



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS

EFFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL
SUELO, LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE DE *Melinis
repens* (Willd.) Zizka, EN CALVILLO, AGUASCALIENTES

PRESENTA

León Arturo Lozano García

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGRONÓMICAS

TUTOR

Dr. Ernesto Flores Ancira

COMITÉ TUTORIAL

Dr. José de Jesus Luna Ruíz
Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez
Dr. Miguel Luna Luna

Aguascalientes, Ags., Junio de 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ANIVERSARIO
UAA

OFICIO NO. CCA-D-111500-188-14

DRA. GUADALUPE RUÍZ CUÉLLAR
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PRESENTE.

Por medio del presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "EFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS CONDICIONES QUÍMICAS DEL SUELO, LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE DEL ZACATE ROSADO MELINIS REPENS (WILLD.) ZIZKA EN CALVILLO, AGUASCALIENTES" del alumno **C. LEÓN ARTURO LOZANO GARCÍA**, egresado de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 24 de Junio del 2014.
"Se Lumen Proferre"


M. en C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

c.c.p. C.P. Ma. Esther Rangel Jiménez.- Jefe del Departamento del Control Escolar
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
c.c.p. Secretario Técnico
c.c.p. Estudiante
c.c.p. Archivo





M.C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PRESENTE.

Por este medio, y en mi calidad de Tutor del alumno de Maestría en Ciencias Agropecuarias **León Arturo Lozano García**, quien realizó la tesis titulada **"Efecto del fuego sobre las condiciones químicas del suelo, la producción y calidad de forraje del zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka en Calvillo, Aguascalientes"** me permito emitir mi **VOTO APROBATORIO** para que pueda proceder a imprimirla, y poder así continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Por su atención a lo anterior me despido, no sin antes enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Jesús María. Aguascalientes.. 24 de Junio de 2014



Dr. Ernesto Flores Ancira

Tutor



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

M.C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio, y en mi calidad de Asesor del alumno de Maestría en Ciencias Agropecuarias **León Arturo Lozano García**, quien realizó la tesis titulada **“Efecto del fuego sobre las condiciones químicas del suelo, la producción y calidad de forraje del zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka en Calvillo, Aguascalientes”** me permito emitir mi **VOTO APROBATORIO** para que pueda proceder a imprimirla, y poder así continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Por su atención a lo anterior me despido, no sin antes enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“Se Lumen Proferre”

Jesús María, Aguascalientes., 24 de Junio de 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José de Jesús Luna Ruiz'.

Dr. José de Jesús Luna Ruiz

Integrante del Comité Tutorial





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

M.C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio, y en mi calidad de Asesor del alumno de Maestría en Ciencias Agropecuarias **León Arturo Lozano García**, quien realizó la tesis titulada **“Efecto del fuego sobre las condiciones químicas del suelo, la producción y calidad de forraje del zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka en Calvillo, Aguascalientes”** me permito emitir mi **VOTO APROBATORIO** para que él pueda proceder a imprimirla, y poder así continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Por su atención a lo anterior me despido, no sin antes enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
“Se Lumen Proferre”
Jesús María, Ags., 24 de Junio de 2014

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Antonio de Jesús Meráz Jiménez'.

Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez

Integrante del Comité Tutorial





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

M.C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
P R E S E N T E.

Por este medio, y en mi calidad de Asesor del alumno de Maestría en Ciencias Agropecuarias **León Arturo Lozano García**, quien realizó la tesis titulada **“Efecto del fuego sobre las condiciones químicas del suelo, la producción y calidad de forraje del zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka en Calvillo, Aguascalientes”** me permito emitir mi **VOTO APROBATORIO** para que él pueda proceder a imprimirla, y poder así continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Por su atención a lo anterior me despido, no sin antes enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“Se Lumen Proferre”
Jesús María, Ags., 24 de Junio de 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Luna Luna'.

Dr. Miguel Luna Luna

Integrante del Comité Tutorial



AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme una beca para realizar mis estudios de maestría.

Al Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Al Dr. Ernesto Flores Ancira por brindarme su apoyo como tutor, profesor, y amigo.

A los integrantes del comité tutorial el Dr. José de Jesús Luna Ruíz, Dr. Antonio de Jesús Meráz Jiménez, Dr. Miguel Luna Luna, así como los colaboradores del proyecto Dr. Rodolfo Barretero Hernández, Dr. Carlos Haubi Segura, MC. Guadalupe Acero Godínez, Dr. Tulio Arredondo Moreno, y MC. Liliana Barba de Alba, por su apoyo durante la realización del programa y las facilidades brindadas durante mi formación.

Al Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), San Luis Potosí, por sus facilidades para la realización de una estancia de investigación.

DEDICATORIA

A DIOS

A MI MADRE

*Sandra García Ruiz, por su amor y compromiso de sacarnos adelante
fungiendo como padre y madre, siendo mi ejemplo a seguir en la vida;*

A MI ESPOSA

Juanita Gutiérrez Guzmán.

A MIS HERMANAS

Sandra Lozano García y Elsa del Rosario Lozano García.

INDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS.....4

LISTA DE CUADROS.....6

RESUMEN.....8

ABSTRACT.....10

INTRODUCCIÓN GENERAL.....12

ANTECEDENTES GENERALES.....14

 Especies invasoras.....14

 Pastos Africanos.....17

 Zacate *Melinis repens* (Willd.) Zizka.....18

 Quemas pre-escritas en ecosistemas de pastizal.....20

 Literatura citada.....22

CAPÍTULO I. EFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.....31

 1.1. Introducción.....31

 1.2. Revisión de literatura.....32

 1.3. Materiales y métodos.....35

 1.3.1. Sitio de estudio.....35

 1.3.2. Preparación del sitio experimental para la quema prescrita.....36

 1.3.3. Realización de la quema prescrita (parcelas sujetas a quema).....37

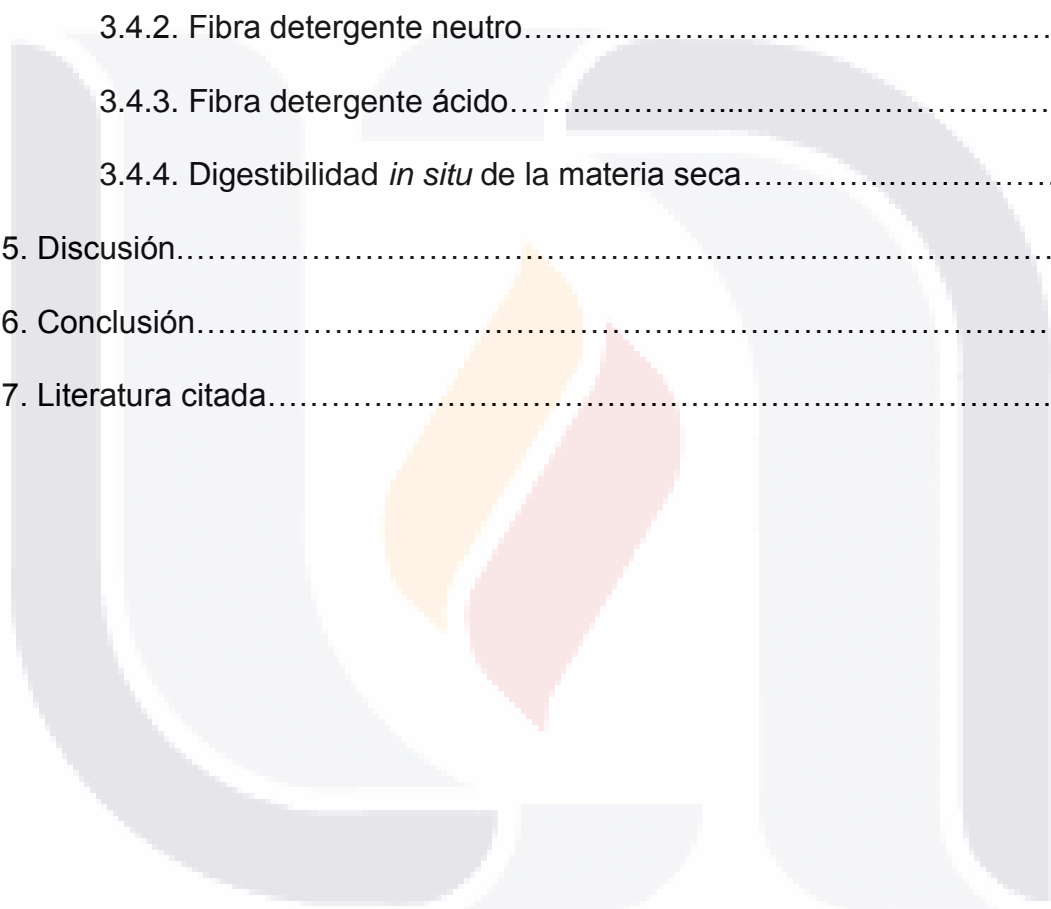
 1.3.4. Parcelas sin quema.....38

 1.3.5. Muestreo y análisis de suelo.....39

 1.3.6. Análisis de datos.....41

1.4.Resultados.....	41
1.4.1. Nitratos y Nitritos.....	41
1.4.2. Nitrógeno amoniacal intercambiable.....	44
1.4.3 Carbón orgánico total.....	46
1.5. Discusión.....	48
1.6. Conclusión.....	50
1.7. Literatura citada.....	51
CAPÍTULO II. EFECTOS DEL FUEGO EN LA PRODUCCION FORRAJERA DE	
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka.....	58
2.1. Introducción.....	58
2.2. Revisión de literatura.....	59
2.3. Materiales y métodos.....	61
2.3.1. Sitio de estudio.....	61
2.3.2. Determinación de producción de forraje.....	61
2.3.3. Análisis de datos.....	62
2.4. Resultados.....	62
2.5. Discusión	65
2.6. Conclusión.....	66
2.7. Literatura citada.....	66
CAPÍTULO III. EFECTOS DEL FUEGO EN LA CALIDAD NUTRITIVA DEL	
FORRAJE <i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka.....	72
3.1. Introducción.....	72
3.2. Revisión de literatura.....	73

3.3. Materiales y métodos.....	75
3.3.1. Muestreo y análisis de forraje.....	75
3.3.2. Análisis de datos.....	76
3.4. Resultados.....	77
3.4.1. Proteína cruda.....	77
3.4.2. Fibra detergente neutro.....	79
3.4.3. Fibra detergente ácido.....	80
3.4.4. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca.....	82
3.5. Discusión.....	84
3.6. Conclusión.....	86
3.7. Literatura citada.....	87



LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Descripción morfológica del zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka.....18

Figura 2. Distribución del pasto rosado (*Melinis repens*) (Willd.) Zizka. En Norteamérica.....19

Figura 3. Distribución del pasto rosado (Willd.) Zizka. en el estado de Aguascalientes.....20

Figura 4. Distribución en campo de parcelas experimentales con y sin quema.....37

Figura 5. Secuencia de realización de la quema prescrita.....38

Figura 6. Cortes de homogenización en los tratamientos sin quema.....39

Figura 7. Sitios de muestreo de suelo, denominados suelo base y suelo inter-espacio, Calvillo, Aguascalientes, 2012.....39

Figura 8. Secuencia desarrollada en laboratorio para la preparación de las muestras de suelo.....40

Figura 9. Concentraciones de nitritos y nitratos (mg/kg) presentes en el suelo43

Figura 10. Concentraciones de nitrógeno amoniacal (mg/kg) presentes en el suelo.....45

Figura 11. Concentración de Carbono Orgánico Total (%).....47

Figura 12. Secuencia de obtención de producción de forraje, Calvillo, Aguascalientes, 2012.....61

Figura 13. Producción de forraje verde (kg/m²).....63

Figura 14. Producción total de forraje seco (kg/m²).....64

Figura 15. Etapas fenológicas del zacate rosado.....75

Figura 16. Contenido de proteína cruda (%) del zacate rosado.....78

Figura 17. Contenido de fibra detergente neutro (%) del zacate rosado.....80

Figura 18. Contenido de fibra detergente ácido (%) del zacate rosado.....82

Figura 19. Digestibilidad *in situ* (%) del zacate rosado.....84



LISTA DE CUADROS.

Cuadro 1. Datos climatológicos del área de estudio de la estación climatológica Santo Cristo, Calvillo, Aguascalientes.....35

Cuadro 2. Metodologías de laboratorio utilizadas en el análisis de suelos.....41

Cuadro 3. Análisis de varianza de las concentraciones de nitratos y nitritos.....43

Cuadro 4. Interacción estadística de la concentración de nitratos y nitritos.....43

Cuadro 5. Análisis de varianza de la concentración de nitrógeno amoniacal (mg/g).....44

Cuadro 6. Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/g).....45

Cuadro 7. Análisis de varianza de concentraciones de carbón orgánico total. en el suelo analizado (quita en el suelo analizado).....46

Cuadro 8. Separación de medias de la interacción sitio, tiempo y quema y no quema.....47

Cuadro 9. Análisis de Varianza producción de forraje verde del pasto rosado verde entre tratamientos.....62

Cuadro 10. Producción de forraje verde del pasto rosado entre tratamientos.....63

Cuadro 11. Análisis de varianza producción de forraje del pasto rosado.....64

Cuadro 12. Producción de forraje seco del pasto64

Cuadro 13. Metodologías de laboratorio utilizadas en el análisis de calidad forrajera.....76

Cuadro 18. Análisis de varianza proteína cruda (%) del forraje del pasto rosado.....	77
Cuadro 19. Proteína cruda (%) del pasto rosado	78
Cuadro 20. Análisis de varianza de fibra detergente neutro del pasto rosado.....	79
Cuadro 21. Concentraciones de fibra detergente neutro (%) del forraje de pasto rosado.....	80
Cuadro 22. Análisis de varianza de la fibra detergente ácido (%) del forraje del pasto rosado.....	81
Cuadro 23. Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema para digestibilidad.....	82
Cuadro 24. Análisis de varianza de los porcentajes de digestibilidad <i>In Situ</i> de la materia seca.	83
Cuadro 25 Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema para digestibilidad.....	84

RESÚMEN

En Calvillo, Aguascalientes, México, durante los años 2012 y 2013, se evaluó el efecto del fuego sobre algunas variables químicas del suelo como nitritos y nitratos (NO_2^- - NO_3^- - mg/g, nitrógeno amoniacal (N-NH_4^- - mg/g), y carbono orgánico total (% COT) en tres tiempos de muestreo: antes de la quema (T1), inmediatamente después de la quema (T2), y después de la quema en época de lluvias (T3). Además, durante el año 2012, se determinó la producción forrajera (materia verde y seca) (g/m^2), así como la calidad nutrimental del zacate rosado en relación a los contenidos de su digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% DIVMS), proteína cruda (% PC), y la fracción de fibra, detergente neutro (% FDN), y detergente ácido (% FDA), en tres etapas fenológicas: crecimiento (C), madurez (M), y latencia (L). Las variables químicas del suelo fueron similares ($P \geq 0.05$) entre las parcelas sujetas a quema-Q, y sin quema-SQ, sitios de muestreo (suelo base raíz-SB, suelo inter-espacio-SI, y tiempos de muestreo (antes de la quema, inmediatamente después de la quema, después de la quema en época de lluvia respectivamente). La producción de forraje verde (FV) y seco (FS), resultó diferente ($P \leq 0.05$), entre los tratamientos de quema (Q), y sin quema (SQ), con un total de 684.66 g/m^2 (PFV) y 336.86 g/m^2 (PFS), y 221.60 gr/m^2 (PFV) y 107.33 g/m^2 (PFS) respectivamente. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca-DIVMS resultó diferente ($P \leq 0.05$) entre los factores quema y sin quema, y las etapas fenológicas (crecimiento, madurez y latencia), con valores de 39.05, 34.16, y 33.29 % respectivamente en los tratamientos con quema, y de 38.16, 28.16, y 28.14%, en las mismas etapas fenológicas (crecimiento, madurez, y latencia

respectivamente), en los tratamientos sin quema. La proteína cruda en las parcelas con quema presentó valores de 10.91, 4.44, y 2.78 % durante las etapas de crecimiento, madurez, y latencia respectivamente, mientras que las parcelas sin quema tuvieron 10.91, 3.26, y 1.65 % en las etapas de crecimiento, madurez y latencia respectivamente. La fibra detergente neutro (FDN) presentó valores similares ($P \geq 0.05$) de 61.58, 70.89, y 75.31% en las parcelas con quema respectivamente, mientras que las parcelas sin quema obtuvieron 66.67, 75.67, y 77.32 % en las etapas de crecimiento, madurez, y latencia, en las parcelas sin quema respectivamente. La fibra detergente ácido-FDA mostró niveles de 30.21, 45.45, 48.34% en parcelas con quema para los períodos de crecimiento, madurez, y latencia respectivamente, mientras que las parcelas sin quema en las mismas etapas logró 34.16, 52.81, y 53.7 % respectivamente ($P \geq 0.05$). En general la aplicación del fuego en parcelas infestadas con zacate rosado en este trabajo no perjudicó las variables químicas del suelo, e incrementó tanto su producción como la calidad del forraje, mostrando que la quema prescrita podría representar una excelente estrategia de manejo de pastizales que podría ser utilizada para aprovechar de una manera más integral las extensas áreas existentes en Aguascalientes y México, que cuentan con la presencia de esta gramínea exótica.

PALABRAS CLAVE: Fuego, zacate rosado, suelo, forraje, nutrición.

ABSTRACT

In Calvillo, Aguascalientes, Mexico, during 2012 and 2013, it was assessed the effect of fire on some soil's chemical variables soil such as nitrites and nitrates ($\text{NO}_2^- - \text{NO}_3^-$ - mg/g), ammonia nitrogen (N-NH_4^- - mg/g), and total organic carbon (TOC %) at three sampling times: before burning (T1), immediately after burning (T2), and after burning in the rainy season (T3). In addition, during 2012, forage production (kg ms/m^2), and Natal grass nutritional quality in terms of its contents of *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD %), crude protein (CP %), and fiber fractions, neutral detergent fiber (NDF %), and acid detergent fiber (ADF %), at three phenological stages, growth (C), maturity (M), and dormancy (D), were also determined. Soil's chemical variables were similar ($P \geq 0.05$) in the burned and unburned plots, sampling sites (root base-RB, interspace-IS), and sampling times (before burning, immediately after burning, and after burning during the rainy season). Forage, fresh (FF) and dry (DF) differ ($P \leq 0.05$) between the burned and unburned treatments with 684.66 g/m^2 (FF) and 336.86 g/m^2 (DF) and 221.60 gr/m^2 (FF) and 107.33 g/m^2 (DF) respectively. *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was different ($P \leq 0.05$) between the burned and unburned factors, and the phenological stages (growth, maturity, and dormancy) with values of 39.05, 34.16, y 33.29 % respectively, for the burned treatments, and 38.16, 28.16, y 28.14%, during the same phenological stages achieved by the unburned treatments. Crude protein in the burned and unburned plots had values ranging from 10.91, 4.44, 2.78 %, and 10.91, 3.26, and 1.65 % during the stages of growth, maturity, and

dormancy respectively. Neutral detergent fiber (NDF) was similar ($P \geq 0.05$) in the burned and unburned plots with de 61.58, 70.89, y 75.31%, and 66.67, 75.67, y 77.32 % during three phenological stages (growth, maturity, and dormancy respectively). Acid detergent fiber (ADF) did not differ ($P \geq 0.05$) in the burned and unburned plots with 30.21, 45.45, 48.34%, and 34.16, 52.81, y 53.7 % during three phenological stages (growth, maturity, and dormancy respectively). In general, the application of fire to plots infested with red natal grass did not harm soil's chemical variables, and increased both forage quantity and quality, showing that the use of prescribed burning onto grasslands invaded by red natal grass could represent an excellent rangeland management strategy that could be applied to holistically utilize enormous areas of Aguascalientes and México having the presence of this exotic graminoid species.

