



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E
INVESTIGACIÓN EN SUELOS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE

BIOFERTILIZANTES Y SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE
PASTO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE DURANGO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

LAURA IMELDA TORRES GRANADOS

BAJO LA SUPERVISIÓN DE

DRA. MARÍA EDNA ÁLVAREZ SÁNCHEZ

TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO JUNIO DEL 2015



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

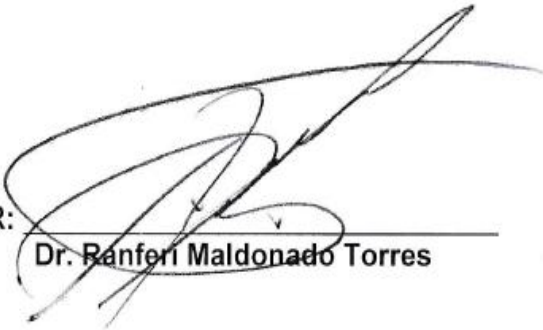


HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

La presente tesis titulada: **BIOFERTILIZANTES Y SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE DURANGO** fue realizada por **Laura Imelda Torres Granados**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente comité particular:

DIRECTORA: 
Dra. María Edna Álvarez Sánchez

ASESOR: 
Dr. Ranferi Maldonado Torres

ASESOR: 
Dr. Ricardo Daniel Améndola Massiotti

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a Dios por haberme dado la oportunidad y herramientas que me permitieron llegar hasta aquí. Porque su voluntad es perfecta aunque en ocasiones no la entendamos; y a mi angelito que me acompañó en gran parte de este proceso.

A mis padres, hermana y familia, por impulsarme a concluir con mis estudios y porque en todo momento estuvieron apoyándome aun a pesar de los problemas y las pérdidas lamentables que enfrentamos, porque han sido mi apoyo y fortaleza, sin ustedes no lo hubiera logrado. Gracias

A mi sobrino que con su inocencia ha sido mi alegría.

A mis tíos, tías y primos que siempre están pendientes de mí, impulsándome a cumplir mis sueños.

A los amigos que conocí en el proceso y que más que amigos se han convertido en verdaderos hermanos y hermanas. No son muchos pero Dios los puso ahí un poquito más cercanos, me los regaló a mí, para hacerme comprender un poco más el calibre del amor de mi Padre Celestial. No son muchos, pero no los hay mejores en la tierra, sin temor a los leones en la arena, solo pendientes de que alguien me proteja, aunque el precio sea mayor. Son amigos y no tengo que dar nombres ni apellidos porque ellos mismos ya se saben aludidos. (Mi regalo, Marcos Vidal).

A todos aquellos que ayudaron desinteresadamente cuando más los necesité en las diversas etapas de la tesis y de mi vida: Olivia y Bruno Torres, Margarita Mejía, Julieta Lugo, Tzatsil Bustamante, Camilo Rodríguez, Agustino Martínez, Francisco Javier RV, Arquéalo Jiménez, Manu Velazco, Isaí Perales, Alejandro Padilla, David Celis, Lidia Ramos, Adri Zaráte, Araceli Rojas y familia, Viky Velázquez, Asunción L, Familia Olivera y a la comunidad Cristiana Chapingo especialmente a las células pescadores y servidores.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del comité asesor **Dra. María Edna Álvarez Sánchez, Dr. Ranferi Maldonado Torres, Dr. Ricardo Daniel Améndola Massiotti** agradezco el apoyo con sus valiosos comentarios y conocimientos que hicieron posible la realización y culminación de esta tesis. Así mismo agradezco los consejos, la motivación, la disposición y la paciencia que en lo personal me brindaron, muchas gracias.

Al **Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo** profesor investigador del Colegio de postgraduados por compartir su conocimiento.

Al **DR. José Luis Miranda**, Responsable del laboratorio de microbiología DEIS Zootecnia por su colaboración en la determinación de carbohidratos.

Al **Dr. José Luis Zaragoza Ramírez** Encargado del laboratorio de forrajes que nos dio las facilidades para realizar la determinación de FDN, FDA, Cenizas y materia seca.

Al **MC. Carlos Sánchez del Real** Responsable del laboratorio de nutrición de rumiantes DEIS Zootecnia.

Al **M en C Fernando Quiroz Sánchez**, Jefe de Proyectos de la Reserva de la Biosfera la Michilia por su asesoría y acertados comentarios para este trabajo de tesis.

A la **Dra. Antonia Gonzáles Embarcadero** por su asesoría en la identificación de la especie.

A la **Universidad Autónoma Chapingo y al CONACYT** por darme la oportunidad y el apoyo económico para continuar mi formación en el programa de Agroforestería para el desarrollo sostenible.

A todos aquellos que colaboraron en este trabajo de investigación directa e indirectamente con trabajo, asesorías, opiniones y correcciones.

Sinceramente gracias infinitas.

DATOS BIOGRÁFICOS

Fecha de nacimiento: 8 de noviembre de 1982

Lugar de nacimiento: Durango

No. cartilla militar N/A

CURP: TOGL821108MDGR

82110810M800



Profesión: Ingeniero en Agroecología

Cédula Profesional:7988039

Desarrollo académico

Preparatoria: Universidad Autónoma Chapingo, departamento de Preparatoria Agrícola

Licenciatura

Ingeniería en Agroecología Universidad Autónoma Chapingo.
Departamento de Agroecología.

Maestría en Ciencias Agroforestería Para el desarrollo Sostenible.
Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos.

BIOFERTILIZANTES Y SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES DE DURANGO

BIO-FERTILIZERS AND SUBSTRATE FOR GRASS PRODUCTION IN SILVOPASTURES IN THE STATE OF DURANGO, MEXICO

Laura Imelda Torres Granados¹ y María Edna Álvarez Sánchez²

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

RESUMEN

La ganadería extensiva es una de las actividades económicas importantes en México, sin embargo por el manejo los pastizales están en deterioro y una alternativa para contrarrestar este efecto negativo es la inoculación con *Azospirillum* Az y hongos ectomicorrízicos He, por lo que El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción y calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* cultivada en dos sustratos e inoculada con *Azospirillum brasiliense*, hongos endomicorrízicos y su combinación, como tecnología de manejo para la propagación de la especie. Se establecieron 8 tratamientos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4*2. Los factores analizados fueron: tipo de sustrato (suelo y sustrato compuesto de composta de acícula, tezontle y suelo) y microorganismo (Sin microorganismo, *Azospirillum brasiliense*, hongos ectomicorrízicos y la mezcla de ambos). Con un total de ocho tratamientos se realizó para cada tratamiento un análisis proximal, análisis del tejido vegetal análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tuckey). **De manera general se concluye que la inoculación con hongos ectomicorrízicos y *Azospirillum* mejoran el desarrollo y calidad de planta de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens***, ya que **en los tratamientos no inoculados fueron menores** los contenidos de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), materia seca total (MATST) y la concentración de Zn. El uso de *Azospirillum* (Az) aumentó el contenido de MATST, FDA y ceniza, así como la concentración de Ca y P. El uso de He incrementó la **proporción** de carbohidratos totales (CT), PC, EE, y peso fresco total (FT) y la acumulación de Zn, Fe, Mn, K, S. Con la mezcla de (AZ) y (He) se promovió el peso FT y FDN .El sustrato composta favoreció la producción de MATST, peso FT y las concentraciones de K y P y en el sustrato suelo se favoreció el contenido de EE y volumen radical, así como la concentración de Cu, Fe, Mn, Mg, y Ca.

PALABRAS CLAVE: calidad nutricional, *Azospirillum*, hongos endomicorrízicos.

ABSTRACT

Cattle ranching is one of the major economic activities in México, but due to poor management rangelands are deteriorating and an alternative to counteract this negative effect is the inoculation with *Azospirillum* and ectomycorrhizal fungi. The goal of this research was to evaluate forage production and quality of *Eragrostis Mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* grown on two substrates and inoculated with *Azospirillum brasiliense*, endomycorrhizal fungi and their combination, as management technology for the propagation of the specie. Eight treatments were established in a completely randomized factorial design 4*2. The factors analyzed were: type of substrate (soil and a mixture of pine tree needles compost, volcanic rock and soil) and microorganism (no microorganism, *Azospirillum brasiliense*, ectomycorrhizal fungi and the mixture of both). Samples of each treatment were submitted to proximal analysis and mineral analysis of plant tissue. Analysis of variance and multiple comparison of means (Tuckey) were performed. In general it is concluded that inoculation with ectomycorrhizal fungi and *Azospirillum* improved the development and quality of plants of *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*, as not inoculated plants showed lower contents of crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), total dry matter (MTST) and Zn concentration. The use of *Azospirillum* (Az) inoculation increased total carbohydrates (TC), PC, EE, total fresh weight (FT) and the accumulation of Zn, Fe, Mn, K and S. The mixture of Az and He promoted weight FT and FDN. The compost substrate favored the production of MATST, weight FT and the concentrations of K and P; the substrate soil favored the content of EE, radical volume and the concentrations of Cu, Fe, Mn, Mg and Ca.

Key words: Nutritional quality, *Azospirillum*, ectomycorrhizal fungi

1 Alumna

2. Directora de tesis

ÍNDICE

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS.....	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DATOS BIOGRÁFICOS	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ABREVIATURAS USADAS.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
1. Los pastizales y su manejo	4
2. Los pastizales de México y Durango	6
3. Importancia de los sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y silvopastoriles	7
4. Importancia de la materia orgánica del sistema silvopastoril y su uso alternativo como composta.	7
5. Importancia de las gramíneas en México y Durango	9
6. Caracterización de las gramíneas.....	10

7. Género <i>Eragrostis</i>	14
8. <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i>	14
9. Clasificación taxonómica	15
10. Descripción técnica.....	15
11. Origen y distribución	18
12. Calidad nutritiva del forraje	18
12.1 Carbohidratos	19
12.2 Proteína cruda.....	22
12.3 Extracto etéreo.....	24
13. Microorganismos endófitos.....	25
14. Micorriza.....	25
15. <i>Azospirillum</i>	29
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	31
1. OBJETIVO GENERAL	31
2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS.....	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
2. METODOLOGIA	33
2.1 VARIABLES ESTIMADAS	37

3. ANALISIS ESTADÍSTICO.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
1. EFECTO DEL SUSTRATO Y DE LOS MICROORGANISMOS EN LA CALIDAD DEL FORRAJE.....	39
1.1 Producción de materia seca (MS).....	40
1.2 Contenido de carbohidratos totales (CT).....	42
1.3 Contenido de proteína cruda (PC).....	45
1.4 Contenido de fibra detergente neutro (FDN)	47
1.5 Contenido de fibra detergente ácido (FDA).....	48
1.6 Contenido de cenizas (Ce)	50
1.7 Contenido de extracto etéreo (EE)	51
1.8 Volumen radical	53
1.9 Peso fresco total	54
2. EFECTO DEL SUSTRATO Y DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE EL CONTENIDO MINERAL	56
2.1Contenido de fósforo (P)	57
2.2 Contenido de potasio (K)	58
2.3 Contenido de Calcio (Ca)	60
2.5 Contenido de azufre (S)	63

2.6 Contenido de hierro (Fe).....	64
2.7 Contenido de manganeso (Mn).....	65
2.8 Contenido de Cobre (Cu).....	67
2.9 Contenido de zinc (Zn).....	68
2.10 Contenido de boro (B)	69
Resumen de resultados	71
Conclusiones.....	73
LITERATURA CITADA.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Referencia de contenido de FDN FDA y lignina en diversos pastos	21
Cuadro 2.- Contenido de proteína cruda en algunas gramíneas.....	23
Cuadro 3.- Composición química (% de la materia seca) del forraje del zacate buffel común y nueve zacates nativos del noreste de México.	23
Cuadro 4 .- Relación de los tratamientos establecidos.	33
Cuadro 5.- Aportación de micro y macro nutrientes de los sustratos utilizados en el experimento de acuerdo al análisis realizado.....	34
Cuadro 6.- Programa de fertilización empleado de acuerdo al aporte de nutrientes de cada tipo de sustrato utilizado	35

Cuadro 7.-Contenido del producto “Endospor”	36
Cuadro 9.-Significancia de los factores evaluados y sus niveles sobre la calidad forrajera de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i>	40
Cuadro 10.- Significancia de los factores evaluados y sus niveles sobre la calidad nutricional de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Estructura general de una gramínea.....	11
Figura 2.- Estructura morfológica de una hoja de gramínea, mostrando en detalle en sus componentes..	12
Figura 3.-Estructura morfológica de una espiguilla.	13
Figura 4.- Diagrama general de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i>	17
Figura 5.- Estructura general de la ectomicorriza.....	26
Figura 6.-Estructura general de una endomicorriza	27
Figura 7.- Diferencias estructurales entre ectomicorriza y endomicorriza	28
Figura 8.- Producción de materia seca en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> inoculadas con microorganismos y creciendo en dos sustratos	42
Figura 9.-Porcentaje de Carbohidratos totales en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> inoculados con microorganismos y creciendo en dos sustratos.....	43
Figura 10 .- Porcentaje de Proteína cruda en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> inoculadas con microorganismos y creciendo en dos sustratos.....	46
Figura 11.- Porcentaje de Fibra Detergente Neutro (FDN) en plantas <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos	47

Figura 12.- Porcentaje de fibra detergente ácido (FDA) en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.	49
Figura 13.-Porcentaje de Cenizas (Ce) en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos	50
Figura 14 Porcentaje de extracto etéreo en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos	52
Figura 15.-Volumen radicular en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.	54
Figura 16.-Peso fresco total en plantas de <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.	55
Figura 17.-Contenido de fósforo en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.	58
Figura 18.- Contenido de potasio en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.	59
Figura 19.- Contenido de calcio en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos	61

Figura 20.-Contenido de magnesio en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	62
Figura 21.- Contenido de Azufre en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	63
Figura 22.- Contenido de hierro en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	64
Figura 23.- Contenido de manganeso en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	66
Figura 24.- Contenido de Cobre en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	67
Figura 25.- Contenido de zinc en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	68
Figura 26.- Contenido de Boro en <i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link subsp <i>virescens</i> desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.....	69

ABREVIATURAS USADAS

Az: *Azospirillum*

BS: Base seca

CE: Carbohidratos estructurales

Ce: Cenizas

CNE: Carbohidratos no estructurales

CNF: Carbohidratos no fibrosos

CT: Carbohidratos totales

Co: sustrato composta (50 %suelo, 35 % tezontle, 15 % composta de acícula)

Co SM: composta sin microorganismo

Co +Az: Composta inoculada con *Azospirillum*

Co +He: Composta inoculada con Hongo ectomicorrizico

Co+Az+He: Composta inoculada con *Azospirillum* y hongo ectomicorrízico

Co: composta

DIMS: Digestibilidad in vitro de la materia seca

EE: Extracto etéreo

EM: Energía metabolizable

ELN: Extracto libre de nitrógeno

FDA: Fibra detergente ácida

FDN: Fibra detergente neutra

He: hongos ectomicorrizicos

MO: materia orgánica

MS: Materia seca

NNP: Nitrógeno no proteico

PB: Proteína Bruta

SAF: Sistema Agroforestal.

SASP: Sistemasagrosilvopastoriles.

SSP: Sistema silvopastoril

SSM: Suelo sin microorganismos

S+Az: Suelo inoculado con *Azospirillum*

S+He: Suelo inoculado con Hongo ectomicorrizico

S+Az+He: Suelo inoculado con *Azospirillum* y Hongo ectomicorrizico

INTRODUCCIÓN

Para los estados del norte de México la ganadería extensiva de bovinos ha sido una importante actividad económica arraigada en la cultura de la población que habita en esta área geográfica del país. La actividad se desarrolla en una superficie de más de 90 millones de hectáreas (INE, 1994), estableciéndose la mayor superficie en las zonas áridas y semiáridas que se caracterizan así por su baja precipitación y altas temperaturas, lo que convierte a la ganadería en la principal actividad económica por unidad de superficie en México (Loredo, 2005). El incremento y popularidad de la actividad ganadera, se debe principalmente al ahorro en los costos de producción debido a que los animales se sustentan de la vegetación nativa de matorrales, pastizales y bosques, pero al mismo tiempo la vegetación es muy susceptible a las variaciones climatológicas estacionales y altamente vulnerables a la sequía (Partida *et al.*, 2013).

Aunado a lo anterior, en la mayoría de las áreas de pastoreo no se realizan actividades de manejo y mejoramiento del agostadero y muestran un sobrepastoreo que ha ocasionado una drástica disminución de la productividad forrajera, pérdida de germoplasma y degradación de la cubierta vegetal. De los efectos de la degradación del agostadero, el incremento de la erosión hídrica provoca una reducción de la capacidad de sostenimiento para la ganadería existente (Loredo, 2005). La degradación de los sitios de pastizal es generalizada a lo largo del territorio nacional pues en casi toda la totalidad de los ecosistemas del País existe algún tipo de ganado (De León, 2003).

Una evidencia de la degradación de las tierras de agostadero es el cambio de la composición vegetal promovida por la selectividad del ganado que ejerce una gran presión sobre las especies nativas de mayor valor forrajero (Plascencia, 2013) y que motiva diversos cambios en su fenología como: crecimiento, floración y desarrollo. Aunado a esta baja en la productividad forrajera del agostadero ocasionada por esquemas de manejo inapropiados, la información sobre las características nutricionales de las especies que son utilizadas por el ganado en apacentamiento

es limitada y se ha enfocado a las especies de mayor importancia. En este sentido, es importante caracterizar y conocer la calidad nutritiva de la riqueza genética disponible de gramíneas en los agostaderos.

En la búsqueda de estrategias para restaurar pastizales donde se observa una disminución de menos del 15% de especies deseables, algunos autores recomiendan la práctica de la resiembra del pastizal con gramíneas nativas como alternativa de mejoramiento. Esta práctica se entiende como el proceso de restablecer la vegetación por medio de la diseminación de semillas, barbecho y rastreo para incrementar las posibilidades de germinación (Royo, 2005; Loredó, 2005). Estas labores de preparación de la tierra limitan la implementación de la práctica en áreas de transición entre los pastizales medianos abiertos y los bosques templados de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango. Lo anterior debido principalmente a las condiciones topográficas y a la profundidad del suelo. Por otro lado, el éxito de la resiembra está limitado por la humedad en el suelo, altas temperaturas, altas tasas de evaporación, vientos, así como el lento crecimiento en el estado de plántula, condiciones que contribuyen a que el resultado de la aplicación de esta práctica sea incierto (Esqueda *et al.*, 2002).

El trasplante de gramíneas es una alternativa para mejorar la calidad de las áreas de pastoreo, su implementación se ha recomendado por las bajas posibilidades de éxito que representa la resiembra convencional de pastizales. Se ha demostrado que el trasplante puede representar hasta un 90% de éxito si se combina con obras como los bordos en curvas a nivel para incrementar la humedad en el suelo (Esqueda, 2003). El éxito de ésta práctica puede incrementarse si las semillas para producción de plantas son inoculadas con hongos o bacterias que incrementan las posibilidades de éxito en el establecimiento (Esqueda, *et al.*, 2002).

La inoculación de gramíneas forrajeras con bacterias y hongos (*Azospirillum brasilense* y *Glomus fasciculatum*), en diferentes sustratos y simulando un período de sequía, promueven la emergencia y sobrevivencia, 50% más emergencia en semillas inoculadas e incremento de la sobrevivencia de 100 hasta 400 %, con

mayor respuesta las especies banderilla, llorón y garrapata (Esqueda., *et al* 2002). Se demostró que la inoculación de gramíneas y leguminosas, con *Azospirillum brasilense*, produce mayor incremento en el volumen de raíces y número de plantas por m², así como la anticipación de la nodulación y mayor número de nódulos a pesar de las características de suelos y regímenes pluviométricos (Ferlini,2005).

La aplicación de bacterias con fertilización orgánica sobre zacates nativos e introducidos bajo condiciones de invernadero, promueven cambios diferenciales en la cantidad de biomasa aérea y radicular (Rubio *et al.*, 2004).

En el establecimiento de plántulas trasplantadas, se observó que las especies nativas respondieron mejor a la inoculación con biofertilizantes (*Glomus faciculatum* y *Azospirillum brasilense*) en comparación con las exóticas (Peña del Río *et al.*, 2009).

Por lo anterior, la presente investigación tuvo por objetivo general evaluar la producción y calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* cultivada en dos sustratos e inoculada con *Azospirillum brasilense*, hongos endomicorrízicos y su combinación, como tecnología de manejo para la propagación de la especie. Esta investigación es importante porque promueve la restauración y conservación de los ecosistemas aprovechados por el ganado por medio de la aplicación de tecnologías sencillas, que en el mediano plazo, hacen posible incrementar el potencial productivo y la calidad forrajera del agostadero. Por otro lado, la investigación generará información relevante para *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* que representa un importante recurso forrajero para el ganado en ecosistemas degradados.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Los pastizales y su manejo

Los pastizales son superficies con vegetación nativa que proveen alimento y agua a los animales y están compuestos por una asociación de especies vegetales que pueden incluir, gramíneas, leguminosas y hiervas (Loredo, 2005). La Sociedad de Manejo de Pastizales de Estados Unidos (RMS, 1974), define como pastizal a todas las tierras en las cuales la vegetación nativa (clímax o potencial), está constituida predominantemente de pastos, plantas herbáceas o arbustivas que son adecuadas para el pastoreo o ramoneo; incluye terrenos revegetados natural o artificialmente para proveer una cubierta de forraje que puede ser manejada como vegetación nativa. Los pastizales generalmente son áreas de baja productividad potencial para los cultivos agrícolas, debido a limitaciones físicas como la baja precipitación, topografía accidentada, drenaje deficiente o temperatura. Humphrey (1962), emplea el término pastizal para tierras no irrigadas que se usan a través del pastoreo, entre las cuales se encuentran arbustales, sabanas, estepas, humedales y bosques. Hay pastizales de distribución restringida como el páramo de altura zacatonales alpinos), pastizales sobre yeso (gipsófilos), y pastizales salinos o halófilos (Rzedowski, 2006). Los pastizales constituyen la fuente de alimentación más económica de la que dispone un productor bajo un sistema extensivo de producción de carne en agostadero (Loredo, 2005; Améndola, 2006; Rzedowski, 2006; Fernández *et al.*, 2010).

Es importante conocer la capacidad de producción de biomasa del pastizal y el valor nutritivo del forraje que determina la calidad y la eficiencia de utilización en la digestión ruminal, de tal manera que se considera como el objetivo de un manejo adecuado del pastizal, a la planificación del uso de los pastos para obtener una máxima producción animal, económicamente sostenida y compatible con la conservación. (INE, 1994; INIFAP, 2011). El Manejo de Pastizales es pues

considerado como una ciencia fundada sobre principios ecológicos para planear, y dirigir el uso y la rehabilitación del pastizal (INE, 1994). Partiendo de la necesidad de aprovechar el recurso forrajero, se tienen que conocer los componentes del agostadero que nos indicarán su productividad para adecuar la carga animal y determinar su coeficiente, conceptos que se refieren a la cantidad de animales que pueden ser sostenidos de acuerdo a la producción forrajera de una superficie determinada, respetando un grado de utilización (Loredo, 2005; Fernández *et al.*, 2010, INIFAP, 2011). Lo anterior significa que se debe dejar un remanente para la supervivencia de las especies claves y de importancia para la cobertura del suelo. Este grado o factor de uso, es la proporción de la materia seca de forraje acumulado que puede ser pastoreada sin afectar a la planta y se considera que puede variar entre un 50 y 60 % (INIFAP 2011). Para alcanzar este objetivo de manejo se debe planear el uso de la vegetación para que se permita que las gramíneas completen su ciclo fenológico, una herramienta para lograr ese manejo es la rotación del ganado a través de los diferentes potreros y complementación con pasturas cultivadas (De león, 2003;).

Los recursos naturales y específicamente las áreas de pastoreo, se han manejado de acuerdo a intereses particulares que permiten definir las estrategias de manejo de acuerdo a los objetivos del sistema de producción, pero estos objetivos no han considerado la relevancia de conservar y/o mejorar la capacidad de carga del ecosistema de pastizal como el elemento principal que sostiene su rentabilidad. El aspecto anterior toma relevancia debido a que la planificación para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad no es estático, más bien puede percibirse como un proceso continuo y dinámico que refleja los cambios en el entorno socio-ambiental cuyo objetivo es promover el desarrollo sustentable (FAO, 2008). Uno de los resultados más importantes de la planificación debe ser la generación de estrategias que nos lleven a la determinación de metas y objetivos de conservación a largo plazo ya que en la actualidad los agostaderos del norte de México están sometidos a un sobrepastoreo, con consecuencias graves que afectan la productividad y conducen a su degradación.

2. Los pastizales de México y Durango

México cuenta con una superficie nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales el 16 % son tierras agrícolas, 61 % de agostadero y 23 % son bosques y selvas (SAGARPA, 2001). La Secretaría de Marina y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2005) reporta que la ganadería se practica en 1.09 millones de kilómetros cuadrados de la superficie del país de los cuales el 44% corresponde a vegetación natural. Por otro lado, el Programa Ganadero (PROGAN, 2010) reporta para 2010 alrededor de 53,000 unidades de producción ovina distribuidas 53% en el centro, 24% en el sur-sureste y 23% en el norte del país (PROGAN, 2010).

En el Estado de Durango la superficie total agropecuaria es de 10, 794,031 hectáreas (INEGI, 2007), en las cuales el 51.2% (4,107,953 ha) se dedican a actividades agropecuarias o forestales abarcando el 41% por los municipios de Mapimí, Durango, Hidalgo, Cuencamé, Indé. Las áreas de cultivo ocupan el 24.0% (984 061 ha), mientras que el 68.1% (2 798 978 ha) tiene pastos no cultivados de agostadero o esta enmontada; el 6.4% (263 694 ha) son bosque o selva y finalmente el 1.5% (61,220 ha) corresponde a superficie sin vegetación (INEGI, 2007). Entre los principales problemas que aquejan a los pastizales del estado de Durango se encuentran: el sobre pastoreo ocasionado por la falta de organización y uso de técnicas adecuadas para obtener el máximo rendimiento, invasión de especies exóticas, pérdida de especies forrajeras nativas de alto valor forrajero y la invasión de especies arbustivas que reducen la capacidad del ecosistema para sostener la ganadería (Gentry, 1957). Herrera (2001 a) menciona que los pastizales con zacates navajita azul (*Bouteloua gracilis*) y banderilla (*Bouteloua curtipendula*) pertenecen a los pastizales de mayor relevancia en el Estado de Durango, con respecto a la mayor importancia económica por la densidad relativa de la comunidad vegetal.

