P, Pérez E. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria* en Centroamérica y México. Documento de Trabajo No. 197. Cali, Colombia: CIAT. DICTA. ILRI; 2004a.

León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas.

López Valdivia, E. N., & Rodríguez Cortedano, N. A. (2011). Efectos de la fertilización y altura de corte sobre el rendimiento del pasto alemán (*Echinochloa polystachya*). Puerto Díaz-Juigalpa, Nicaragua 2009-2010 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

Padilla C, Crespo G, Sardiñas Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev Cubana Cienc Agríc* 2009;43(4):351-35

Padilla C, Crespo G, Sardiñas Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev Cubana Cienc Agríc* 2009;43(4):351-354

Olivares, J. P., Mendoza, A., & Pérez, L. (2016). Rotación de pastizales como estrategia sostenible en la ganadería extensiva. *Journal of Tropical Agriculture*, 12(2), 145-155.

Padilla C, Crespo G, Sardiñas Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev Cubana Cienc Agríc* 2009;43(4):351-35

Padilla C, Crespo G, Sardiñas Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Rev Cubana Cienc Agríc* 2009;43(4):351-354.

Rincón CA. Degradación y recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. *Boletín Técnico* No. 19. Villavicencio, Meta, Colombia: CORPOICA; 1999. 27.

Ramírez, JL, Verdecia, D., & Leonard, I. (2008). Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum Cuba* CT 169 en un suelo pluvisol. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, IX (5), 1-10.

Smith, J. R., López, M. A., & Pérez, S. (2019). Impacto del manejo del suelo en la presencia del zacate alemán en potreros del sureste de México. *Revista de Ecología Ganadera*, 14(2), 45-58.

Silva, M. D. C., Santos, M. V. F. D., Dubeux Jr, J. C. B., Lira, M. D. A., Santana, D. F. Y., Farias, I., & Santos, V. F. D. (2004). Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco: 1. aspectos quantitativos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1999-2006.

Villegas DG, Bolaños MA, Olguín PL. 2001 La ganadería en México. Colección Temas Selectos de Geografía de México. México, DF. Universidad Nacional Autónoma de México;

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* (2nd ed.). Ithaca, NY: Cornell University Press.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., & Wilkinson, R.G. (2011) *Animal Nutrition* (7th ed.). Pearson Education Limited.

Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., Huerta-Prado, L. Á., Gonzáles- Ceron, F., Silvia-Luna, M., & Bárcena-Garma, J. R. (2022). Composición nutricional de seis gramíneas tropicales del estado de Jalisco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8 (?), páginas.