KEYWORDS: Fire, red natal grass, soil, forage, nutrition.

INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial, distintos tipos de ecosistemas se han venido modificando por diversas causas, principalmente aquellas relacionadas con las actividades del hombre. Los ecosistemas de pastizal en México no están exentos a estos cambios y en las últimas décadas presentan comunidades de plantas distintas a las que existieron en tiempos pretéritos, varias de estas plantas son especies exóticas y oportunistas, las cuales han desplazado a las especies nativas formando en muchos de los paisajes de zonas áridas y semiáridas del país poblaciones mono específicas (Archer *et al.* 1988). Estas especies exóticas desplazan a las especies nativas por competencia directa, modificación del hábitat, alteración de la estructura de los niveles tróficos, sus condiciones biogeoquímicas y por la alteración en los regímenes de fuego. Una de estas especies invasoras es el zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka, el cual es originario del sur de África (Cárdenas 1977) y en el estado de Aguascalientes, se distribuye prácticamente en todos los municipios (De la Cerda 1996).

A pesar de que su presencia se incrementa cada vez más, el aprovechamiento de este zacate es limitado y no se le proporciona un uso apropiado y sustentable en actividades de pastoreo tanto por la fauna silvestre o el ganado doméstico ya que prácticamente no existe información científica, que dilucide la resolución de la problemática que representa la invasión constante y creciente del zacate rosado. Existen zonas donde por el tipo de suelo, clima y la sobreexplotación antrópica impiden la realización de una agricultura convencional., por ello, los pastizales representan un importante modelo ecológico y en muchos casos, es la única

opción para la implementación de sistemas de producción pecuaria bajo condiciones extensivas. Debido a esto, es necesario generar estrategias de manejo acordes con las condiciones ecológicas prevalecientes en cada región, tendientes al aprovechamiento integral de esta especie.

Entre estas estrategias, la quema prescrita o quema controlada podría constituir una herramienta ideal para incrementar la palatabilidad y utilización del zacate rosado, al mejorar la calidad y rendimiento de esta especie, además de incrementar la posibilidad de disminuir su ventaja competitiva sobre las gramíneas nativas. Por tal motivo, con el fin de contribuir a la generación de conocimiento científico básico y aplicado que permite el diseño de estrategias para el manejo ecológico de esta especie los objetivos de este trabajo fueron: Evaluar el efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo, la producción y calidad de forraje, en Calvillo, Aguascalientes.

ANTECEDENTES GENERALES

Especies Invasoras

La invasión de especies vegetales en los ecosistemas naturales a nivel mundial y local, incluye muchas especies, mostrando efectos nocivos similares en ecosistemas distantes geográficamente (Asner *et al.* 2004), como la modificación de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos y la alteración de los suelos y su productividad, haciendo que la invasión de especies sea considerada una amenaza primordial a la biodiversidad y al equilibrio ecológico mundial (Segura, 2007). Existen antecedentes específicos de invasión en la gran mayoría de los ecosistemas de pastizal (Brown y Archer 1999), en la actualidad los pastizales occidentales no están exentos de estas invasiones, propiciando cambios en su composición botánica donde las comunidades de pastos perenes son invadidos por leguminosas tanto herbáceas como arbóreas, debido a la degradación agrícola y el sobrepastoreo (Ditomaso 2009), dando como resultado la pérdida de cobertura vegetal y la aparición de especies de gramíneas menos deseables, así como arbustivas y sub-arbustivas de menor calidad forrajera y ecológica (Archer *et al.* 1988), acelerando la erosión y pérdida de nutrientes del suelo (Schlesinger *et al.* 1999).

Se pueden mencionar varios factores que determinan el éxito de una planta invasora, entre los que se encuentran un mayor potencial reproductivo y de dispersión, altas tasas de crecimiento, un mejor aprovechamiento de recursos para formar hojas y raíces, adaptación a condiciones adversas del ambiente y la eficiente simbiosis con microorganismos del suelo (Pimentel *et al.* 2000), aunque

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

siempre dependiendo del tipo de ecosistema en que se presenten ya que se ha relacionado con un mayor potencial de invasión a las zonas más mesicas y con recursos estables (Chambers y Wisdom 2007), que en ambientes extremos que pocas especies no nativas resisten (Brooks 2009). Para que una especie invasora se le considere perjudicial, debe causar daños ecológicos y económicos (Crowl *et al.* 2008); en los últimos tiempos, las plantas leñosas han invadido los ecosistemas de praderas y sabanas en todo el mundo, ampliándose continuamente (Grover y Musick 1990; Van Auken 2000), esto debido a la extinción de incendios, el sobrepastoreo de ganado de las especies herbáceas, la distribución de semilla escarificada a través de la ganadería o de la fauna y el cambio climático (Kramp *et al.* 1998).

En el caso particular del suroeste de los Estados Unidos, los arbustos y los árboles han invadido las tierras de pastoreo después de períodos de pastoreo intensivo, asociados a períodos de sequía (Buffington y Herbel 1965; Frederickson *et al.* 1998), se menciona que en el sur de los estados de Texas y Oklahoma existen más de 10 millones de hectáreas de pastizales invadidos (Engle, 1985; Ueckert *et al.* 2001), por especies de alta flamabilidad como los táscales (*Juniperus asheii* y *Juniperus pinchotii*), que aumentan el potencial de incendios accidentales (Britton *et al.* 1984) más grandes y con mayor frecuencia debido a la conexión de combustible por arbustos donde antes existían espacios intermedios durante la temporada de incendios, dejando como consecuencia daños a los recursos naturales, infraestructuras urbanas y en algunos casos pérdida de vidas humanas (Craddock 1946; Cannon *et al.* 2001; Moody y Martin 2001; Pierson y col.

2002). Además de disminuir en última instancia la producción y la diversidad de herbáceas, reduce el hábitat de la fauna silvestre, aumenta el suelo desnudo y el potencial de la erosión (Scholes y Archer 1997), de tal manera que representa daños económicos de miles de millones de dólares anualmente (Sax *et al.* 2005).

Es importante mencionar que los fuegos planeados o prescritos se diferencian de los fuegos accidentales antes descritos, los cuales dejan daños...sin embargo, algunos autores destacan la importancia de los fuegos accidentales como una fuerza determinante en el desarrollo, estructura y funcionamiento de los ecosistemas (Sauer 1951; Taylor 2003; Sparks *et al.* 2005; Wright 1974). Los fuegos prescritos se llevan a cabo con el fin de ocasionar cambios positivos y mejoramiento de los ecosistemas, como el incremento en la producción de biomasa, mejoramiento de la disponibilidad y calidad del forraje, incrementando la utilización de pastos toscos y fibrosos, y mejorando además el hábitat para la fauna silvestre (Luna 2009). Adicionalmente, la quema mejora la cama de siembra para el establecimiento de gramíneas nativas.

Existe un gran cumulo de información en relación al manejo y control de especies indeseables (Scifres1980), si se tiene el conocimiento de los factores y causas que influyen en el proceso de invasión de esa planta en el nuevo nicho (Sosebee y Wan 2004), y así es posible rehabilitar el pastizal para formar un sistema estable de producción de pastos o forrajes, protegiendo el suelo de los procesos erosivos, restaurar el vigor, la calidad y la productividad del pastizal (Archer *et al.* 1988).

Pastos Africanos

En México podemos encontrar gran variedad de especies introducidas, de las cuales la familia que registra mayor número es la Poaceae, los pastos, representan 74 géneros y 171 especies (Masters y Sheley 2001), que ocupan los espacios vacíos dejados por el abatimiento de especies nativas. Donde las primeras especies invasoras crean el hábitat apropiado para la entrada y establecimiento de otras especies invasoras (Villaseñor y Magaña 2009; Lowe *et al.* 2004). En diversos lugares se les consideran una amenaza latente a la diversidad, debido a su introducción y dispersión, en algunos casos deliberados y en otro accidental en áreas abandonadas de cultivos agrícolas y pastizales naturales, constituyendo un proceso de invasión permanente y alarmante principalmente en zonas tropicales y subtropicales (Gray1986).

Los pastos africanos son considerados de bajo valor forrajero y poco aprovechados por el ganado en pastoreo (Villanueva *et al.* 1989), ya que por su naturaleza general crecen de manera acelerada, y por consecuencia se ve reducido su contenido de proteína cruda presentando un rápido incremento en el contenido de la pared celular y lignificación de la materia seca digestible a medida que estas maduran (Williams y Baruch, 2000).

La invasión de pastos africanos presenta otros problemas graves que se ven reflejados en los procesos ecológicos como los ciclos del agua (Wilcox y Thurow 2006), la dinámica de nutrientes (Evans *et al.* 2001), los presupuestos de carbono (Bradley *et al.* 2006), el hábitat de vida silvestre y la diversidad vegetal del sitio.

Estos problemas son normalmente más significativos sobre áreas locales que a gran escala (Mitchell 1995).

Zacate Rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka

Entre los pastos Africanos se encuentra el zacate *Melinis repens* (Willd.) Zizka, el cual es una de las especies exóticas que presenta una mayor distribución (Rogers y Schuman 1996). Es originario del sur de África y en México se reporta su presencia y distribución en todo del país (Cárdenas 1977). Este pasto presenta tallos de 0.7 a 1.0 m de altura, los cuales pueden ser erectos o doblados; las hojas angostas, planas o dobladas de 8 a 18 cm de longitud, y de 2 a 5 mm de ancho; sus inflorescencias son panículas color púrpura cambiando a rosa, y plateado con la edad; miden de 6 a 20 cm de longitud. Espiguillas de 5 a 6 mm de longitud (incluyendo los pelos) (March y Martínez 2007). La descripción general de esta especie se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka.. Fuente: <http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Melinis+repens> 2013.

Se menciona que prefiere zonas perturbadas, secas, y se encuentra hasta 1,900 metros de altura, frecuentemente en laderas rocosas expuestas al calor, en zonas que reciben precipitaciones anuales de 325 a 400 mm; no tolera el frío y muere después de la primera helada (CONABIO 2008). Esta especie es común en la orilla de caminos, bordes y dentro de terrenos de cultivo, así como en pastizales, matorrales xerófilos, y en bosques de encino, como componente de vegetación secundaria, y como especie invasora puede seleccionar preferentemente suelos pobres, además de sitios con suelos ricos en nutrientes para su colonización (Stohlgren *et al.* 2003), aunque lo podemos encontrar prácticamente en todo tipo de suelos que hayan sido degradados por efectos del hombre (Chambers y Oshant 2004). En América se encuentra distribuido desde el Sur de EE.UU., México, Centro y hasta Sudamérica, así como en las Antillas Figura 2.

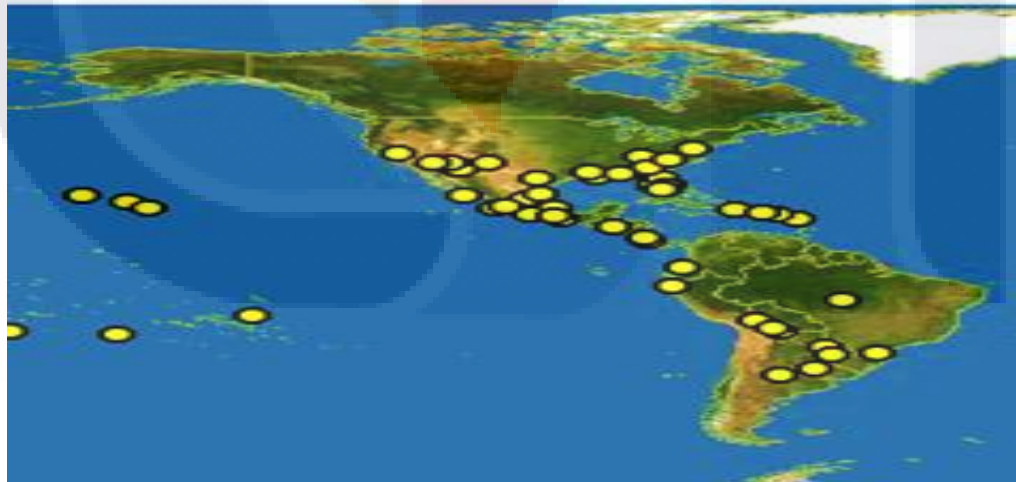


Figura 2. Distribución del Pasto rosado (*Melinis repens*) en Norteamérica.

Fuente: <http://www.discoverlife.org/mp/20m?kind=Melinis+repens>.

En México se tiene reportada su presencia en 30 estados del país (Vibrans 2006), y en el estado de Aguascalientes lo podemos encontrar en prácticamente todos los municipios a orilla de caminos y en zonas de cultivos, en pastizales, matorral espinoso y bosque de encino como vegetación secundaria (De la Cerda 1996; Herrera 2001).

En la Figura 3, se muestran los sitios de ubicación satelital con presencia de *Melinis repens*, dicha especie está presente en todos los municipios del estado no importando rasgos latitudinales, edafológicos, y ecológicos en general (Flores-Ancira 2013).

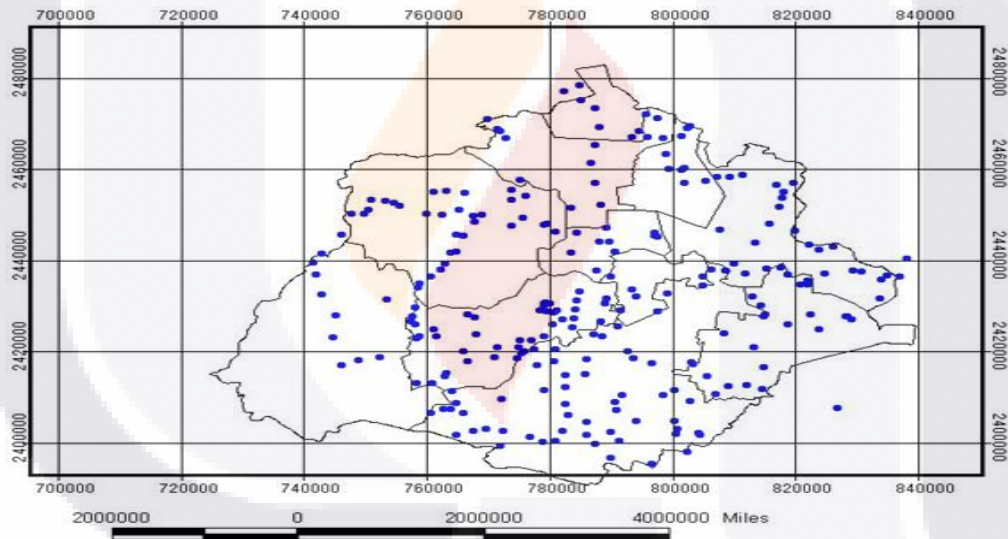


Figura 3. Distribución del pasto rosado en el Estado de Aguascalientes.

Quemas prescritas en ecosistemas de pastizal

Históricamente las quemas prescritas en los ecosistemas de pastizal no ha sido una práctica muy utilizada y estudiada. Recientemente se practican al sur de Estados Unidos, con la finalidad de alcanzar diversos e importantes objetivos benéficos (Ford y Johnson 2003), como propiciar la regeneración de especies,

fomentar condiciones de hábitat para la fauna, la disminución de combustibles causados por las especies invasoras (Britton *et al.* 1984; Chambers y Wisdom 2009), reducción de la vegetación vieja, plagas y enfermedades, el aumento en el ciclo de nutrientes planta suelo y por ende el aumento en la productividad de las plantas y la diversidad de especies (Hodgkinson y Harrington 1985; Fuhlendorf y Engle 2004). Todo esto a menor costo que otras opciones de control, como las químicas y/o mecánicas (Wright y Bailey 1982; Scifres y Hamilton 1993), además con el fuego se ocasiona una menor contaminación del suelo y los mantos freáticos (Luna 2009).

Es por esto que en últimos tiempos se han descrito a los pastizales como dependientes y sensibles al fuego como proceso ecológico (Trlica 1977) y ha sido objeto de interés en todo el mundo, la restauración de los regímenes del fuego en los pastizales invadidos (Bond *et al.* 2005; Briggs *et al.* 2005). Los principales objetivos que se buscan con las quemas prescritas en pastizales son: incrementar la producción ganadera, reciclar nutrimentos inmovilizados en plantas maduras, y estimular nuevos rebrotes (Myers 2006), además de disminuir la invasión de las plantas perennes leñosas (Wright 1980; Briggs y Gibson 1992), y así como lograr una mejor distribución de los nutrientes del suelo en todas las áreas naturales no solamente en las islas de fertilidad (Kieft *et al.* 1998).

Estos objetivos se logran con la existencia de una constante relación lineal y positiva entre las máximas temperaturas alcanzadas en la superficie del suelo, la carga de combustible (Gil y Medina 2001), y las condiciones climatológicas (Mayeux y Hamilton 1988). Para que una quema prescrita se pueda realizar es

necesario siempre cuidar la seguridad del personal que participa, para realizar la quema el primer factor a considerar es la disponibilidad y tipo de combustible Britton *et al.* (1984), Scifres (1980) especifica una disponibilidad mínima de 670 a 1100 kg/ha. Una velocidad del viento de hasta 3km/h y con HR mayores a 60% si la temperatura ambiente es mayor a 24 °C, siempre dependiendo de los objetivos que se buscan.

Todas estas condiciones se pueden presentar en un pastizal, por sus características de alta flamabilidad, Además, Wright y Bailey (1982) mencionan que los pastizales presentan características que favorecen la conducción del fuego, por sus extensas áreas. En particular, la salud del suelo, la composición herbácea y la cubierta, así como los patrones de precipitación después del tratamiento de la quema son variables clave en la determinación de las tasas de recuperación de los pastizales (Tausch y Tueller 1977; Everett y Ward 1984), debido a esto, la mejor época para llevar al cabo una quema prescrita en pastizales es justo antes del inicio de la temporada de lluvias, para facilitar los procesos fotosintéticos y la rápida recuperación de la vegetación (Luna 2009).

Literatura citada

Archer, S., C. Scifres, C.R. Bassham, and R. Maggio. 1988. Autogenic succession in a subtropical savanna: conversion of grassland to thorn woodland. *Ecological Monographs*, 58(2):111-127.

- Asner, G. P., A. J. Elmore, L. P. Olander, R. E. Martin, and A. T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 23:261–299.
- Bond, W. J., F. I. Woodward, and G. F. Midgley. 2005. The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist* 165:525–538.
- Bradley, B. A., R. A. Houghton, and J. F. Mustard. 2006. Invasive grass reduces aboveground carbon stocks in shrublands of the Western US. *Global Climate Change* 12:1815–1822.
- Briggs, J. M., A. K. Knapp, J. M. Blair, J. L. Heisler, G. A. Hoch, M. S. Lett, and J. K. Mccarron. 2005. An ecosystem in transition: causes and consequences of the conversion of mesic grassland to shrubland. *BioScience* 55:243–254.
- Briggs, J. M., and D. J. Gibson. 1992. Effect of fire on tree spatial patterns in a tallgrass prairie landscape. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 199: 300–307.
- Britton, C. M., B. Racher, and J.C. Villalobos. 2003. Prescribed fire for range improvement. I Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Centro de Ciencias Agropecuarias.
- Brooks, M. L. 2009. Spatial and temporal distribution of non-native plants in upland areas of the Mojave Desert. *In*: R. H. Webb, L. F. Fenstermaker, J. S. Heaton, D. L. Hughson, E. V. McDonald, and D. M. Miller (Eds.). *The Mojave Desert: ecosystem processes and sustainability*. Reno, NV, USA: University of Nevada Press. 101–124 pp.
- Brown, J. R. and S. Archer. 1999. Shrub invasion of grassland: recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density. *Ecology*, 80(7): 2385-2396.