3. Importancia de los sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y silvopastoriles

Los diversos sistemas de producción desarrollados en los bosques templados de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango se pueden considerar como sistemas agroforestales, ya que estructuralmente un sistema agroforestal (SAF) se define como una asociación (espacial o temporal) de dos o más especies diferentes, donde por lo menos una de ellas debe ser leñosa y tener algún tipo de manejo (Somarriba, 1992), mientras que los sistemas agrosilvopastoriles (SASP) se describen como sistemas combinados, integrados o mezclados (García, 1995) que se agrupan en un conjunto de técnicas de uso de la tierra que implica la combinación o asociación deliberada de un componente leñoso (sea forestal o frutal) con ganadería y/o cultivos en el mismo terreno, con interacciones ecológicas o económicas. (Russo, 1994) y por último se define al sistema silvopastoril (SSP) es aquel en donde en un mismo espacio, interactúan dos especies, una leñosa y otra herbácea, complementados al menos con una especie animal (Somarriba, 1992).

En estos sistemas SAF, SASP y SSP los componentes árbol, forraje y animal se afectan a sí mismos, ya sea directa o indirectamente dentro de un espacio y tiempo y a su vez interactúan con el suelo y todos en conjunto, se encuentran influenciados por las condiciones climáticas, esta interacción es la que puede incrementar la producción del sistema (Velasco, 1998). Los árboles y pasturas pueden reducir la escorrentía a través de proveer vegetación de cobertura, así como estructura y permeabilidad a los suelos gracias a la abundancia y profundidad de las raíces. Además de captura de CO₂ (Belsky *et al.*, 1993).

4. Importancia de la materia orgánica del sistema silvopastoril y su uso alternativo como composta.

Los bosques de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, son manejados como agostaderos de ganado, constituyéndose como un sistema silvopastoril, ya que proveen sombra, servicios ambientales, aportan materia

orgánica, fósforo y otros minerales a través de la hojarasca. Los bosques a partir de la materia orgánica son liberadores de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes en forma disponible para la planta. Por otro lado, a través de la mineralización se promueve la capacidad de intercambio catiónico, formación de sustancias orgánicas solubles, estabilización de acidez; También se favorece la estructura del suelo mediante la formación de agregados; se mejora la infiltración de agua, se reducen las pérdidas por evaporación, se mejora el drenaje del suelo; se estimula el desarrollo radicular y la actividad de macro y microorganismos del suelo (Fassbender, 1994).

El contenido de nutrientes observados en el follaje de los árboles presentes en sistemas agroforestales, depende de varios factores, incluyendo las especies, fertilidad del suelo, edad de las hojas, clima, etc. (Fassbender, 1994) y la descomposición de la hojarasca conduce con el tiempo a la liberación de nutrientes en una forma disponible para las plantas (Anderson, 1993). La tasa de descomposición de la hojarasca que conlleva a la liberación de nutrientes, está controlada por el clima y la calidad del recurso (Swift, 1981). En este sentido, la acícula de pino es un sustrato que permite una excelente aireación del suelo, lo que favorece el desarrollo radicular (Ramos, 2005). Existen numerosos materiales que pueden ser aplicados como sustratos, sin embargo, para obtener los resultados esperados es de suma importancia que se encuentren previamente compostados (Maureend, *et al.*, 1999). La composta corresponde a una sustancia microbiallymente rica que logra activar los procesos biológicos del suelo. Se origina a partir de un proceso dinámico de digestión de la materia orgánica con la posterior formación de humus estable (NEFS, 1997). La utilización de composta en la agricultura aporta al suelo materia orgánica y humus estable que a su vez aportan elementos esenciales para las plantas; se mejora la estructura del suelo y se reduce la erosión, aumenta la retención de agua y facilita el laboreo; además, como parte importante, estimula la actividad de los microorganismos, favoreciendo la fertilidad del suelo y el desarrollo vegetal (Shah, 2011).

En conclusión el uso de la composta permite reutilizar y reciclar los residuos orgánicos del sistema silvopastoril como el estiércol del ganado y las acículas de pino y a su vez se devuelve material valioso a la naturaleza manteniendo la fertilidad del suelo y contribuyendo a mejorar la salud de las plantas (Shah, 2011), ya que la composta contiene concentraciones variables de nitrógeno, potasio y fósforo, aunque estas son menores a las contenidas en los fertilizantes inorgánicos. Es así como la composta se considera un acondicionador de suelos porque la aplicación apropiada al suelo añade nutrimentos necesarios para el crecimiento saludable de pastos, árboles y otras plantas (Biernbaum *et al.*, 2004).

5. Importancia de las gramíneas en México y Durango

Las gramíneas (familia Poaceae), constituyen uno de los grupos más importantes para aquellos cuya labor está vinculada a las actividades agropecuarias, ya que comprende un número elevado de géneros de importancia económica como granos y cereales (Herrera *et al.*, 1994). Alrededor del 70% de la superficie cultivable del mundo está sembrada con gramíneas (arroz, trigo, maíz, caña de azúcar, etc.) y el 50% de las calorías consumidas por la humanidad proviene de las numerosas especies de esta familia que son utilizadas directamente en la alimentación, o bien, indirectamente como forrajes para los animales domésticos. (Parodi, 1987), además de su uso en la industria como oleaginosas, aromáticas, medicinales y ornamentales, entre otras múltiples aplicaciones (Quiroga *et al.*, 2011). Las gramíneas son la cuarta familia con la mayor riqueza de especies descritas a nivel mundial después de las compuestas, las leguminosas y las orquídeas (Lawrence, 1951, citado por Herrera, 1994) con más de 820 géneros y cerca de 12,100 especies descritas (Cañas, 2010). En México se encuentran 204 géneros y 1182 especies (Dávila *et al.*, 2006 citado por Herrera *et al.*, 2001). De las especies distribuidas en México, en el estado de Durango se encuentran; 97 géneros y 338 especies. En México ocupan el tercer lugar superando en número de especies a las orquídeas (Herrera *et al.*, 2001)

6. Caracterización de las gramíneas

Esta familia pertenece al orden de los poales, se caracteriza en su mayoría por plantas herbáceas pero también las hay leñosas, pueden ser perennes o anuales de tallos verticales o postrados, aéreos o subterráneos (Escobar *et al.*, 2001). Los tallos aéreos pueden ser erectos, decumbentes o rastreros. Los tallos erectos los poseen la mayoría de las gramíneas llamados ordinariamente cañas o culmos, son huecos o sólidos entre los nudos (en general nudos macizos y entrenudos huecos, pero pueden ser totalmente macizos como el caso del maíz (Aedo, 1994). Los tallos decumbentes crecen recostados sobre el suelo y pueden enraizar a partir de los nudos inferiores. Los tallos rastreros crecen en forma horizontal sobre el suelo y, como los decumbentes, pueden emitir raíces en los nudos. La planta que se desarrolle en un nudo enraizado se denomina estolón (Figura 1). Los tallos subterráneos pueden ser rizomas, tubérculos o bulbos. (Escobar *et al.*, 2001). Los rizomas nacen bajo la tierra en la base del culmo principal (Figura 1). Tienen nudos y escamas que no son sino hojas reducidas; se desarrollan horizontalmente y en algunos casos dan origen a nuevas plantas, las que se sitúan a alguna distancia de la planta madre como se presenta en la Figura 1 (Aedo, 1994). Los bulbos son engrosamientos que se producen en los internodios basales de las cañas y se hallan envueltos por sus vainas foliares: contienen reservas y son raros en las Gramíneas (Olivares, 2015)

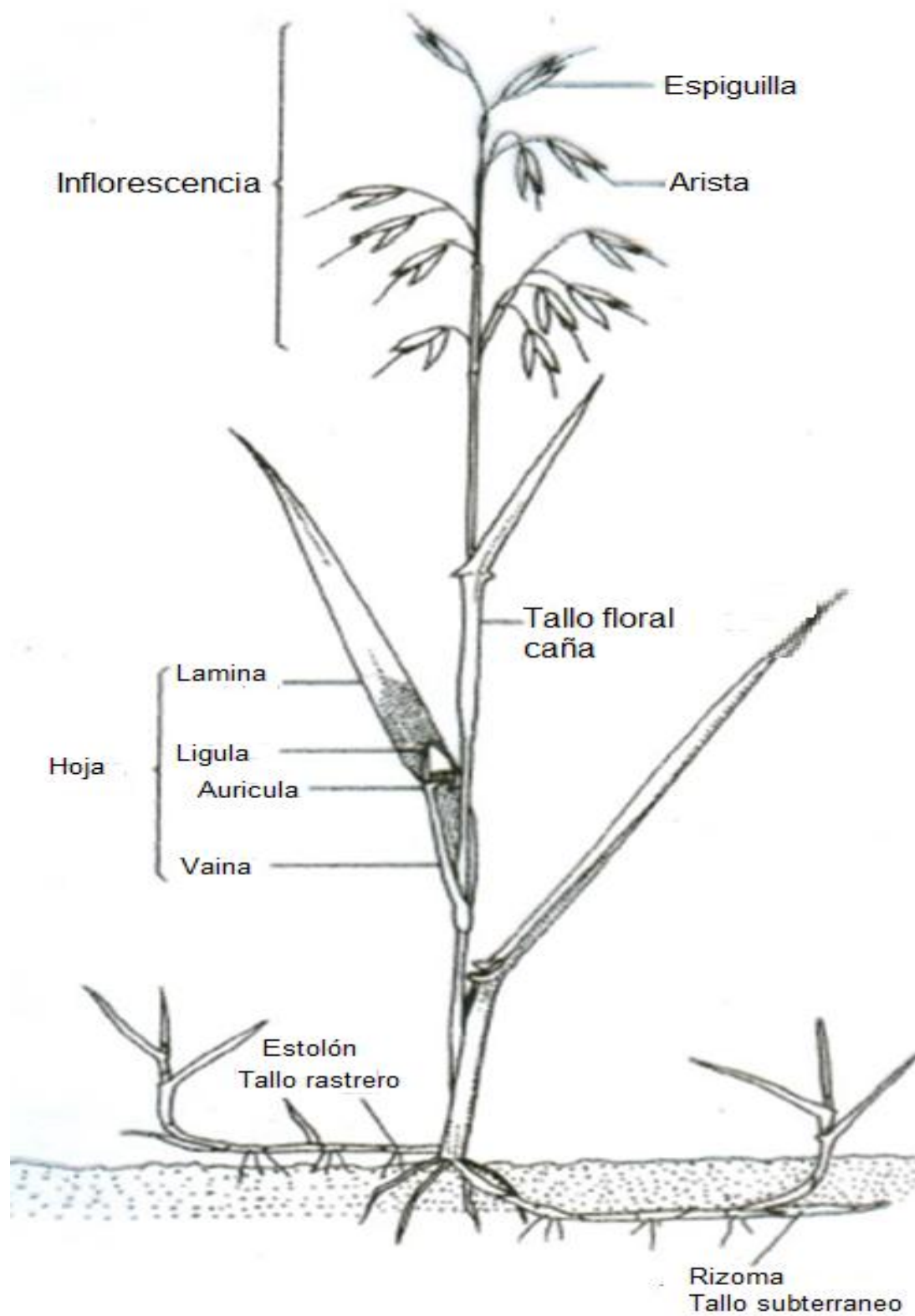


Figura 1.- Estructura general de una gramínea.
Fuente Olivares 2015

Las hojas de las poaceas tienen por lo regular tres áreas principales, son diferenciadas en vaina, lígula y lámina (Aedo, 1994) y pueden presentar otras estructuras que permiten caracterizar muchas especies como lo son las **aurículas** (Figura 2) Estas estructuras aparecen en las hojas en forma de apéndice o de dilatación situada frecuentemente en la base de la lámina o en la parte distal de la vaina (Escobar *et al.*, 2001)

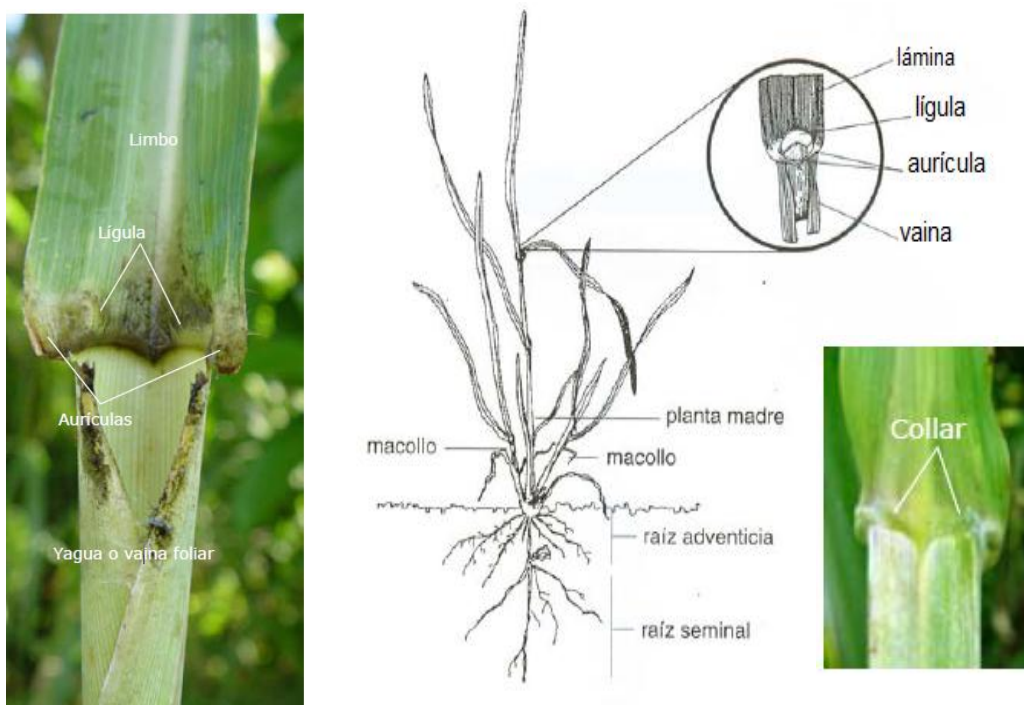


Figura 2.- Estructura morfológica de una hoja de gramínea, mostrando en detalle en sus componentes. Fuente: (Olivares 2015, Más, et al., 2006).

Las gramíneas se distinguen por una inflorescencia elemental llamada *espiguilla* y tres tipos de inflorescencias compuestas generales formadas a partir de la espiguilla de las cuales las más conocidas son agrupadas en racimos, espigas y panojas (Chase *et al.*, 1972). La espiguilla, consta de un pequeño eje llamado raquilla, la que se halla formada por pequeñas secciones denominadas artejos, unidos entre sí por los nudos (articulaciones). En ellos se insertan las flores. Está protegida por dos brácteas llamadas glumelas. Todo este conjunto se encuentra unido al eje o raquis

por medio de un pedicelo; si el pedicelo está ausente se dice que la espiguilla es sésil o sentada (Olivares, 2015). Una flor completa de la espiguilla se encuentra protegida por las glumelas (brácteas fértiles), las que se denominan: a) Glumela inferior o lemma y b) Glumela superior o pálea. La lemma se inserta por debajo de la pálea y suele ser mayor que ella, cubriéndola por los costados. De la extremidad o dorso de la lemma muy frecuentemente surge un apéndice en forma de lanza llamado arista constituyéndose como un mecanismo de dispersión de grano (Aedo, 1994) Figura 3.

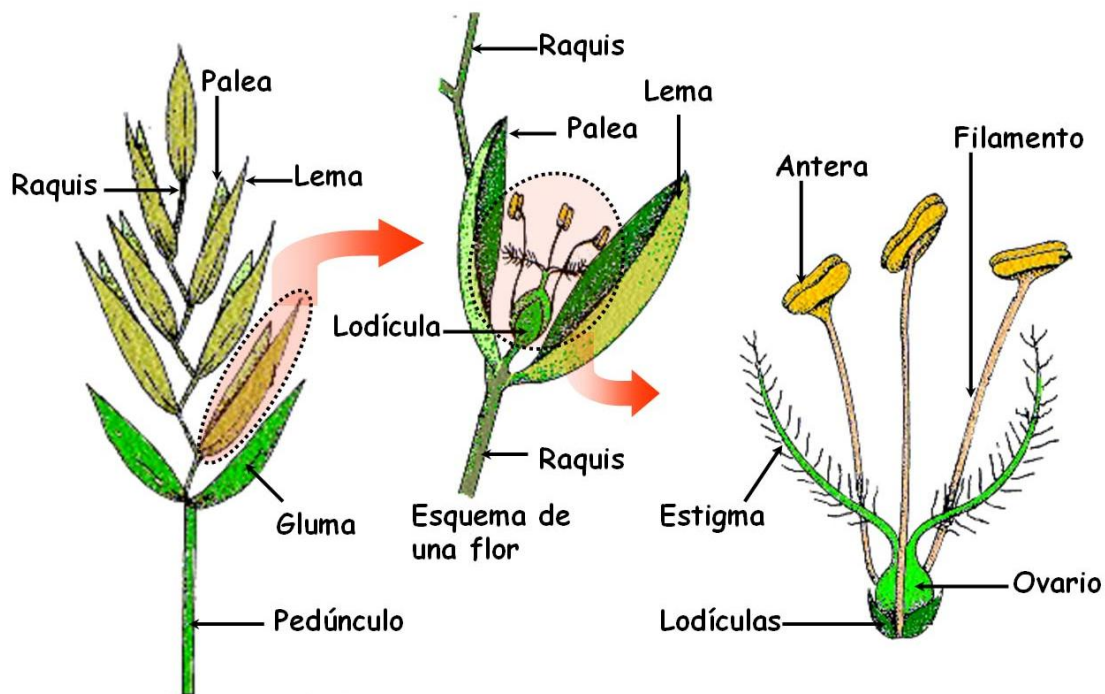


Figura 3.-Estructura morfológica de una espiguilla.

Fuente: [link \(www.euita.upv.es\)](http://www.euita.upv.es)

El fruto o grano de la gramíneas es un cariopse, fruto seco, indehiscente que es el fruto que una vez maduro no se abre espontáneamente para dispersar las semillas; en este caso se dispersan conjuntamente fruto y semillas. (Aedo, 1996).

7. Género *Eragrostis*

El género *Eragrostis* es uno de los géneros más diversos de la familia Poaceae. Comprende alrededor de 350 especies (Clayton *et al.*, 1986) con una distribución mundial en las regiones tropicales y templadas y con su centro de diversidad en el sur de África (Harvey, 1948)

Este género se caracteriza por presentar tallos amacollados, estoloníferos o rara vez rizomatosos; lígula ciliada o rara vez membranácea. Inflorescencia una panícula abierta o contraída; espiguillas lateralmente comprimidas, con dos a muchos flósculos, místicas, desarticulación usualmente secuencial de las glumas hacia las lemas superiores, páleas y raquilla usualmente persistentes, algunas especies tienen espiguillas que por lo regular se desarticulan arriba de las glumas y entre los flósculos y en pocas especies la desarticulación es indistinta; glumas más cortas que las lemas, agudas o acuminadas, 1-3 nervadas y aquilladas; lemas ovadas, de obtusas a agudas o acuminadas, 3-nervadas, nervios prominentes o algunas veces inconspicuos, dorso aquillado o redondeado; páleas al menos de la mitad del largo de las lemas, arqueadas y con dos nervios prominentes (quillas) ciliados o escabrosos; 2 ó 3 anteras; cariopsis libre de la lema y pálea, oblonga o elíptica, usualmente de compresión lateral, color café o café-rojizo, translúcida y por lo general débilmente estriada; (Beltrán *et al.*, 2009) El nombre *Eragrostis* deriva del griego, eros amor o era tierra y *agrostis* hierba, vulgar mente se le conoce como el zacate amor.

8. *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*

Se reconoce con los nombres comunes de zacate amor, avenilla, zacate mosquita, cola de ardilla, pelo de conejo, zacate llorón, zacate casamiento, bayal-suuk, en maya (Espinosa *et al.*, 1997; Martínez, 1979; Rzedowski *et al.*, 2001).

McVaugh (1983) y Rzedowski *et al.*, (2004) mencionan como sinónimos a *E. limbata* Fourn., *E. neomexicana* Vasey, *Poa mexicana* Hornem. Y *E. Virescens* Presl

9. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Liliopsida (monocotiledóneas); Subclase: Commelinidae; Orden: Cyperales. (Heike-Vibrans 2009).

10. Descripción técnica

La presente descripción está basada en McVaugh (1983), De la Cerda (1996), Espinosa *et al.* (1997), Pitty *et al.* (1993) y Rzedowski *et al.* (2001 y 2004).

Hábito y forma de vida: Planta anual, amacollada, erecta o algo ascendente, grisácea.

Tamaño: de 60 cm hasta (1.2 m) de alto.

Tallo: Erecto, liso, sin ramificaciones o ramificado en los nudos inferiores; entrenudos sin pelos, huecos o rellenos de un tejido esponjoso.

Hojas: Hojas de posición alterna, de forma alargada y muy angosta, de hasta 15 cm de longitud y de 1 a 10 mm de ancho. Puntiguadas, envolviendo al tallo en la base, con todas sus nervaduras paralelas entre sí. Vaina foliar con o sin pelos, a veces con depresiones glandulosas sobre las nervaduras y en los márgenes; lámina plana, generalmente sin pelos, pero con mechones de pelos en la garganta (Figura 5A)

Inflorescencia: panojas más bien extendidas, de 10 a 25 cm de largo y 2 a 18 cm de ancho, situadas en la parte superior de los tallos; cáliz y corola ausentes, sustituidos por un par de estructuras en forma de pequeñas hojitas de alrededor de 2 mm de largo

Espiguilla/Flores: Espiguilla de 4 a 9 mm de largo, lanceolado-oblongas, grisáceas, con 4 a 10 (15) flores (Figura 5B); glumas desiguales o subiguales, de (1) 1.5 a 2 mm de largo, ápice agudo, caedizas; lema de 1.7 a 2.3 mm de largo, nervaduras laterales conspicuas, pálea con tricomas marginales muy pequeños en sus quillas, a menudo persistente.

Frutos y semillas: Cariopsis o grano rojizo, de contorno oblongo a ampliamente oblongo, de (0.7) 1.0 (1.3) mm de largo y (0.4) 0.6 (0.8) mm de ancho, plano en ambos extremos (Figura 5C), con un surco longitudinal ancho en la cara ventral, color café rojizo o café, superficie escalariforme; aunque Espinosa y Sarukhán (1997) mencionan que puede haber frutos dimórficos.

Plántulas: Coleoptilo lanceolado, hialino, de 1 a 2.5 mm de largo, sin nervios aparentes; primera hoja con lígula formada de setas blanquecinas cortas, lámina oblonga, de 3.5 a 10 mm de largo y 0.7 a 1 mm de ancho, ápice romo, sin pelos; segunda hoja con lígula formada por setas muy aparentes, más grandes que las de la primera hoja, lámina linear-lanceolada de 9 a 16 mm de largo y 1 a 1.5 mm de ancho, ápice agudo, sin pelos.

Se ha observado en **floración** de junio a noviembre

Preferencia forrajera: Regular a mala.

Oportunista en pastizales perturbados, matorrales, bosques abiertos de encino y pino, también común en la orilla de caminos y terrenos de cultivo. Altitud: de 1350 a 2650 m. Se encuentra a orillas de vías de comunicación, así como en algunas parcelas cultivadas con maíz o sorgo (Rzedowski *et al.*, 2004).

En lo que respecta a trabajos realizados con la especie, Lester, *et al* 1981 determinaron las concentraciones de aminoácidos en 10 especies del género *Eragrostis*, así como el contenido de proteína y el tamaño y peso de sus semillas. Los porcentajes de proteína se ubicaron en un rango de 0.20 a 1.36, donde el menor valor se observó en *Eragrostis cilianensis* y el mayor en *Eragrostis barrelieri*

mientras que *E. mexicana* fue la tercera especie de mayor porcentaje de proteína con 1.10% después de *E. minor* (1.18%). Los autores resaltan los contenidos de ácido glutámico (26-31%) en las semillas de las especies silvestres del género

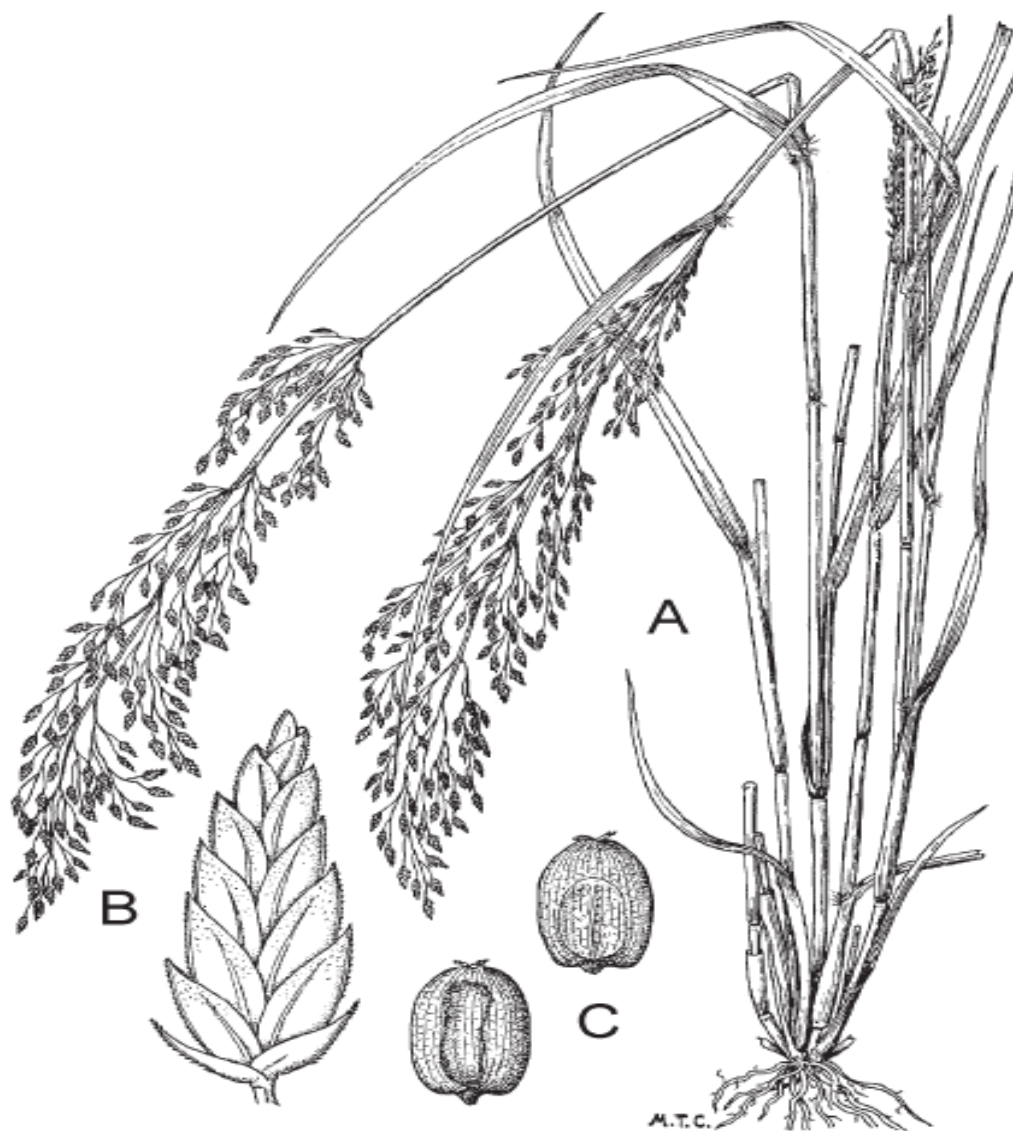


Figura 4.- Diagrama general de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*. Fuente: Rzedowski et al. (2004)

11. Origen y distribución

Es nativa de México conocida desde el centro de Estados Unidos hasta Argentina (Herrera *et al.*, 2010). En México se han registrado en gran parte del país en los estados de Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas (Villaseñor *et al.*, 1998).

12. Calidad nutritiva del forraje

Se llama calidad nutritiva de un forraje al grado en el cual este tiene el potencial de producir una respuesta deseada en el animal, es decir, un forraje es de calidad, cuando permite la expresión del potencial del ganado de producir carne, leche, y otros productos a través de la utilización de los nutrientes digestibles para el animal (Flores *et al.*, 2009). Así, la calidad de un forraje depende fundamentalmente de la cantidad y tipo de nutrientes, y su digestibilidad. Estos son factores propios de la especie del forraje influenciados por el ambiente (Van-Soest *et al.*, 1978).

El ambiente en su conjunto, induce dos tipos de estrategias fotosintéticas en la planta, 1) almacenamiento en forma de reservas o 2) síntesis de sustancias de resistencia, tales como lignina, fenoles, alcaloides, etc. (Flores *et al.*, 2009). De estos dos productos, los de reserva son generalmente los que más fácilmente se digieren y los de resistencia reducen la calidad nutritiva del forraje. Así, el valor nutritivo de un forraje depende de esta digestibilidad en el rumen (Van-Soest, 1994) y el consumo está determinado por el grado de lignificación y otros factores como la especie, estado de madurez, la temperatura y la forma física del forraje. Por lo tanto, la digestibilidad tiene doble importancia en la alimentación, por su efecto sobre el consumo y sobre la concentración energética del alimento. (Rubio, 2014), ya que el contenido de fibra afecta el consumo y la digestibilidad (Jung *et al.*, 1995).por ejemplo Ramírez (2007) menciona que la fibra detergente ácido (FDA)

involucra a la celulosa y lignina, y está relacionada negativamente con la digestibilidad de un alimento

La evaluación de la calidad del forraje se inicia con el desarrollo de la técnica de Tilley para medir la digestibilidad in vitro de la materia seca. Posteriormente la evaluación se enriqueció con la técnica de Van Soest para cuantificar la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina. Desde entonces estos parámetros, conjuntamente con la determinación de proteína bruta (PB), constituyen el pilar de la evaluación de recursos forrajeros. (Di marco, 2011). Esta evaluación de la calidad del forraje se realiza en base a la composición química de los forrajes integrada por la determinación del contenido de agua y la materia seca y esta última incluye la materia orgánica como carbohidratos, (fibra), lípidos (extracto etéreo), proteína, extracto libre de nitrógeno, vitaminas y minerales (Reyes *et al.*, 2007)

12.1 Carbohidratos

La parte química que se constituye como la mayor fuente de energía en un forraje son los carbohidratos que generalmente componen del 60 a 70 % esto se debe a que los carbohidratos, principalmente celulosa y hemicelulosa, son los componentes de la pared celular de los vegetales y constituyen la mayor fuente de almacenamiento de energía en forma de almidón y fructosanos (Ramírez, *et al.*, 2007). Sus características nutritivas dependen de los azúcares que los componen y los enlaces que los unen a otros factores fisicoquímicos como la lignina. (Van Soest, 1994). Se clasifican de forma general en estructurales (CE) y no estructurales (CNE). Los CNE son usualmente los más digestibles y se encuentran dentro del protoplasma celular de las plantas, como azúcares, almidones, ácidos orgánicos y otros. Los Carbohidratos Estructurales (CE) son polisacáridos asociados con la pared celular y pueden dividirse en función de sus asociaciones biológicas y su disponibilidad en: 1) los que no se encuentran unidos por enlaces covalentes a lignina, por lo tanto, son más solubles y completamente fermentables en el rumen; se disuelven en detergente neutro. 2) los unidos por enlaces covalentes a lignina y

por lo tanto son parcialmente digestibles; son recobrados como fibra detergente neutro.

Dentro de los CNE, se encuentran los carbohidratos no fibrosos (CNF) integrantes de la pared celular que se estiman altamente digestibles al igual que los CNE, y se considera que las pectinas y xilanos son su mayor componente (Jung *et al.*, 1995; NRC, 2001).

Al grupo de carbohidratos estructurales (CE) se le denomina con el término “fibra”, que es un producto analítico que posee características nutricionales y describe aquellos componentes que tienen baja solubilidad en sistemas solventes específicos y son relativamente menos digestibles que el almidón (Jung *et al.*, 1995).

12.1.1 Fibra en detergente neutro (FDN)

Es la fibra que queda luego de hervir el forraje en una solución de detergente neutro (sulfato lauril sódico y ácido etilendiaminotetraacético, EDTA). Durante el tratamiento todo el contenido celular se disuelve y queda lo correspondiente a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). El contenido de FDN se expresa en porcentaje del total de materia seca (Van Soest, 1994)

12.1.2 Fibra en detergente ácido (FDA)

Es la fibra que queda luego de someter el forraje a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio). En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra restante estará constituida por celulosa y lignina. Al igual que el FDN, los resultados se deben expresar en porcentaje de la materia seca evaluada. La hemicelulosa y la proteína de la pared celular se disuelven mediante el tratamiento con detergentes ácidos, y el residuo incluye a la celulosa, lignina y silicio como sus principales componentes (FDA); (Van-Soest, 1994,).

Cuadro 1.- Referencia de contenido de FDN FDA y lignina en diversos pastos

Variedad	FDN	FDA	Lignina	Referencia
<i>P. clandestinum</i>	57.5	31	5	Soto et al., 2005
<i>B. decumbens</i>	53.4	25.8	n/p	Rincón et al., 2008
<i>B. brizantha</i>	58.4	31.1	n/p	Rincón et al., 2008
<i>Paspalum notatum</i>	n/p	35.5	3.9	Utle et al., 1971
<i>Cynodon dactylon</i>	n/p	34.4	4.9	Utle et al., 1971
<i>B. humidicola</i>	70.8	36.7	3.9	Vergara et al., 2006

12.1.3 Calculo de la digestibilidad

Los contenidos de los alimentos en FDA y lignina se consideran como indicadores de la digestibilidad relativa, mientras que el contenido en FDN se considera más frecuentemente como indicador del potencial de consumo en una especie forrajera (Church, 2007). De acuerdo con Di Marco (2011) la digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS) se puede estimar a partir de la fibra detergente ácida (FDA) con la siguiente formula: $\% \text{ DIVMS} = 88.9 - (\% \text{ FDA} \times 0.779)$

Se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS), menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos del 8%. El uso más común de la DIVMS es para estimar el contenido de energía metabolizable (EM) del alimento. Según las normas inglesas de alimentación dicha conversión se realiza en forma simplificada con la siguiente ecuación (Di Marco, 2011): $\text{EM} = 3.61 \times \text{DIVMS}$

La cantidad de energía disponible de un alimento está determinada por la relación y contenido de la fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) que se encuentra en la materia seca del forraje, de ahí la importancia del balance entre estas dos componentes y a su vez el grado de digestibilidad (Landvall et al., 1994 citado por Ramírez et al., 2007 a).

12.2 Proteína cruda

Sin lugar a dudas, la capacidad de aportar proteínas por parte de los forrajes es también un parámetro de calidad. Las proteínas en los alimentos son llamadas también Proteína Cruda PC. (Flores *et al.*, 2009). La proteína se encuentra en los alimentos como proteína verdadera o como nitrógeno no proteico (NNP). Por acción de las bacterias ruminales, el NNP y la proteína dan lugar a la formación de amoníaco (NH_3) y cadenas carbonadas. Si hay energía disponible, el NH_3 es utilizado para la síntesis de proteína bacteriana. La fracción de proteína que sufre este proceso es la proteína degradable del alimento. Es importante remarcar que para que el NH_3 proveniente de la proteína degradable sea correctamente utilizado, es necesario que haya energía disponible en el rumen. (Ferrari, 2008). Las proteínas están constituidas, en promedio, por un 16 % de nitrógeno. De tal forma que si se conoce la cantidad que posee un alimento se puede inferir su contenido proteico. Los análisis se basan en este criterio para realizar las determinaciones (NRC, 2001).

Una vez evaluado el contenido nitrogenado se multiplica el valor obtenido por 6,25, para transformar ese 16% de nitrógeno en cantidad de proteína. El análisis más difundido para determinación de proteína bruta a partir del contenido de nitrógeno fue propuesto por Kjeldhal, a través de muestras de forraje que son digeridas en ácido sulfúrico concentrado y toda la materia orgánica es destruida. El nitrógeno en forma de sulfato de amonio, luego es neutralizado con hidróxido de sodio, destilado y el amonio es llevado a una solución ácida estándar y su titulación nos permite calcular el Nitrógeno (N) de la muestra (NRC, 2001). El contenido de proteína en gramíneas tiene por lo general rangos que van desde 3% al 20% e inclusive son mayores en plantas más jóvenes. Su contenido disminuye a medida que se desarrolla el pasto (Bogdan, 1997). Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo de forrajes. El nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales, por debajo del cual se limita el consumo, está establecido en 7% (base seca). Este nivel está considerado como el mínimo para garantizar un balance de nitrógeno positivo (Milford *et al.*, 1965)

Cuadro 2.- Contenido de proteína cruda en algunas gramíneas.

Cuadro 3.- Contenido de proteína cruda en algunas gramíneas.

Variedad	Semanas de rebrote	PC %	Referencia
<i>Paspalum notatum</i>	4	15.2	Utley et al., 1971
<i>Paspalum notatum</i>	8	11.3	Utley et al., 1971
<i>Cynodon dactylon</i>	4	16.8	Utley et al., 1971
<i>Cynodon dactylon</i>	8	12.5	Utley et al., 1971
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	4	12.4	Sánchez et al., 1999
<i>Pennisetum purpureum</i>	8	7.2	Sánchez et al., 1999
<i>P. clandestinum</i>	4	18.4	Soto et al., 2005

Cuadro 4.- Composición química (% de la materia seca) del forraje del zacate buffel común y nueve zacates nativos del noreste de México.

Zacates	MO1	PC	FDN	CEL	HEM	LIG	CI
<i>Aristida</i> spp	92.6	5.8	88.2	27.9	40.8	9.1	10.4
<i>B. gracilis</i>	87.6	9.2	89.6	30.3	46.5	8	4.9
<i>C. Átaris</i>	88.4	10	74.4	35.3	31.8	5.3	2.1
<i>C. Incertus</i>	85.8	9.5	72.8	24.4	34.1	8.3	6.1
<i>Ch. Cüiata</i>	89.4	8.3	77.5	23.5	39.4	8.1	6.5
<i>D. Californica</i>	89.2	13.2	74.9	25.7	35.5	8 3	5.5
<i>H. Belangeri</i>	87.6	6.5	80.7	27.9	37	7.1	8.7
<i>R haihi</i>	89.4	9.3	68	25.3	31.3	7.5	3.9
<i>S macrostachya</i>	89.7	9.4	79.1	30.9	35.1	9.2	3.9
<i>T. Muticus</i>	92.3	5.5	79	38.7	27	10.1	3.3
Media	89.2	8.7	79.1	290	36.5	8.1	5.5
Error estándar	0.4	0.2	1.8	1.1	1.7	0.9	0.8
Probabilidad	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

MO= materia orgánica; PC= proteína cruda. FDN= fibra detergente neutro, CEL= celulosa. HEM= hemicelulosa; UG= lignina detergente ácido; CI= cenizas insolubles en ácido. (Ramírez et al., 2001)

12.3 Extracto etéreo

El extracto etéreo considera a los compuestos orgánicos insolubles en agua, que pueden ser extraídos de las células y tejidos por solventes como el éter, benceno y cloroformo. Estos proveen energía y otros nutrientes y su disponibilidad para el animal es alta, aunque incluye proporciones variables de otros compuestos con poca importancia nutricional. Buena parte del material que es analizado típicamente como grasa en los pastos es, de hecho, algo distinto a las grasas verdaderas (Pirela, 2005). Estos componentes de raciones son una fuente muy rica de energía ya que, en promedio, un gramo de grasa contiene la misma energía que 2.5 g de carbohidratos (Gasque, 2008).

El extracto etéreo se determina solubilizando los lípidos con éter de petróleo para separarlos del resto del alimento mediante extractores Soxhlet. En general, más del 90% del extracto etéreo son triglicéridos verdaderos y el resto lipoides (fosfolípidos -cefalinas y lecitinas-, ceras, estearinas, etc). Aunque los triglicéridos son digeridos prácticamente en su totalidad, los lipoides no son digeridos por los animales. Las grasas pueden ser saturadas (origen animal) o no saturadas (origen vegetal). En el rumen las grasas no saturadas sufren un proceso de hidrogenación, pero no hay degradación ruminal de ningún tipo, sino que pasan de largo y son digeridas en el intestino. Aunque constituyen una buena fuente de energía para el animal, no ocurre lo mismo para las bacterias ruminales, ya que la provisión de energía al rumen es nula. El exceso de grasa en el rumen puede deprimir la acción microbiana sobre la digestión de la celulosa y disminuir el consumo de materia seca (Ferrari, 2008).

Al utilizar algún tipo de solvente orgánico se espera que los compuestos grasos o lípidos se disuelvan y puedan ser removidos del material. No obstante, se conoce que otros compuestos, tales como ceras, aceites volátiles, clorofila y pigmentos, que no aportan mucha energía a la nutrición de los animales, también pueden ser extraídos con este procedimiento, por lo que de acuerdo a la cantidad presente de estos compuestos se puede sobreestimar el aporte energético de la fracción de lípidos del alimento evaluado (De García, 2011).

13. Microorganismos endófitos

La palabra ‘endófito’ etimológicamente significa ‘dentro de la planta’ (*endon*: dentro, *phyton*: planta). En un principio, el término endófito se refería a cualquier organismo que colonizara el interior de los tejidos de las plantas, pero fue Wilson en 1951 quien restringió el término únicamente a microorganismos, refiriéndose sólo a bacterias y a hongos que no provocan daño aparente a la planta hospedera. Actualmente, este término se refiere a bacterias, hongos, algas e insectos, en donde los hongos son los microorganismos que se han aislado con mayor frecuencia como endófitos (Rodríguez, *et al.*, 2009) en esta sección se abordarán los beneficios de los hongos y bacterias micorrizas y su uso como biofertilizantes.

14. Micorriza

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz) traducándose como raíz fungal (Ascon, 1980). Este término define las asociaciones simbióticas que se establecen entre ciertos hongos y la raíz de las plantas. (Gianinazzi *et al.*, 1991). En esta asociación simbiótica el micelio del hongo infecta la corteza radical a modo de endófito y proyecta sus hifas tanto al interior como al exterior de la raíz. La micorriza funciona como órgano de absorción y translocación de agua y nutrientes; se consideran como las raíces nutricias normales de la mayoría de las plantas, incluyendo cereales, hortalizas, plantas de ornato y árboles (Agrios, 2002). Hay tres tipos de micorrizas que se distinguen por la forma en que las hifas del hongo se encuentran dispuestas dentro de los tejidos corticales de la raíz:

Las ectomicorrizas que se caracterizan por formar en las células corticales una red de micelio compuesta por hifas estrechamente entretejidas en torno a las raíces nutricias y dicha red tiene un grosor que varía desde el diámetro de una a dos hifas hasta como de treinta a cuarenta. Estos hongos penetran también en las raíces, pero solo crecen alrededor de las células corticales, reemplazando a parte de la lámina media entre las células y formando la denominada red de Hartig (Agrios,

2002). Las hifas de los hongos ectomicorríticos tienen capacidad saprofita, pueden absorber fósforo y nitrógeno de fuentes inorgánicas y orgánicas (Bledsoe, 1992). En la Figura 5 se muestra la estructura general de una ectomicorriza

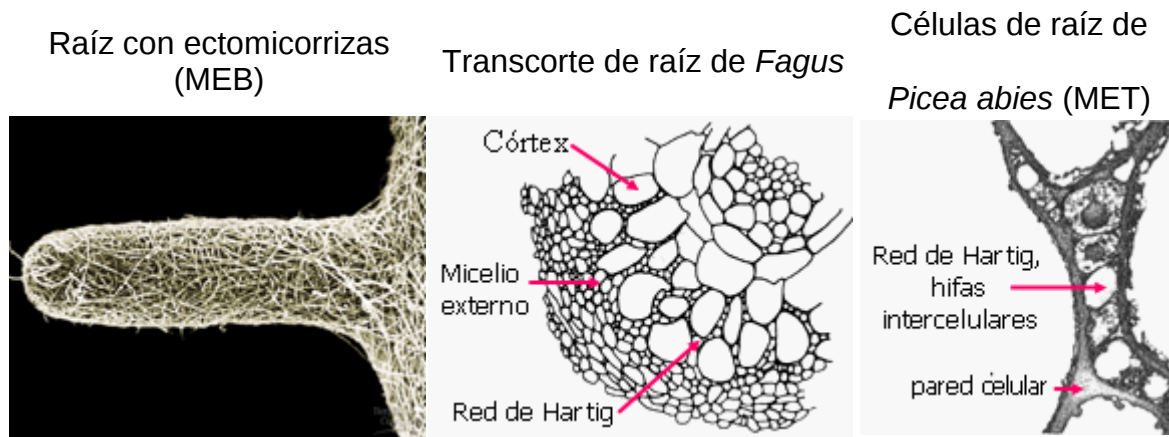


Figura 5.- Estructura general de la ectomicorriza. (Fuente: Imagen de <http://www.anselm.edulmágenes.de> Strasburger)

En las endomicorrizas el hongo crece dentro de las células corticales de la raíz y forma estructuras características (Currah, 1991). Existen dos tipos de endomicorrizas, el grupo más común se distingue por presentar hifas aseptadas, vesículas y estructuras ramificadas que le confieren el nombre de micorrizas vesículo-arbusculares (Richardson *et al.*, 1993). El segundo grupo está constituido por hongos con hifas septadas que invaden las células de la raíz sin romper la membrana plasmática y crecen dentro de la célula formando estructuras globosas, son llamadas micorrizas arbusculares (Richardson *et al.*, 1993). Las micorrizas arbusculares se originan a partir de hifas que proceden de los propágulos existentes en el suelo (esporas maduras, fragmentos de raíz micorrizados, o plantas micorrizadas que crecen en vecindad). Cuando una hifa contacta con la superficie de una célula epidérmica de la raíz, forma un apresorio que originará seguidamente la hifa colonizadora que penetrará en dicha célula o atravesará el espacio intercelular. En la zona externa del cortex de la raíz forma unas estructuras intracelulares típicas que son los ovillos; en la zona media las hifas crecen normalmente en forma longitudinal en los espacios intercelulares; Mientras que en

la zona interna las hifas penetran intracelularmente y forman los arbuscúlos por ramificación dicotómica repetida, a nivel de los cuales se produce el intercambio de nutrientes.

También habría que destacar la formación de vesículas en el cortex cuya función es el almacenamiento de reservas lipídicas. Tras la colonización interna se produce la ramificación y desarrollo del micelio externo, que es clave en la captación de nutrientes y da lugar a nuevos puntos de colonización en la propia raíz o en otras próximas. Sobre la red tridimensional de hifas que constituye se forman las esporas, estructuras de resistencia que, al madurar, completan el ciclo del hongo (Bledsoe, 1992). Estas micorrizas no se encuentran rodeadas por un manto fungoso denso, sino por una masa micelial laxa que se forma sobre la superficie de la raíz a partir de la cual se forman subterráneamente hifas y grandes zigosporas de color perla o bien clamidosporas (Figura 6). Las endomicorrizas tienen una distribución mundial, encontrándose desde los ecosistemas árticos hasta los ecosistemas desérticos (Bledsoe, 1992).

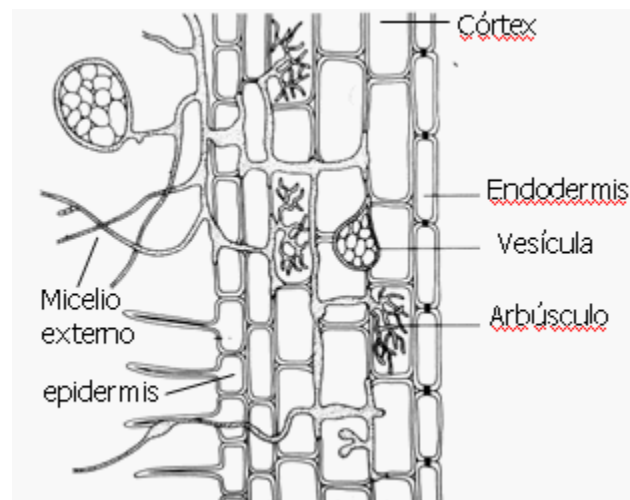


Figura 6.-Estructura general de una endomicorriza (Fuente: Imagen de Mauseth, 1988)

Las endomicorrizas son la simbiosis predominante tanto en coberturas naturales como en coberturas antrópicas. Igualmente se ha observado que el fenómeno de dominancia de algunas especies es más evidente en zonas con climas fríos que en

zonas de climas templados (Bhatia *et al.*, 1996). Los hongos micorrícicos arbusculares son todos miembros de la división Glomeromycota del orden de los Glomales; la clasificación actual contiene 2 subórdenes que son Glomineae y Gigasporineae; dentro de los Glomineae se encuentran las familias Glomaceae (*Glomus*), Acaulosporaceae [*Acaulospora* y *Entrophospora*], Archaeosporaceae (*Archaeospora*) y Paraglomaceae (*Paraglomus*) y dentro del suborden Gigasporineae se encuentra la familia Gigasporineae (*Gigaspora* y *Scutellospora* (IABIM, 2011)

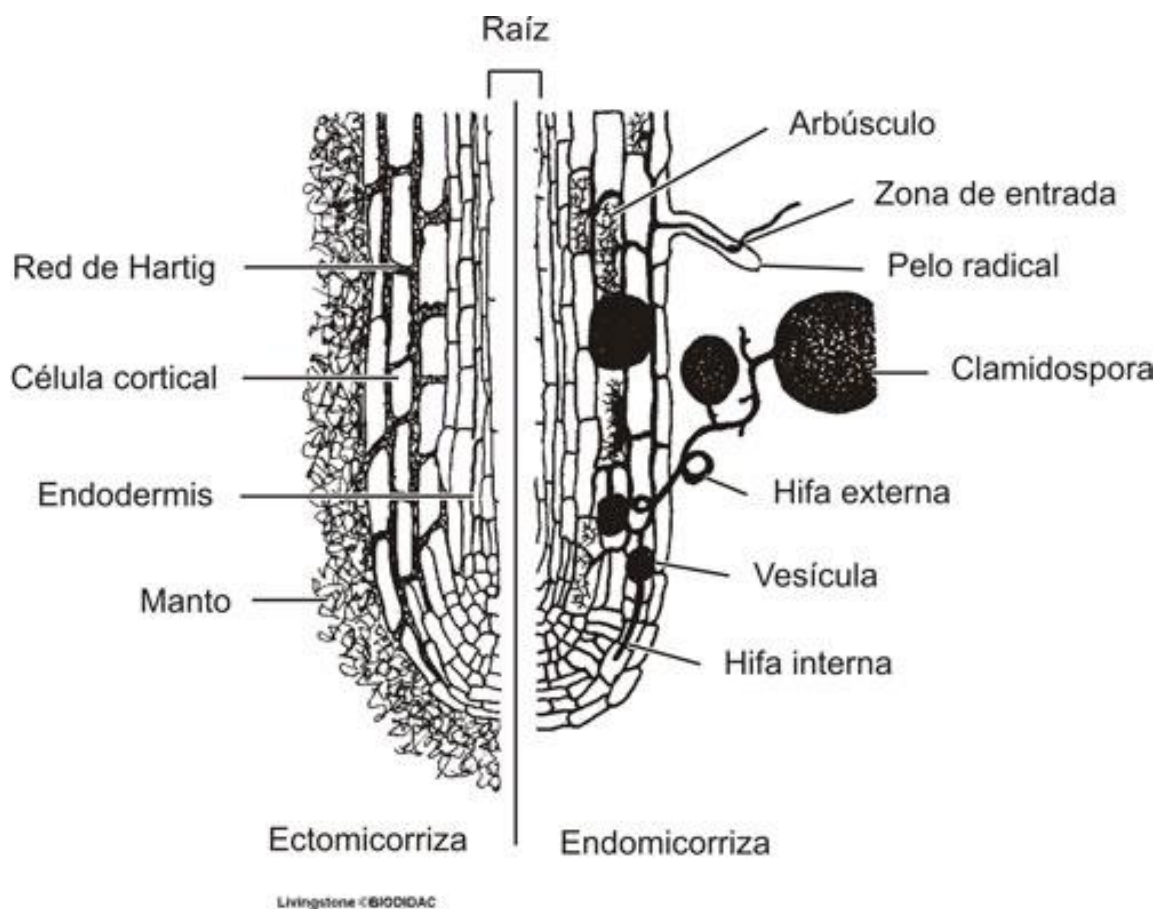


Figura 7.- Diferencias estructurales entre ectomicorriza y endomicorriza (Fuente Asturnatura, 2015)

De acuerdo con Barea *et al.*, 1991), las micorrizas realizan las siguientes acciones en los sistemas suelo-planta

Las micorrizas mejoran el enraizamiento de las plantas, actividad basada en la producción por los hongos de hormonas, vitaminas y otras sustancias fitoactivas. Incrementan el suministro de nutrientes a las plantas, efecto que deriva del protagonismo de los hongos micorrízicos en los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes en el sistema suelo-planta.

Mejoran la estructura del suelo, como consecuencia de la contribución de la micorriza en la formación de agregados estables y, por tanto, en la calidad del mismo.

Protegen a la planta frente a estreses bióticos y abióticos, actividad con la que la simbiosis micorrícica contribuye a los procesos de control biológico de patógenos, o a incrementar la resistencia/tolerancia de las plantas a salinidad, sequía, estados de deficiencia en nutrientes, exceso de metales pesados, degradación del suelo, etc.