- Buffington, L. C. and C. H. Herbel. 1965. Vegetation changes on a semidesert grassland range from 1858 to 1963. *Ecological Monographs* 35:139–164.
- Cannon, S. H., R. M. Kirkham, and M. Parise. 2001. Wildfire-related debris-flow initiation processes, Storm King Mountain, Colorado. *Geomorphology* 39:171–188.
- Cárdenas C.M.E. 1977. Autoecología del pasto “natal” *Rhynchelytrum roseum* (Nees). Stapf & Hubb. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L.
- Chambers, N. y T. H. Oshant. 2004. Plantas Invasoras del Desierto Sonorense. Guía de Campo. National Fish and Wildlife Foundation, U.S Fish and Wildlife Service, USA. 61 P.
- Chambers, J. C. and M. J. Wisdom. 2009. Priority research and management issues for the imperiled Great Basin of the Western United States. *Restoration Ecology* 17:707–714.
- CONABIO. 2008. Ficha técnica *Rhynchelytrum repens* (Willd.) & C. E. Hubb. *En*: <http://www.conabio.gob.mx> Revisada 20/febrero/2012.
- Craddock, G. W. 1946. Salt Lake City Flood, 1945. *Proceedings of Utah Academy of Sciences, Arts, and Letters* 23:51–61.
- Crowl Ta, T. Crist., R. Parmenter., G. Belovsky, and A. Lugo. The spread of invasive species and infectious diseases as drivers of ecosystem change. *Front Ecol Environ* 2008;6(5):238-246.
- De La Cerda, L.M. 1996. Las Gramíneas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. 1ª Ed. 123 P.
- Ditomaso, J. M. 2009. Invasive weeds in rangelands: species, impacts, and management.

- Engle, D. M. 1985. Effects of eastern redcedar on range forage and livestock production. In: R.F. Wittner and D.M. Engle (EDS.). Proceedings—Eastern Redcedar in Oklahoma Conference; 20 February 1985; Stillwater, OK: Oklahoma State University Cooperative Extension Service E-849. p 53–60.
- Evans, R. D., R. Rimer, L. Sperry, and J. Belnap. 2001. Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological Applications* 11:1301–1310.
- Everett, R. L., and K. Ward. 1984. Early plant succession on pinyon-juniper controlled burns. *Northwest Science* 58:57–68.
- Flores- Ancira, Ernesto. 2013. Pasto Rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka. En Adrián Quero A. (Ed.) Gramíneas Introducidas Importancia e Impacto en Ecosistemas Ganaderos. Colección de Pastos. Bibliografía Básica del Agricultor Pag.20-27 pp.
- Ford, P.L. and G.V. Johnson. 2003. Effects of dormant- vs. growing-season fire in shortgrass steppe: biological soil crust and perennial grass responses aU.S. Forest Service Rocky Mountain Research Station, 333 Broadway SE, Suite 115, Albuquerque, NM 87102, USA Received 30 July 2003 (Accessed Saturday July 27 2008).
- Frederickson, E., K. M. Havstad, R. Estell, and P. Hyder. 1998. Perspectives on desertification: south-western United States. *Journal of Arid Environment* 39:191–207.
- Fuhlendorf, S. D., and D. M. Engle. 2004. Application of the fire-grazing interaction to restore a shifting mosaic on tallgrass prairie. *Journal of Applied Ecology* 41:604–614.

- Gil JL., MJ. Medina. 2001. Efecto d dos épocas de quema sobre la dinámica poblacional de una pastura de *Urochloa decumbens* Stapf. *Zootecnia Tropical* 2001;19(3):407-422.
- Gray AJ. 1986. Do invading species have definible genetic characteristics? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B* 314: 655-674.
- Grover, H. D., and H. B. Musick. 1990. Shrubland encroachment in southern New Mexico, U.S.A.: an analysis of desertification processes in the American southwest. *Climate Change* 17:305–330.
- Herrera A. 2001. *Las Gramíneas de Durango*. 1ª ed. Durango, México: IPN-CONABIO.
- Hodgkinson, K. C., and G. N. Harrington. 1985. The case for prescribed burning to control shrubs in eastern semi-arid.
- Kieft, T. L., C. S. White, S. R. Loftin, R. Aguilar, J. A. Craig, and D. A. Skaar. 1998. Temporal dynamics in soil carbon and nitrogen resources at a grassland shrubland ecotone. *Ecology* 79:671–683.
- Kramp, B. A., R. J. Ansley, and T. R. Tunenell. 1998. Survival of mesquite seedlings emerging from cattle and wildlife feces in a semi-arid grassland. *The Southwestern Naturalist* 43:300–312.
- Lowe S., M. Browne, S. Boudjelas y M. De Poorter. 2004. 100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. Selección del Global Invasive Species Database. Grupo Especialista en Especies Invasoras (geei), de la Comisión de Supervivencia de Especies (cse) de la Unión Mundial para la Naturaleza (uicn). Primera edición, en inglés, publicada junto con el número 12 de la revista *Aliens*, diciembre de 2000. Versión traducida y actualizada: noviembre de 2004.

- Luna, L.M. 2009. Fire effect on four southern chihuahuan desert plants Ph.D.dissertation, Texas Tech University, Lubbock, Texas. 207p.
- March, M. I. y M. Martínez. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad Prioridades en México. IMTA-Conabio-GECI-AridAmérica-The Nature Conservancy. Jiutepec, Mor.
- Masters, Ra, Sheley, R.L. 2001. Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *J. Range Manage*; 54:502-517.
- Mayeux, H. S., and W. T. Hamilton. 1988. Response of false broomweed and associated herbaceous species to fire. *Journal of Range Management* 41:2–6.
- Mitchell, RB. 1995. Developmental morphology and forage quality relationships in perennial forage grasses. Univ. of Nebraska [Doctoral thesis]. Lincoln.
- Moody, J. A., and D. A. Martin. 2001. Initial hydrologic and geomorphic response following a wildfire in the Colorado Front Range. *Earth Surface Processes and Landforms* 26:1049–1070.
- Myers, R. 2006. Convivir con el fuego – manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. *Iniciativa Global para el Manejo del Fuego. The nature conservancy*; 36 p.
- Pierson, F. B., D. H. Carlson, and K. E. Spaeth. 2002. Impacts of wildfire on soil hydrological properties of steep sagebrush-steppe rangeland. *International Journal of Wildland Fire* 11:145–151.
- Pimentel, D., L. Lach., R. Zuniga, and D. Morrison 2000 Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *Bioscience*; 50(1):53-65.

- Rogers, D.K. y E.G. Schuman 1996. Production and competition of crested native mixtures. *Agronomy Journal* 14, 23-24.
- Sauer, C.O. 1951. Grassland climax, fire, and man. *J. Range Manage.* 3:16-21.
- Sax, D. F., S. D. Gaines and J. J. Stachowics. 2005. *Species Invasions. Insights into ecology, evolution and biogeography.* Sinauser Associates, Inc. Publishers. Massachusetts.
- Schlesinger, W. H., A. D. Abrahams, A. J. Parsons, and J. Wainwright. 1999. Nutrient losses in runoff from grassland and shrubland habitats in Southern New Mexico: I. Rainfall simulation experiments. *Biogeochemistry* 45:21–34.
- Scholes, R. J., and S. R. Archer. 1997. Tree–grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:517–544.
- Scifres, C. J. 1980. *Brush Magnament-Principles and Practices for Texas and the Southwest.* Tex. A&M Univ. Press, College Station, 360 pp.
- Scifres, C. J., and W. T. Hamilton. 1993. *Prescribed burning for brushland management: the south Texas example.* College Station, TX, USA: Texas A&M University Press. 246 pp.
- Segura B. S. G. 2007. Las especies introducidas, ¿son benéficas o dañinas? En: www.semarnat.gob.mx. Consultado: Febrero del 2012.
- Sosebee, R.E. and Ch. Wan. 2004. *Plant ecophysiology: selected applications to range management.* College of Agricultural Sciences on Natural Resources. Contribution No. T-9-1020. Texas Tech University. Lubbock, Texas.

- Sparks, J., S. Rideout-Hanzak, and J. Eidson. 2005. Fire ecology of pineywoods and oak woods and prairie ecoregions of Texas. p54-65. In: Symposium for land managers. Kerrville, TX.
- Stohlgren, Y. Otsuki, M. Lee, P. Evangelista, and J. Belnap. 2003. Soil characteristics and plant exotic species invasions in the Grand Staircase— Escalante National Monument, Utah, USA. *Applied Soil Ecology* 22:67–77.
- Tausch, R. J., and P. T. Tueller. 1977. Plant succession following chaining of pinyon–juniper woodlands in eastern Nevada. *Journal of Range Management* 30:44–49.
- Taylor, C.A. 2003. Rangeland monitoring and fire: wildfires and prescribed burning, nutrient cycling, and plant succession. *Arid-land Research and Manage.* 17: 429-438.
- Trlica MJ. 1977. Distribution and utilization of carbohydrates reserves in range plants. In: Sosebee RE editor. *Rangeland plant physiology.* Soc Range Manage. Denver, Co: Range Sci Series;(4):73-96.
- Ueckert, D. N., R. A. Phillips, J. L. Petersen, X. B. WU, and D. F. Waldron. 2001. Redberry juniper canopy cover dynamics on western Texas rangelands. *Journal of Range Management* 54:603–610.
- Van Auken, O. W. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:197–215.
- Vibrans, H. 2006. Malezas de México. 12 de noviembre de 2007.
- Villanueva Ajf., H. L. Mena, I. Herrera, and R. Negrete. 1989. Contenido y fluctuación nutricional de cinco gramíneas en trópico seco de acuerdo a su fenología. *Rev Manejo de Pastizales*; 2(2): 21-25.

Villaseñor, J. L., and P. Magaña. 2009. Plantas introducidas en México. Ciencias, (082).

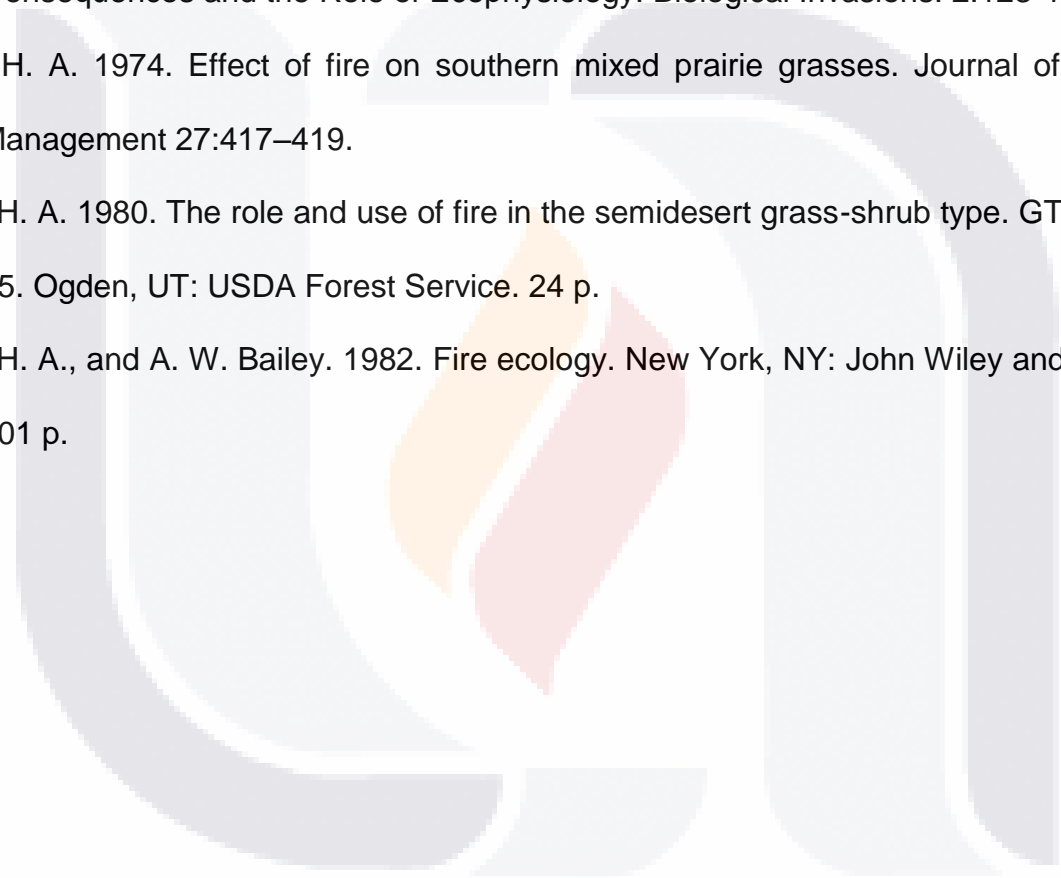
Wilcox, B. P., and T. L. Thurow. 2006. Emerging issues in rangeland ecohydrology: vegetation change and the water cycle. Rangeland Ecology & Management 59:220–224.

William, D. G. and Z. Baruch. 2000. African Grass Invasion in the Americas: Ecosystem Consequences and the Role of Ecophysiology. Biological Invasions. 2:123-140.

Wright, H. A. 1974. Effect of fire on southern mixed prairie grasses. Journal of range Management 27:417–419.

Wright, H. A. 1980. The role and use of fire in the semidesert grass-shrub type. GTR INT-85. Ogden, UT: USDA Forest Service. 24 p.

Wright, H. A., and A. W. Bailey. 1982. Fire ecology. New York, NY: John Wiley and Sons. 501 p.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

CAPÍTULO I. EFECTO DEL FUEGO SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

1.1. *Introducción*

El fuego desde tiempos del hombre primitivo ha sido utilizado para modificar ecosistemas, inicialmente a éste le servía para la preparación de alimentos así como de protección de las inclemencias del clima (William 2000). Con el correr de los años, y con la emergencia del hombre científico y tecnológico a este elemento natural se le han venido descubriendo importantes efectos en los ecosistemas naturales (Britton *et al.* 1984). Wright y Bailey (2004), documentaron que con la aplicación de quemas prescritas la disponibilidad de ciertos nutrientes del suelo se incrementó significativamente debido al efecto del fuego en la aceleración de la mineralización de la materia orgánica y la fijación y disponibilidad de dichos nutrientes.

Algunos cationes como el calcio, magnesio, manganeso, y zinc se incrementaron con la aplicación de fuego en ecosistemas áridos y semiáridos (Blank *et al.* 1996). En relación al efecto del fuego en el ciclo de carbono en pastizales Bernardis *et al.* (2008), señalan que cuando se aplica una quema prescrita en pastizales se captura una mayor cantidad de CO₂ que la que se emite al momento de la quema. Por lo tanto, y en consideración al conocimiento científico limitado que se tiene del zacate rosado en cuanto a las condiciones del suelo con presencia de esta especie, el **objetivo** de este trabajo fue el determinar el efecto del fuego sobre algunas propiedades químicas del suelo, en áreas quemadas y no quemadas, en distintos sitios, y tiempos de muestreo. Por lo que

se **hipotetizó** que la concentración de los nutrientes del suelo con presencia de zacate rosado se mejorara con la utilización de la quema prescrita.

1.2. Revisión de literatura

El fuego en un pastizal puede propiciar varios efectos sobre las propiedades de los suelos, la magnitud de estos efectos depende primordialmente de las variables como el tipo de suelo, tipo de vegetación, la carga de combustible, y las condiciones climáticas antes y durante el incendio (Martinez *et al.* 2004). Al realizar una quema prescrita es de vital importancia conocer estas variables, ya que los efectos del fuego en suelos desérticos y semidesérticos en general, no son tan marcados como en los ecosistemas más mésicos (Neary *et al.* 1999; Ditomaso *et al.* 2006).

Wright y Bailey (2004) reportan incrementos en la disponibilidad de ciertos nutrientes presentes en el suelo posterior a una quema, esto se debe a la mineralización y fijación de los mismos (Wade y Lundsford 1990), en algunas condiciones se presentan incrementos en la disponibilidad de nitrógeno (Hobbs y Schimel 1984) y fosforo (Mckee 1982), además, se han reportado aumentos en la disponibilidad de Ca, Mg, Mn y Zn en el suelo de regiones árida y semiárida (Blank *et al.* 1996), incrementos a corto plazo de pH, así como el incremento de cationes intercambiables como nitrógeno amoniacal-NO₃-N (Tsvuura 1998), propiciando mejoras en la productividad de la planta en general (De Bano *et al.* 1998).

Al realizar quemas prescritas, los incrementos y disponibilidad de nutrientes por efecto del fuego son más notorios en los ecosistemas con una alta disponibilidad

de biomasa, por el incremento de la disponibilidad de nutrientes del suelo comparados con sitios que presentan una menor biomasa (Neary *et al.* 1999)., estas adiciones en la concentración de nutrientes se localizan en los primeros cinco centímetros del suelo, siendo los efectos diferentes a mayor profundidad (Lucheis *et al.* 1994; Castelli y Lazzari 2002; Haubensak *et al.* 2009), y en los primeros dos años después de la quema en la superficie de suelos de pastizales (Raison 1979).

Launchbaugh y Owensby (1978), reportan que los niveles de Ca, Mg, K, y P, no presentaron aumentos significativos comparando áreas quemadas y no quemadas. De Bano (1989), señala que algunos cationes como Ca, Mg, K y Na no se volatilizan al momento de la quema, sin embargo, pequeñas cantidades de estos, son transferidos por acción del humus, especialmente en zonas semiáridas (Snyman 2002; 2003). Castelli y Lazzari (2002) así como Mills y Fey (2004), señalan que los sitios que presentan menores cantidades de N extraíble se debe a la lixiviación por efecto a las altas temperaturas de las quemas o varias quemas consecutivas. En general, los efectos post-quema en los suelos del pastizal dependen de la época e intensidad del fuego, ya que están directamente asociados con la eliminación del mantillo y residuo vegetal, influyendo en aspectos como la actividad biológica del suelo, el reciclaje del carbono, y la disponibilidad de nutrientes (Raison 1979).

En el caso especial del ciclo del carbono en los pastizales, este puede verse modificado por diversas prácticas, principalmente el pastoreo y los incendios accidentales o en épocas inadecuadas, por ejemplo el ciclo del CO₂ presente en el

pastizal sufre diversos cambios al ser sometido continuamente al efecto del fuego (Bates *et al.* 2009). Al realizar una quema de materia seca, se produce una liberación a la atmósfera de dióxido de carbono mismo que es absorbido y transformado en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, produciendo un balance natural del ciclo del carbono (Lapeyre *et al.*, 2004), dejando como consecuencia que las quemas prescritas en pastizales realizadas de forma anual o bianual, arroja un balance positivo ya que se captura una mayor cantidad de CO₂ que lo emitido al momento de la quema (Bernardis *et al.* 2008).