Favorecen la diversidad de las comunidades de plantas y la sucesión vegetal, ya que cada planta muestra un nivel de compatibilidad mayor con determinados ecotipos de hongos micorrízicos, por lo que la conservación de la diversidad de estos hongos, beneficia la diversidad y sucesión de las plantas (Barea et al., 1991)

15. Azospirillum

Azospirillum es una bacteria Gram negativa, de vida libre, fijadora de nitrógeno y asociada a la rizósfera de plantas. Tiene un metabolismo carbonado y nitrogenado muy versátil, lo que le permite adaptarse y establecerse en la rizosfera como fuente nitrogenada, ya que *Azospirillum* puede utilizar como sustratos a, amonio, nitrato, nitrito, aminoácidos y nitrógeno molecular y en condiciones desfavorables, tales como desecación y carencia de nutrientes, puede enquistarse, recubriéndose de una capa de polisacáridos que sirven a la bacteria de reserva de fuente carbonada. *Azospirillum* es una bacteria móvil, con presencia de flagelos que le proporcionan la movilidad necesaria para dirigirse hacia lugares donde la presencia de nutrientes sea más favorable (Dobbelaere et al., 2001). Numerosos estudios destacan la

capacidad de *Azospirillum* para estimular el crecimiento vegetal, la producción de las cosechas y el contenido en N de las plantas (Dobbelaere *et al.*, 2001). Este efecto estimulante se ha atribuido a diversos mecanismos, entre los cuales se encuentran la fijación de N y la producción de auxinas. De hecho, tiene en mayor consideración la producción de sustancias promotoras del crecimiento y el incremento en la tasa de adquisición de nutrientes por las raíces. Se ha observado que tras la inoculación de la bacteria, el sistema radical sufre un cambio en la morfología debido a la producción de estas sustancias promotoras del crecimiento. El número de raíces secundarias y pelos radicales se incrementa, produciendo un aumento en el área explorada del suelo y mejorando de esta forma la tasa de adquisición de nutrientes. Para que este efecto se produzca de manera concreta, la bacteria debe secretarlas lo más cerca posible de la raíz. La asociación con las raíces sólo puede tener éxito si es capaz de mantener una población significativa en el entorno rizosférico (Steenhoudt *et al.*, 2000).

Se sabe que las diferentes especies de *Azospirillum* son capaces de producir hormonas vegetales, incluido el etileno poliaminas y aminoácidos (Bashan *et al.*, 1979; Strzelczyk *et al.*, 1994; Thuler *et al.*, 2003; Bashan *et al.*, 2004) además inducen la producción de auxilias citoquinas y giberelinas que son sustancias reguladoras del crecimiento. (Okon, 1986; Fallik, 1994).

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción y calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* cultivada en dos sustratos e inoculada con *Azospirillum brasilense*, hongos endomicorrízicos y su combinación, como tecnología de manejo para la propagación de la especie.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

Objetivo 1: Evaluar el efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrollado en dos sustratos, en cuanto a la producción de materia seca, porcentajes de carbohidratos totales, FDN (Fibra detergente neutro) y FDA (Fibra detergente acida), Proteína cruda, extracto etéreo y contenido de micro y macro nutrientes, como indicadores de calidad forrajera.

Hipótesis 1: El uso de *Azospirillum brasilense* incrementa la biomasa, volumen radicular y contenido de proteína del pasto independientemente del tipo de sustrato.

Objetivo 2: Evaluar el efecto de la inoculación con hongos endomicorrízicos en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrollado en dos sustratos, en cuanto a la producción de materia seca, porcentajes de carbohidratos totales, FDN (Fibra detergente neutro) y FDA (Fibra detergente acida), proteína cruda, extracto etéreo y contenido de micro y macro nutrientes, como indicadores de calidad forrajera.

Hipótesis 2: El uso de hongos endomicorrízicos incrementa la biomasa, volumen radicular de los pastos y contenido de proteína independientemente del tipo de sustrato.

Objetivo 3: Evaluar el efecto de la mezcla de inóculo de *Azospirillum* y hongos endomicorrízicos en la producción la producción de materia seca, porcentajes de carbohidratos totales, FDN (Fibra detergente neutro) y FDA (Fibra detergente acida), proteína cruda, extracto etéreo y contenido de micro y macro nutrientes, como indicadores de calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrollado en dos sustratos.

Hipótesis 3: Existe interacción de la mezcla de bacterias y hongos endomicorrizicos en el desarrollo y calidad forrajera del pasto cultivado en dos sustratos.

Objetivo 4: Evaluar el efecto del sustrato en el desarrollo y calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* y su interacción con la eficacia de los inóculos.

Hipótesis 4: La respuesta del pasto al inóculo sólo o mezclado es dependiente del sustrato en el que se desarrolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló en un invernadero rústico del departamento de suelos de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), que se localiza en el kilómetro 38.5 de la carretera México-Texcoco. El invernadero no cuenta con sistemas para controlar variables como la temperatura o la humedad relativa (en la parte donde se estableció el experimento) está construido de vidrio y enalado por fuera para disminuir la temperatura interior.

2. METODOLOGIA

Se establecieron ocho tratamientos (Cuadro 4) en charolas de polipropileno de 25 tubetes con una capacidad de 130 mm³ por tubete cada charola constituyó una Unidad Experimental (UE) y cada tubete una repetición (25 repeticiones/tratamiento). Se probaron dos fuentes de sustratos suelo de la región y suelo con 15 % de composta de acículas de pino y 35% de tezontle (que denominaremos sustrato para fines prácticos) conforme a lo especificado en el cuadro 4. El suelo se recolectó en el campo experimental “La Siberia” de la UACH y fue y cernido para eliminar residuos (palos, piedras).

Cuadro 5 .- Relación de los tratamientos establecidos.

Tratamiento	Sustrato	Bacteria u hongo	Abreviatura y descripción
1	Suelo	No	SSM: Suelo sin microorganismos
2	Suelo	<i>Azospirillum brasilense</i>	S+Az: Suelo inoculado con <i>Azospirillum</i>
3	Suelo	<i>Glomus spp</i> (Endospor)	S+He: Suelo inoculado con Hongo ectomicorrízico
4	Suelo	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus spp</i> (Endospor)	S+Az+He: Suelo inoculado con <i>Azospirillum</i> y Hongo

Tratamiento	Sustrato	Bacteria u hongo	Abreviatura y descripción
5	Composta*	No	CoSM: Sustrato sin
6	Composta*	<i>Azospirillum brasilense</i>	Co+Az: Sustrato inoculado con <i>Azospirillum</i>
7	Composta*	<i>Glomus spp</i> (Endospor)	Co+He: Sustrato inoculado con Hongo ectomicorrizico
8	Sustrato*	<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus spp</i>	Co+Az+He: Sustrato inoculado con <i>Azospirillum</i> y hongo

*Sustrato compuesto de 50% suelo de la región, 35% tezontle y 15% composta de acícula de pino

Se estimaron los contenidos de micro y macro nutrientes (Cuadro 5) del suelo y la composta de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana 021, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreos y análisis.

Cuadro 6.- Aportación de micro y macro nutrientes de los sustratos utilizados en el experimento de acuerdo al análisis realizado.

Elemento	Suelo	Composta
Materia orgánica (%)	1.4086	
Nitrógeno inorgánico (ppm)	0	
Fósforo olce (ppm)	1	
Potasio (me/100 gr)	0.795075	0.49625
Calcio (me/100 gr)	8.645	0.5434375
Mercurio (me/100 gr)	3.166	0.2665625
Hierro (ppm)	1.14	3562.625
Magnesio (ppm)	5.66	100.25
Zinc (ppm)	3.188	46.75
Cobre (ppm)	0.288	17.625
Boro (ppm)	0	
Capacidad de Intercambio Catiónico (me/100 gr)	17.75	
pH (1:2)	7.3	
Conductividad eléctrica (1:5)		
Sílice (ppm)		
Densidad aparente (g/cm ³)	1.0114	

Posteriormente el suelo fue fertilizado de acuerdo a las características que presentó el análisis. La dosis de fertilización se aumentó 5 veces para eliminar el efecto contenedor para el elemento nitrógeno se aumentó 3 veces en el caso del suelo con la finalidad de promover la activación de *Azospirillum* (Cuadro 6)

Cuadro 7.- Programa de fertilización empleado de acuerdo al aporte de nutrientes de cada tipo de sustrato utilizado

Elemento	Requerimientos de nutrientes kg/ha	Fuente	% del elemento en el fertilizante	Cantidad requerida de fertilizante en gr/ha	Fertilizante para una charola de sustrato (gr)
N	120	Urea	46	260869.6	1.18811881
P	200	superfosfato simple 20% P ₂ O ₅	20	1000000.0	4.55445545
K	62.5	Sulfato de potasio 50% K ₂ O	50	125000.0	0.56930693
Fe	24.5	sulfato ferroso 20 % de Fe	20	122500.0	0.55792079
Mg	28.5	Sulfato de Manganeso 20 % mg	20	142500.0	0.6490099
Zn	23.5	Sulfato de Zinc 35 % de zinc	35	67142.9	0.30579915
B	7.5	ácido bórico 22 % de boro	22	34090.9	0.15526553

Una vez fertilizados los sustratos, se pesaron 7 kg de suelo para cada tratamiento los tratamientos del 1 al 4 se establecieron en el suelo y del cinco al ocho en la composta (sustrato constituido por 50 % suelo, 15%composta de acícula de pino y 35 %tezontle) conforme al cuadro 4.

Para los tratamientos con *Azospirillum* se utilizó una proporción de un mililitro por tubete, que se disolvió en 2.5 litros de agua del riego.

Para los tratamientos inoculados con los hongos, se utilizó el producto comercial Endospor que es un conjunto de hongos endomicorrízicos (Cuadro 7) a una proporción de 10 gramos por cada kilogramo de sustrato, para lo cual se pesaron 7

kg de sustrato (suelo y sustrato composta) a los cuales se les agregó 70 gr del producto en seco a cada tratamiento y se mezcló uniformemente para realizar el llenado de los tubetes y por último se regaron.

Cuadro 8.-contenido del producto “Endospor”

Fuente y cantidad
Propágulos de hongos endomicorrízicos (mínimo 33/g): <i>Gigaspora margarita</i> ; <i>Glomus mosseae</i> , <i>G. clarum</i> , <i>G. desertícola</i> , <i>G. etuncatum</i> , <i>G. brasilianum</i> , <i>G. intradadices</i> .
Bacterias benéficas: Aproximadamente 225,000 UFC/g. Más de 60 cepas fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y promotoras de crecimiento: <i>Trichoderma</i> , <i>Gliocladium</i> (hongos), <i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>Gliocladium virens</i> : 338.000 UFC/g
Vitaminas promotoras del crecimiento: Biotina, ácido fólico, B. B2. B3, B6, B7, B12, C, K
Aminoácidos, Proteína vegetal y de animales.
Extracto de yuca y alga: <i>Yuca schidigera</i> , <i>Ascophyllum nodosum</i>
Azúcares naturales: Dextrosa

Para inocular los tratamientos con la mezcla de hongos y bacterias, primero se pesaron siete kilogramos de suelo y 7kg de sustrato composta a los cuales se les agregaron 70 gramos de Endospor por cada tratamiento, se mezclaron uniformemente y posteriormente se realizó el llenado de los tubetes correspondientes para después realizar la inoculación del *Azospirillum* a través del riego en una proporción de 25 mililitros de *Azospirillum* en 2.5 litros de agua para cada tratamiento.

La instalación de experimento se realizó durante los días 23 y 24 de mayo que consistió en la inoculación conforme al proceso mencionado anteriormente aplicando riegos frecuentes a partir de esta fecha con forme se requirió.

El día 24 de junio se realizó una segunda aplicación de *Azospirillum* y endospor en el agua de riego.

Finalmente se cosecharon los pastos el día del 4 al 12 de agosto, creando por tratamiento cuatro muestras compuestas, formadas de dos unidades experimentales al azar, se lavaron raíces para desacerse del sustrato y una vez

libres de sustrato, se enjuagaron en un tren de: agua, solución de HCl 0.1, agua destilada y agua desionizada, se secaron en estufa hasta obtener peso constante y se molieron con malla 40 en un molino de acero inoxidable.

2.1 VARIABLES ESTIMADAS

Para cada uno de los tratamientos se estimaron las variables: **Peso fresco total** con una balanza gravimétrica electrónica y **volumen radicular** por desplazamiento de agua en una probeta

Se realizó el análisis proximal en el laboratorio de forajes ubicado en el departamento de zootecnia y el análisis mineral de los pastos en el laboratorio de Química de suelos ubicado en el departamento de Suelos.

Para determinar el contenido de materia seca y humedad, se utilizó la técnica análisis proximal de wende (1984) basada en la evaporación total del agua mediante cajas de aluminio para humear en las que se pesó por triplicado 1 g de muestra de pasto y se puso en la estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 24

Se realizó la determinación de **carbohidratos totales** (CT) en el laboratorio de microbiología del Departamento de zootecnia acuerdo al método Dubois *et al* (1956).

Las Cenizas (Ce) se consideraron como el residuo inorgánico que resulta de incinerar el alimento a 550°; Lo que se combustiona es la materia orgánica (MO), de modo que **materia seca (MS)** = MO + cenizas. Esta fracción contiene los minerales y el sílice. Esta determinación se realizó por triplicado con la técnica análisis proximal de wende (1984)

Se determinó el **extracto etéreo (EE)** que es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A,D,E,K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realizó con

la técnica análisis proximal de wende (1984) mediante un extractor denominado Soxhlet. que se funda en la extracción continua mediante calor de todas las sustancias solubles en eter dietilico provenientes de una muestra seca; la determinación se realizó por duplicado en el laboratorio de nutrición de rumieantes del departamento de zootecnia.

Para la determinación de **Nitrogeno** total se utilizó el método Macroheldahal (Castillo *et al*, 2007) que se basa en las siguientes reacciones el nitrógeno es oxidado a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ por igestion con H_2SO_4 concentrado. Lo digerido se alcaliniza con NaOH concentrado y el NH_3 es destilado y colectado en una solución de ácido bórico al 4%. El borato de amonio producido es titulado con HCl estándar. La cantidad de nitrógeno obtenido es multiplicada por el factor 6.25 para llegar al **contenido de proteína cruda** de la muestra y significa que cada unidad de nitrógeno esta contenida en 6.25 unidades de proteína. En esta fracción se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) como aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc. NO_3^- y NO_2^- también son NNP pero no se detectan por Kjeldahl.

Se determinó el contenido de **Fibra detergente neutro(FDN) o paredes celulares y fibra detergente acido(FDA)** mediante el metodo Van soest (1994) por triplicado hirviendo a reflujo con detergente neutro (sulfato lauril sódico y ácido etilendiaminotetraacético, EDTA) o acido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio

Este método permite obtener una fracción soluble, la cual resulta ser casi completamente digestible para rumiantes. Este hecho es muy interesante porque las características de solubilidad en el detergente neutro coinciden con la alta disponibilidad nutritiva. La fracción insoluble es prácticamente indigestible en no rumientes pero en rumientes es parcialmente digestible.

Por ultimo se realizó un análisis vegetal de los micro y macronutrientes encontrados en los pastos en el laboratorio de química de suelos de la UACH segun la técnica

se digestaron las muestra con una mezcla de ácido nítrico/ácido perclórico (relación 4:2), para después realizar la determinación del **Ca, Mg y los micronutrientes S, Fe,Mn,Cu,Zn**, por espectrofotometría de absorción atómica, **el fósforo** se determinó por el método de planimetría(Olsen) y el **Boro** por Azometina-H y determinación en espectrofotómetro de luz.

3. ANALISIS ESTADÍSTICO

Se diseñó un experimento completamente al azar con arreglo factorial 2*4 cuyos factores analizados fueron el tipo de sustrato y el tipo de inoculante (bacteria y hongo). Se analizó la significancia del modelo mediante un analisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1999) así como una prueba de Tuckey para comparar las diferencias en los valores medios de los tratamientos .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. EFECTO DEL SUSTRATO Y DE LOS MICROORGANISMOS EN LA CALIDAD DEL FORRAJE

Se observo que el factor sustrato y sus niveles (tipo de sustratos utilizados:suelo y composta) influenciaron los contenidos de Fibra detergente ácido (FDA), cenizas (Ce) y Extracto etéreo (EE) (Cuadro 9).

El factor microorganismo en sus diferentes niveles de microorganismos utilizados: afectaron el porcentaje de de carbohidratos totales (CT), Proteína cruda (PC), Fibras Detergente Neutro y Detergente Ácido (FDN y FDA), Cenizas (Ce), volumen radical y Extracto etéreo (EE) (Cuadro 9).

Así mismo la interacción de los diferentes niveles de microorganismos con los diferentes niveles en sustratos (suelo y composta) afectaron el contenido de materia seca, CT, PC y EE. (Cuadro 9).

Cuadro 9.-Significancia de los factores evaluados y sus niveles sobre la calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*

Fuente	MS ^z	contenidos de CT	Proteína cruda	FDN	FDA	Cenizas	Extracto etéreo	Vol radical
Sustrato	<0.0001	0.2519	0.89	0.244	0.003	0.0469	0.0036	0.005
Microorganismo	0.0554	<.0001	0.0013	0.306	<0.0001	0.0078	<0.001	0.0181
Interacción	<0.0001	0.0004	0.044	0.322	0.350	0.062	0.604	.2469
CV^z (%)	4.49	9.15	11.27	5.496	3.25	4.43	17.32	23.039

MS= materia seca; **CT**= carbohidratos totales, **FDN**=fibra detergente neutro, **FDA**= fibra detergente ácido y **Vol. radical**= Volumen radical

A continuación se discuten estos efectos para cada variable evaluada, haciendo la aclaración que para fines prácticos se denomina como **composta** (Co) al sustrato compuesto por composta de acícula de pino (15%), tezontle(35%) y suelo(50%) y se denominará mezcla a los tratamientos inoculados con la mezcla de *Azospirillum* y hongos ectomicorrízicos.

1.1 Producción de materia seca (MS)

Para la producción de materia seca se observó que si hay efecto en el tipo de sustrato que se utilizó, resultando la composta como el más eficiente para la producción de esta variable.

En cuanto al tipo de microorganismo utilizado no se observaron diferencias significativas pero el mejor microorganismo para la producción de MS fue *Azospirillum* y el que generó los más bajos porcentajes de MS fue el testigo.

La interacción entre el tipo de sustrato con los microorganismos usados en el experimento afectaron la producción de Materia seca MS.

El mejor resultado de interacción sustrato microorganismo para incrementar la producción de MS fue la composta inoculada con *Azospirillum* (Co+ Az 93.23 %). El valor observado en este tratamiento no fue estadísticamente diferente a los tratamientos en composta inoculados con Hongos ectomicorrízicos (CoHe+92.86 %) y el tratamiento con la mezcla composta con *Azospirillum* + hongo ectomicorrízico (Co+Az+He 92.9 %). El tratamiento en suelo sin inocular (SSM 92.58%) no resultó completamente diferente a los anteriores (Figura 8).

Mientras que el menor valor se observó en el tratamiento suelo inoculado con la mezcla (Az+He 91.82%) Esto concuerda con lo reportado por Sánchez *et al.* (2008), quienes obtuvieron que la inoculación combinada de los dos endófitos *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en invernadero mostró un efecto antagónico en trigo, semejante a lo señalado en otros estudios donde reportaron menor producción de elote (*Zea mays L.*) y de grano de sorgo con la inoculación combinada de *A. brasilense* y *G. intraradices*, comparada con la inoculación independiente de cada uno de los microorganismos (Mendoza *et al.*, 2004).

Así mismo en base a estos resultados, podemos concluir que el sustrato composta proveyó mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los pastos ya que como menciona Iskander (2002) se observa una mayor eficiencia en el crecimiento de las plantas en sustratos con mayor porosidad y mayor grosor en los poros que condicionan la aireación, retención de agua y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) ya que la composta tiene mayor porcentaje de materia orgánica y los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes es decir, la materia orgánica tienen carga negativa característica que le confiere capacidad para retener cationes como P, Ca, Mg, NH₄ y Na, lo que provee de mayor fertilidad en comparación con el suelo.

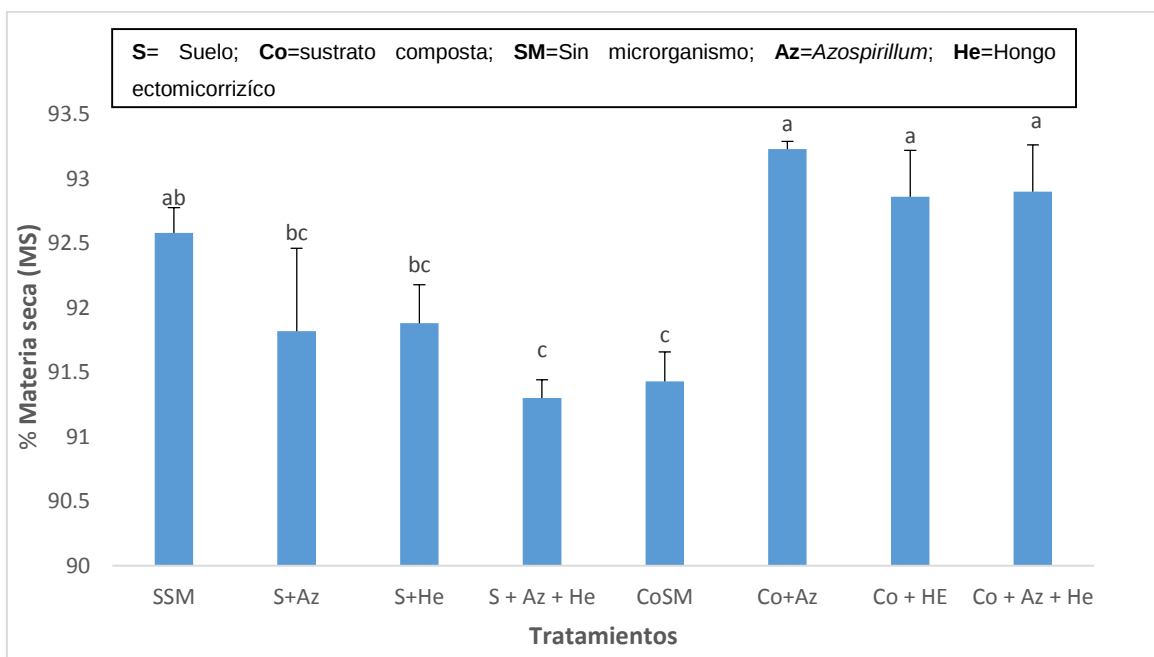


Figura 8.- Producción de materia seca en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* inoculadas con microorganismos y creciendo en dos sustratos

Se concluye que la inoculación de Az es la mejor para la producción de materia seca en el sustrato composta, sin embargo no se mostraron diferencias significativas con el hongo ectomicorrizico y con la mezcla de ambos. Para el caso del sustrato suelo no se recomienda realizar inoculación para promover el aumento en la materia seca de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*, ya que en el suelo sin inocular se obtuvieron los mayores porcentajes de materia seca, semejantes a los obtenidos en composta y superiores a los establecidos en suelos.

1.2 Contenido de carbohidratos totales (CT)

El tipo de sustrato no afecta la producción de carbohidratos totales en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*.

El tipo de microorganismo influye en la producción de carbohidratos totales, observándose la mayor producción en los tratamientos inoculados con los hongos ectomicorrizicos y la mezcla (Az+He) no se mostraron diferencias significativas entre ellos. *Azospirillum* produjo las menores cantidades de CT.

Para la interacción de microorganismos y sustrato, el tratamiento con las mayores concentraciones de carbohidratos totales se observaron en el sustrato con composta inoculado con hongos ectomicorrízicos (CoHe) 5.71 % seguidos del suelo sin microorganismo (SSM) 5.30%, mientras que el tratamiento Co+Az presentó los menores contenidos de CT(3.38%) (Figura 9).

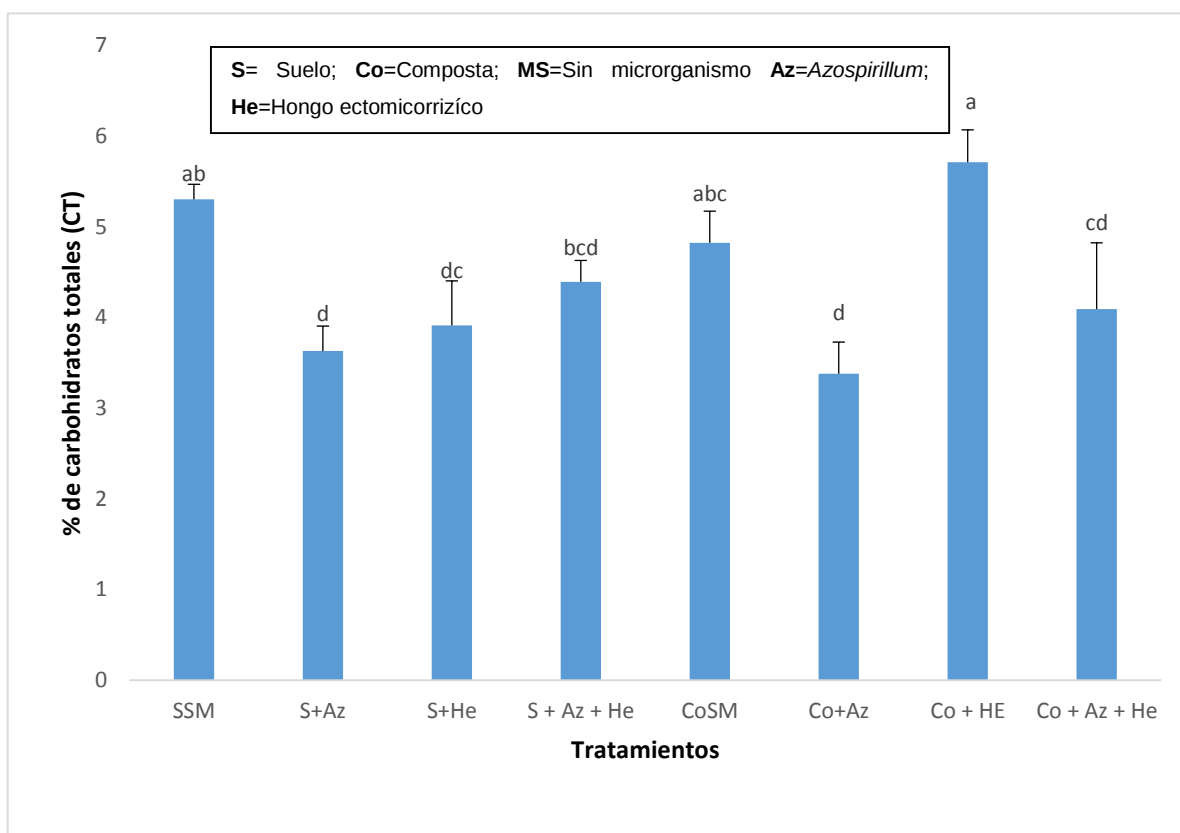


Figura 9.-Porcentaje de Carbohidratos totales en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* inoculados con microorganismos y creciendo en dos sustratos

A pesar de que no resultara significativo el efecto simple entre las plantas desarrolladas en suelo y comparadas con las desarrolladas en composta para esta variable(CT) en la interacción del microorganismo con el sustrato se observa un efecto del sustrato sobre la planta en cuanto a producción de CT, pues los pastos desarrollados en composta presentaron las mayores concentraciones de carbohidratos totales en comparación con las desarrolladas en suelo ya que el sustrato composta prove mejores condiciones para el desarrollo general de los

pastos por presentar mayor grosor de los poros debido a la adición del 35 % de tezontle y el 15 % de composta.