El aumento de Carbono Orgánico Total (COT) en un corto plazo después de una quema prescrita en buena manera, se debe al aporte de cenizas en la superficie del suelo (Rice *et al.* 1986), así como al incremento favorable de la mineralización del carbono en el suelo debido a que el sustrato orgánico producido por las quemas es de fácil descomposición y disponibilidad (Ojima *et al.* 1990). Por otro lado, se han reportado efectos negativos en el corto tiempo (un año), por causa de quemas accidentales continuas, ya que producen una remoción del mantillo orgánico presente sobre la superficie del suelo lo que conlleva a un declive de los balances de carbono orgánico del suelo (Raison, 1979; Fernández *et al.* 1999), e inclusive la incapacidad para la recuperación de este elemento, después de este tipo de quemas (Johnson y Curtis, 2001).

Ross *et al.* (1997), concluyen que a consecuencia de una mala aplicación del fuego (época), el carbono orgánico del suelo se ve disminuido hasta 30 meses después del disturbio. Estas reducciones de carbono orgánico en el suelo se producen por la volatilización de este elemento, a causa de las altas temperaturas

principalmente cuando se realizan en épocas inapropiadas como en el otoño, a principios de la latencia o al final del verano (Neary *et al.* 1999).

1.3. Materiales y Métodos

1.3.1. Sitio de estudio

En marzo de 2012 se seleccionó un sitio experimental localizado en Mesa Grande, Calvillo, Aguascalientes, con presencia única de zacate rosado. Su localización geográfica se realizó mediante un navegador GPS GARMIN 12XL. La precipitación y temperatura ocurridas durante el estudio, se determinaron de acuerdo a lo reportado por la Red de Estaciones Agroclimáticas de Aguascalientes siendo la más cercana al área de estudio la estación Refugio de Santo Cristo (INIFAP 2012). Los datos arrojados de esta estación se muestran en la Tabla 1.

Cuadro 1. Datos climatológicos del área de estudio según estación climatológica Santo Cristo, Calvillo, Aguascalientes.

Altitud (mnsnm)	Localización geográfica	Precipitación anual (mm)	Temperatura media anual (°C)
1760	21° 48' 13" N 102° 46' 10" O	640.4	19.59 °C

De manera generalizada la región de Mesa Grande, Calvillo, se caracteriza por tener suelos compuestos por regosoles, feozems, y luvisoles. Su profundidad en el municipio de Calvillo tiene un promedio que oscila entre 15 y 50 cm. Aunque en la zona donde se desarrolló el experimento la profundidad fue de entre 10 y 15 cm. Se tiene presencia de fragmentos de piedras en la superficie mayores a 7 cm de

diámetro, además se localizan gravas (diámetro menor de 7 cm) (Jimenez et al. 2007). El clima de la región es templado sub-húmedo, con un régimen de precipitación de Junio a Septiembre, promediando de acuerdo a datos históricos un total de 660 mm anuales y una temperatura promedio anual de 19.8 °C (INEGI 2010). La insolación diaria promedio es inferior a 9.2 horas; sin embargo, es conocido que este valor se incrementa entre los meses de abril a julio y decrece de agosto a octubre.

1.3.2. Preparación del sitio experimental para la quema prescrita

Se seleccionó un predio de dos hectáreas ubicadas en Mesa Grande, Calvillo, Ags., se seleccionaron y distribuyeron aleatoriamente un total de 10 parcelas con una superficie de 16m²/parcela (4 x 4 m), de las cuales cinco estuvieron sujetas a quema (**Q**) y las cinco restantes fueron las parcelas testigo o sin quema (**SQ**), (n=10) como se muestra en Figura 4. El terreno donde se ubicaron las parcelas fue de fácil acceso y completamente excluido del ganado, y donde no existió un fuego accidental previo al inicio de este experimento. Antes de aplicar los tratamientos de quema a las parcelas correspondientes (n=5), se estimó la cantidad de material combustible existente acumulado mediante el corte de forraje que se realizó al ras del suelo con la ayuda de unas tijeras de la marca Corona®, y utilizando tres cuadrantes por parcela (n=15), con una superficie de 0.5 m². Una vez cosechado el forraje (abril de 2012), se deshidrató en una secadora de herbario del Centro de Ciencias Agropecuarias a una temperatura de 60° durante siete días, con la ayuda de una balanza analítica con capacidad de 6kg de la

marca OHAUS®, para evaluar su peso seco y con esto estimar la carga de combustible (t/ha) correspondiente, con la que se condujo la quema prescrita (mediados de abril de 2012).

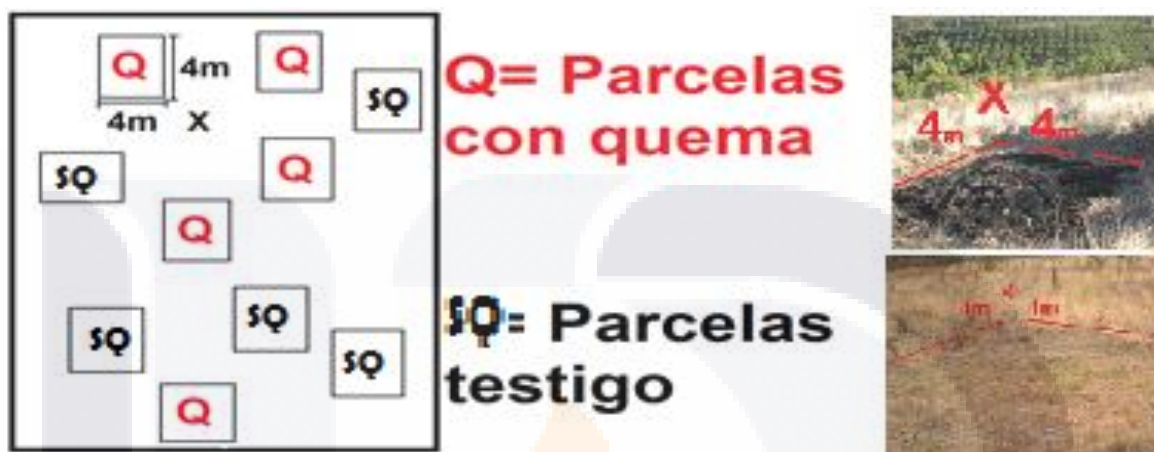


Figura 4. Distribución en campo de parcelas experimentales con y sin quema.

1.3.3. Realización de la quema prescrita (parcelas sujetas a quema)

La quema se realizó a mediados de abril durante la época de latencia, de acuerdo a las recomendaciones y procedimientos descritos por Britton *et al.*, (1984); Pierson *et al.* (2002) y Luna (2009). Anterior al instante de la quema, se documentaron datos climáticos (humedad relativa (%), velocidad del viento (km/hr), temperatura ambiental (°C), y dirección del viento con una estación climática portátil de la marca Wind Mate 300®. Como método de ignición se utilizó una antorcha de goteo (Drip Torch), de la marca SURE SEAL® con capacidad de 10 litros teniendo una mezcla cuya proporción fue de 60-40% (6 litros de gasolina y 4 de diesel). Además, antes de la quema se realizaron las medidas de seguridad pertinentes, como brecheo del perímetro a quemar (brechas cortafuego), se establecieron además, líneas húmedas en el perímetro de las parcelas, utilizando

mochilas aspersores con capacidad de 20 litros de agua, y el establecimiento de un plan de contingencia y zonas de seguridad, esta secuencia se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Secuencia de realización de la quema prescrita.

1.3.4. Parcelas sin quema

Con el fin de homogenizar la cantidad de forraje remanente después de la quema (parcelas con quema) de la cantidad de forraje de las parcelas sin quema fue necesario remover de estas últimas el material seco acumulado durante años (forraje) mediante la ayuda de unas tijeras de la marca Corona® simulando un pastoreo de alta intensidad, al mismo tiempo en que la quema prescrita era realizada en las parcelas sujetas a quema, como se muestra en la Figura 6.

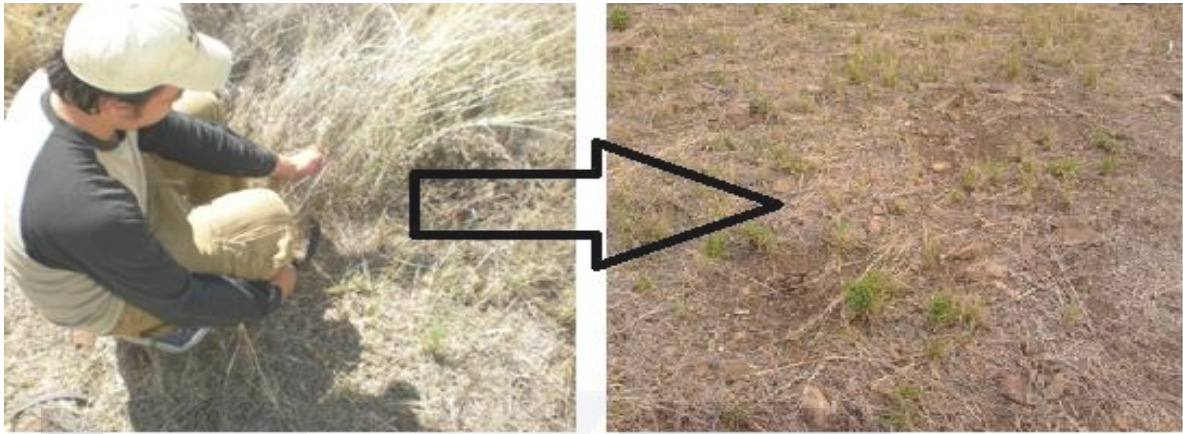


Figura 6. Cortes de Homogenización en los tratamientos sin quema.

1.3.5. Muestreo y análisis de suelo

Las variables estudiadas en este trabajo fueron: carbono orgánico total (**COT**), nitritos y nitratos (**NO₂⁻**, **NO₃⁻**), y nitrógeno amoniacal (**N-NH₄**). Para el muestreo de suelos, se utilizó una barrena de acero inoxidable EIJKELKAMP®, extrayendo el suelo de dos sitios: base de la planta (**B**), y en el inter-espacio entre plantas (**IE**), como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Sitios de muestreo de suelo, denominados suelo base y suelo interespacio.

Estos muestreos se realizaron en las 5 parcelas sujetas a quema (**Q**) y las otras 5 parcelas donde no se utilizó el fuego (**SQ**). Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 5 cm, esto por ser donde se producen los principales cambios

biológicos por efecto del fuego (Úbeda 2001). Los muestreos se realizaron en tres diferentes tiempos: antes de la quema (**T1**), justo después de la quema (**T2**), y en la época de lluvias (**T3**). Se tomaron 3 sub- muestras por sitio para posteriormente formar una muestra compuesta (1 kg) por parcela (n=60).

Finalmente se eliminó la materia orgánica de grandes dimensiones, rocas y grabas, para posteriormente ser almacenadas en frascos de plástico debidamente sellados y etiquetados con el fin de evitar su contaminación hasta realizar los análisis correspondientes como se describe en la Figura 8.



Figura 8. Secuencia desarrollada en laboratorio para la preparación de las muestras de suelo.

Las variables del suelo fueron analizadas en el IPICYT- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., en la ciudad de San Luis Potosí, y en el Laboratorio de Suelos, Agua, y Nutrientes Vegetales del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, de acuerdo a la norma oficial (SEMARNAT-2002) En el Cuadro 2, se muestran las metodologías de laboratorio utilizadas para determinar las concentraciones de las variables del suelo evaluadas.

Cuadro 2. Metodologías de laboratorio utilizadas en el análisis de suelos.

Variables evaluadas	Metodología
Nitratos y Nitritos	Miranda KM, Espey MG y Wink DA (2001)
Nitrógeno amoniacal	Método del azul de indofenol modificado (Keeney y Nelson, 1982).
Carbono orgánico	Método de incineración de suelo (Amin y Lepom, 1995).

1.3.6. Análisis de datos

Los datos de suelo se analizaron mediante Análisis de varianza, contemplando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (2X2X3), donde: 2(factor quema y no quema); 2(factor sitio (suelo base y suelo inter-espacio)); 3(factor tiempo (antes de la quema, inmediatamente después de la quema, después de la quema durante el periodo de lluvias)). Cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey (P≤0.05) (Steel y Torrie 1980). Los análisis se realizaron mediante el software STATISTICA (Statsoft 2013). El modelo matemático del diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial es el siguiente $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_r + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ir} + (\beta\gamma)_{jr} + (\alpha\beta\gamma)_{ijr} + \epsilon_{ijkl}$.

1.4. Resultados

1.4.1. Nitratos y Nitritos

Los resultados de los análisis de varianza para las variables nitratos y nitritos (NO_2^- , NO_3^-) muestra diferencias significativas entre tratamientos (P≤0.000664) **Q**

y **SQ** y entre épocas de muestreo ($P \leq 0.000000$) **T1**, **T2** y **T3** como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza de las concentraciones de Nitratos y Nitritos.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	639.71	639.71	13.2557	0.000664
Sitio	1	18.63	18.63	0.3861	0.537310
Tiempo	2	2536.78	1268.39	26.2828	0.000000
Tratamiento*Sitio	1	139.86	139.86	2.8981	0.095155
Tratamiento*Tiempo	2	331.94	165.97	3.4391	0.040196
Sitio*Tiempo	2	19.80	9.90	0.2051	0.815274
Tratamiento*Sitio*Tiempo	2	20.95	10.48	0.2171	0.805645
Error	48	2316.45	48.26		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrado medio, F: valor, P: significancia

Para las parcelas con **Q** se mostraron concentraciones medias de NO_2^- , NO_3^- en el suelo **IE** de 17.55 mg/kg **T1**, 18.01 mg/kg **T2** y de 34.91 mg/kg **T3**. Mientras que el suelo **B** mostro medias de 20.65 mg/kg **T1**, 16.70 mg/kg **T2** y 38.94 mg/kg **T3**. Para las parcelas **SQ**, las medias en el suelo **IE** mostraron valores de 16.92 mg/kg **T1**, 17.13 mg/kg **T2** y 25.98 mg/kg **T3**. En el suelo **B** los valores fueron de de 12.86 mg/kg **T1**, 12.99 mg/kg **T2** y de 21.68 mg/kg **T3**.

Comparación de medias entre factores Q y SQ

Haciendo una comparación de medias entre sitios de muestreo **B** e **IE**, se puede observar que no existe diferencia significativa ($p \geq 0,05$), en las concentraciones de NO_2^- , NO_3^- .

Suelo inter-espacio: La diferencia en **T1** fue de 0.63 mg/kg suelo, en el **T2** la diferencia fue de 0.88 mg/kg suelo, y para el último muestreo **T3** se presentó una diferencia de 8.93 mg/kg suelo, todos estos valores a favor del tratamiento **Q**.

Suelo base: La diferencia de concentraciones de NO_2^- , NO_3^- entre factores es para el **T1** de 7.79 mg/kg suelo, en **T2** se presentó una diferencia de 3.71 mg/kg suelo, y para el **T3** existió una diferencia de 12.96 mg/kg, al igual que en el suelo inter espacio valores a favor del tratamiento **Q** (Figura 9).

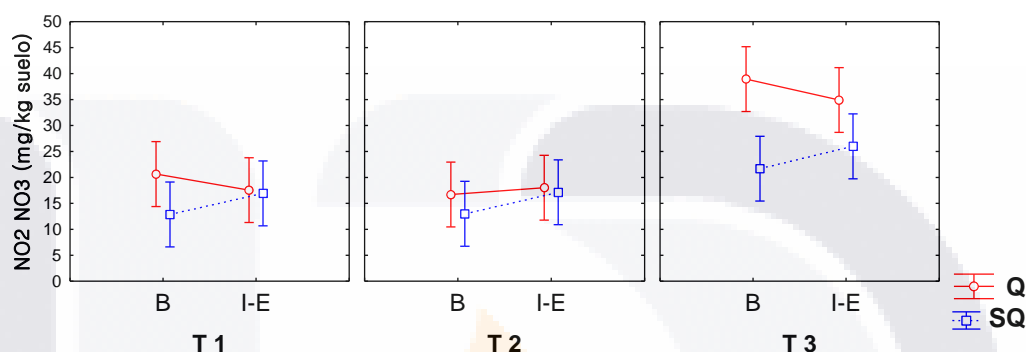


Figura 9. Concentraciones de Nitritos y Nitratos (mg/kg) presentes en el suelo. *T1 = pre quema, **T2= postquema, ***T3= época de lluvias, B=Suelo base, IE=Suelo interespacio, Q=Quema , SQ=Sin quema.

El Cuadro 4, muestra la separación de medias de la interacción de los factores sitio, tiempo, quema y no quema para la variable nitratos y nitritos.

Cuadro 4. Separación de medias de la interacción sitio, tiempo y quema y no quema.

Sitio	Tiempo	NO2 NO3 (mg/kg suelo)	
		Quema	Sin quema
Base	T1	20.65 ab	12.86 a
	T2	16.70 a	12.99 a
	T3	38.94 c	21.68 ab
Interespacio	T1	17.55 a	16.92 a
	T2	18.01 a	17.13 a
	T3	34.91 bc	25.98 abc

NO2 NO3 = Nitritos y Nitratos, T1= Antes de la quema, **T2=**Después de la quema, **T3=**Después de la quema en época de lluvias. Las concentraciones de NO_2^- - NO_3^- con letras distintas entre hileras y columnas son significativamente diferentes Tukey ($P \leq 0.05$).

1.4.2. Nitrógeno amoniacal intercambiable

Los resultados de los análisis de varianza para la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_4) en factor (**Q** y **SQ**), tiempo (**T1**, **T2** y **T3**), y sitio que se tomó de la muestra suelo (**B** e **I**) se señalan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de Varianza de concentraciones de Nitrógeno Amoniacal.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	18.265	18.265	5.3149	0.025510
Sitio	1	5.185	5.185	1.5088	0.225311
Tiempo	2	31.846	15.923	4.6336	0.014456
Tratamiento*Sitio	1	7.614	7.614	2.2157	0.143157
Tratamiento*Tiempo	2	13.351	6.676	1.9426	0.154441
Sitio*Tiempo	2	8.176	4.088	1.1896	0.313150
Tratamiento*Sitio*Tiempo	2	4.878	2.439	0.7098	0.496840
Error	48	164.952	3.436		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor, p: significancia

Para las parcelas con **Q** se mostraron concentraciones medias de N-NH_4 en el suelo **IE** de 4.92 mg/kg **T1**, 5.11 mg/kg **T2** y de 8.93 mg/kg **T3**. Mientras que el suelo **B** mostro medias de 6.22 mg/kg **T1**, 5.88 mg/kg **T2** y 7.23 mg/kg **T3**.

Para las parcelas **SQ**, las medias en el suelo **IE** mostraron valores de 8.98 mg/kg **T1**, 5.68 mg/kg **T2** y 6.41 mg/kg **T3**. En el suelo **B** los valores fueron de 4.54 mg/kg **T1**, 4.46 mg/kg **T2** y de 4.87 mg/kg **T3**.

Comparación de medias entre factores **Q** y **SQ**

Haciendo una comparación de medias entre sitios de muestreo **B** e **IE**, encontramos que no existe diferencia ($p \geq 0,05$), en las concentraciones de N-NH_4 en los distintos tiempos y tratamientos.

Suelo interespacio: La diferencia en **T1** fue de 0.78% mg/kg suelo, en **T2** la diferencia fue de 0.57% mg/kg suelo, y para el **T3** se presentó una diferencia de 2.52% mg/kg suelo, todos estos valores a favor del factor **Q**.

Suelo base: La diferencia de concentraciones de **N-NH₄** entre tratamientos es para el **T1** de 1.68% mg/kg suelo, en **T2** se presentó una diferencia de 1.42% mg/kg suelo, y para el **T3** existió una diferencia de 2.36% mg/kg, al igual que en el suelo inter espacio valores a favor del factor **Q** (Figura 10).

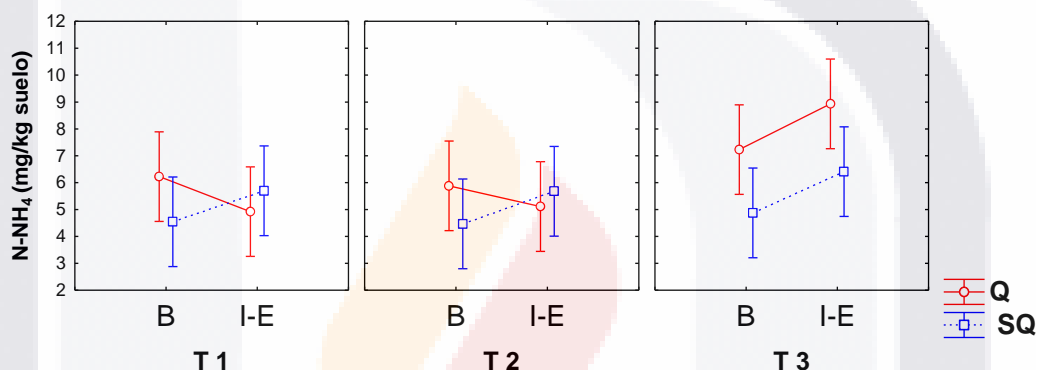


Figura 10. Concentraciones de Nitrógeno amoniacal (mg/kg) presentes en el suelo. *T1 = pre quema, **T2= postquema, ***T3= época de lluvias, B=Suelo base, IE=Suelo interespacio, Q= Quema , SQ=Sin quema.

El Cuadro 6, muestra la separación de medias de la interacción sitio, tiempo, quema y no quema para la variable nitrógeno amoniacal.

Cuadro 6. Concentración de nitrógeno amoniacal en las muestras evaluadas interacción estadística entre tratamientos, sitios y tiempos de muestreo.

Sitio	Tiempo	N-NH ₄ (mg/kg suelo)	
		Quema	Sin quema
Base	T1	6.22 ab	4.54 a
	T2	5.88 ab	4.46 a
	T3	7.23 ab	4.87 a
Interspacio	T1	4.92 ab	5.70 ab
	T2	5.11 ab	5.68 ab
	T3	8.93 b	6.41 ab

N-NH₄= Nitrógeno Amoniacal **T1**= Antes de la quema, **T2**=Después de la quema, **T3**=Después de la quema en época de lluvias. Las concentraciones de **N-NH₄** con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (**P≤0.05**).

1.4.3 Carbón orgánico total

Los resultados de los análisis de las muestras de suelos para la diferencia en porcentaje de concentración de Carbón Orgánico Total (**COT**) factor quema y sin quema (**Q** y **SQ**), tiempo (**T1**, **T2** y **T3**) y sitio que se tomó la muestra (suelo **B** e **I**) se consignan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de Varianza de concentraciones de Carbón Orgánico total.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	59.720	59.720	85.428	0.000000
Sitio	1	0.641	0.641	0.916	0.343204
Tiempo	2	3.391	1.695	2.425	0.099226
Tratamiento*Sitio	1	0.072	0.072	0.103	0.749480
Tratamiento*Tiempo	2	9.833	4.917	7.033	0.002096
Sitio*Tiempo	2	2.456	1.228	1.756	0.183593
Tratamiento*Sitio*Tiempo	2	0.257	0.128	0.184	0.832717
Error	48	33.555	0.699		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor F, Valor de P.

Para las parcelas con **Q** se mostraron concentraciones medias de **COT** en el suelo **IE** de 7.08 % **T1**, 5.71 % **T2** y de 7.66 % **T3**. Mientras que el suelo **B** mostro medias de 7.02 % **T1**, 6.50 % **T2** y 7.33 % **T3**.

Para las parcelas **SQ**, las medias en el suelo **IE** mostraron valores de 8.98% **T1**, 8.69% **T2** y 8.54% **T3**. En el suelo **B** los valores fueron de 9.40% **T1**, 9.32% **T2** y de 8.32% **T3**.

Comparación de medias entre factores **Q** y **SQ**

Haciendo una comparación de medias entre factores **SQ** y **Q**, se pudo observar que no fue significativa ($p < 0,05$), la interacción entre tratamiento, sitio y tiempo, tal y como se muestra en la casi nula diferencia de valores de las medias.

Suelo inter-espacio: Para el **T1**, la diferencia entre medias es de 1.61%, para el **T2** de 2.83% y para el **T3**, fue de 0.88%, todos estos valores favorables a las muestras del tratamiento **SQ**.

Suelo base: En el **T1** la diferencia entre medias fue de 2.38%, para el **T2** 1.82% y para el **T3**, fue de 0.99% valores favorables a las muestras del tratamiento **SQ** (Figura 11).

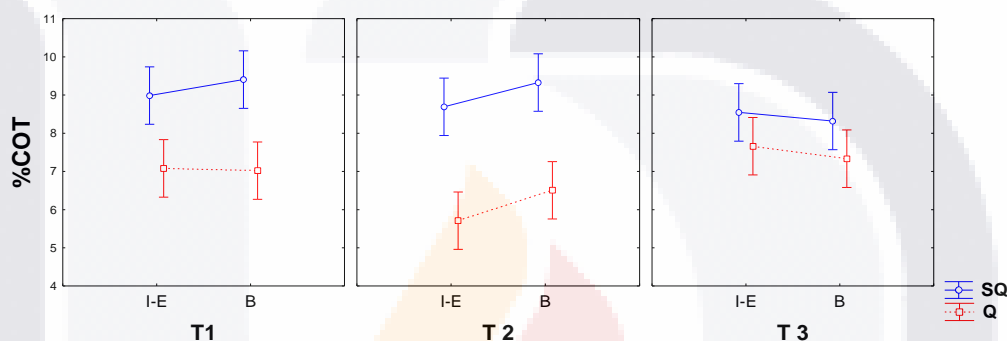


Figura 11. Porcentaje de Carbono Orgánico Total presente en el suelo.

*T1 = pre quema, **T2= postquema, ***T3= época de lluvias, B=Suelo base, IE=Suelo interespacio, Q= Quema, SQ=Sin quema.

El Cuadro 8, muestra la separación de medias de la interacción de los factores sitio, tiempo, quema y no quema para la variable carbón orgánico total.

Cuadro 8. Separación de medias de la interacción sitio, tiempo, quema y no quema.

Sitio	Tiempo	%C.O.T	
		Quema	Sin quema
Base	T1	7.02 ace	9.40 b
	T2	6.50 ce	9.32 b
	T3	7.33 acde	8.32 abcd
Interespacio	T1	7.08 ace	8.98 bd
	T2	5.71 e	8.69 abd
	T3	7.66 abcd	8.54 abd

C.O.T.= Carbon organico total T1= Antes de la quema, T2=Después de la quema, T3=Después de la quema en época de lluvias. Las concentraciones de **C.O.T.** con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (P≤0.05).

1.5. Discusión

Los resultados obtenidos para las variables de estudio Nitrógeno amoniacal (**N-NH₄**), Nitratos y Nitritos (**NO₂⁻**, **NO₃⁻**) mostraron prácticamente los mismos valores en los dos primeros tiempos de muestreo (**T1 y T2**), y para el tercer tiempo (**T3**) se presentó un incremento por efecto del fuego aunque no significativo ($p \geq 0,05$). Esto se debe en primera instancia a que la temperatura máxima alcanzada por la quema en el suelo fue de 103°C y a estas temperaturas las características químicas del suelo no sufren de grandes cambios (Debano et al. 1998; Neary et al. 1999). Aunado a que el periodo de evaluación fue corto y los contenidos de N total en las muestras superficiales (2-15cm de profundidad) de suelo quemado, solo se ven incrementos o disminuciones significativas a lo largo del tiempo (De Lillis 1993).

En el **T2**, a pesar de ya haberse aplicado el fuego en los tratamientos, los niveles de **NO₂⁻**, **NO₃⁻** y **N-NH₄** fueron muy semejantes entre tratamientos, contrario a lo señalado por Blank y Zamudio (1998), donde reportan disminuciones en las concentraciones, atribuidas al consumo producido para la germinación y rebrote vegetal pos quema.

Los incrementos en las concentraciones **NO₂⁻**, **NO₃⁻** y **N-NH₄** presentados en el **T3**, se dieron en ambos tratamientos, siendo ligeramente mayores para el suelo quemado, debido a la mineralización de estos elementos por efecto del fuego esto concuerda con lo encontrado en estudios semejantes (Fenn *et al.* 1993; Stubbs y Pyke 2005; Rau *et al.* 2007). Dentro de los factores que propiciaron estos incrementos está el hidrológico ya que en el sitio de estudio se presentó un buen año de precipitación pluvial, y el agua al ponerse en contacto con estos elementos

liberados por la quema, y la interacción con el zacate rosado, modificaron su flujo energético y activaron estos elementos, tal y como lo reporta Snyman (2003) , quien realizó trabajos sobre el efecto del fuego en pastizales semiáridos, donde estos aumentos se presentaron en la época de lluvias, que es cuando existe una mayor cobertura de vegetación (Bennet *et al.* 2002).

Al no observarse disminuciones en las concentraciones de NO_2^- , NO_3^- y N-NH_4 en los diferentes muestreos realizados encontramos que la quema realizada no tuvo efectos negativos para estas variables, coincidiendo con otros estudios donde se señala que una sola quema no es perjudicial para estas propiedades (Mills y Fey 2004; Seastedt y Ramundo 1990). Además de cumplir con lo señalado por Ditomaso *et al.* (2006), quienes reportan que las quemas prescritas pueden realizarse sin la preocupación de tener pérdidas excesivas de nitrógeno en la mayoría de los casos. Aunque para el control de las especies exóticas invasoras como es el caso del *Melinis repens*, probablemente se requerirá múltiples quemas cuidadosamente cronometradas durante varios años, para reducir el ciclo del N total en el suelo de los ecosistemas hasta niveles pre invasión (Johnson *et al.* 2009).

En el caso del **COT**, se observó que las concentraciones para el tratamiento testigo se mantuvieron en equilibrio a lo largo del experimento, esto porque al no existir el efecto del fuego que lo libere, este se encuentra secuestrado como parte del ciclo del carbono en las plantas convertido en carbohidratos y tejidos a través del proceso de fotosíntesis, produciendo un balance natural tal y como lo reportan otros estudios (BUN-CA 2002; Lapeyre *et al.* 2004) mientras que para el

tratamiento con quema una disminución de concentraciones inmediatamente después de la quema corroboro que este elemento se encuentra activo en el suelo, en constante descomposición y es más susceptible a factores externos como el fuego como se ha reportado en anteriores trabajos (FAO 2002) de quemas prescritas en pastizales. Aunque en el sitio de estudio por su predominio de gramíneas (Zacate rosado), asemejándolo con un ecosistema de pastizal, al finalizar la evaluación la captura de **COT** fue mayor en sitios quemados que la emisión durante el proceso de combustión de la biomasa al igual que lo reportado por (Bernardis *et al.* 2008) en su estudio sobre el efecto de la quema prescrita de un pastizal sobre el balance de **COT**. Esto se debió a que la cantidad de carbono está directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica del suelo, y al no rebasarse los 550 °C que es cuando la combustión de materia orgánica es casi total no se observó una disminución drástica del contenido de carbono, lo que sólo es significativo en fuegos de alta intensidad y de largos periodos (Giovannini 1997; Debano *et al.* 1998; ÚBEDA 2001).

1.6. Conclusión

Con los datos obtenidos se puede concluir que existieron diferencias significativas a favor del tratamiento de quema, abriendo la posibilidad de que la aplicación del fuego prescrito puede mejorar las condiciones del suelo gradualmente, en praderas altamente degradadas, invadidas por *Melinis repens*, ya que el fuego activa diversos componentes químicos e incorpora materia orgánica por las cenizas.

1.7. Literatura Citada

- Amin, M., and P. Lepom. 1995. Stoffgruppenanalyse zur Charakterisierung des biologisch abbaubaren Anteils der organischen Substanz in Müllproben; Análisis de substancias para la clasificación de la materia orgánica biológicamente descompuesta. *Müll und Abfall*, 27(4), 242-50.
- Bates, J. D., E. C. Rhodes, K. W. Davies, and R. Sharp. 2009. Postfire succession in big sagebrush steppe with livestock grazing. *Rangeland Ecology & Management* 62:98–110.
- Bennett, L. T., T. S. Judd, and M. A. Adams. 2002. Growth and nutrient content of perennial grasslands following burning in semi-arid, sub-tropical Australia. *Plant Ecology* 164:185–199.
- Bernardis, A. C., J. A. Fernandez., C. Flores, F. Goldfarb., J. F. Casco. 2008 Efecto de la quema prescrita de un pastizal sobre el balance de CO₂, *AGROTECNIA* 18: 11-16.
- Blank, R. R., F. Allen, and J.A. Young. 1996. Influence of simulated burning of soil litter from low sagebrush, squirreltail, cheatgrass and medusahead on whater soluble anions and cations. *International journal wildland fire* 6(3):137-143.
- Blank R.R and, D.C. Zamudio. 1998. The influence of wildfire on aqueous-extractable soil solutes in forested and west meadow ecosystems along the eastern front of the Sierra Nevada Range California. *Int. J. Wild Land Fire* 8(2), 79-85.
- Britton, M., B. Racher, and J.C. Villalobos. 1984. Prescribed fire for range improvement. First International Symposium. Aguascalientes, Mexico. Memory in CD.

- BUN-CA (Biomass Users Network). 2002. Manuales sobre energía renovable: Biomasa. 1 ed.-San José, C.R. 42 p.
- Castelli, L. M., and M. A. Lazzari. 2002. Impact of fire on soil nutrients in central semiarid Argentina. *Arid Land Research and Management* 16:349–364.
- De Bano, L. F. 1989. Effects of fire on chaparral soils in Arizona and California and postfire management implications. *Symposium on Fire and Watershed Management*. Sacramento, U.S.D.A. Forest service, Berkeley, p. 55-62.
- De Bano, L. F., D. G. Neary, and P. F. Ffolliot. 1998. *Fire effects on ecosystems*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons.
- De Lillis M., 1993. Use of water and nutrient by Mediterranean resprouters and reseeders in post-fire succession. En: *Fire in Mediterranean Ecosystems*, ECSC-EECEAEC, Brussels, Belgium. pp. 365-377.
- Ditomaso, J. M., M. L. Brooks, E. B. Allen, R. Minnich, P. M. Rice, and G. B. Kyser. 2006. Control of invasive weeds with prescribed burning. *Weed Technology* 20:535–548.
- FAO, Food Agricultural Organization 2002 *Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra*. *Informes Sobre recursos Mundiales de Suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Vol. 96. 70 p.
- Fenn, M. E., M. A. Poth, P. H. Dunn, and S. C. Barro. 1993. Microbial N and biomass, respiration and N-mineralization in soils beneath two chaparral species along a fire-induced age gradient. *Soil Biology and Biochemistry* 25:457–466.

- Fernandez R., F. Rodríguez Aspillaga, A. Lipi, A. Hernández and, H. Reis. 1999. Efectos de diferentes prácticas de preparación del terreno y fertilización sobre el crecimiento inicial del *Pinus* spp. En el NE argentino. INTA EEA Montecarlo.
- Giovannini G., 1997. The effect of fire on soil quality. physical and chemical aspects. En: Forest fire risk and management. Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course, European Commission. pp. 217-248.
- Haubensak, K.A., D' Antonio and, D. Wixon. 2009. Effects of fire and environmental variables on plant structure and composition in grazed salt desert shrublands of the Great Basin (USA). *Journal of Arid Environments* 73:643–650.
- Hobbs N. and D. Schimel. 1984. Fire effects on nitrogen mineralization and fixation in mountain shrub and grassland communities. *J. Range Manage.*, 37: 402-405.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática INEGI. Carta de Climas 2010.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Red de estaciones agroclimáticas de Aguascalientes. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/default.aspx?estado=1>. Consultado: 30 de Dic. 2012.
- Jiménez, G, C. A., P. R., F. González, H. Martínez. 2007. Reconversión de tierras marginales con pastos introducidos en Aguascalientes. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folleto Tecnico Num. 34.
- Johnson, D. W., and P. S. Curtis. 2001. Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *Forest Ecology and Management* 140:227–238.
- Johnson, D. W., M. E. Fenn W.W. Miller, and C. F. Hunsaker. 2009. Fire effects on carbon and nitrogen cycling in forests of the Sierra Nevada. In: A. Bytnerowicz, M.

Arbaugh, A. Riebau, and C. Andersen [EDS.]. Wildland fires and air pollution. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier. p. 405–423.

Keeney, D. R., and D.W. Nelson, 1982. Nitrogen—inorganic forms. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, (methodsofsoilan2), 643-698.

Lapeyre, T., J. Alegre y L. Arévalo. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Peru. Ecología Aplicada, Vol. 3: 1-2.

Launchbaugh J. and C. Owensby. 1978. Kansas rangelands: Their management based on a half century of research. Kansas State Univ. Bull. 662. Manhattan, KS.

Luchéis S., M. Ansaldi., G. Giovannini ., 1994. Regeneration of Mediterranean maquis after the passage of an experimental Fire. En: Soil erosion as a consequence of forest fires, Geoderma, Logroño, España. pp. 177-183.

Luna, L.M. 2009. Fire effect on four southern chihuahuan desert plants Ph.D.dissertation, Texas Tech University, Lubbock, Texas. 207p.

Martínez, L.W., M.P. Ramos, I. Castillo, M. Bonilla and, R. Sotolongo 2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en Bosques de P. tropicalis Morelet., en Cuba. Revista Chapingo, Vol. X, Núm. 1 – 2004 (ISSN 0186 3231). Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 31-37.

Mckee, WH. 1982. Changes in soil fertility following prescribed burning on coastal plain pine sites. USDA For. Serv. Res. Paper SE-RP-234, 23 pp.

- Mills, A. J., and M. V. Fey. 2004. Frequent fires intensify soil crusting: physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. *Geoderma* 121:45–64.
- Miranda, K. M., Espey, M. G., and Wink, D. A. (2001). A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric oxide*, 5(1), 62-71.
- Neary, D. G., C. C. Klopatek, L. F. De Bano, and P. F. Ffolliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122:51–71.
- Ojima DS, W.J. Parton, D.S. Schimel, and C.E. Owensby. 1990. Simulated impacts of annual burning on prairie ecosystems. En: Collins SL, Wallace L (eds.) *Fire in North American tallgrass prairies*.
- Pierson, F. B., D. H. Carlson, and K. E. Spaeth. 2002. Impacts of wildfire on soil hydrological properties of steep sagebrush-steppe rangeland. *International Journal of Wildland Fire* 11:145–151.
- Raison RJ. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: A review. *Plant and Soil* 53:73-108.
- Rau, B. M., R. R. Blanck, J. C. Chambers, and D. W. Johnson. 2007. Prescribed fire in a Great Basin sagebrush ecosystem: Dynamics of soil extractable nitrogen and phosphorus. *Journal of Arid Environments* 71:362–375.
- Rice C.W., S.M. Smith and R.L. Blevins. 1986. Soil nitrogen availability after long-term continuous no-tillage and conventional tillage corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:1206-1210.