La respuesta obtenida de la interacción entre el sustrato y el microorganismo se debe a que el mutualismo supone una relación beneficiosa para ambos simbios: ya que al mismo tiempo que las micorrizas absorben azúcares de la raíz de las plantas, introducen nutrientes como el fósforo, nitrógeno, potasio, calcio, azufre, zinc, etc. en su sistema vascular, provocando efectos positivos en el crecimiento y desarrollo del pasto (Calvet *et al.*, 1999; Barea., 1991)

Como ya se mencionó en general el hongo suministra a la planta nutrientes minerales y agua que extrae del suelo, a través de su red externa de hifas, mientras que la planta proporciona al hongo carbohidratos producidos por la fotosíntesis (Calvet *et al.*, 1999).

Sin embargo se observaron grandes concentraciones de carbohidratos en suelo sin inocular en comparación con los tratamientos en suelo que se inocularon porque uno de los efectos de la inoculación es el incremento de la capacidad fotosintética de la planta para responder a la demanda de carbohidratos por los microorganismos, las micorrizas absorben glucosa, fructosa, sacarosa y las transforman en azúcares de reserva como el manitol por lo que el hongo no comparte ni compete por azúcares con la planta (Franco *et al.*, 2015) al igual que el en suelo sin inocular la planta no comparte carbohidratos con ningún microorganismo obteniendo como consecuencia altas cantidades de carbohidratos totales.

En el caso de los tratamientos inoculados con *Azospirillum* se observó que la baja concentración de carbohidratos totales se compensó con el efecto de la bacteria en el incremento de la materia seca, por lo tanto se concluye que la inoculación más eficiente para la producción de carbohidratos totales es con el hongo ectomicorrízico, ya que no merma la producción de carbohidratos totales y al igual que *Azospirillum* se manifiesta en producción de MS.

Para esta especie *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* no se recomienda la inoculación de microorganismos en suelo para la promoción de CT, ya que con el análisis se obtuvieron diferencias significativas menores en comparación con las concentraciones de CT producidas en el sustrato composta, recomendándose el uso de composta en pastos para la promoción de CT.

Esta evaluación resulta de gran importancia en cuanto a la determinación de la calidad del forraje, ya que esta fracción evaluada de carbohidratos representa a los carbohidratos no estructurales que son los más digestibles como azúcares, almidones, ácidos orgánicos y otros (Jung *et al.*, 1995). Así es de que podemos concluir que el microorganismo más eficiente para la producción de los carbohidratos no estructurales en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* son los hongos ectomicorrízicos.

1.3 Contenido de proteína cruda (PC)

El tipo de sustrato no influyó en la producción de proteína cruda. El contenido de PC estuvo influenciado por el tipo de inoculante utilizado mostrando los mejores resultados para los hongos ectomicorrízicos seguido por la mezcla de los endófitos (Az+He), con una menor eficiencia de proteína cruda se encuentra *Azospirillum*, los testigos sin inocular fueron los que obtuvieron los menores porcentajes de PC, por lo que se puede concluir que se recomienda la inoculación de pastos para el incremento de proteína, parámetro que incrementa directamente la calidad del forraje.

Para la interacción del sustrato con el microorganismo el tratamiento desarrollado en suelo e inoculado con hongos ectomicorrízicos obtuvo los mayores valores de PC 10.17% , seguido de la mezcla de *Azospirillum* con hongos ectomicorrízicos inoculados en suelo 9.95%,

entre estos dos tratamientos no se obtuvieron diferencias significativas y para las interacciones de los tratamientos con el sustrato composta del inoculado con el Hongo ectomicorrízico se obtuvieron 8.97 % de PC con la inoculación de la mezcla

de Az+He se obtuvo 8,72 % de PC y con *Azospirillum* 8.55 % de PC y por ultimo el tratamiento sin inocular en composta obtuvo un porcentaje de 7.63 de PC nos mostrando diferencias significativas entre estos tratamientos.

El tratamiento más ineficiente para la producción de PC fue el establecido en suelo inoculado con *Azospirillum* con 6.80 % de PC y el suelo sin inocular con 6.89 % de PC (Figura 10)

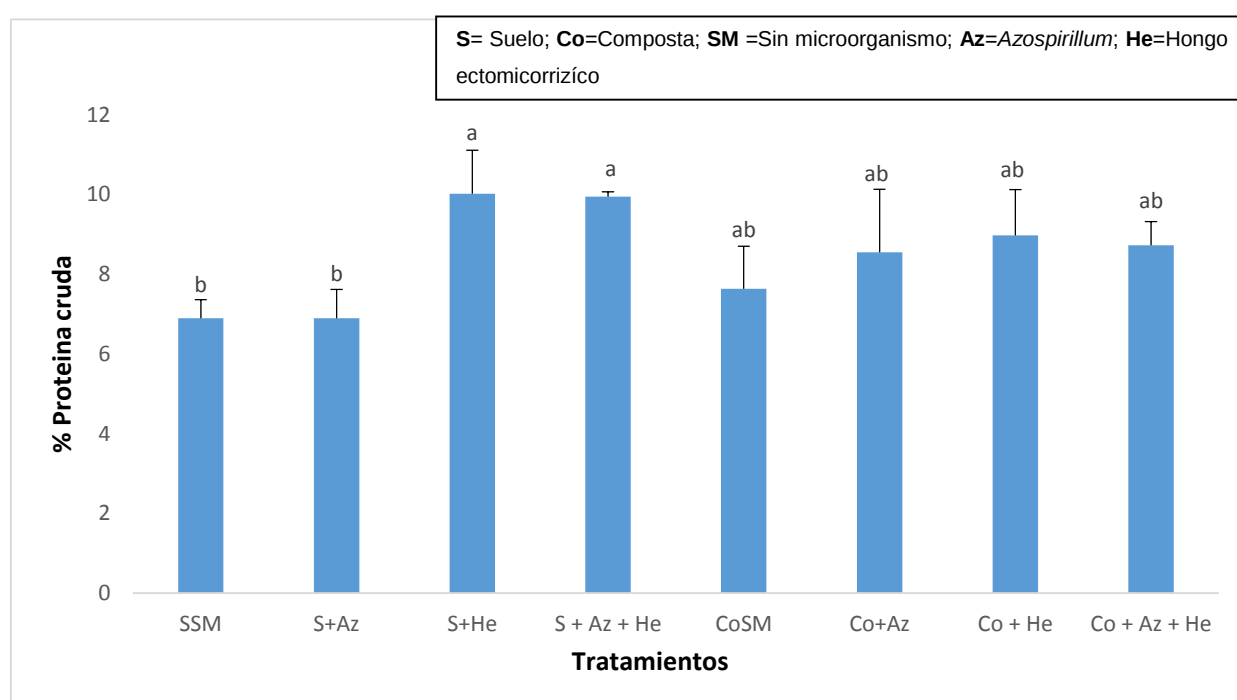


Figura 10 .- Porcentaje de Proteína cruda en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* inoculadas con microorganismos y creciendo en dos sustratos.

El aporte de proteínas se considera como un parámetro de calidad en los forrajes ya que representan energía digerible para el animal que la consume, en gramíneas tiene por lo general rangos que van desde el 3 % al 20 %, inclusive pueden ser mayores en plantas más jóvenes, y su contenido disminuye a medida que se desarrolla el pasto (Bogdan, 1997). Existe un nivel crítico de la proteína en el cual

se limita el consumo de los bovinos, en regiones tropicales por ejemplo está establecido en 7 % calculado en base seca (Milford et al., 1965).

1.4 Contenido de fibra detergente neutro (FDN)

Para la producción de FDN en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* no se observó ninguna interacción significativa entre los factores evaluados y la producción de FDN (sustrato, microorganismo y su interacción) sin embargo se obtuvieron resultados más altos en los tratamientos desarrollados en suelo al igual que en el nivel evaluado microorganismo, los tratamientos inoculados con la mezcla de microorganismos obtuvieron los porcentajes más altos en la producción de FDN.

En la interacción del sustrato con el microorganismos se obtuvieron los siguientes porcentajes de FDN: el más alto porcentaje de FDN se obtuvo en el tratamiento desarrollado en composta e inoculado con la mezcla de Az+He (71.01 %,) seguido del desarrollado en suelo e inoculado con *Azospirillum* (68.803 %), el siguiente fue el establecido en suelo inoculado con el hongo ectomicorrízico (68.7 %) y seguido por el establecido en suelo con la mezcla de Az + He (68.657 %) y los de menores porcentajes de FDA los presentaron los tratamientos en composta sin inocular(64.28%) y el establecido en composta inoculados con hongo ectomicorrízico (63.68 %) Figura 11.

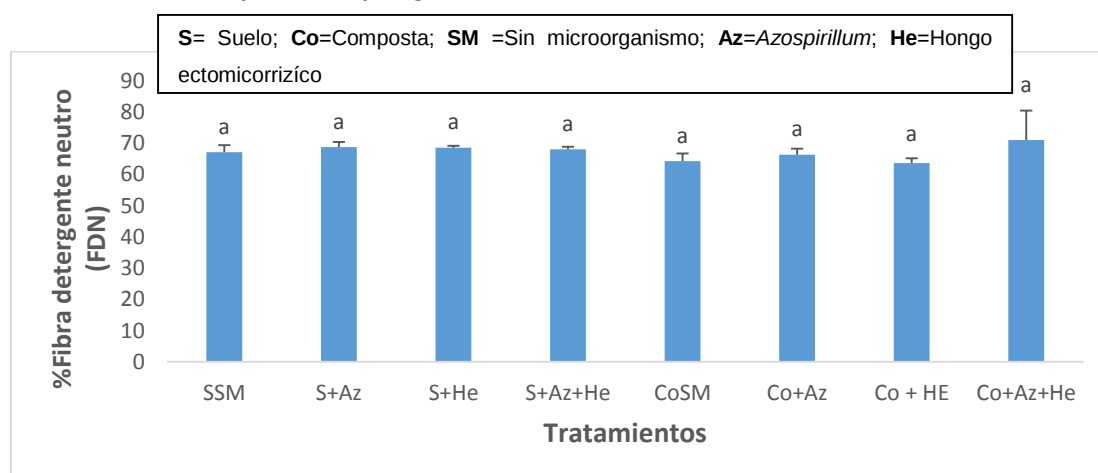


Figura 11.- Porcentaje de Fibra Detergente Neutro (FDN) en plantas *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

Se considera al contenido de FDN como el indicador de consumo en una especie forrajera ya que este metodo permite obtener una fracción soluble, la cual resulta ser completamente digestible para rumiantes y no rumiantes. Este hecho es muy interesante porque las características de solubilidad en el detergente neutro coinciden con la alta disponibilidad nutritiva. La fracción soluble es prácticamente indigestible en no rumiantes pero en rumiantes es parcialmente digestible. (Hernandez, 2010) cuando la FDN sube a mas del 65 % y la proteína baja a menos del 8% el forraje es considerado como de baja calidad (Dimarco, 2011) por lo que podemos concluir que *Eragrostis mexicana* es una especie de baja calidad.

La importancia de la FDA radica en que si el porcentaje de FDN aumenta el consumo de pasto por los rumiantes disminuye. (Dimarco, 2011).

1.5 Contenido de fibra detergente ácido (FDA)

Se observa un efecto en el tipo de sustrato en el que se desarrolló *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescen* resultando el suelo el que promueve los mayores porcentajes de FDA, por lo que para los fines de manejo que nos interesan es mejor utilizar el sustrato composta que nos permitirá obtener menores porcentajes en el contenido de FDA en la especie.

En cuanto al tipo de microorganismos sobre los porcentajes de FDA no se observaron efectos significativos.

En lo que respecta al efecto en la interacción del suelo con el microorganismo sobre los contenidos de FDA, se observó que los pastos establecidos en suelo e inoculados con *Azospirillum* mostraron los resultados más altos en el contenido de FDA (39.17%) seguidos por el suelo sin inocular (38.14 %) y por los establecidos en composta con Az (37.82 %) y composta sin inocular (37.77%) y los de menores valores fueron los inoculados con la mezcla en composta (Co+Az+He 34.31%) y los inoculados con hongos ectomicorrizícos en composta (33.28 %) Figura 12

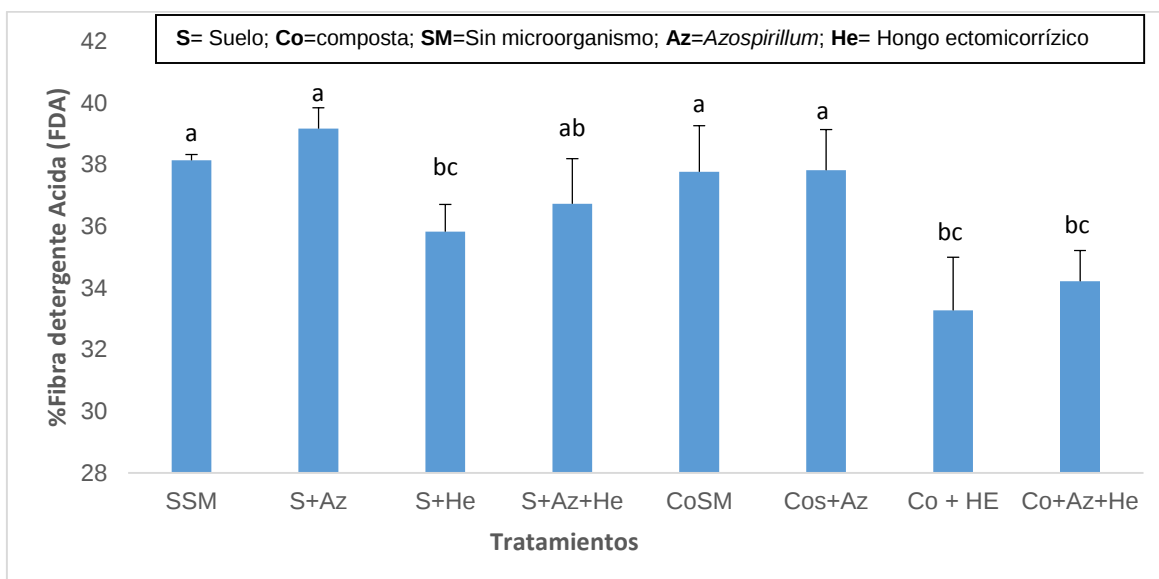


Figura 12.- Porcentaje de fibra detergente ácido (FDA) en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp virescens desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

Los tratamientos desarrollándose en sustrato composta e inoculados con He y la mezcla de Az+He fueron los mejores tratamientos para los fines de manejo que nos ocupan, ya que los contenidos de FDA y lignina se consideran como indicadores de la digestibilidad relativa del pasto (Di Marco, 2011). La importancia radica en que la FDN está inversamente correlacionada con la digestibilidad del forraje ya que está constituida por celulosa y lignina además de otros componentes como nitrógeno ligado a lignina y algunos minerales (Calsamiglia 1997, citado por Hernández 2010). La lignina en cuanto a la disponibilidad de nutrientes resulta insoluble y extremadamente resistente a la degradación enzimática. Por otra parte la lignina limita la disponibilidad de carbohidratos estructurales para los microorganismos ruminales, esta aumenta conforme a la madurez fenológica del pasto como aumento consecuente del ácido fenólico que es totalmente indigestible en el tubo digestivo de los rumiantes ejerciendo un efecto negativo sobre la digestión directa total (Van Soest, 1968).

1.6 Contenido de cenizas (Ce)

El tipo de sustrato no afectó la producción de cenizas, sin embargo aunque no hubo diferencias significativas los porcentajes más altos se obtuvieron en los tratamientos establecidos en suelo.

Se observó que el microorganismo más eficiente en la producción de cenizas resultó ser *Azospirillum* y el más ineficiente el hongo ectomicorrízico.

El microorganismo y su interacción afectaron los porcentajes de ceniza. Las plantas desarrolladas en suelo e inoculadas con *Azospirillum* obtuvieron el valor más alto en los porcentajes de cenizas (7.39%) seguidas de las establecidas en suelo sin inocular (7.1 %) sin diferencias significativas entre los tratamientos. Para el tratamiento establecido en suelo con la mezcla de Az+He se obtuvieron porcentajes de cenizas de 7.01% y no resultó diferente estadísticamente a los tratamientos establecidos en el sustrato sin microorganismo (6.68%), con *Azospirillum* (6.86%) y con hongo micorrizico (6.66%). El tratamiento que obtuvo el menor valor fue el establecido en suelo e inoculado con hongo ectomicorrízico (Figura 14).

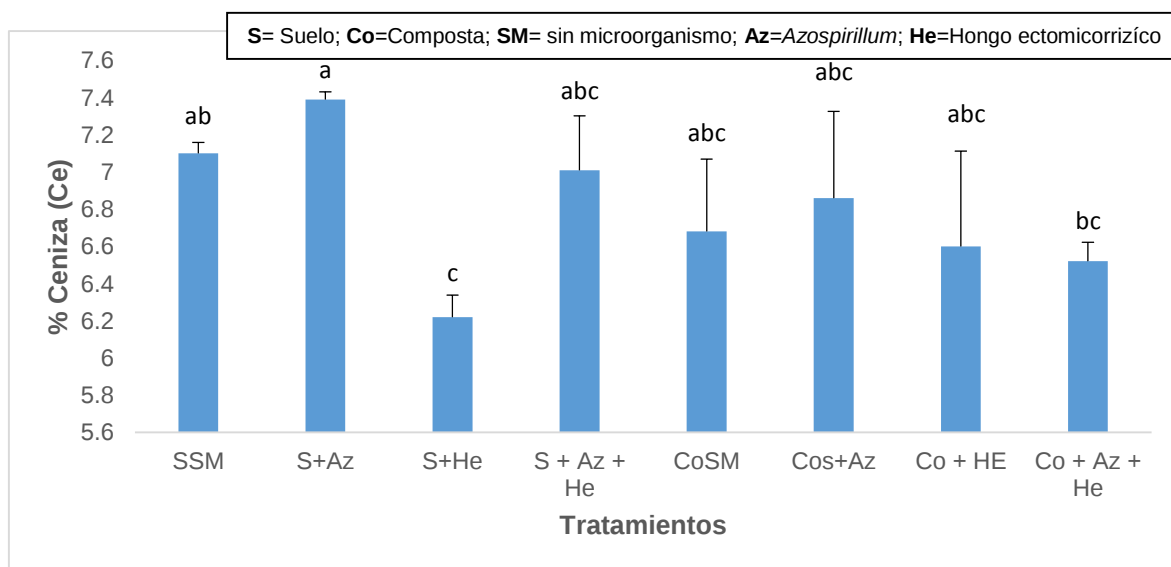


Figura 13.-Porcentaje de Cenizas (Ce) en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

El análisis de cenizas en los alimentos, es un parámetro de importancia desde el punto de vista económico y de calidad de las cualidades organolépticas y nutricionales. En el análisis representa el conjunto de minerales que no arden ni se evaporan (FAO, 2014) simbolizan a los únicos componentes de los alimentos que no se pueden oxidar en el organismo para producir energía; al contrario, de la materia orgánica que comprende los nutrientes (proteínas, carbohidratos y lípidos) que se pueden quemar (oxidar) en el organismo para obtener energía, (ULPGC, 2015), por lo que en base a esta determinación podemos concluir que el mejor tratamiento fue el establecido en el sustrato e inoculado con el hongo ectomicorrízico , ya que es el que resultó con el menor contenido de cenizas.

1.7 Contenido de extracto etéreo (EE)

Para esta variable evaluada se observó que existe un efecto significativo en el uso del sustrato, siendo el suelo el mayor promotor del extracto etéreo (3.59 %) en comparación con el sustrato de composta (2.82%).

En cuanto al efecto observado por el tipo de microorganismos el hongo ectomicorrízico resultó ser el más eficiente en la promoción del extracto etéreo, a diferencia del testigo que fue en el que se observaron las menores concentraciones de esta variable, con lo que podemos concluir que el uso de los hongos ectomicorrízicos promueve la producción de extracto etéreo.

Así mismo en la interacción del suelo con el microorganismo el tratamiento desarrollado en el suelo con la inoculación del hongo ectomicorrízico promueve el mayor porcentaje observado de extracto etéreo(8.66 %), seguido del tratamiento establecido en sustrato con composta e inoculado con la mezcla Az+He (3.38 %), en el sustrato composta inoculado con *Azospirillum* (Az co 2.96%) que resultó ser mejor que el establecido en suelo inoculado con la mezcla Az+He y el suelo sin inocular(1.56 %) y el inoculado con *Azospirillum* (1.65 %) fueron los tratamientos con las menores concentraciones de EE (Figura 14)

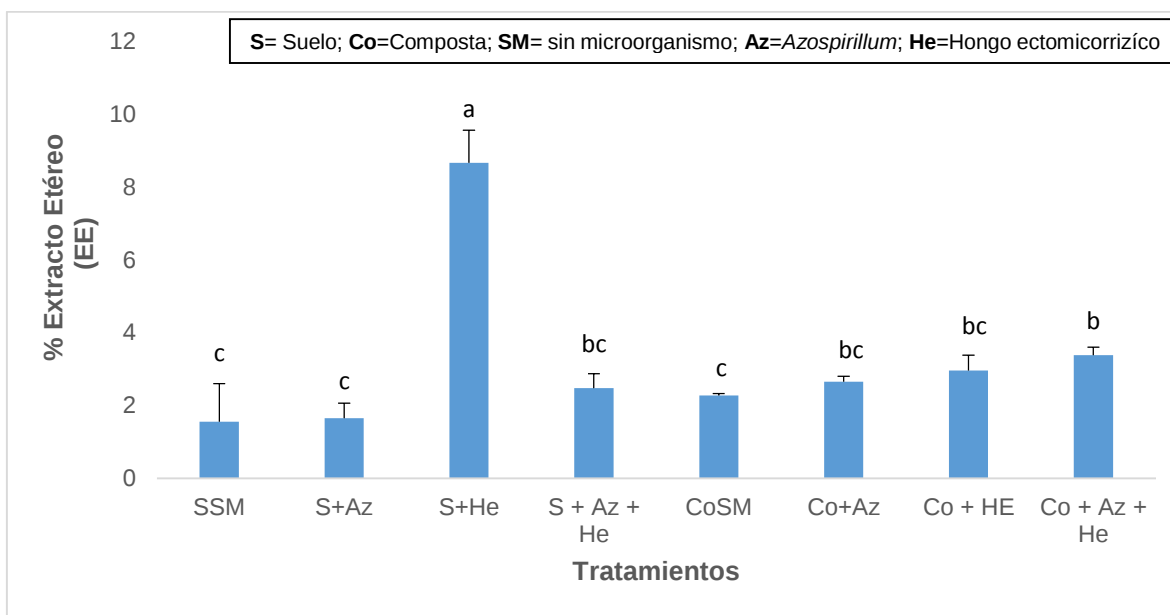


Figura 14 Porcentaje de extracto etéreo en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

Con base a los resultados anteriores se observó que el tratamiento establecido en suelo sin inocular fue el más ineficiente para esta variable ya que obtuvo los menores porcentajes de EE producido en plantas de *Eragrostis*.

Esto nos indica que aunque en el factor suelo evaluado individualmente se obtuvieron los mayores porcentajes de EE, en la interacción el sustrato composta provee las mejores condiciones para la el incremento del porcentaje de EE.

El extracto etéreo es importante en la evaluación de la calidad forrajera porque su disponibilidad para el animal es alta, ya que en promedio un gramo de grasa contiene la misma energía que 2.5 g de carbohidratos (Gasque, 2008)

Para el caso de la producción de extracto etéreo se concluye que el uso del sustrato composta inoculado con el hongo ectomicorrízicos promueve la producción de EE en pastos de *Eragrostis*.

1.8 Volumen radical

El tipo de sustrato y el tipo de microorganismos influyeron en el volumen radical, observándose mayor volumen radical en las plantas desarrolladas en el suelo (4.08 mm^3) en comparación con las desarrolladas en sustrato (2.70 mm^3).

Los microorganismos influyeron significativamente en la producción del volumen radical, siendo el nivel sin inocular el que mayor volumen radicular obtuvo (4.083 mm^3), seguido de la mezcla de Az+He (3.86 mm^3) y con la cual no se obtuvieron diferencias significativas; el hongo ectomicorrízicos (2.88 mm^3) se encontró con un volumen radical medio en comparación a los anteriores y el *Azospirillum* mostró el menor volumen radical (2.75 mm^3).

En cuanto a la interacción del suelo con los microorganismos la mayor producción de volumen radical se observó en el pasto que se desarrolló en suelo inoculado con la mezcla de los endófitos AZ + He (5.06 mm^3) seguido de los tratamientos: suelo sin microorganismo (4.33 mm^3) y composta sin microorganismo (3.83 mm^3), suelo con hongo ectomicorrízico (3.6 mm^3) y suelo con *Azospirillum* (3.33 mm^3) estos tratamientos no mostraron diferencias significativas entre ellos (Figura 15)

Con la evaluación del volumen radical, se busca inferir la efectividad del efecto de las micorrizas evaluadas, ya que, una consecuencia de la inoculación con los endófitos es promover el aumento en el volumen de la raíz lo que significa un aumento en la superficie de absorción y como consecuencia una mejora del crecimiento del pasto por la capacidad de absorber y solubilizar selectivamente ciertos nutrientes, especialmente el fósforo y algunos minerales normalmente insolubles, (Barea et al.,1991).