Ross, D. J., T. W. Speir, K. R. Tate, and C. W. Felthman. 1997. Burning in a New Zealand snow-tussock grassland: effects on soil microbial biomass and nitrogen and phosphorus availability. *New Zealand Journal of Ecology* 21(1):63-71.

Seastedt, T.R., and R. A. Ramundo. 1990. The influence of fire on belowground processes of tallgrass prairie. In: S. L. Collins and L. L. Wallace [EDS.]. *Fire in North American tallgrass prairies*. Norman, OK, USA: University of Oklahoma Press. p. 99–117.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis. (en línea) <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf>. Consultado 16 de Agosto, 2012.

Snyman, H. A. 2002. Fire and the dynamics of a semi-arid grassland: influence on soil characteristics. *African Journal of Range and Forage Science* 19:137–145.

Snyman, H. A. 2003. Short-term response of rangeland following an unplanned fire in terms of soil characteristics in a semi-arid climate of South Africa. *Journal of Arid Environments* 55:160–180.

Statsoft. Inc. 2013. *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com/textbook/>. Consultado: Enero 2013.

Steel, R. G., and J.H. Torrie, 1980. *Principles and procedures of statistics, a biometrical approach* (2nd Ed.). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

Stubbs, M. M., and D. A. Pyke. 2005. Available nitrogen: a time-based study of manipulated resource islands. *Plant and Soil* 270:123–133.

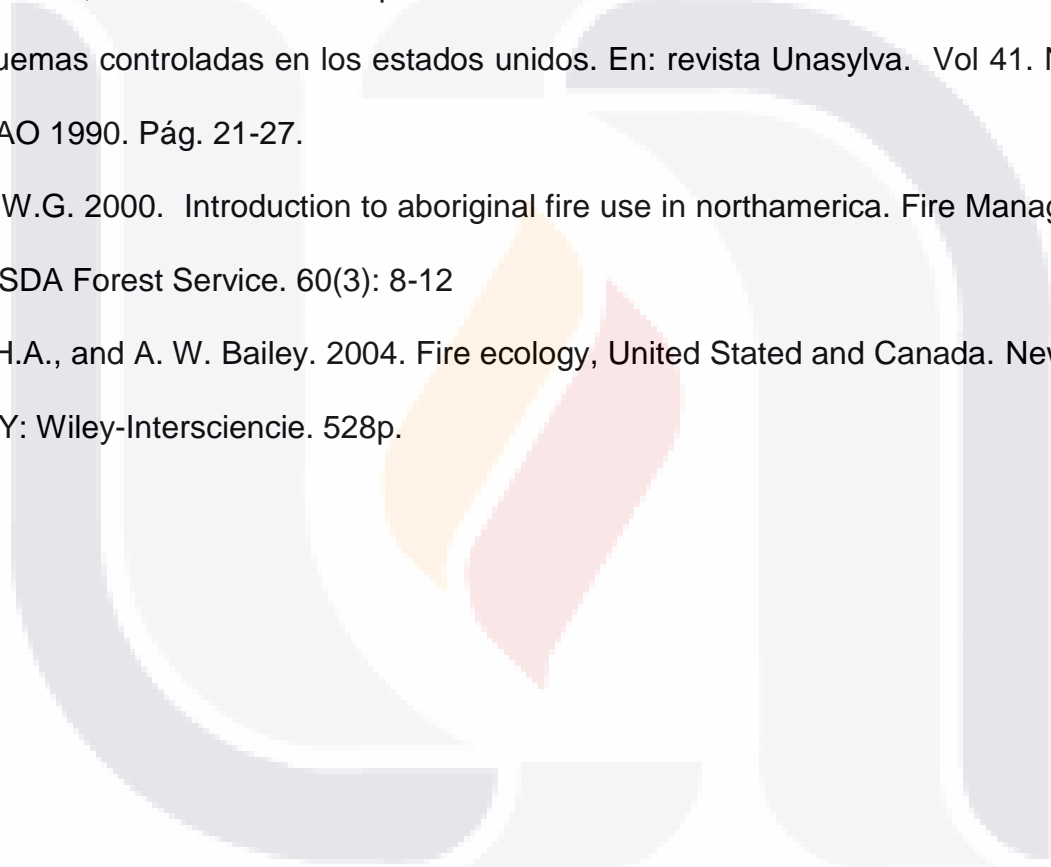
Tsvuura, Z., 1998. Effects of long-term burning on some vegetation and soil characteristics on a dry Miombo región at Marondera, Zimbabwe. MSc Thesis: Departament of Biological Science University of Zimbabwe. Harare.

Úbeda X., 2001. Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. Edafología 8, 41-49.

Wade, D. and, J. Lundsford. La quema como medio de ordenación forestal: el uso de quemas controladas en los estados unidos. En: revista Unasyuva. Vol 41. Nº 162. FAO 1990. Pág. 21-27.

William, W.G. 2000. Introduction to aboriginal fire use in northamerica. Fire Management USDA Forest Service. 60(3): 8-12

Wright, H.A., and A. W. Bailey. 2004. Fire ecology, United Stated and Canada. New York, NY: Wiley-Intersciencie. 528p.



CAPÍTULO II. EFECTOS DEL FUEGO EN LA PRODUCCION FORRAJERA DE *Melinis repens* (Willd.) Zizka.

2.1. Introducción

El fuego desde tiempos del hombre primitivo ha sido utilizado para modificar ecosistemas, inicialmente a éste le servía para la preparación de alimentos así como de protección de las inclemencias del clima (William 2000). Con el correr de los años, y con la emergencia del hombre científico y tecnológico a este elemento natural se le han venido descubriendo importantes efectos en los ecosistemas naturales (Britton *et al.* 1984). Briske y Richards (1994), reportan que los ecosistemas de pastizal son dependientes del ciclo del fuego. El fuego bien aplicado en forma de quema prescrita en un pastizal presenta entre muchos otros beneficios, el incremento en la producción forrajera, resultado de la eliminación de forraje viejo, la estimulación de rebrotes y germinación de bancos de semillas (Wright y Bailey 1982).

Por lo tanto, y en consideración al conocimiento científico limitado que se tiene de la producción forrajera de zacate rosado y su relación con las quemas prescritas, el **objetivo** de este trabajo fue el determinar el efecto del fuego sobre la producción forrajera del zacate rosado. Por lo que se **hipotetizó** que la producción forrajera de zacate rosado se mejorara con la utilización de la quema prescrita.

2.2. *Revisión de literatura*

El efecto del fuego en algunas especies de gramíneas introducidas se puede ver reflejado en el incremento, rendimiento y disponibilidad de forraje, mejorando el crecimiento de la planta y su producción (Wright y Bailey 1982; Briske y Richards 1994), estas mejoras se dan debido a efectos químicos de la combustión de material vegetal sobre el suelo, los aportes de nitrógeno disponible (O'Lear *et al.* 1996) y la disponibilidad de luz (Johnson y Matchett 2001), dejando como consecuencia que después de una quema el ambiente se vea favorecido aumentando la productividad, la germinación y establecimiento de plántulas (Wallace 1966; Whelan 1995).

Podemos encontrar varios estudios donde se mencione el efecto positivo del fuego en la producción forrajera, en Florida estudios realizados a cuatro especies de pastos, muestran que tres de estos obtuvieron un incremento vegetativo y de floración a partir de la quema (Anderson y Menges 1997), reportes realizados en praderas de pastos mixtos, mencionan que después de una quema de primavera, algunas especies incrementaron su producción de forraje hasta 30% más que en las zonas no quemadas (White y Currie 1983), estos incrementos de biomasa en áreas quemadas incluso se pueden ver reflejados en veranos posteriores a la quema (Pandey 1988) en el caso del zacate buffalo (*Buchloe dactyloides*) se reportan incrementos constantes en producción hasta 3 años después de ser sometido al fuego prescrito (Whisenant y Uresk 1990).

Estos aumentos en la producción forrajera después de una quema, se pueden observar en diversos ecosistemas ya sean semiáridos o subhúmedos como la pradera de pastos altos y matorrales mediterráneos (Seastedt y Ramundo 1990; Carreira y Niell 1992). Contrariamente algunos otros estudios reportan efectos negativos del fuego en la producción forrajera (Dwyer y Pieper 1967; Tothill 1971), pero esto se debe a la alta frecuencia de quemas (Rice y García 1994), a la vulnerabilidad de algunas especies de gramíneas (Cable 1967; Wright 1974; Smith 2008) y a la estación en que se realice la quema (Hamilton y Scifres 1982; Ford y Johnson 2006), pudiendo representar pérdidas significativas en la producción de forraje (Trlica y Schuster 1969) entre un 50-70% al 5-35% en temporada media (Senthilkumar *et al.* 1998).

Las malas condiciones climatológicas del año combinadas con una quema también muestran efectos negativos, generalmente, la quema en cualquier estación seguida por un año seco reduce considerablemente la densidad y rendimiento del zacate (Steuter y Wright 1983; Villanueva *et al.* 1989), durante las primeras dos temporadas de cultivo después de haberse realizado la quema (Brockway *et al.* 2002), teniendo una recuperación de producción hasta el tercer año (Launchbaugh 1964). Así mismo las quemas prescritas en suelos pobres en nutrientes presentan menor crecimiento de la planta, de hecho las plantas redujeron la biomasa debido a la pérdida de humedad del suelo (Snyman 2004).

2.3. Materiales y Métodos

2.3.1. Sitio de estudio

El diseño del experimento así como la realización de la quema fue tal y como se describe en el capítulo I del presente documento.

2.3.2. Determinación de producción forrajera

La producción de forraje en parcelas quemadas y sin quemar fue estimada durante la estación de madurez mediante cortes de forraje a 3 cm de altura en tres cuadrantes de 0.5 m² dentro de cada parcela o unidad experimental. Se eligió la estación de madurez porque en esta etapa las gramíneas dejan de producir biomasa e inician el almacenamiento de reservas para la época invernal. Las muestras de forraje se pesaron en fresco y posteriormente se introdujeron en una secadora de herbario a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. El peso fresco y seco fueron determinados con una báscula OHAUS® tipo digital con precisión a 0.1g y capacidad de 6 kg. El proceso anteriormente descrito se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Secuencia de obtención de producción forrajera.

2.3.3. Análisis de datos

Los datos de producción de forraje (g ms/m²) verde y seco fueron analizados mediante análisis de varianza-ANDEVA utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones por tratamiento (**5Q** y **5SQ**) y tres sub-muestras por parcela o unidad experimental (n=30). Cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey (P≤0.05) (Steel y Torrie 1980). Los análisis se realizaron mediante el software STATISTICA (Statsoft 2013). El modelo matemático utilizado fue $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, en donde... Y_{ij} = Variable de respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento; μ = Media general, T_i = Efecto del Tratamiento i; e_{ij} = error aleatorio

2.4. Resultados

Efecto del fuego en la producción de forraje en verde.

Los resultados de los análisis de las muestras de producción de forraje en verde (PFV), mostro diferencias significativas (p<0,05), entre tratamientos, punto fundamental a evaluar en este trabajo, con una p= 0.0000 favorables al tratamiento **Q** como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de Varianza producción de forraje verde del pasto rosado verde entre tratamientos.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	1608231	1608231	71.2411	0.0000
Error	28	632085	22574		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor F, p: significancia.

Se pudo apreciar un incremento por efecto del fuego. En las parcelas **SQ** la media de producción forrajera fue de 221.60 gr/m², en las parcelas **Q** se obtuvo una media de producción de 684.66 gr/m², lo que equivale a una diferencia de 463.06 gr/m² favorable al tratamiento **Q** (Figura 13).



Figura 13. Producción total de forraje verde en tratamientos. Q= Quema, SQ= Sin quema

El Cuadro 10, muestra la producción de forraje verde del pasto rosado entre tratamientos.

PFV (gr/m ²)	
Quema	Sin quema
684.66 b	221.60 a

Producción de forraje verde. La producción de forraje verde con literales distintas entre la misma hilera es significativamente diferentes, Tukey (P≤0.05).

Efecto del fuego en la producción de forraje en peso seco.

Para la producción de forraje en peso seco (**PFS**), se encontraron diferencias significativas (p<0,05), entre tratamiento, punto fundamental a evaluar en este trabajo, con una p= 0.000002 favorables al tratamiento **Q**.

Cuadro 11. Análisis de Varianza producción de forraje seco del pasto rosado verde entre tratamientos.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	395142	395142	35.6067	0.000002
Error	28	310727	11097		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor *F*, p: significancia.

En las parcelas **SQ** la media de producción forrajera fue de 107.33 gr/m², en las parcelas **Q** se obtuvo una media de producción de 336.86 gr/m², lo que equivale a una diferencia de 229.53 gr/m² favorable al tratamiento **Q** (Figura 14).

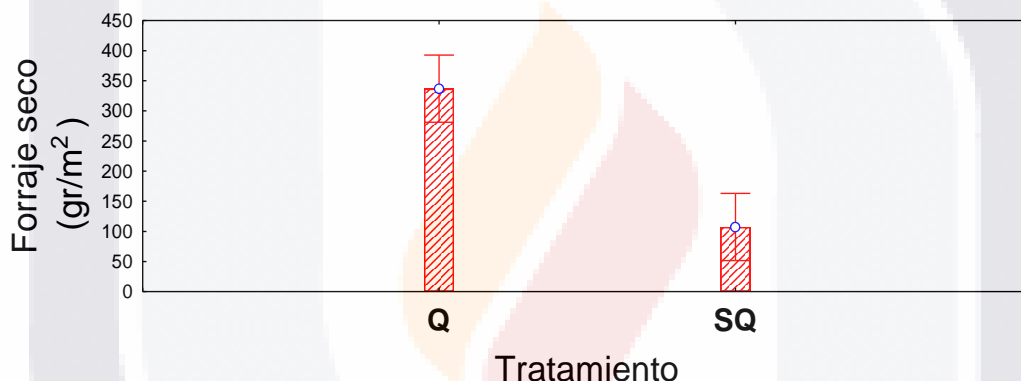


Figura 14 Producción total de forraje seco (kg/m²).. Q= Quema, SQ= Sin quema.

El Cuadro 12, muestra la producción de forraje seco del pasto rosado entre tratamientos.

PFS (gr/m ²)	
Quema	Sin quema
107.33 a	336.86 b

PFS: Producción de forraje seco. La producción de forraje seco con literales distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

2.5. Discusión

Los resultados encontrados en este estudio coinciden con los reportes de Brooks *et al.* (2004), Chambers y Wisdom (2009) y Esque *et al.* (2010) donde señalan que las quemas en sitios invadidos provocan el incremento de la especie invasora, que en este caso fue el *Melinis repens*, mostrando un incremento significativo en la producción de forraje en las áreas quemadas. La respuesta de crecimiento del zacate rosado fue alta después de ser sometida a la quema, resultados semejantes reportan Britton y Steuter (1983), donde observaron en pastos anuales invasivos sometidos a quemas experimentales en el desierto de Sonora, incrementos en crecimiento, comparado con parcelas testigo.

Este incremento en la producción de biomasa, podría atribuirse a un incremento en la disponibilidad de raíces (Rice *et al.* 1988) o a un incremento en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, como se especificó en el capítulo 1, las cuales ayudaron a que la biomasa aérea aumentara rápidamente (Bates *et al.* 2009), además que la quema creó una cama de siembra por el aporte de nutrientes en las cenizas e incrementos en la temperatura del suelo a través de un cambio en el albedo, sobre la superficie (Sacido y Cauhépé 1993; Laterra 2003), aunado a esto el aumento en la producción se dio por el rebrote de las gramíneas debido al efecto del fuego ya que se presentaron mayores temperaturas en el área quemada durante el día y la condensación de vapor durante la noche, asociada con la caída de las temperaturas nocturnas, creando condiciones próximas al punto de rocío, poniendo en contacto a las plantas con los nutrientes liberados por la quema (Frost y Robertson 1987).

Para obtener estos resultados positivos en los incrementos de producción forrajera se tuvo que dar una compleja interacción entre tipo del suelo, intensidad del fuego, condiciones climáticas del sitio y la cantidad de precipitación pluvial presentada durante el año de estudio (Abella, 2009), durante el 2012, la precipitación en el área experimental fue de 640.4 mm. (INIFAP 2012) la cual se considerada buena para la región.

2.6. Conclusión

La quema prescrita tuvo un efecto positivo altamente significativo en el aumento de producción del forraje del zacate rosado tanto en peso verde como seco, debido a los múltiples rebrotes de la planta inducidos por la quema y la estimulación para la germinación de los bancos de semilla, con esto se demuestra que con el manejo esta especie se puede aprovechar en zonas donde su presencia y constante expansión es considerado una amenaza.

2.7. Literatura citada

- Abella, S. R. 2009. Post-fire plant recovery in the Mojave and Sonoran Deserts of western North America. *Journal of Arid Environments* 73:699–707.
- Anderson, R. C., and E. S. Menges. 1997. Effects of fire on sandhill herbs: nutrients, mycorrhizae, and biomass allocation. *American Journal of Botany* 84(8):938-948.
- Bates, J. D., E. C. Rhodes, K. W. Davies, and R. Sharp. 2009. Postfire succession in big sagebrush steppe with livestock grazing. *Rangeland Ecology & Management* 62:98–110

- Briske, D.D. and J.H. Richards. 1994. Physiological responses of individual plants to grazing: Current status and ecological significance. 147-176. In: Ecological Implications of livestock herbivory in the west. M. Vavra, W.A. Laycock, and R.D. Pieper (Eds.). 1st Ed). Society Range Manage. Denver CO.
- Britton C.M., A.A.Steuter. 1983. Production and nutritional attributes of tobosagrass following burning. *The Southwestern Nat* 1983;28(3):347-252.
- Britton, M., B. Racher, and J.C. Villalobos. 1984. Prescribed fire for range improvement. First International Symposium. Aguascalientes, Mexico. Memory in CD.
- Brockway, D. G., R. G. Gatewood, and R. B. Paris. 2002. Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal of Environmental Management* 65:135-152.
- Brooks, M. L., C. M. D'antonio, D. M. Richardson, J. B. Grace, J. E. Keeley, J. M. D'Antonio, R. J. Hobbs, M. Pellant, and D. Pyke. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *Bioscience* 54:677–688.
- Cable, D.R. 1967. Fire effects on semi-desert grasses and shrubs. *J. Range Manage.* 20:170-176.
- Carreira, J. A., and F. X. Niell. 1992. Plant nutrient changes in a semiarid Mediterranean shrubland after fire. *Journal of Vegetation Science* 3:457–466.
- Chambers, J. C., and M. J. Wisdom. 2009. Priority research and management issues for the imperiled Great Basin of the Western United States. *Restoration Ecology* 17:707–714.