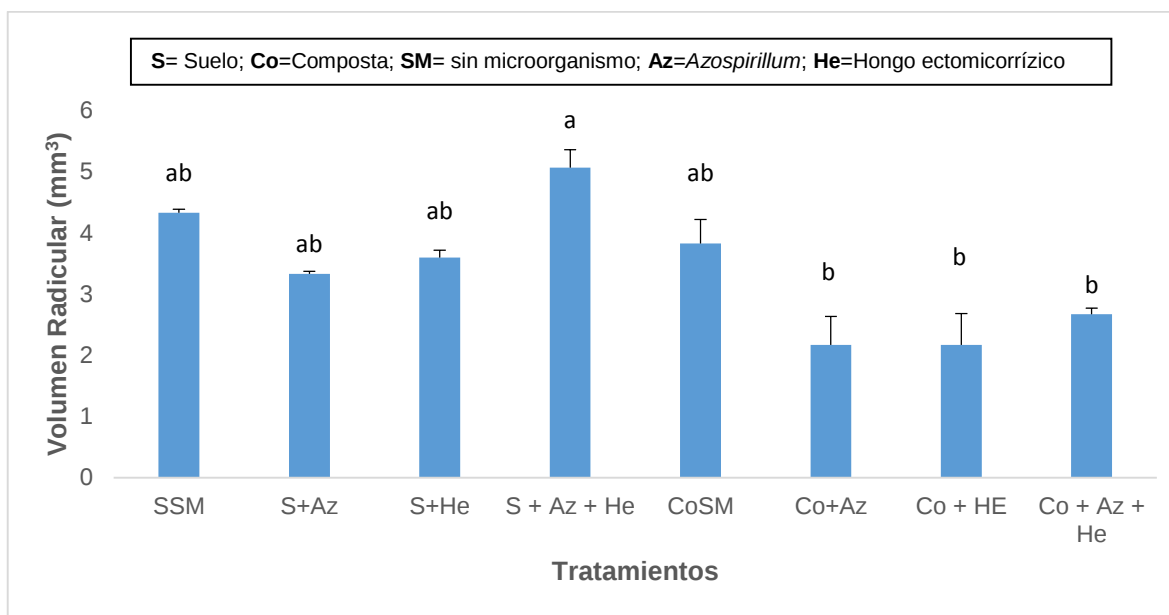


Figura 15.-Volumen radicular en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

De acuerdo con Gonzales *et al.* (2005) a medida que disminuyen los niveles de materia orgánica incorporados, se incrementa la efectividad de los biofertilizantes, en este caso, el suelo tenía un porcentaje de materia orgánica de 1.4% mientras que en el sustrato con composta se agregó un 15 lo que posiblemente explica la reducción en la efectividad de los microorganismos. Por otra parte, el pasto se adapta a condiciones limitadas de humedad y nutrientes ya que es una especie oportunista que se establece en área degradada (Rzedowski *et al.* (2004), características que pudieron haber influido en la falta de respuesta a la inoculación.

1.9 Peso fresco total

Para esta variable se observó diferencia significativa en el uso de sustrato, siendo el mejor el sustrato con composta, en cuanto al efecto causado por los microorganismos el mejor fue la mezcla (Az+He) seguido del hongo ectomicorrízico y sin microorganismo, resultando como más ineficiente el *Azospirillum* para producción de peso fresco total.

Para la interacción sustrato con microorganismo el mejor tratamiento fue el hongo ectomicorrízico en el sustrato composta (37.120 g), seguido de la mezcla inoculada en el sustrato composta (33.52 g), la inoculación de la mezcla en suelo (33.28g) y sustrato composta sin inocular (32.52 g) entre estos tratamientos no hubo diferencias significativas y se observaron los valores de peso fresco total en suelo sin inocular 16.23 g), *Azospirillum* inoculado en suelo (17.11g) entre estos tratamientos no se observaron diferencias significativas (Figura 16)

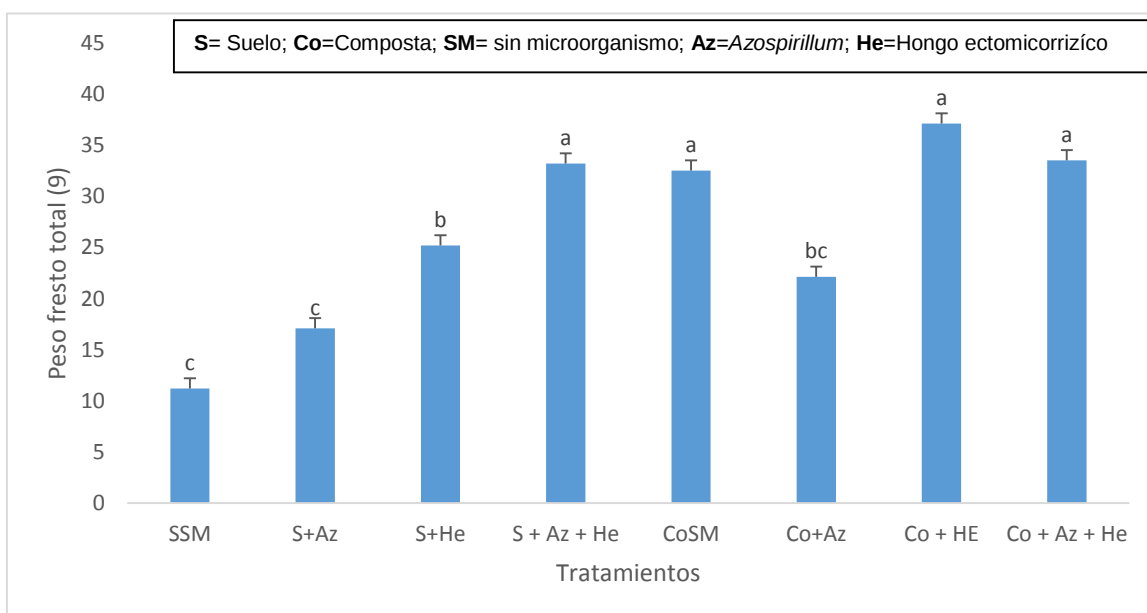


Figura 16.-Peso fresco total en plantas de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

Se observó mayor producción del peso fresco del pasto en el sustrato composta, ya que como se mencionó con anterioridad este sustrato proveyó las mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los pastos ya que como menciona Iskander (2002) se observa una mayor eficiencia en el crecimiento de las plantas en sustratos con mayor porosidad y mayor grosor en los poros que condicionan la aireación, retención de agua y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) ya que la composta tiene mayor porcentaje de materia orgánica y los sitios de intercambio de la materia orgánica, solo enlazan en forma débil a los cationes es decir, la materia orgánica tienen carga negativa característica que le confiere capacidad para retener

cationes como P, Ca, Mg, NH₄ y Na, lo que provee de mayor fertilidad en comparación con el suelo.

2. EFECTO DEL SUSTRATO Y DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE EL CONTENIDO MINERAL

Del análisis para evaluar el efecto del sustrato y los microorganismos en los contenidos de micro y macro nutrientes en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* se observó que el tipo de sustrato utilizado para el desarrollo del pasto influyó significativamente en los valores de Zinc (Zn), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y fósforo (P). Los microorganismos afectaron la acumulación de Cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y fósforo (P) en la planta. En la interacción entre sustrato y microorganismo se observó efecto en hierro (Fe), manganeso (Mg), calcio (Ca), y fósforo (P) **CUADRO 10.**

Cuadro 10.- Significancia de los factores evaluados y sus niveles sobre la calidad nutricional de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens*

Fuente	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu
microorganismos	0.001	0.004	<0.0001	0.028	0.54	0.12	0.14	0.12	0.0054	0.47
sustrato	0.0104	0.066	<0.0001	<.0001	0.27	0.2	0.78	0.33	0.77	0.35
interacción	0.882	0.17	0.0055	0.046	0.07	0.027	<.0001	0.02	0.22	0.34
CVz (%)	14.43	13.14	10.618	12.64	12.91	35.8	26	17.7	7.8	67.4

A continuación se discuten estos efectos para cada variable evaluada

Haciendo la aclaración que para fines practicos se denomina como **composta** (Co) al sustrato compuesto por composta de acicula de pino (15%), tezontle(35%) y

suelo(50%) y mezcla a la inoculación de *Azospirillum* con hongo ectomicorrízico Az+He.

2.1Contenido de fósforo (P)

Para el caso del contenido de fósforo se observaron diferencias significativas por el efecto del sustrato, resultando más eficiente el acceso a este nutriente en las plantas establecidas en composta que las establecidas en suelo.

Fué el *Azospirillum* el microorganismo que más influyó en la disponibilidad de fósforo seguido del testigo entre los cuales no hubo diferencias significativas y resultando ser el hongo ectomicorrízico el más ineficiente en la concentración de fósforo.

En la interacción suelo microorganismos la composta inoculada con Az fue el que mostró el porcentaje de fósforo más alto (0.272%), seguido del *Azospirillum* inoculado en suelo (0.261 %) y resultando ser el suelo con el hongo ectomicorrízico el microorganismos más ineficiente para la concentración de fosforo (Figura 17).

El fosforo se mueve en el suelo por difusión, para este elemento es un proceso lento que abarca distancias relativamente cortas comparado con nitratos y cloruros el fosforo es prácticamente inmóvil (Kass *et al.*, 1996). Por lo que se observó mayor acumulación de fósforo en el sustrato composta, esto puede atribuirse a que la cantidad de fósforo disponible aumenta cuándo hay descomposición de materia orgánica, causando una mayor acumulación en tejido vegetal (Balota, 1996).

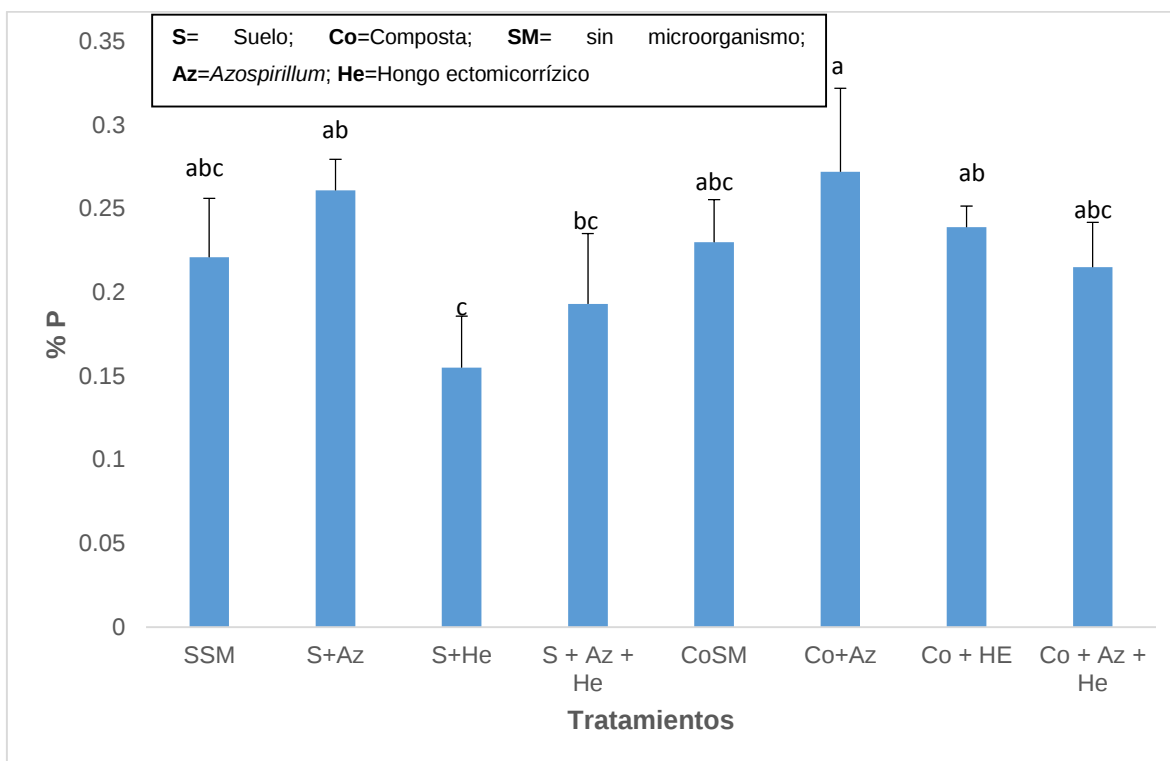


Figura 17.-Contenido de fósforo en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

2.2 Contenido de potasio (K)

El contenido de potasio en el pasto fue influenciado por el tipo de microorganismo y el sustrato (cuadro 10), observándose mejores resultados en la composta (1.284 %) que en el suelo (1.118%).

El microorganismo que promovió mayor aporte de K fue el hongo ectomicorrízico y en el que se obtuvieron las menores concentraciones del elemento fue con los inoculados con *Azospirillum*.

De la interacción del sustrato con el microorganismo y el tratamiento en el que se obtuvieron las mayores concentraciones del elemento fue el desarrollado en el sustrato composta inoculado con el hongo ectomicorrízico (1.50%) seguido del establecido en suelo con el hongo ectomicorrízico (1.28 %), al contrario del

establecido en suelo inoculado con Az con el cual se obtuvieron las menores concentraciones de este elemento, (1.75%) (Figura 18), por lo que se puede concluir que el hongo ectomicorrízico en sustrato promueve las mayores concentraciones de potasio.

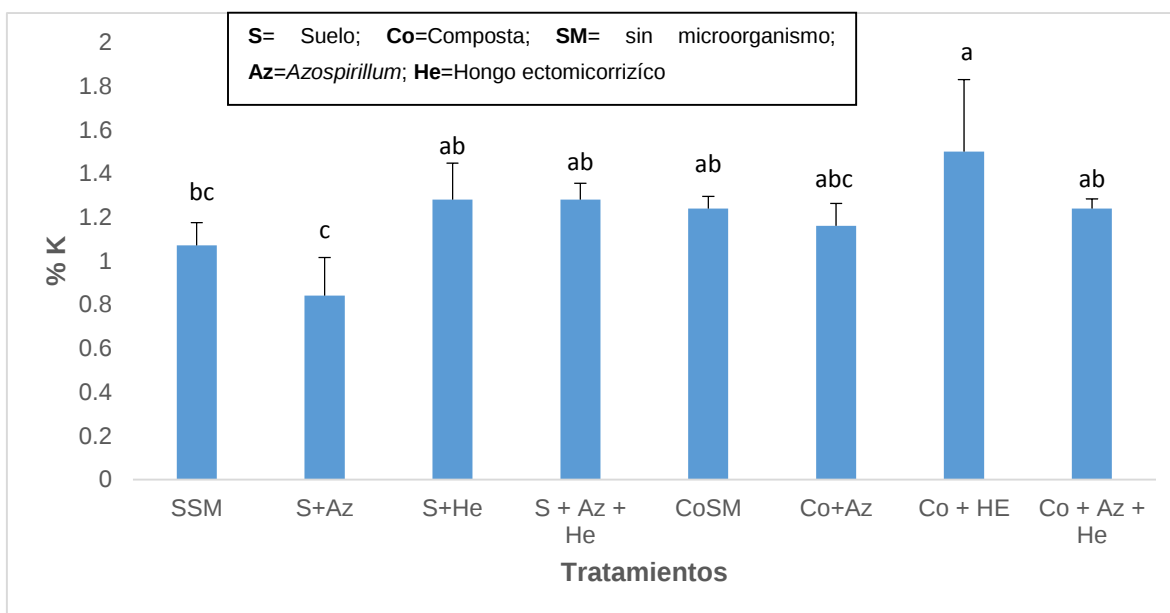


Figura 18.- Contenido de potasio en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

El potasio es un nutriente esencial para las plantas y es requerido en grandes cantidades para el crecimiento y la reproducción de estas. Se considera segundo luego del nitrógeno, cuando se trata de nutrientes que necesitan las plantas y es generalmente considerado como el "nutriente de calidad". El potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de la planta y a otras medidas atribuidas a la calidad del producto. El potasio está relacionado estrechamente sobre la síntesis de proteínas en la planta (Adriana *et al.*, 1999), lo que ocasiona que una mayor absorción de K promueva la mayor acumulación de proteína en las plantas.

El nivel óptimo de potasio para los novillos en crecimiento es de 0.7 % de la materia seca del pasto (NRC, 2000), condición que se cumple para todos los tratamientos

evaluados, observándose incluso en el que tuvo el comportamiento más bajo en la acumulación de K (suelo con *Azospirillum*).

Por otra parte, el contenido de potasio disminuye a medida que aumenta la maduración de los forrajes (Hotson, 1990), sin embargo en la presente investigación, la determinación de los nutrimentos en tejido vegetal, se realizó en una fecha fija (después de 75 días de siembra) y según fue el tratamiento, los pastos se encontraban en diferentes etapas fenológicas, generalmente las plantas inoculadas en sustrato composta se encontraban en etapas fisiológicas más adelantadas (espigando) que las no inoculadas.

2.3 Contenido de Calcio (Ca)

La influencia del uso del suelo sobre los contenidos de Ca en los pastos (0.387 %) fue significativa en comparación con los pastos desarrollados en sustrato composta (0.284 %).

El tipo de microorganismos mostró diferencia significativa en la concentración de calcio; siendo el mejor el *Azospirillum* seguido de la no inoculación de microorganismos no resultando diferencias significativas entre estos. Y observándose como más ineficiente al hongo ectomicorrízico y a la mezcla de Az+He.

En la interacción de los sustratos con los microorganismos (Figura 19) se observaron los mayores porcentajes de calcio en el tratamiento de suelo inoculado con *Azospirillum* (0.494%) seguido del suelo sin microorganismo (0.45 %) entre ellos; por el contrario, las menores concentraciones se observaron en los tratamiento establecido en composta inoculado con hongo ectomicorrízico (0.26%) y las menores concentraciones de Ca resultaron en sustrato composta inoculado con la mezcla de Az con He (0.224 %).

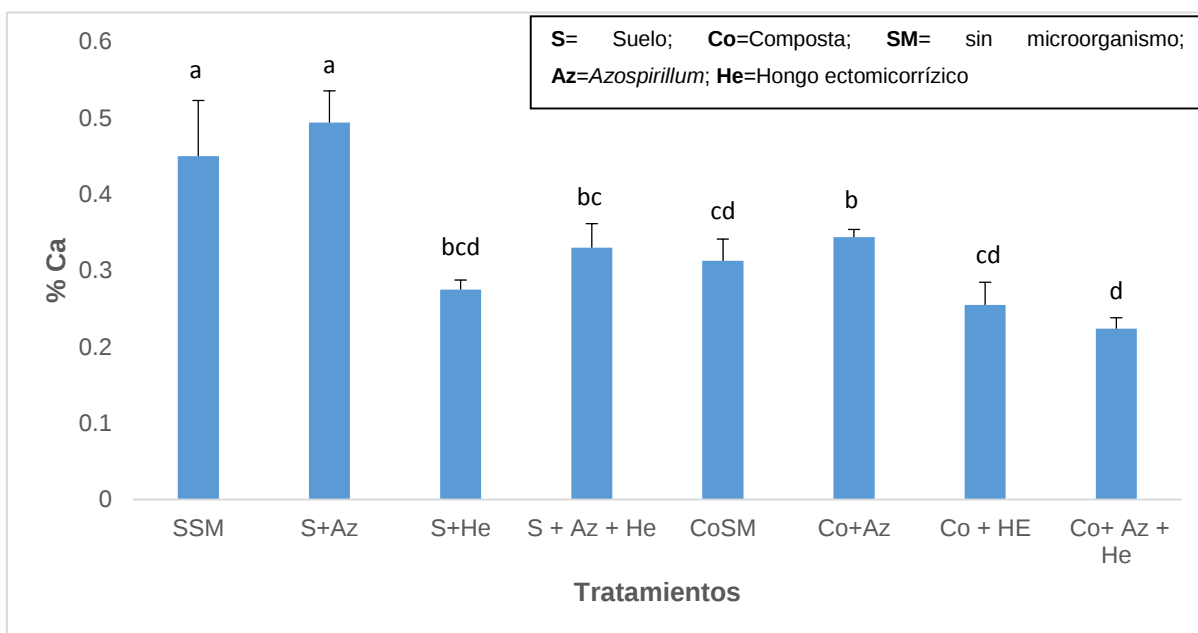


Figura 19.- Contenido de calcio en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

El calcio es absorbido por las regiones jóvenes (insubgerizadas) de las raíces de las plantas como Ca^{+2} . Su concentración en la planta puede variar desde 0.1% hasta porcentajes superiores al 5%, dependiendo de la especie vegetal, condiciones de cultivo y del órgano de la planta considerado (Alarcón et al, 2015). De ahí la importancia de mantener una continua actividad radicular para fortalecer una adecuada asimilación cálcica, así pues todo aquello que refuerce la actividad radicular, como el empleo de enraizantes y materia, que mejora la aireación, inoculación con bacterias y hongos aumentara las concentraciones de Ca en la palanta (Bangerth, 1979, Kirkby, 1979), sin embargo, en la presente investigación se observó mayor volumen radical en los tratamiento establecidos en suelo, al igual que se observó mayor concentración de calcio en los tratamientos establecidos en suelo, probablemente porque *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* es una especie rustica considerada como ruderal (Rzedowski et al. ,2004) y probablemente encontró las condiciones adecuadas para su establecimiento en el suelo y probablemente esta relación de Ca, en los tratamiento establecidos en

suelo, se atribuya al mayor volumen radical que se obtuvo comparado con el sustrato composta.

Contenido de magnesio (Mg)

El sustrato utilizado en los tratamientos influyó significativamente el acceso al magnesio, siendo el suelo en el que estadísticamente se observó mayor significancia.

En cuanto a los microorganismos se observaron los mayores contenidos en el nivel sin inocular, seguido de *Azospirillum* y después el hongo ectomicorrízico, siendo en la mezcla de los dos endófitos en la que se observaron las menores concentraciones de Mg.

La interacción que promueve una mayor disponibilidad de Mg para el pasto es en el suelo con Az (0.155%) seguido del suelo sin inocular (0.151 %), el tratamiento en el que se obtuvieron los menores porcentajes del elemento fue el establecido en el sustrato con la mezcla de AZ+He (Figura 20).

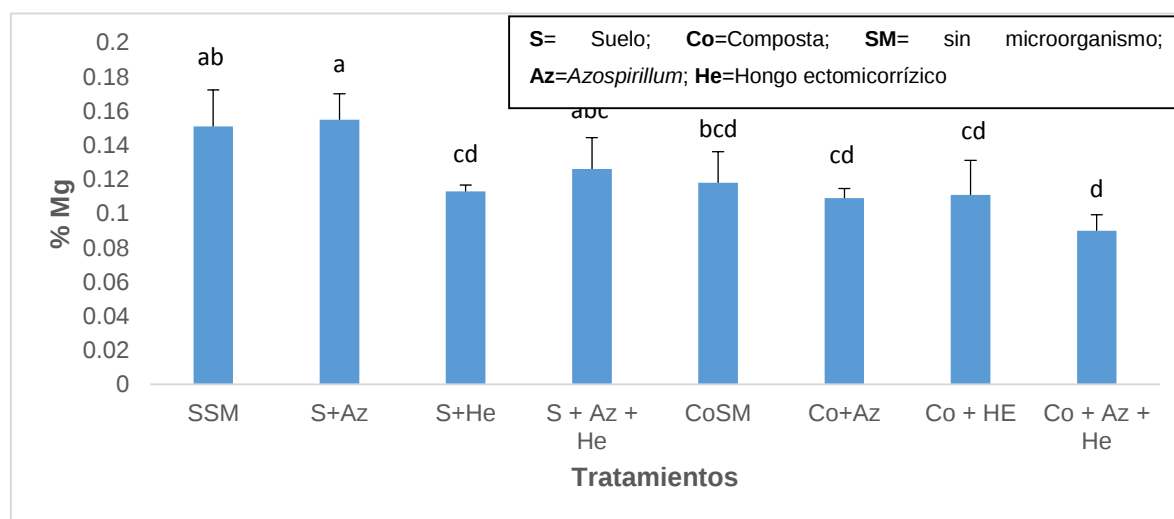


Figura 20.-Contenido de magnesio en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

Según Schonewille *et al.* (2002) la cantidad de magnesio que está a disposición de la planta, se encuentra en la solución del suelo en forma intercambiable Mg^{+2} , adsorbido bien a las partículas minerales arcillosa o la materia orgánica del suelo, sin embargo en la presente investigación, se encontró que a pesar de que la composta tuvo la mayor cantidad de materia orgánica y de Mg, en el tejido vegetal no se presentó el mismo comportamiento, probablemente debido a una interacción negativa con otros nutrientes disponibles como el K y P conforme a lo citado por Schonewille *et al.* (2002) suelos con altos niveles de elementos competitivos como el potasio y calcio reducen la posibilidad de magnesio.

2.5 Contenido de azufre (S)

El contenido de azufre no se vió afectado por el tipo de sustrato, ni por el tipo de microorganismo, ni por su interacción, sin embargo aunque no existieron efectos significativos, el contenido más alto de azufre lo presentó la mezcla de Az+He en el suelo con (0.448%) seguido del establecido en composta e inoculado con He (.44%) y los menores valores se observaron en el tratamiento en composta sin inocular (.387 %) y en composta con la mezcla de los microorganismos (0.34%), Figura 21.

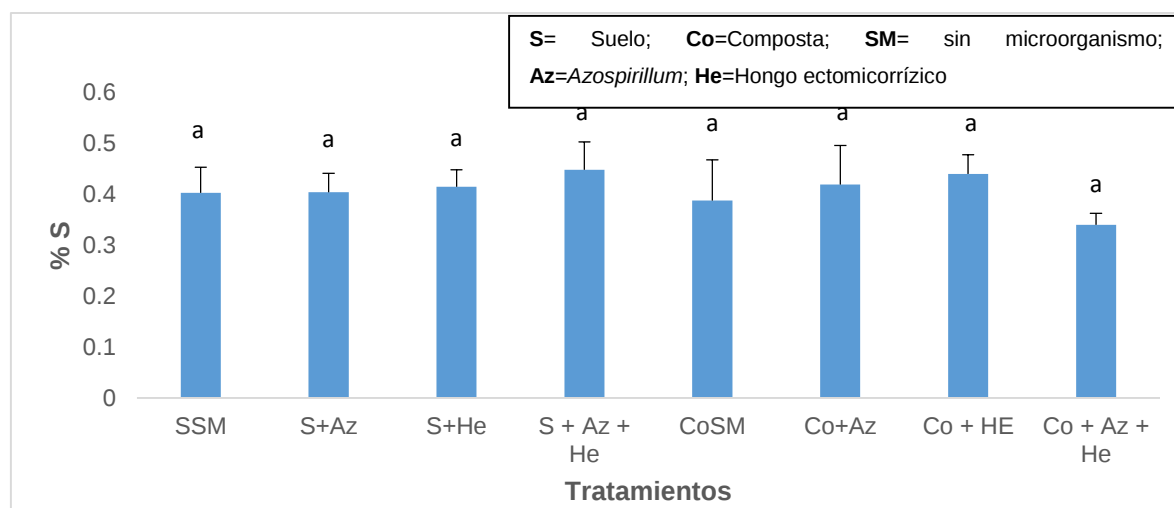


Figura 21.- Contenido de Azufre en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

Como en la presente investigación, no se encontraron diferencias significativas en la concentración de azufre en tejido vegetal para ninguno de los tratamientos, se infiere que el azufre disponible en el suelo fue suficiente para el desarrollo del pasto.