- Dwyer, D. D., and R. D. Pieper. 1967. Fire effects on blue grama-pinyon-juniper rangeland in New Mexico. *Journal of Range Management* 54:2-10.
- Esque, T. C., J. P. Kaye, S. E. Eckert, L. A. Defalco, and C. R. Tracy. 2010. Shortterm soil inorganic N pulse after experimental fire alters invasive and native annual plant production in a Mojave Desert shrubland. *Oecologia* 164: 253–263.
- Ford, P.L. and G.V. Johnson. 2006. Effect of dormant vs. growing season fire in shortgrass steppe: biological soil crust and perennial grass responses. *J. Arid Environments*. 67:1-14.
- Frost, P. and F. Robertson. 1987. The ecological effects of fire in savannas, in Walker, B.H. *Determinants of tropical savannas*, IUBS. Monograph serie N 3.
- Hamilton W.T., and C.J. Scifres. 1982. Prescribed burning during Winter for maintenance of buffel grass. *J Range Manage* 1982;35:9-12.
- INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Red de estaciones agroclimáticas de Aguascalientes. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/default.aspx?estado=1>. Consultado: 30 de Dic. 2012.
- Johnson, L.C., and J. R. Matchett. 2001. Fire and grazing regulate belowground processes in tallgrass prairie. *Ecology* 82:3377-3389.
- Lattera, P. 2003. Desde el paspaletum: bases ecológicas para el manejo de pajonales húmedos con quemas prescriptas. En: *Fuego en los ecosistemas argentinos*. Edit. C, Kunst, Cap. 9 pag. 93-109.
- Launchbaugh, J. L. 1964. Effects of early spring burning on yields of native vegetation. *Journal of Range Management* 17:5–6.

- O'Lear., Seastedt, T. R., Briggs, J. M., Blair, J. M. y Ramundo, J. A. 1996 Fire and topographic effects on decomposition rates and N dynamics of buried Wood in tallgrass prairie. *Soil Biol. Biochem.* 28: 323-329.
- Pandey A. 1988. Short-term study of recovery of a tropical grassland following seasonal burning. *Trop. Ecology*, 29(2): 159-170.
- Rice C.W., and F.O. García . 1994. Biologically active pools of carbon and nitrogen in tallgrass prairie soil. En: Doran JW et al. (eds) *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publication 35. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, EEUU. p. 201-207.
- Rice, C. W., T. C. Todd, J. M. Blair, T. R. Seastedt, R.A. Ramundo, and G. W. T. Wilson. 1998. Belowground biology and processes. In: A. K. Knapp, J. M. Briggs, D. C. Hartnett, and S. L. Collins [EDS.]. *Grassland dynamics—Long-term ecological research in Tallgrass Prairie*. New York, NY: Oxford University Press. p 244–264.
- Sacido, M. y M.A. Cauhépé. 1993. Uso del fuego en pastizales: efecto sobre la calidad de los rebrotes. En Kunst. C. et al. (Eds.) *Memoria de Seminario-Taller: Ecología y Manejo del Fuego en Ecosistemas Naturales y Modificados*.
- Seastedt, T.R., and R. A. Ramundo. 1990. The influence of fire on belowground processes of tallgrass prairie. In: S. L. Collins and L. L.
- Senthilkumar, K., S. Manian., K. Udaiyan., and S. Paulsamy., 1998. Elevated biomass production in burned natural grassland. *Proceedings of the 41st Annual Congress of Grassland Society of Southern Africa Abstracts*. Pp. 49-50.
- Smith, J. K. 2008. Effects of prescribed fires in semi-desert plant communities in southeastern Arizona. In: *Fire Effects Information System*, U.S. Department of

Agriculture. Forest Service, <http://www.fs.fed.us/feis/> (Accessed Thursday October 16 2008).

Snyman, H. A. 2004. Short-term response in productivity following an unplanned fire in a semi-arid rangeland of South Africa. *Journal of Arid Environments* 56:465–485.

Statsoft. Inc. 2013. *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com/textbook/>. Consultado: Enero 2013.

Steel, R. G., and J.H. Torrie, 1980. *Principles and procedures of statistics, a biometrical approach* (No. Ed. 2). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd..

Steuter A.A, and H.A. Wright. 1983 Spring burning effects on redberry juniper mixed grass habitats. *J Range Manage*; 36:161- 1464.

Tothill JC. A review of fire in the management of native pastures with particular references to Northeast Australia. *Trop Grassl* 1971;5:1-15.

Trlica, M. J., and J. L. Schuster. 1969. Effects of fire on grasses of the Texas high plains. *Jouranal of Range Management* 22:329-333.

Villanueva Ajf, H.L. Mena, I.R. Herrera, and R.L.F. Negrete. 1989. Contenido y fluctuación nutricional de cinco gramíneas en trópico seco de acuerdo a su fenología. *Rev Manejo de Pastizales*; 2(2): 21-25.

Wallace W.R. 1966 fire in the jarrah forest environment. *journal of the royal society of western australia* 49: 33 - 44.

Whelan, R. J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

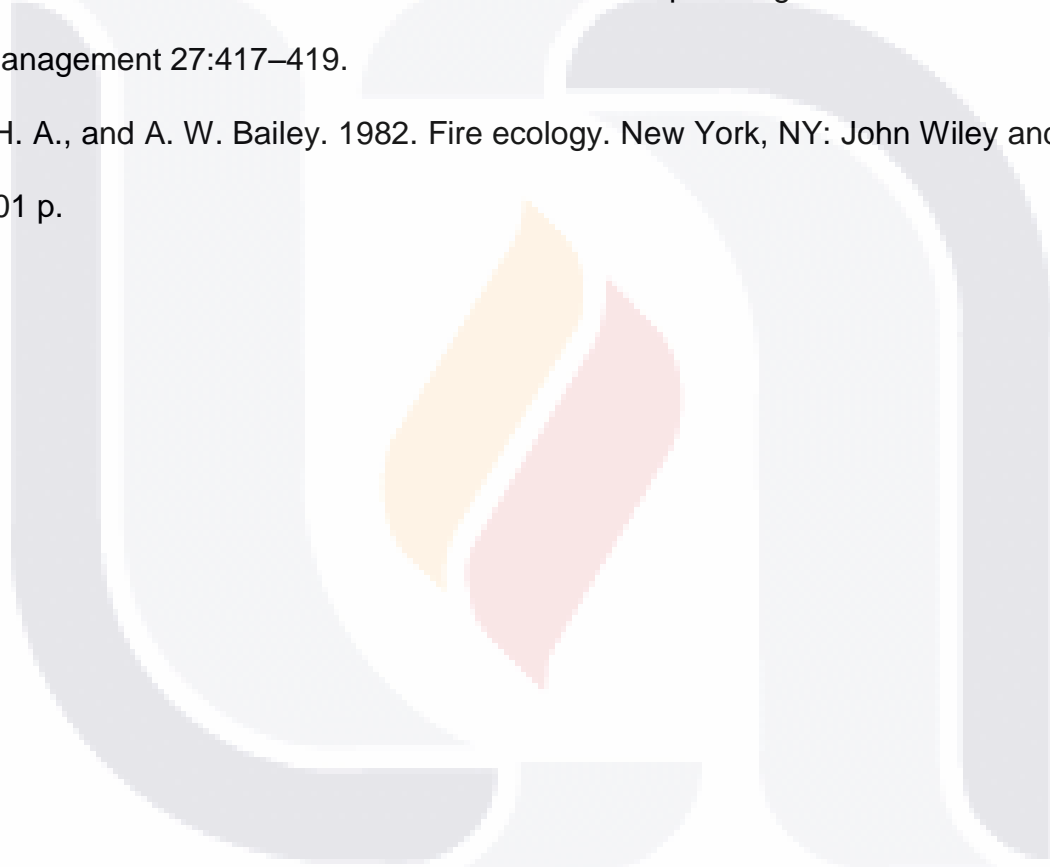
Whisenant, S. G., and D. W. Uresk. 1990. Spring burning Japanese brome in a western wheatgrass community. *Journal of Range Management* 43:205–208.

White, R. S. and P.C. Currie., 1983. Prescribed burning in the Northern Great Plains: Yield and cover responses of three forage species in the Mixed Grass Prairie. *Journal of Range Management* 36: 179-183.

William, W.G. 2000. Introduction to aboriginal fire use in northamerica. *Fire Management USDA Forest Service*. 60(3): 8-12

Wright, H. A. 1974. Effect of fire on southern mixed prairie grasses. *Journal of range Management* 27:417–419.

Wright, H. A., and A. W. Bailey. 1982. *Fire ecology*. New York, NY: John Wiley and Sons. 501 p.



CAPÍTULO III. EFECTOS DEL FUEGO EN LA CALIDAD NUTRITIVA DE *Melinis repens* (Willd.) Zizka.

3.1 Introducción

El fuego desde tiempos del hombre primitivo ha sido utilizado para modificar ecosistemas, inicialmente a éste le servía para la preparación de alimentos así como de protección de las inclemencias del clima (William 2000). Con el correr de los años, y con el avance de la ciencia y la tecnología, a este elemento natural se le han venido descubriendo importantes efectos en los ecosistemas naturales. Baruch y Bilbao (2004), reportan en sus estudios que el forraje cosechado de pastizales sujetos a la aplicación de fuego, ven mejorados varios aspectos de la calidad nutritiva en comparación con el forraje de pastizales que no son sometidos a quemas prescritas, inclusive estas mejoras se pueden dar progresivamente durante años posteriores a dicho acto (Britton *et al.* 1984).

La mejora en la calidad nutritiva del forraje se debe a que la quema elimina material viejo y origina complejas reacciones químicas entre el suelo y planta haciendo que los rebrotes de forraje sean más digestibles y nutritivos (Stoddard 1942). Siempre dependiendo en demasía de las características morfológicas y fisiológicas de las especies y la época en que se aplique el fuego (Bennett *et al.* 2002). Por lo tanto, y en consideración al conocimiento científico limitado que se tiene de la calidad nutritiva del forraje del zacate rosado y su relación con las quemas prescritas, el **objetivo** de este trabajo fue el determinar el efecto del fuego sobre la calidad nutritiva del zacate rosado. Por lo que se **hipotetizó** que la

calidad nutritiva del forraje de zacate rosado se mejorara con la utilización de la quema prescrita.

3.2 Revisión de literatura

La calidad del forraje se puede medir en relación a como los animales responden al consumirlo, ya sea en producción de leche, lana o ganancia de peso (Lucas 1963). Así como otros términos asociados con la respuesta animal como la palatabilidad, composición nutritiva y digestibilidad (Sell *et al.* 1959; Wright y Bailey 1982). El conocer estos valores de la calidad del forraje es de vital importancia para determinar su valor nutritivo; y, por tanto para el establecimiento de programas de complementación o suplementación del ganado en pastoreo durante las etapas de baja calidad del (Bochi-Brum *et al.* 1999).

La calidad de forraje en un pastizal, se puede mejorar con el uso del fuego (Stoddard 1942; Rasmussen *et al.*, 1986), tal y como se reporta en diversos estudios que van desde los Estados Unidos, donde la quema produce importantes cambios en la producción y demanda de carbohidratos, cambiando directamente los patrones de translocación (Baruch y Bilbao 2004), crecimiento de la planta y calidad de forraje (Bebawi y Campbell 2002; Villanueva *et al.* 2008), hasta estudios en Argentina donde reportan que en zonas de pastoreo quemadas con especies nativas, aumenta la ganancia de peso animal (76 para 107 kg) posterior a la quema anual, indicando un mejoramiento en la calidad del forraje disponible, por efecto de la quema (Pizzio *et al.* 1997).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Para que se den estos resultados depende en demasía de las diferencias morfológicas y fisiológicas entre las especies forrajeras, ya que algunas especies introducidas sobreviven fuegos durante la estación seca, pero su calidad se ve afectada después de la quema (Botero 1983; Bennett *et al.* 2002).

Se tienen los antecedentes de que diversas especies tanto nativas como introducidas presentan incrementos en los componentes nutricionales (proteína, fósforo, Nitrógeno y digestibilidad) cuando se cultivan en suelos que previamente han sido quemados (Everitt y Mayeux 1983; Bondi 1989), ya que los minerales activados por la quema son de mayor asimilación para la planta y por consecuencia se ve mejorada su calidad (Blank *et al.* 1994). Estos aumentos en los componentes nutricionales incluso se pueden dar durante los diversos estadios de desarrollo después de la interacción con el fuego (Pizzio *et al.* 1997), además de presentar menor cantidad de constituyentes de la pared celular en la materia seca de áreas quemadas (Rasmussen *et al.* 1983; Andrade y Leite 1988). Para lograr estos efectos positivos en los pastos, las quemaduras prescritas se deben de realizar en intervalos no menores a tres años (Blank *et al.* 1994), y cuando las especies de gramíneas no se encuentren fisiológicamente activas (Daubenmire 1968; Howe 1994; Engle y Bidwell 2001) ya que de lo contrario se pueden presentar valores bajos de proteína cruda y digestibilidad en las diferentes etapas fenológicas (Sanderson y Wedin 1989).

3.3. Materiales y Métodos

3.3.1. Muestreo y análisis de forraje

La calidad del forraje se estimó en las muestras colectadas de la parte aérea de la planta completa en cada etapa fenológica crecimiento (**C**), madurez (**M**) y latencia (**L**) como se muestran en la Figura 15. En cada una de estas etapas se tomaron muestras de tres cuadrantes de 0.5m² (n=30), que posteriormente formaron una muestra compuesta por parcela, teniendo un total de 10 muestras compuestas (**5Q**, **5SQ**) en cada etapa fenológica. Las muestras posteriormente fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición Animal ubicado en el Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.



Figura 15. Etapas fenológicas del zacate *rosado*

Las variables de calidad de forraje evaluadas, Proteína cruda (**PC**), Fibra Detergente Neutro (**FDN**) y Fibra Detergente Acida (**FDA**), fueron analizadas en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal del Departamento de Disciplinas Pecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, siguiendo los procedimientos descritos en el manual de prácticas de bromatología del departamento antes señalado. En la Tabla 13. Se muestra la metodología de laboratorio utilizada.

Cuadro 13. Metodologías de laboratorio utilizadas en el análisis de calidad forrajera.

Variables evaluadas	Metodología
Proteína cruda	Método Kjeldahl con el factor N x 6.25 (Aoac 991.20) AOAC (2005),
Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente Acida	Método de Van Soest <i>et al.</i> (1991)
Digestibilidad <i>in situ</i> de la Materia Seca	Método de Nocek, (1988)

En el caso especial del efecto del fuego sobre la Digestibilidad de la Materia Seca *In Situ* del forraje *Melinis repens*, esta se evaluó en general y por tiempos específicos incubados dentro del rumen, esto con la finalidad de establecer su verdadero valor nutritivo.

3.3.2. Análisis de datos

Los datos de calidad de forraje (**PC, FDN, FDA y DISMS**) se analizaron mediante Análisis de varianza, contemplando un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (2X3), donde: 2(factor quema y no quema); 3(factor etapa fenológica (crecimiento, madurez y latencia)). Cuando existieron diferencias significativas entre factores se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie 1980). Los análisis se realizaron mediante el software STATISTICA (Statsoft 2013). El modelo matemático $X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ se describe a continuación:

μ es la media general, α_i es el efecto debido al factor A, β_j es el efecto debido al factor B, $(\alpha\beta)_{ij}$ es el efecto conjunto (interacción AxB) y ϵ_{ijk} es el error aleatorio.

3.4 Resultados

3.4.1 Proteína cruda

Los resultados de los análisis de las muestras de forraje para la diferencia en porcentaje de proteína Cruda (**PC**), factor (**Q** y **SQ**) y periodo (**C**, **M** y **L**) que se tomó la muestra, mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), con una $P=0.025217$ favorables al factor **Q** y en la comparación entre periodos con un valor de $P=0.000000$ favorable a el periodo **C**, como se observa en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza proteína cruda (%) del forraje del pasto rosado.

	GL	SC	MC	F	p
Periodo	2	170.9643	85.4821	421.648	0.000000
Tratamiento	1	1.7787	1.7787	8.774	0.025217
Periodo*Tratamiento	2	0.8906	0.4453	2.196	0.192414
Error	6	1.2164	0.2027		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrado medio, F: valor P: significancia

Enseguida se muestran los valores de las media en **PC** para las distintas etapas fenológicas de muestreo en los tratamientos y la comparación entre estas.

Factor quema (Q)

En el tratamiento **Q** los valores de las medias fueron de 10.91% en **C**, 4.44% en **M** y 2.78% en **L**.

Factor sin quema (SQ)

En las muestras tomadas de las parcelas **SQ** los valores fueron de 10.91% en **C**, 3.26% en **M** y 1.65% en **L**.

Comparación de medias entre factores Q y SQ

La comparación de medias en digestibilidad entre factores arrojó que en la etapa de **C** no existió diferencia alguna, y para las etapas de M y L se mostraron diferencias de 1.18% y 1.13% respectivamente favorables a el factor **Q**.

A continuación se presenta el cuadro y las gráficas de análisis estadístico para la variable proteína cruda, mostrando la interacción entre etapa y tratamiento (Figura 19).

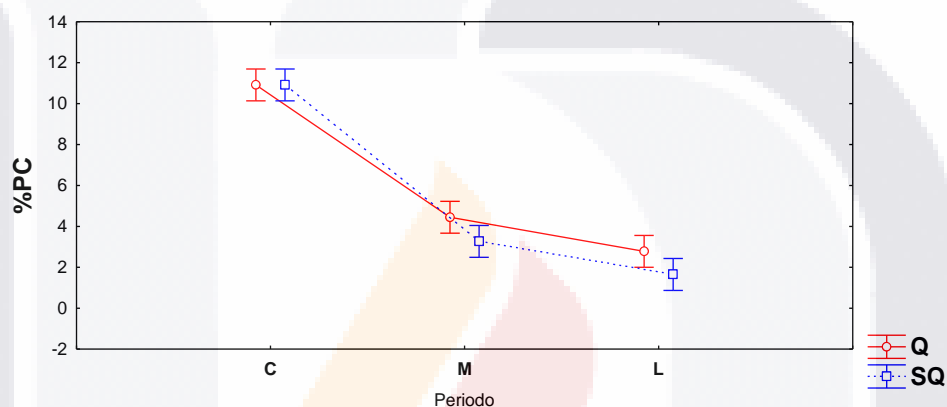


Figura 16. Contenido de proteína cruda (%) del pasto *Melinis repens* por etapa fenológica y tratamiento. Q= Quema, SQ= Sin quema, PC= Proteína cruda C= Crecimiento, M= Madurez, L= Latencia.

El Cuadro 19, muestra la separación de medias de la interacción de los factores etapa fenológica, quema y no quema para la variable proteína cruda (%).

Cuadro 19. Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema del pasto rosado.

Etapa fenológica de corte	% PC	
	Quema	Sin quema
Crecimiento	10.91 c	10.91 c
Madurez	4.44 b	3.26 ab
Latencia	2.78 ab	1.65 a

PC= Proteína cruda. Las concentraciones de P.C. con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.4.2 Fibra Detergente Neutro

Los resultados de los análisis de varianza de las muestras de forraje para la diferencia en porcentaje de Fibra Detergente Neutro (**FDN**), en factores (**Q** y **SQ**) y periodo (**C**, **M** y **L**) mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre factores **Q** y **SQ** con una $P = 0.024538$ favorables al tratamiento **SQ** y en la comparación entre periodos con un valor de $P = 0.000718$ favorable a el periodo **L**, como se observa en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de varianza de los porcentajes de fibra detergente neutro del pasto rosado.

	GL	SC	CM	F	P
Periodo	2	322.16	161.08	30.50	0.000718
Tratamiento	1	47.01	47.01	8.90	0.024538
Periodo*Tratamiento	2	5.77	2.88	0.55	0.605538
Error	6	31.69	5.28		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrado medio, F: valor, P: significancia.