2.6 Contenido de hierro (Fe)

La concentración de Fe fue influida por el tipo de sustrato en el que se desarrollaron los pastos, los establecidos en el suelo la concentración fué de 226.7 ppm y en los establecidos en el sustrato composta se obtuvo una concentración de 65.4 ppm. No se observaron diferencias significativas entre los niveles del factor microorganismo, sin embargo el hongo ectomicorrízico obtuvo el mayor contenido de Fe. La mejor interacción fue la desarrollada en el tratamiento suelo con hongo ectomicorrízico. (329.5 ppm), seguido de los tratamientos desarrollados en suelo sin microorganismo (250.2 ppm) y composta con la mezcla (191.95ppm), las más bajas concentraciones se encontraron en la mezcla inoculada en suelo 141.20 ppm (Figura 22)

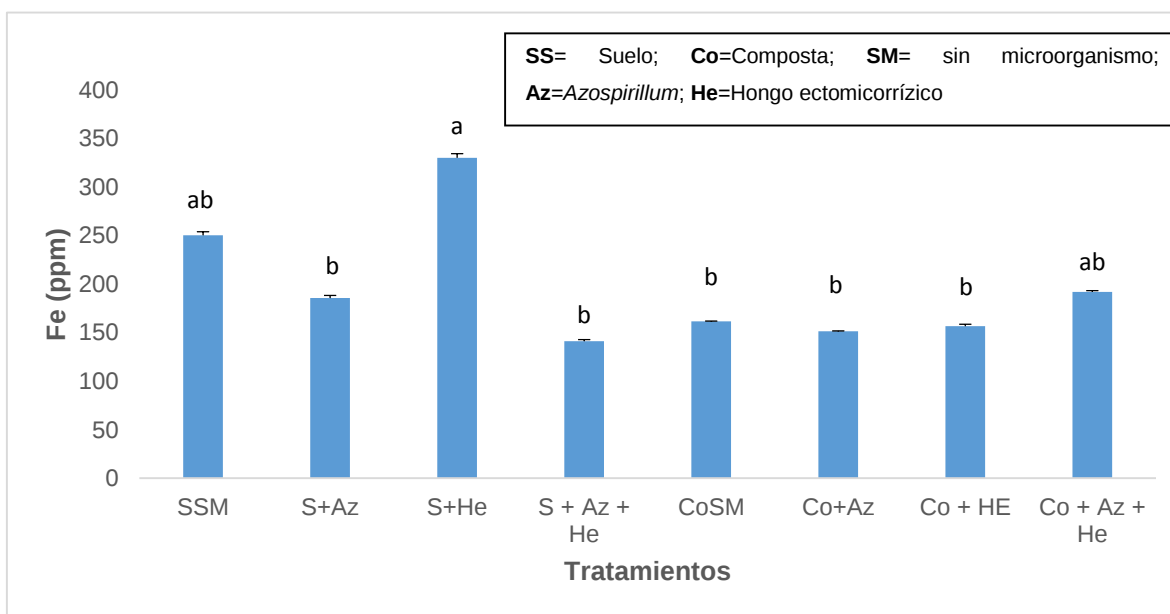


Figura 22.- Contenido de hierro en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

Las plantas usan diversos mecanismos para absorber el Fe, pero las raíces laterales jóvenes son más activas en la absorción de hierro y, por lo tanto, es imperativo

mantener un sistema de raíces sano y activo, cualquier factor que interfiera con el desarrollo de las raíces, interfiere con la absorción del hierro, así como los niveles altos de carbonato en el suelo, la salinidad, la humedad del suelo, las temperaturas bajas, y la competencia causada por las concentraciones de otros elementos (fósforo, calcio) son factores que afectan la disponibilidad del Fe (Lucas *et al.*, 1983). En este caso el desarrollo radical *Eragrostis* fue más eficiente en suelo y la interacción con el He permitió una mayor absorción de Fe en la planta, en comparación con Az, ya que el Az facilitó la absorción de Ca

2.7 Contenido de manganeso (Mn)

La concentración de Mn fue influida por el tipo de sustrato en el que se desarrollaron las plantas en el sustrato composta la concentración fue de 21.4 ppm y en los establecidos en el suelo se obtuvo una concentración de 18.6 ppm. El microorganismo más eficiente en la concentración de manganeso es el Hongo ectomicorrízico, seguido del *Azospirillum* y observándose como el más ineficiente a la mezcla.

En la interacción de los factores sustrato y microorganismo, el tratamiento que absorbió mayor cantidad Mn fue el establecido en composta e inoculado con He (28.5 ppm), seguido del sustrato sin microorganismo (20.6 ppm) y suelo inoculado con Az, (20.4 ppm) las menores concentraciones de Mn se observaron con la mezcla de Az+He en suelo 16.58ppm, en composta 17.13ppm (Figura 23).

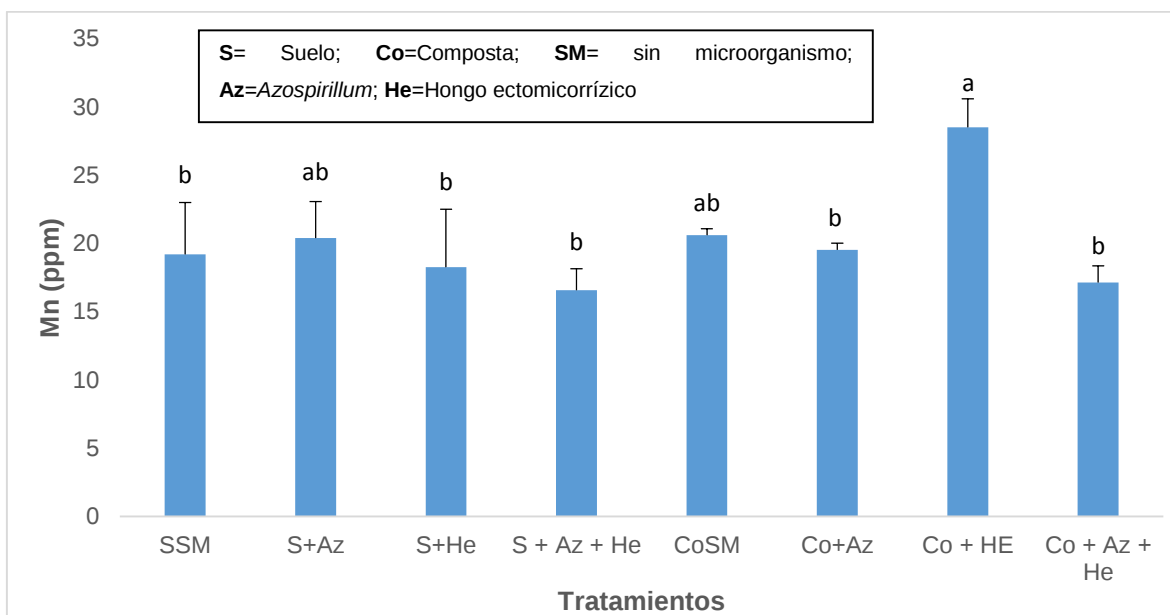


Figura 23.- Contenido de manganeso en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

El Mn se considera inmóvil dentro de la planta (floema) y su disponibilidad para los cultivos está influenciada por los factores del suelo que intervienen en el proceso de oxidorreducción, particularmente el pH, el contenido de materia orgánica, el estado hídrico del suelo y la actividad microbiana. Su disponibilidad es más elevada en los suelos ácidos debido a la solubilización de los compuestos que contienen Mn. A medida que aumenta el valor de pH se reduce su disponibilidad, ya que por cada aumento en una unidad de pH la concentración de este nutriente se reduce 100 veces; de esta manera en suelos de alta saturación catiónica puede existir mayor sensibilidad a la deficiencia (Fageria et al., 2002; Loué, 1988 citados por Gómez et al, 2006). La planta absorbe el manganeso exclusivamente como ión Mn^{2+} . Sin embargo, este proceso puede ser afectado por la alta concentración de iones de Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cu^{2+} y de iones de hierro (Gómez, 2005), probablemente por la influencia de los factores anteriormente mencionados por Gómez (2005; 2006) se observaron los resultados de la figura 23, resultando la inoculación con el He en el sustrato composta el que influyó más en la concentración de Mn en *Eragrostis*

2.8 Contenido de Cobre (Cu)

En cuanto al contenido de Cu en el análisis vegetal se encontró que las plantas desarrolladas en suelo obtuvieron las mayores concentraciones del elemento (12.2 ppm) en comparación con las desarrolladas en el sustrato (7.1 ppm). No se presentaron diferencias significativas entre el tipo de microorganismo, ni tampoco en la interacción sustrato microorganismo lo cual indica que el nivel de Cu en el suelo fue suficiente para el desarrollo del pasto. Este efecto puede ser porque la concentración de cobre en la solución del suelo depende del contenido de materia orgánica, ya que el cobre en el suelo esta principalmente adsorbido a ella y a los óxidos de hierro y manganeso encontrados en el suelo y su disponibilidad para la planta depende de la competencia que exista entre elementos como el calcio, fósforo, aluminio, hierro, zinc presentes en la solución del suelo (Kirkby *et al*, 2008). El efecto de la mayor disponibilidad de Cu en la planta que se manifiesta en mayores concentraciones en el tejido vegetal fue en el suelo que tiene la menor cantidad de materia orgánica. En la interacción de los factores sustrato y microorganismo, el tratamiento que absorbió mayor cantidad de Cu fue el suelo sin inocular en el que se encontraron 18.58ppm (Figura 24).

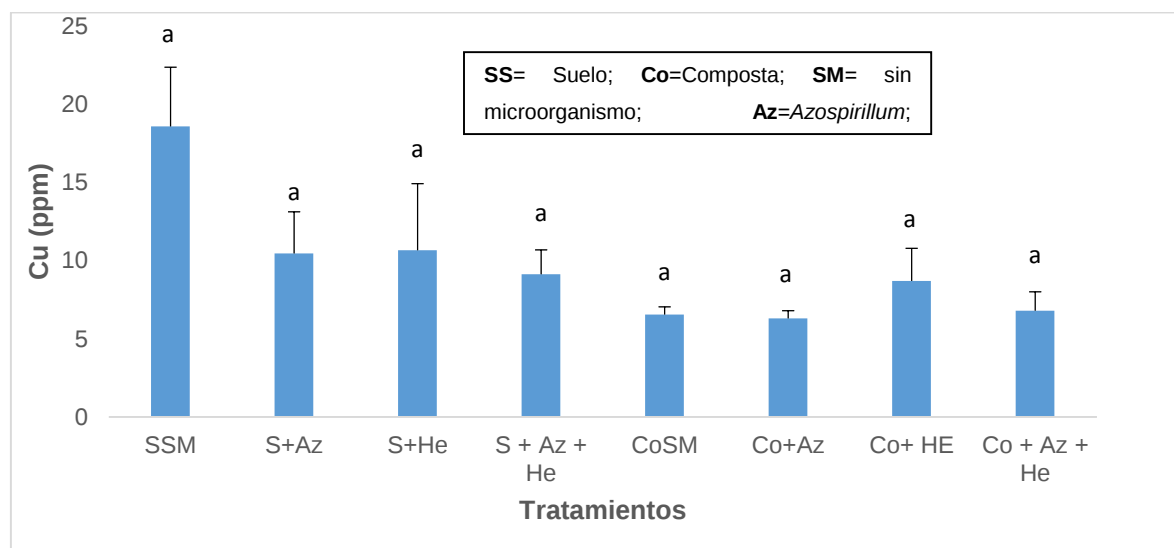


Figura 24.- Contenido de Cobre en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos

2.9 Contenido de zinc (Zn)

En la determinación de Zn se observó que no hubo diferencias significativas en la concentración de Zn en el pasto desarrollado en suelo o en sustrato. El microorganismo que promovió mayor aporte de Zn en cualquiera de los sustratos fue el hongo ectomicorrízico y el tratamiento en el que se obtuvieron las mayores concentraciones del elemento fue el desarrollado en el sustrato con el hongo ectomicorrízico (69.45 ppm) por el contrario, en el mismo sustrato pero con la mezcla de AZ+He se obtuvieron las menores concentraciones, de este elemento 57.33 ppm (Figura 25). De acuerdo con la literatura, los principales efectos benéficos de las micorrizas se observan en la disponibilidad o un incremento en la toma de nutrientes, especialmente los de difusión limitada tales como Zn, P, Cu para las plantas (Pérez et al., 2011) sin embargo, la falta de respuesta entre los tratamientos, es indicativo de un nivel de suficiencia de este nutriente para el desarrollo del pasto.

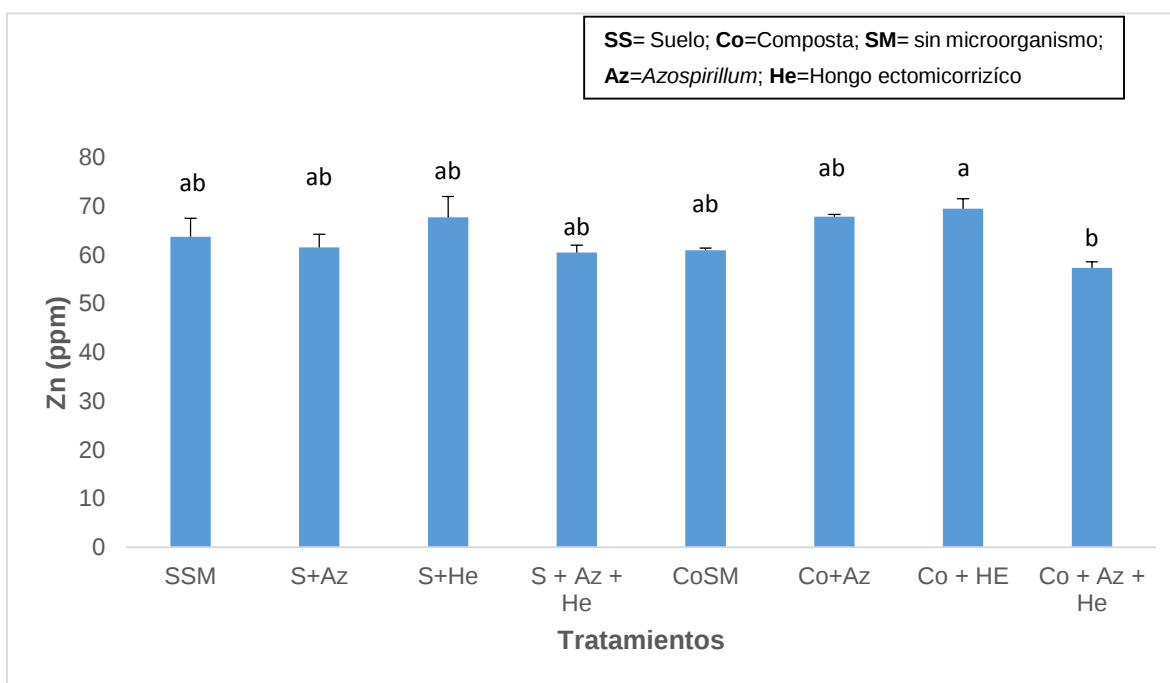


Figura 25.- Contenido de zinc en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

2.10 Contenido de boro (B)

No se observaron efectos significativos en cuanto a la concentración de B para los factores sustrato o microorganismo y en cuanto a la interacción de estos dos factores, se encontró que los pastos desarrollados en composta e inoculados con hongo ectomicorrizico fue el tratamiento que obtuvo las mayores concentraciones de B (118.20 ppm), seguido del suelo inoculado con *Azospirillum* con 116.20ppm, entre estos dos tratamientos no se observaron diferencias significativas y el que mostró las menores concentraciones de B fue el suelo inoculado con el hongo ectomicorrizico 39.20ppm (Figura 26)

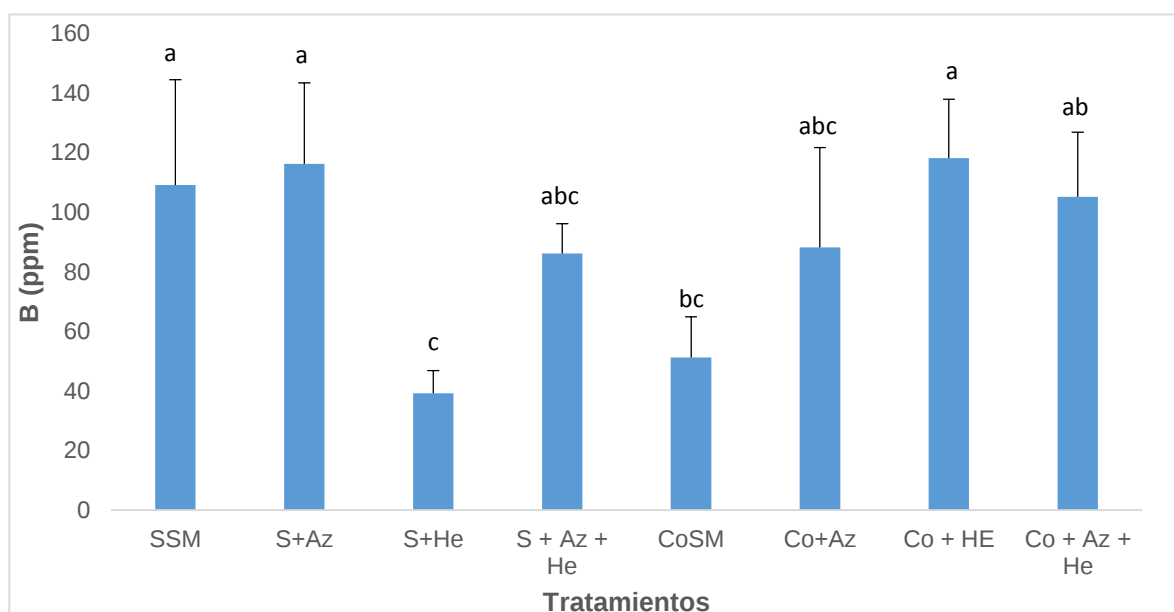


Figura 26.- Contenido de Boro en *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* desarrolladas en dos sustratos inoculados con dos tipos de microorganismos.

La absorción del boro por las plantas es controlada por el nivel del boro en la solución del suelo, más que por el contenido total de boro en el suelo. La absorción del boro por las plantas es un proceso pasivo (no- metabólico). El boro se mueve con el agua en los tejidos de la planta y se acumula en las hojas. Por lo tanto, la

absorción y la acumulación del boro dependen directamente de la tasa de transpiración y de la cantidad total de agua que es absorbida del suelo, transportada en el tallo y transpirada hacia la atmósfera, solamente una fracción muy pequeña de 1% se incorpora a la biomasa reflejándose en el contenido de materia seca (Hernández, 2002), Como lo es el caso de esta investigación en donde se observaron los más altas concentraciones de Boro, en los tratamientos que tuvieron los más altos porcentajes de materia seca.

Resumen de resultados

La inoculación con hongos ectomicorrízicos y *Azospirillum* mejoran el desarrollo y calidad de planta de *Eragrostis mexicana* (Hornem) Link subsp *virescens* ya que en los tratamientos los que no se inocularon microorganismos (SM) se disminuyeron los contenidos de proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutro, materia seca total. Pero al mismo tiempo la no inoculación afectó positivamente

Las concentraciones de Mg, Cu, volumen radical fibra detergente ácido, carbohidratos.

El uso de *Azospirillum* aumentó el contenido de materia seca, FDA y ceniza, así como la concentración de Ca y P, pero fue el más ineficiente en el contenido de carbohidratos, peso fresco, volumen radicular FDA y en la absorción de potasio.

El uso de los hongos ectomicorrízicos incrementa la producción de carbohidratos totales, proteína cruda, extracto etéreo, y peso fresco total, así como aumento en la acumulación de Zn, Fe, Mn, K, S, pero disminuye FDA, cenizas y la concentración de Ca y P.

Con la mezcla de microorganismos se promovió el peso FT y FDN y se observó una disminución de FDA, Zn, Mn, Mg, S.

El sustrato composta favoreció la producción de materia seca, peso fresco total, proteína cruda y carbohidratos no totales, además de favorecer la absorción de K, P, Mn, Zn, B.

El suelo resultó ser más eficiente para la concentración de extracto etéreo, volumen radicular, fibra detergente ácido y fibra detergente neutro y favoreció la absorción en la planta de, Cu, Fe, Mg, Ca y S.

En las interacciones de suelo con los microorganismos:

En el suelo inoculado con *Azospirillum* se favoreció el porcentaje de cenizas y FDA y se afectó negativamente el porcentaje de proteína cruda y la concentración de K y Cu.

En la interacción del suelo con el hongo ectomicorrízico se favoreció el contenido de proteína cruda, extracto etéreo y disponibilidad de Fe, pero se afectó negativamente el porcentaje de cenizas y la disponibilidad de B y P.

La inoculación de suelo con la mezcla de He+Az favoreció el volumen radical y la disponibilidad de S, y afecta negativamente la producción de materia seca total y la disponibilidad de Mn y Fe.

En cuanto a las interacciones el sustrato composta:

La inoculación con *Azospirillum* en composta, favoreció el porcentaje de materia seca total y concentración de P, pero se afectó negativamente el porcentaje de carbohidratos totales y el volumen radical.

En la inoculación con el hongo ectomicorrízico en sustrato composta se favorece el peso fresco total y la concentración de carbohidratos totales así como la disponibilidad de K Zn, Mn, y B, pero fue la más ineficiente en la producción de FDA y FDN.

Y finalmente en el sustrato composta la inoculado con de la mezcla (Az+He) se favoreció la producción de FDN y se afectó negativamente el porcentaje de materia seca total, así como las concentraciones de Ca, Mg, Zn, y S.

Conclusiones

Según Di marco (2011) *Eragrostis mexicana* (Horem) Link sbsp *viresens* , se clasifica como una gramínea de calidad media a baja, ya que la proteína cruda es menor al 15 % pero es superior al 8 % parámetro que se maneja para los forrajes de baja calidad.

La inoculación del hongo ectomicorrizíco en el suelo incrementó el porcentaje de proteína cruda, extracto etéreo y la disponibilidad de Fe, mientras que la inoculación de *Azospirillum* en suelo, incremento los porcentajes de materia seca total y la disponibilidad de Ca y Mg esta respuesta de la especie a adaptarse mejor al suelo es debido a que se le considera una planta ruderal que crece mejor en áreas degradadas, sin embargo; en el sustrato composta se observa un efecto causado probablemente por el contenido de materia orgánica y la porosidad, ya que esta constituido por 50 % suelo, 35 % tezontle y 15 % de acícula. Para el tratamiento inoculado con *Azospirillum* se incrementa la materia seca total y la disponibilidad de P; y en la inoculación de composta con hongo ectomicorrizíco se incrementaron las concentraciones de carbohidratos totales, peso fresco total y disponibilidad de K, Mn, Zn y B

En los tratamientos donde no se inocularon microorganismos (SM) se disminuyeron los contenidos de proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutro, materia seca total.

Para fines de manejo silvopastoril se recomienda la inoculación de suelo con hongo ectomicorrizíco para incrementar la calidad forrajera de *Eragrostis mexicana* (Horem) Link subsp *viresens* y con composta usando *Azospirillum* para incrementar la materia seca total.

LITERATURA CITADA

- Adriana, M. G., M. Orozco A., J. Leonardy B. y P. José R. 1999. Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en *Gypsophila paniculata* L. cv. Perfecta. *Agronomía Colombiana*. 16(1-3):46-50.
- Aedo, N. 1994. Gramínea y leguminosa típica. En Ruiz (Ed.) *Praderas para Chile*. 2^{da} Edición. Capítulo 3. Ministerio de Agricultura, instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile, p.: 27-39 *agricultura sostenible*. Agroforestería de las Américas. Abril-Junio 1994.
- Agrios, G. 2002. *Fitopatología*. Academic Press Inc. Mexico, D.F. pp 838.
- Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia: Rippstein G, Escobar G, Motta F, Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 302 p. Ilus. (Publicación CIAT; no. 322)
- Améndola M., R. D. 2006. Pastoreo de ovinos en praderas templadas de México, La Revista del Borrego. 7(39) Marzo Abril de 2006. p. 1-14.
- Alarcón L A., X Justrió, L González, 2015. Bases prácticas para optimizar la asimilación de calcio Dpto. ciencia y tecnología agraria. Área edafología y química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. MURCI, consultado en julio del 2015, disponible en el link http://www.infoagro.com/hortalizas/bases_optimizar_asimilacion_calcio.htm
- Anderson, T B y J.S.L. Ingram. 1993. *Tropical soil biology and fertility. Un manual de métodos*, Instituto de Ciencia Animal. Seminario Científico Internacional. 25-27 octubre 1995. ICA, La Habana, Cuba. pp. 44-49. - Wallingford, U.K. C A.B. International 221 p.
- Azcon, A. 1980. Avances recientes en el estudio de las micorrizas V-A, formación, funcionamiento y efectos en la nutrición vegetal En: *Avances en el Metabolismo del Nitrógeno: de los Microorganismos a las Plantas* (J. M. Vega, A. J. Márquez, A. J Garbayo editores. 2005 Pp. 551-560.
- Asturnatura 2015, lecciones de ciencias naturales, los hongos simbiosis de los hongos líquenes y micorrizas en el link <http://www.asturnatura.com/articulos/hongos/liquenes-micorrizas.php>

- Barea J., M., Azcón R. y J.A. Ocampo. 1991. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas vesículo-arbusculares. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes. Vol. II, Coordinadores: J. Olivares y Barea, J.M. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 149-173
- Bashan, . and Levany, H. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of Microbiology, 36: 591-608.
- Barnes, R. F. and G. C. Marten, 1979. Recent developments in predicting forage quality. Journal of Animal Science, Vol 48. Num 6.
- Bashan, Holguin and G.de-Bashan,L. 2004. *Azospirillum-plant* relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003) Can. J. Microbiol. Rev. can. microbiol. 50(8): 521- 577.
- Bhatia, N. P., K. Sundari. and A. Adholeya. 1996. Diversity and selective dominance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. En: Handbook of Vegetation Science.
- Balota, EL 1996. Los cambios microbiológicos en el suelo cultivado bajo labranza cero. En: Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Primer Congreso Brasileño Materia orgánica y actividad biológica, Eds: Guimarães, DC.,MJ
- Bucking H, AJ kuhn, WH schroder & W Heyser (2002) The fungal sheath of ectomycorrhizal pine roots an apoplastic barrier for the entry of calcium, magnesium, and potassium into the root cortex? Journal of Experimental Botany 53: 1659-1669.
- Ahrens R, S Trippia 275 pp.
- Concepts in mycorrhizal research. K. G. Mukerji (Ed). Kluwer- Academic Publishers. 133-177. *Diversidad y dominancia selectiva de la micorriza vesículo arbuscular.*
- Bangerth, F. 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. Annu. Rev. Phytopathol. 17: 97-122
- Biernbaum, J. and A. Fogiel. 2004. Compost Production and Use. Department of Horticulture, Michigan State University. Journal of Botany. Vol. 67 (1989); p. 3227-3232.
- Bledsoe, C. S. 1992. Physiological ecology of ectomycorrhizae: implications for field application. Mycorrhizal functioning: an integrative plant fungal process. Ed. Michael F. Allen. Routledge, Chapman & Hall, Inc. p. 424-437. *Ectomicorizas fisiología y ecología, implicaciones para la micorrización en el campo*
- Belsky, J. A., S.M. Mwonga, and J.M. Duxbury. 1999., Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments Tropical savannahs Agroforestry Systems 24:1-20.

- Beltrán L, S, C. O. Loreda, D. A. García, A. J. Hernández, M. J. Urrutia y V. H. Gómez 2009. Llorón Imperial y garrapata Hércules, nuevas variedades para el altiplano Potosino, INIFAP, 2009 Folleto técnico 36 CIRNE San Luis Potosí
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. AGT Editor, S. A. México, D. F. 1 – 29 pp.
- Cañas D. G. 2010. Las gramíneas (Poaceae) de la Guayana colombiana: análisis sobre su composición, riqueza, endemismo e invasión. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (130): 5-16, 2010. ISSN 0370-3908.
- Castillo, D. G., Castañeda, J C., C Ortiz, G. (2007). Determinación de proteína en alimento para ganado (Método Micro-Kjeldahl). Facultad de Ciencias Agrícolas.Campus Xalapa. Universidad Veracruzana.
- Chase, A y Z. Pebres. 1972 Primer libro de las gramíneas; la estructura de las gramíneas explicada a los principiantes Lima, Perú Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Serie: Textos y Materiales de Enseñanza N' S 109 p
- Church, D. C., W. G. Pond y K. R. Pond. 2007. Nutrición y alimentación de animales. Ed L.musa Wiley. México pp 25 -33.
- Church D C and Pond W G. 1982.Basic animal nutrition and feeding.Second edition. John Wiley and Sons Inc., New York, USA. 403 pp
- Clayton, W. D. 1986. A revisión of the genus graminum. En Grasses of the World. Kew Bulletin, Add, Series III. 13 (1–27).
- Currah, R.S. 1991. Taxonomic and developmental aspects of the fungal endophytes of terrestrial orchid mycorrhizae. Lindleyana 6: 211-213. *La taxonomía y los aspectos del crecimiento del las micorrizas orchid.*
- De García, S. M .2011 Guía para el Análisis Bromatológico de Muestras de Forrajes Manuel S. De Gracia, Ph.D.
- De la Cerda, L. M. 1996. Las gramíneas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes Tesis de licenciatura. México, D.F.
- De León, M. 2003. Manejo de los pastizales naturales. Boletín técnicode producción animal INTA EEA Manfredi, 1 (2 y 3) disponible en: <https://books.google.com.mx/books?isbn=9872326886> Raúl Osvaldo Díaz editado en 2007 - Technology & Engineering
- Dekhil, B., M. Cahill y E. Sl. L.I Stackebrant. 1997. Transfer of Conglomeromonas largomobilis subsp. largomobilis to the genus *Azospirillum* as *Azospirillum largomobile* comb, nov., and elevation of Conglomeromonas largomobilis subsp.

parooensis to the new type species of Conglomeromonas, Conglomeromonas parooensis sp. nov. System. Appl. Microbiol. 20:72-77.

Di Marco, O. 2015., Estimación de la calidad de los forrajes, Producir XXI, Bs. As., 20(240):24-30. *Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. odimarco@balcarce.inta.gov.ar - 02266-439100. www.produccion-animal.com.ar

Dobbelaere, S., A. Croonenborghs, A. Thys, D. Ptacek, J. Vanderleyden, P. Dutto, C. Labandera-González, J. Caballero-Mellado, J.F. Aguirre, Y. Kapulnik, S. Brener, S. Burdman, D. Kadouri, S. Sarig, and Y. Okon. 2001. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. J. Plant Physiol 28: 1-9. *Respuesta agronomica y la importancia de la inoculación con Azospirillum en la fisiología de la planta.*

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.R., Roberts P.A. y Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. Analytical Chemistry 28, 350–354.

Elbaum, R.; L. Zaltzman, I. Burgert y P. Fratzl. 2007. El papel de las aristas de trigo en la dispersión de semillas. «The role of wheat awns in the seed dispersal unit.». *Science*(316): 884–886.

Escobar, G. R. 2001. *Claves sinópticas ilustradas para identificar especies de gramíneas comunes en la altillanura de los Llanos Orientales de Colombia.*. In: Rippstein, Georges; Escobar, Germán; Motta O., Francisco (eds.). Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 249-296. (Publicación CIAT no. 322)

Espejo S., A., A. R. López-Ferrari and J. Valdés-Reyna. 2000. Poaceae. Monocot. Mexic. Sinopsis Floríst. 10: 7–236

Espinosa G., F. J. y J. Sarukhán. 1997. Manual de malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D.F

Esqueda, C. H., R Carrillo R., M. Sosa C., A. Melgoza C. 2002. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas inoculadas con biofertilizantes en condiciones de invernadero revista Técnica Pecuaria 2002;42(3):459-475.

- Esqueda, C., H., R Carrillo R, M. Sosa C., A. Melgoza C. 2003. Trasplante de gramíneas para pastizales degradados, Ficha de tecnología transferida, INIFAP, Campo experimental la Campana, Chihuahua
- Fallik, E., S. Sarig, and Y. Okon. 1994. Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum*. In: *Azospirillum/Phut* Associations. Y. Okon (ed.): 77-85. CRC Press, Boca Raton, FL
- Franco, N. J. D. 2015 Efectos de las Micorrizas sobre las Plantas. Universidad de Sevilla. 27 p. Disponible en: http://www.bioscripts.net/col/Apuntes/Nutricion_Vegetal/Trabajo_de_nutricion_vegetal.pdf
- Francois, B. J., C. Dubos and F. Gaymard. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. Trends in plant science. 20:33-40.
- FAO. 2008. Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y El Caribe: Lecciones a partir de casos exitosos. FAO, Producción y Sanidad Animal. Santiago de Chile. 91 p.
- FAO, 2014, Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Depósito de documentos de la FAO, consultado el 6 de septiembre del 2014 disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/ab489s03.htm>
- Fassbender, KW y Bornemisa. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina, 2ª edición, San José, Costa Rica, IICA 420 p.
- Ferlini A, H., S. Díaz C., C. Tratu O. 2005. Beneficios del uso de inoculantes sobre la comunicaciones científicas y tecnológicas 2005 Universidad Nacional del Nordeste, Santa Fe Argentina Resumendisponible en www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-059.pdf
- Franco N J, 2015. Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas, Bioscripts www.bioscripts.net.
- Fernández M, L., B. Martínez, J. Moore L., L. Paredes M., L. Pérez C., G. Quispe S., O. Lázaro, J. Ciprian P., W. Palomino C. 2010. Tecnología productiva en lácteos pastos y forrajes, primera edición, SOLID, 98 p
- Ferrari O. 2008. Suplementación estratégica en pastoreo, Revista Tiempo Agroempresario, 5(51):136-137. www.produccion-animal.com.ar, http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/28-estrategica.pdf
- Flores G. A., G. E. Castillo, R. J. Jarillo, H. R. Escobar y D. B. Barrios. 2009. calidad nutritiva de gramíneas a tres niveles de carga animal en el trópico húmedo, Tesis de

licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Programa de ingeniería agrónoma y zootecnia.

- García, M.T. 1987. Ecología de las raíces. *Revista Mexicana de Fitopatología* 5(2): 128-135.
- García, T.R. 1995. *El Papel de los animales en los sistemas agrícolas*. En Seminario Científico Internacional XXX Aniversario ICA. Memorias: 44-49.
- Gasque, R. R. 2008. Enciclopedia Bobina, Primera edición Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Ciudad Universitaria México 04510, DF Hecho en México ISBN 978-970-32-4359-
- Gentry, H. S. 1957, Los pastizales de Durango, Estudio ecológico, fisiográfico y florístico. Traducido por E. Hernández Xolocotzi. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. p361
- Gianinazzi, S. 1991. Vesicular-Arbuscular (endo)-mycorrhizas: Cellular, biochemical and genetics mycorrhizal roots. *Plant and Soil*, 71: 197-209. *Bioquímica de las Micorrizas vesículo - arbusculares en la raíz*.
- Giordano M. and J.A. Raven. 2014. Nitrogen and sulfur assimilation in plants and algae. *Aquatic Botanic*. 118:45-61.
- Gómez, Manuel Iván, López, Miguel Ángel, Cifuentes, Yenny Carolina. El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) y arveja (*Pisum sativum* L.) en suelos del altiplano Cundiboyacense *Agronomía Colombiana* [en línea] 2006, 24 (Julio-Diciembre) : [Fecha de consulta: 20 de julio de 2015] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316239018>> ISSN 0120-9965.
- Gómez, M.I. 2005. Análisis de suelos como herramienta de diagnóstico en la evaluación química de la fertilidad en el cultivo de papa. En: *Fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa*. Cevipapa, Bogotá. 99 p.
- González L., R, D Núñez S, S Lima D, 2005, Efectividad de diferentes niveles de materia orgánica y biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones de organopónico, revista Centro Agrícola (32)2,p 6.
- Govindarajulu, M., P.E. Pfeffer, H. Jin, J. Abubaker, D. D. Douds, , J. W. Allen, H. Bücking, P.J Lammers, Y. Shachar-Hill. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Nature* 435: 819-823. *Transferencia de nitrógeno en la simbiosis de micorrizas arbusculares*

- Harvey, L. H. 1948. *Eragrostis* in North and Middle America. Doctoral Thesis, University of Michigan.
- Heike V. 2009. Malezas de México, Ficha zacate *Eragrostis mexicana* (Hornem.)Link
Zacate casamiento disponible en
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/eragrostis-mexicana/fichas/ficha.htm>.
- Hernández G S, 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos, Tesis, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad Michoacana San Nicolas de Hidalgo, Morelia Michoacan, p55.
- Hernández G R., 2002 Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y –ambientales, Universidad los Andes Merida Venezuela, disponible en
<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/>
- Herrera A, Y. y O. A. Cortés. 2001 Diversidad de las gramíneas de Durango, México, revista Polibotánica (28), pp. 49-68, ISSN 1405-2768; México, 2009.
- Herrera A, Y., G. D. Pampanes. 2010. Guía de pastos de Zacatecas, CIIDIR IPN Unidad Durango
- Herrera A. Y., C O. Rosales. 1994. Estudio biosistemico del genero *Bouteloua*, de México, CONABIO Disponible en:
www.conabio.gob.mx/institucion/.../InfB061%20primera%20parte.pdf
- Hitchcock, A. S. 1971. Manual of grasses of the United Status. 2^a edition, Volume one. Dover Books Ed. Canadá. 569 p. Disponible en:
<http://es.slideshare.net/lmflorez/gramineas-y-leguminosas-2>
- Humphrey, R. R. 1962. Range ecology. Ed. The Ronald Press Company. New York. U. S. A. pp 235
- IABIN Red Interamericana de información sobre Biodiversidad, información de especies invasoras. 2011. Bases de datos para investigaciones biológicas Uruguay <http://inbuy.fcien.edu.uy>
- INE Instituto Nacional de Ecología. 1994. Manejo y rehabilitación de agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México (Región Norte). Libro, pp.115 Disponible en
http://repositorio.inecc.gob.mx/ae2/ae_333.736153_c655.pdf
- INEGI 2007. Durango. Programa agropecuario en Durango, censo Agrícola-Ganadero y forestal 2007 -2013; PP 62

- INIFAP 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo, Folleto técnico numero cuatro primera edición, México
- Iskander R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta Department of Horticultural Sciences Texas A&M University 17360 Coit Road, Dallas, Texas 75252 (USA). <http://www.uaaam.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia06.pdf>
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau and J.M. Barea, 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soil* 37: 1-16. *La contribución de la micorriza arbuscular en el mantenimiento sustentable de la fertilidad del suelo y salud de la planta.*
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P.F. Stevens, M. J Donoghue. 2002. «Poaceae» Plant systematics: a phylogenetic approach, Sinauer Assoc, 287-292. ISBN 0-87893-403-0. Jung, H. G. y M. S. Allen. 1995. Characteristics of the plant cell walls affecting intake and digestibility of forage by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:2774-2790.D
- Kass D C, L Nuñez S. 1996. Fertilidad de suelos, editorial San José EUNED, CR. Costa Rica.
- Kapulnik, Y., Y. Okon, and Y. Henis. 1985. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. *Can. J. Microbiol.* 31: 881-887.
- Kirkby, E. A. 1979. Maximizing calcium uptake. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 10: 89-113.
- Kirkby E, Y Romheld, 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad Revista electrónica informaciones agronómicas, International Plant Nutrition Institut IPNI Enero 2008 (68)
- Kozlecky T. and Polowczyk. 2015. Adsorption of boron by minerals, clays and soils. Capítulo seis. *Boron Separation Processes.* 147-168.
- Lawrence, H.M. 1951. Taxonomía de plantas vasculares "*Taxonomy of Vascular Plants.* Macmillan Publishing CO., Inc. New York.
- Lester R, N, E Bekele 1981. Biochemical Assessment of the Relationships of *Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter with some Wild *Eragrostis* Species (Gramineae) *Ann Bot* (1981) 48 (5): 717-725
- Lester R, N, E Bekele Amino Acid Composition of the Cereal Tef and Related Species of *Eragrostis* (Gramineae) 1981 *Cereal Chem.* 58(2): 113-115

- Loredo O, C. 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México.p 187.Montecillos. pp 95.
- Lucas R. O. B. O. Knezek. 1983. Condiciones climáticas de los suelos que promueven la deficiencia de micronutrientes en las plantas. pp. 301-302. In: J. J. Mortvedt, P. M. Giordano y W. L. Lindsay (eds.). Micronutrientes en agricultura.AG T. México, D. F.
- Lum, M.R. and A.M. Hirsch 2003. Roots and their symbiotic microbes: Strategies to obtain nitrogen and phosphorus in a nutrient-limiting environment. *Journal of Plant Growth Regulation* 21: 368-382. *Las raíces y su asociación simbiótica con microorganismos y sus estrategias para obtener fósforo, nitrógeno y otros nutrientes, sin dañar el medio ambiente*
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., disponible en www.biblioteca.org.ar/libros/91930.pdf
- Más G. E. y M. O. García. 2006. Guía ilustrada de hierbas comunes en puerto rico, 2da. Edición Ampliada y Revisada Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, servicio de extensión agrícola USDA servicio de conservación de recursos naturales área del caribe.
- Maureen H. y D. Wiegand. 1999. Efecto de utilización de mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto (*persea americana* mill) cv. Hass, Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Valparaíso (Chile). Área de Fruticultura Quillota Chile.
- Mc Vaugh, R. y F. Novo-Galicianana.1983. A descriptive account of the vascular plants of western Mexico. Vol. 14. Gramineae. Ann Arbor The University of Michigan Press. E.U.A
- Mendoza H.A., M. A. Cruz y J. C. Hernández. 2004. Aislamiento, selección, producción, y evaluación de un inoculante basado en cepas nativas de *Azospirillum* en el norte de Tamaulipustrato, as. En: Díaz FA, Mayek PN, Mendoza HA, Maldonado MN (eds) Memoria Simposio de Biofertilización.INIFAPcuarias e Instituto Politécnico Nacional
- Milford, R., D. J. Minson. 1965. The relation between the crude protein content plants. J. Brit. Grassl. Soc. 20:1977-1979.
- Monge E., J. Val, M. Sanz, A. Blanco y L. Montañés. 1994. El calcio para las plantas Bitter pit en manzano. An. Estac. Exp. Aula Dei. 21(3):189-201.

- Nefs new era farm service. 1997. Better soils Better crops. New Era Farm Service. California. 23p.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. NATIONAL ACADEMY PRESS. Washington, D.C. U.S.A. 34 – 40 pp.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Edition. The National Academies Press. Washington, DC. USA. 249 p.
- Okon, Y., Y. Kapulnik and S. Sarig. 1988. Field inoculation studies with Azospirillum in Israel. In: Biological Nitrogen Fixation Recent. Developments. Subba Rao N.S. (ed.):175-195. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi. India.
- Olivares E. A. 2015. La morfología de las especies forrajeras como base del manejo de pastizales, Universidad de Chile, facultad de ciencias agronómicas, departamento de producción animal. Disponible en consultado en 2015 www.uchile.cl/.../la-morfosiologia-de-especies-forrajeras-como-base-del-...
- Parodi, L. R. 1987. Gramíneas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de plantas cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires, PP: 108-182
- Partida de la P., J. A., D. Raña V., H. Jiménez S., F. Ríos R. y J. Buendía. 2013. Producción de carne ovina, Libro técnico no. 5, INIFAP, Ajuchitlan Queretaro, primera edición, pp 107
- Plascencia J, R. 2013. Asociación de cepas fijadoras de nitrógeno de vida libre, con recursos genéticos de pastos para zonas áridas, tesis para obtener el grado de maestro en ciencias, Colegio de Posgraduados, Montecillos, pp. 95
- Pirela F. M. 2005. Manual de ganadería de doble propósito, valor nutritivo de los pastos tropicales, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Pitty, A. y R. Muñoz. 1993. Guía práctica para el manejo de las malezas. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano. Honduras. 2ª ed., http://www.botanipedia.org/index.php?title=DISPOSICI%C3%93N_DE_LAS_HOJAS_EN_EL_TALLO.
- SAGARPA 2001-2006. Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca 2001- 2006 disponible en [Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo ...](http://www.sagarpa.gob.mx) www.sagarpa.gob.mx › › GANADERÍA › Publicaciones Ganadería 27 ago. 2014 - Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación 2001-2006.
- SEMARNAT. 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 357 p.

- Peña del Río, M, L. Martínez J., L. H. Martínez y S. de la Fuente. 2009. Biofertilización de praderas de pasto buffel (*cenchrus ciliaris*) cultivadas en Anáhuac, Nuevo León Memoria del VI Simposio Internacional de Pastizales Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto tecnológico de estudios superiores de Monterrey. Disponible en:
www.mpatrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/SimposioPastizales6/pastizala.pdf VI Simposio Internacional de Pastizales. 4 al 7 de noviembre de 2009. Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Pérez C A., J Rojas J., D Montes V. 2011 Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. Revista Colombiana ciencias Animales ,3(2).2011.
- PROGAN. 2010. Programa Nacional Ganadero. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Programas/Paginas/PROGRAM.aspx>.
- Quiroga A., A. y R. J. Correa. 2011. Gramíneas forrajeras presentes en el Chaco árido de Catamarca, Revista de divulgación técnica, agrícola y Agroindustrial (16)p12
- Ramírez, L. G., M. A. Enríquez y G. F. Lozano. 2001. Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate bufefel y nueve zacates nativos del NE de México, Ciencia UANL, vol 4, No 3, julio a septiembre.
- Ramírez O. S., N. J. Martínez, A. F. Rodríguez y A. F. Caramillo. 2007. Efecto del sistema de siembra y estado de madurez sobre producción y calidad nutricional de siete variedades de Avena (*Avena sativa*).
- Ramírez V. H., O. J. Molina, C. O. Reynoso, G. M. Palma y J. F. Radillo. 2007. Parámetros fenoproductivos del maíz, forrajero y su asociación con el índice potencial de rendimiento lechero, Universidad de Colima doctorado en ciencias de biotecnología.
- Reyes G. J., L. G. Canudas, L. F. Juárez, P. F. Montiel. 2007. Determinación del rendimiento y valor nutritivo de los pastos atreves del año para consumo de rumiantes En la zona centro del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana facultad de medicina y zootecnia.
- Ramos A. C. 2005. Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura, Revista CENIC. Ciencias Químicas, 36 (1) p. 45-53 Centro Nacional de Investigaciones Científicas La Habana, Cuba
- Richardson, K.A., R.S. Currah y S. Hambleton. 1993. Basidiomycetous endophytes from the roots of Neotropical epiphytic Orchidaceae. Lindleyana 8: 127-137. *Basidiomicetos Organismos endófitos en el crecimiento de plantas epifitas Orchidaceae. Lindleyana*

- Rillig, M.C., S.F. Wright and V.T. Eviner. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plants species. *Plant and Soil* 238:325-333. *El rol de la micorriza arbuscular glomus comparación de efectos de cinco especies de plantas y suelo.*
- RMS Society for Range Management. 1974. Range term Glossary Committee. A glossary of terms used in range management. Kothmann M. M. (ed). Denver, Colorado. U. S. A. 36 p
- Rincón, C. A., M. G. A. Ligarreto y E. Garay. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizajtha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. Medellín* 61(1):4336 – 4346.
- Rodríguez, R., J. White, A.E. Arnold and R. Redman. 2009 Fungal endophytes: Diversity and ecological roles. *New. Phytol.* 182, 314-330. *Hongos endófitos diversidad y roles ecológicos.*
- Royo M., M., R. Escobar T. y J. Sierra T. 2005. Resiembra de pastizales, INIFAP, Paquetes tecnológicos, disponible en el link: <http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?fuseaction=browse&id=1303101&pageid=190>.
- Royo R. y J. C. Jiménez. 2002. Efecto de la inoculación con bacterias rizosféricas en dos variedades de trigo. Fase II: invernadero *Revista Técnica Pecuaria* 42 (3) pp 459-475.
- Rubio A.H., K. Wood, C. Morales, G. Reyes y L. de la Vega. 2004. Above-and belowground responses of *Eragrostis* and *Bouteloua* grass seedling to the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *J Revista Arid Environments.* 50:19-26.
- Rubio, C. 2014. Análisis de la calidad forrajera de praderas naturales del área de Verónica a través del total de nutrientes digestibles, energía metabolizable y proteína bruta y su uso en alimentación de rodeos ganaderos Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/analisis-calidad-forrajera-praderas-naturales.pdf>.
- Russo, R. O. 1994. Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible *Revista agroforestería en las Américas CATIE* 1 (2).
- Rzedowski G. C. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*, primera edición Limusa S.A. 432 pp.
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski. 2004. Manual de Malezas de la Región de Salvatierra, Guanajuato. En: Rzedowski, J. y G. Calderón de R. (eds.). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sánchez, J. y H. Soto. 1999. Calidad nutricional de los forrajes de una zona con niveles medios de producción de leche, en el trópico húmedo del norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. Universidad de Costa Rica. http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-31939119_ITM.
- Sánchez, M. 1991. La simbiosis micorriza vesículo-arbuscular (MVA) en soya *Glycine max* (L) Merrill. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. Boletín Técnico 2 (53).
- Sánchez, A. 1995. Science in agroforestry, *In: Agroforestry Systems* 30:5-55. Sánchez, PA; Uehara, G. 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In *The role of phosphorus in agriculture*. Madison, Wis., ASA-CSSA-SSSA. p. 475-478.
- Sánchez D.L.C.R., A. Díaz F., V. Pecina Q., I. Garza C., J. Loera G. 2008. *Glomus intraradices* Y *Azospirillum brasilense* en trigo bajo dos regímenes de humedad en el suelo, revista trópico húmedo universidad y ciencia 24(3):239-245, 2008
- Sarandón, R. 1988. *Biología poblacional del grama (Cynodon spp., gramineae)*. p.189. Consultado el 22 de Abril de 2015.
- Schonewille J.T., H. Wouterse and A.C. Beynen. 2002. The effect of iso-energetic replacement of artificially dried grass by pelleted concentrate on apparent magnesium absorption in dry cows. *Livestock Production Science*. 76(1-2):59-69.
- SEMARNAT 2005. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 357 p.
- Shah, G. H. 2001. Hogos endomicorrízicos cambiados con composta en calabacita hidropónica en invernadero, UACH, Posgrado en Horticultura, Texcoco estado de México.
- Somarrriba, E. 1992. *Revisando el pasado: un ensayo sobre la definición de la agrosilvicultura*. *Sistemas Agroforestales* .“Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* “19: 233-240. <http://link.springer.com/article/10.1007/BF00118781>.

- Soto, C., A. Valencia, R. D. Galaviz y H. J. Correa. 2005. Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol 18(1) 17:26.
- Steenhoudt, O. J. and J. Vanderlevden. 2000. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. FEMS Microbiology Reviews 24: 487- 506. *Aspectos bioquímicos y ecológicos de Azospirillum asociados con el crecimiento de pastos.*
- Strzelczyk, F., Kampert, M., and Li, C.Y. 1994. Cytokinin-like substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. Microbiol Res 149:55-60.
- Swift M. J., A. Russell-Smith and T.J. Perfect. 1981. Decomposition and mineral nutrient dynamics of plant litter in a regeneration bush-fallow subhumid tropical Nigerian. Journal Ecology 69:981-995
- Thuler, D.S., E.I. Floh, W. Handro and H.R. Barbosa. 2003. Plant growth regulators and amino acids released by *Azospirillum* sp in chemically defined media. Lett Appl Microbiol.37 (2): 174-178.
- ULPGC, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, tema nutrición animal el contenido de nutrientes de los alimentos, en nutrición animal, disponible en: <http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema3.htm>
- Utley, P. R., R. S. Lowrey, W. H. Marchant, R. E. Helliwig, J. L. Butler and W. C. McCormik. 1971. Comparative feeding value of pelleted Pensacola bahiagrass, coastal bermudagrass and coast-cross-1 bermudagrass harvested at four and eight weeks of age. Journal of Animal Science, vol 33, no. 1. 147:150.
- Van der Heijden, M. G. A. 2004. Arbuscular mycorrhizal fungi as support systems for seedling establishment in grassland. Ecology Letters 7: 293-303. *Micorriza arbuscular en el establecimiento y espigamiento de pasto.*
- Van soest, P. J., Wine, R. H.: "Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate". J Assoc Off Anal Chem (1968), 51:780-785.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York. U.S.A. 77 – 92; 140 – 155 pp.
- Van Soest, P. J., D. R. Mertens and B. Deinum. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. Journal of Animal Science 47:712-720.
- Van Soest, P.J. J. B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods of dietary fibers, and nonstarch polysaccharides in relations to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate

methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.

- Velasco, T. A. 1998. Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrizicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Acacia mangium*. Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación, tesis para acreditar el grado de maestro en ciencias CATIE, Costa Rica.
- Vergara, L. J. y O. Araujo F. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista científica, FCV-LUZ*. Vol. 16 Num. 3 pp 239–248.
- Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Wilson, D. 1995. Endophyte the evolution of a term and clarification of its use and definition. *Oikos* 73, 274-276 *Evolución y definición del término y clarificación de su uso.* www.iucn.org/es/sobre/.../sur_proyectos/?...Conservacion-de-Pastizales... www.iucn.org/es/sobre/.../sur_proyectos/?...Conservacion-de-Pastizales.
- Yen S. S. and L. Chun J. 2006. Dietary zinc requirements of grass shrimp, *Penaeus monodon*, and effects on immune responses. *Aquaculture* 254 (1-4):476-482.