A continuación se muestran los valores de las media en **FDN** para las distintas etapas de muestreo en los factores **Q** y **SQ**.

Factor quema (Q)

En este factor, los valores de las medias para **FDN** en las etapas fenológicas de muestreo fueron de; 61.58% en **C**, 70.89% en **M** y 75.31% en **L**.

Factor sin quema (SQ)

En el factor **SQ** se presentaron valores medios para **FDN** de 66.67 en **C**, 75.67 en **M** y 77.32% en **L**.

Comparación de medias entre factores Q y SQ

Para **FDN** la comparación de medias entre factor quema y sin quema se mostraron las siguientes diferencias de valores en las etapas fenológicas de **C** del 5.09%, en **M** 4.78% y 2.01% en **L**, favorables para el factor **SQ** (Figura 20).

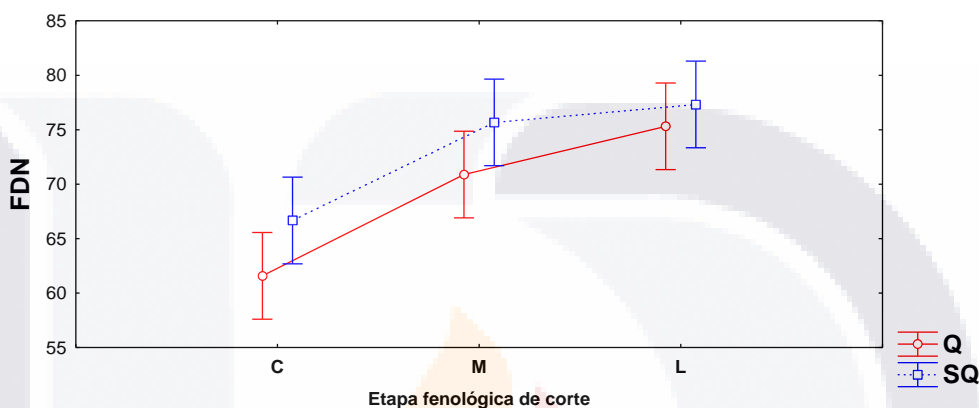


Figura 17. Contenido de Fibra Detergente Neutro (%) del forraje *Melinis repens*, FDN= Fibra Detergente Neutro. C= Crecimiento, M= Madurez, L= Latencia, Q= Quema, SQ= Sin quema.

El Cuadro 21, muestra la separación de medias de la interacción de los factores etapa fenológica, quema y no quema para la variable fibra detergente neutro (%).

Cuadro 21. Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema para la fibra detergente neutro.

Etapa fenológica de corte	% FDN	
	Quema	Sin quema
Crecimiento	61.58 c	66.67 ac
Madurez	70.89 ab	75.67 a
Latencia	75.31 ab	77.32 b

FDN= Fibra Detergente Neutro. Las concentraciones de FDN con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.4.3. Fibra Detergente Acido

Los resultados de los análisis de varianza de las muestras de forraje para la diferencia en porcentaje de fibra detergente acido, no mostraron diferencias

($p \geq 0,05$), entre factor **Q** y **SQ**, sin embargo si existieron diferencias en las etapas fenológicas con una $P= 0.002638$ favorables a la etapa **L**, como se observa en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de varianza de los porcentajes de fibra detergente acido del pasto rosado.

	GL	SC	CM	F	p
Periodo	2	860.48	430.24	18.713	0.002638
Tratamiento	1	92.63	92.63	4.029	0.091509
Periodo*Tratamiento	2	5.84	2.92	0.127	0.883074
Error	6	137.95	22.99		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor F , p: significancia

A continuación se muestran los valores de las media en **FDA** para las distintas etapas de muestreo en los factores **Q** y **SQ**.

Factor quema (Q)

En este factor, los valores de las medias para **FDA** en las etapas fenológicas de muestreo fueron de; 30.21% en **C**, 45.45% en **M** y 48.34% en **L**.

Factor sin quema (SQ)

En el factor **SQ** se presentaron valores medios para **FDA** de 34.16% en **C**, 52.81% en **M** y 53.7% en **L**.

Comparación de medias entre factores Q y SQ

La comparación de medias entre factor quema y sin quema para **FDA** arrojo que en la etapa de crecimiento se presentaron deferencias de 3.95% en **C**, 7.36% en **M** y 5.36% en **L**, favorables para el factor **SQ**.

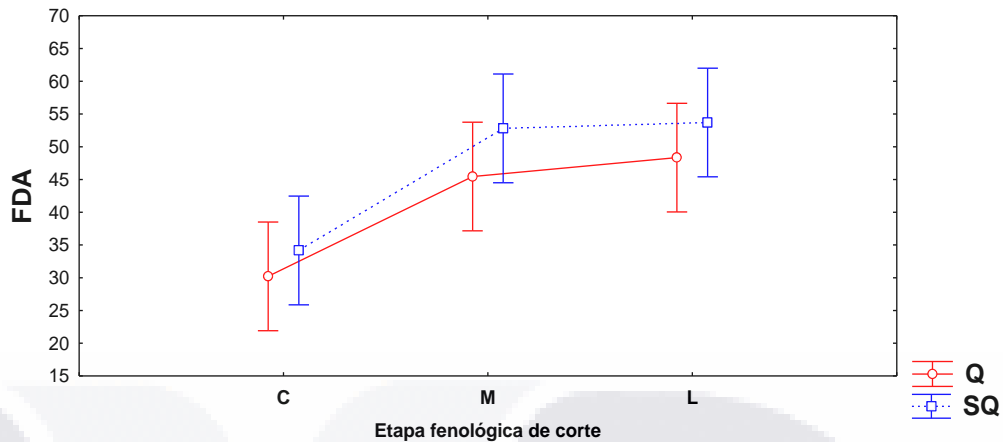


Figura 18 Contenido de Fibra Detergente Acido (%) del forraje *Melinis repens*. FDA= Fibra Detergente Acida. C= Crecimiento, M= Madurez, L= Latencia, Q= Quema, SQ= Sin quema.

El Cuadro 23, muestra la separación de medias de la interacción de los factores etapa fenológica, quema y no quema para la variable fibra detergente neutro (%).

Cuadro 23. Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema para la fibra detergente acido.

Etapa fenológica de corte	% FDA	
	Quema	Sin quema
Crecimiento	30.21 a	34.16 ab
Madurez	45.45 abc	52.81 bc
Latencia	53.70 c	48.34 abc

FDN= Fibra Detergente Neutro. Las concentraciones de **FDN** con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.4.4. Digestibilidad *in situ* de la materia seca

Los resultados de los análisis de varianza las muestras de forraje para Digestibilidad *In Situ* de Materia Seca (**DISMS**), en los tratamientos (**Q** y **SQ**) y etapa fenológica (**C**, **M** y **L**) mostraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre factor quema y sin quema favorables al factor **Q** con un valor de $P = 0.046217$, como se muestra en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de varianza de los porcentajes de digestibilidad *In Situ* de la materia seca.

	GL	SC	CM	F	P
Tratamiento	1	763.1	763.1	4.0485	0.046217
Periodo	2	2664.2	1332.1	7.0666	0.001209
Tratamiento*Periodo	2	76.3	38.2	0.2025	0.816959
Error	5	25259.5	188.5		

GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: Cuadrado medio, F: valor *F*, p: significancia.

A continuación se muestran los valores de las media en **DISMS** para las distintas etapas de muestreo en los factores **Q** y **SQ**.

Factor quema (Q)

Para el factor **Q** se presentaron valores en las medias de las etapas tres etapas fenológicas **C**, **M** y **L** de 39.05%, 33.29% y 34.16% respectivamente.

Factor sin quema (SQ)

Para las etapas fenológicas muestreadas de parcelas **SQ**, los valores medios fueron de 38.16%, 28.16% y 28.14% correspondientes a las etapas **C**, **M** y **L**.

Comparación de medias entre factores Q y SQ

La comparación de medias entre factores **Q** y **SQ** arrojaron una diferencia entre los tratamientos del 0.89% en **C**, 5.13% en **M** y 6.02% en **L**, favorables al factor **Q** (Figura 22).

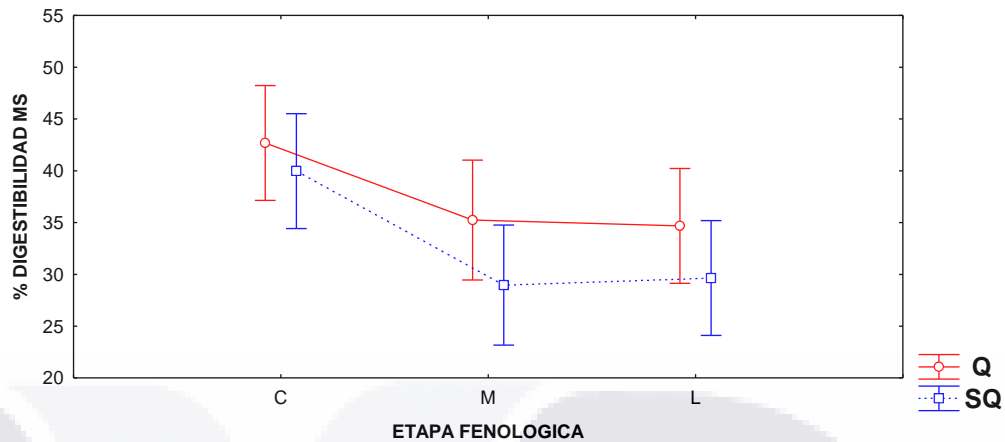


Figura 19. Digestibilidad (%) de la materia seca del pasto *Melinis repens*. C= Crecimiento, M= Madurez, L= Latencia, Q= Quema, SQ= Sin quema.

El Cuadro 25, muestra la separación de medias de la interacción de los factores etapa fenológica, quema y no quema para la variable digestibilidad (%).

Cuadro 25. Separación de medias de la interacción etapa fenológica, quema y no quema para digestibilidad.

Etapa fenológica de corte	% DISMS	
	Quema	Sin quema
Crecimiento	39.05 a	38.16 a
Madurez	33.29 a	28.16 a
Latencia	34.16 a	28.14 a

DISMS=Digestibilidad In Situ de Materia Seca. Las concentraciones de DISMS con letras distintas son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

3.5. Discusión

Según los datos obtenidos para este objetivo, podemos encontrar que la mejor calidad del forraje se dio en la etapa de crecimiento presentando posteriormente un declive y aunque este patrón es bastante conocido en las gramíneas (Villanueva y col. 1989), se pudieron observar diferencias de calidad aunque no significativas a favor del factor quema, esto debido a que las temperaturas

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

alcanzadas no consumieron totalmente la materia orgánica provocando un aumento y eficiencia en los valores de nutrientes que se encuentran en el suelo (Knapp,y Seastedt. 1986; Ojima y col. 1990) además de que las temperaturas activaron la biomasa microbiana estimulando la transferencia de los nutrientes y el nitrógeno a los rebrotes de la planta tal y como lo reporta García (1992) en sus estudios.

En el caso particular de la proteína cruda (**PC**) los resultados arrojaron prácticamente los mismos valores entre factores, sin que se observara un efecto por el fuego a diferencia de lo reportado por Huertas y col. (1978), quien señala que 15 días después de la quema el forraje mostro mayores valores de **PC**. Esto se debe a que la quema fue realizada a finales de la estación seca y en el transcurso de las primeras lluvias el rebrote al ser estimulado utilizo las reservas de carbohidratos presentes (Brâncio y col. 1997).

Para las Fibras Acidas y Neutro Detergentes (**FDA** y **FDN**) los resultados arrojaron que existió un efecto positivo del forraje en factor **Q**, presentando una reducción en la cantidad de materia seca, tal y como lo señalan Woolfolk y col. (1975); Machado y col. (1998) en sus estudios quienes observaron que por efecto del fuego se presentan menores cantidades en constituyentes en la pared celular comparadas con el tratamiento **SQ**. Esto resultados se explican mejor, comparando las investigaciones previamente conducidas en especies invasoras semejantes al pasto rosado sometidos al fuego, donde las cantidades de fibra fueron menores en las muestras con tratamiento debido a que la quema elimino grandes cantidades de material viejo (Belnap y col. 2005; Sanderson y Wedin,

1989), y el fuego estimulo nuevos rebrotes y la germinación del banco de semillas haciendo que el forraje sea joven, tierno y con menor cantidad de lignina (Sacido y Cauhépe, 1993; Larterra, 2003).

La Digestibilidad *In Situ* de la Materia Seca (**DIVMS**) del pasto rosado entre factores no presento diferencias significativas, aunque pequeñas mejoras se vieron a favor del tratamiento **Q** mismas que estuvieron asociadas principalmente a la remoción de forraje seco asociado a nuevos rebrotes estimulados por la quema. La digestibilidad superior del forraje en áreas quemadas se observó apenas en los primeros meses pos quema a diferencia del tratamiento testigo donde el zacate maduro más rápido coincidiendo con lo reportado por McAtee *et al.* (1979).

3.6. Conclusión

En cuanto a la calidad del forraje (**FDN, FDA, DMS y PC**) del zacate rosado, en general la quema prescrita tuvo un efecto positivo, debido a que la planta absorbió nutrientes activados por la quema y propicio rebrotes jóvenes, estas mejoras fueron más notables en la etapa de crecimiento ya que es cuando el animal aprovecha en su mayoría el alimento. No obstante, se requiere mayor investigación a mediano y largo plazo para corroborar que este pasto sea considerado como una alternativa para alimentar ganado en pastoreo.

3.7. Literatura citada

- Andrade, R.P., G.G. Leite, 1988. Pastagens na região de cerrados. *Inf. Agropec.*, 13:26.
- ANKOM. (2011). In vitro true digestibility using DAISY incubator.http://www.ankom.com/media_documents/IVDMD_0805_D200.pdf. (Consultado el 16 noviembre de 2011).
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 2005. International Official Methods of Analysis. 15th Ed. The Association of Official Analytical Chemists: hapter 32: 1, 2, 5 y 14, Washintong. U.S.A.
- Avalos, J. F. V., L. F. N. Ramos., J. C. V.González, and C.M. Britton 2008. Respuesta de seis gramíneas tropicales a la quema prescrita en la costa oeste de México. *Técnica Pecuaria en México*, 46(4), 397-411.
- Baruch, Z.,B. Bilbao. 2004. Effects of fire and defoliation on the life history of native and invader C4 grasses in Neotropical savanna. *Oecologia*; 119(4):510-520.
- Bebawl, F. F. and S.D. Campbell., 2002. Impact of fire on bellyache bush (*Jatropha gossypiifolia*) plant mortality and seedling recruitment. *Tropical Grasslands* 36: 129-137.
- Belnap, J., S. L. Phillips, S. K. Sherrod, and A. Moldenke. 2005. Soil biota can change after exotic plant invasion: does this affect ecosystem processes? *Ecology* 86:3007–3017.

- Bennett, L. T., T. S. Judd, and M. A. Adams. 2002. Growth and elemental content of perennial grasslands following burning in semi-arid, sub-tropical Australia. *Plant Ecology* 164:185-199.
- Blank, R. R., F. Allen, and J.A. Young. 1994b. Growth and elemental content of several sagebrush-steppe species in unburned and post-wildfire soil and plant effects on soil attributes. *Plant and Soil* 164:35-41.
- Bochl-Brum, O., D. Carro., C. Valdés., J. González y S. López. 1999. Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch. Zoot.*, 48(1):51-61.
- Bondi, A. 1989. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.
- Botero, B.R. 1983. Manejo de la sabana nativa en los llanos orientales de Colombia y Venezuela. *Guía de estudios*. CIAT. Cali, Colombia.p.30.
- Brâncio, P.A., D. Nascimento Júnior., A. J. Regazzi., E. A. Moraes., G. G. Leite. 1997. Avaliação de pastagem nativa dos cerrados submetida à queima anual. 1. Composição botânica da dieta de bovinos. *Rev. Bras. de Zootec.*, 26:429.
- Britton, M., B. Racher, and J.C. Villalobos. 1984. Prescribed fire for range improvement. First International Symposium. Aguascalientes, Mexico. Memory in CD.
- Daubenmire, R. 1968. Ecology of fire in grasslands. *Advances in Ecological Research* 5:207–266.
- Engle, D. M.,and T. G. Bidwell. 2001. Viewpoint: the response of central North American prairies to seasonal fires. *Journal of Range Management* 54:2–10.

- Everitt JH, and H.S.Mayeux.1983. Nutritive contents of two grasses and one browse species following rangeland burning in South Texas. *Southwestern Nat.*; 28(2):242-244.
- Garcia, F.O. 1992. Carbon and Nitrogen dynamics and microbial ecology in tall grass prairie. PhD. Dissertation. Kansas State University. Manhattan Kansas.
- Howe, H. F. 1994a. Managing species diversity in tallgrass prairie: assumptions and implications. *Conservation Biology* 8:691–704.
- Huertas, H.B., E. Alarcon., and P.E. Mendoza,1978. Valor nutritivo de los pastos guaratara (*Axonopus purpusii* Metz) y paja llanera (*Trachypogon vestitus* Anders) nativos de los Llanos Orientales de Colombia. *Rev. ICA*, XIII:519.
- Knapp, M. and J. Seastedt. 1986. Detritus accumulation limits productivity of tallgrass prairie. *Bioscience*, 36: 662-668.
- Lattera, P. 2003. Desde el paspaletum: bases ecológicas para el manejo de pajonales húmedos con quemas prescriptas. En: *Fuego en los ecosistemas argentinos*. Edit. C, Kunst, Cap. 9 pag. 93-109.
- Lucas, H.L., 1963. Determination of forage yield and quality from animal responses. In *range research methods: A symposium*. U.S. Dep. Agr. Misc. Publ. 940, pp. 43-54.
- Machado, O.M., U. Cecato., R.T. Mira, 1998. Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Rev. Bras. de Zootec.* 27:1057.

- Mcatee, J.W., C. J. Scifres., and D.L. Drawe. 1979. Digestible energy and protein content of gulf Cordgrass following burning or Shreding. J. Range Manage. 32:376.
- Mehrez, A. Z. and E.R. Ørskov, 1977. The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88: 645-650.
- Ojima, D.S., W.J. Parton, D.S. Schimel and C.E. Owensby. 1990. Simulated Impacts of Annual Burning on Prairie Ecosystems. In: Fire in North American Tallgrass Prairies, edited by S.L. Collins and L.L. Wallace, 175 pp. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.
- Pizzio, R., O.R. Pallarés., and J.G. Fernández. 1997. Pasturas subtropicales en campos bajos de Corrientes. 4 p. (Noticias y comentarios, 321).
- Rasmussen, G.A., C.S. Scifres., D.L. Drawe. 1983. Huisache growth, browse quality, and use following burning. J. Range Manage. 36:337.
- Rasmussen, G. A., G. R. McPherson, and H. A. Wright. 1986. Prescribed burning juniper communities in Texas. Research Highlights. Dept. Range Wildlife and Fisheries Management. Texas Tech University. Lubbock, TX. Note 10
- Sacido, M. y M.A. Cauhépé. 1993. Uso del fuego en pastizales: efecto sobre la calidad de los rebrotes. En Kunst. C. et al. (Eds.) Memoria de Seminario-Taller: Ecología y Manejo del Fuego en Ecosistemas Naturales y Modificados.
- Sanderson M.A. and W.F. Wedin. Phenological stage and herbage quality relationships in temperate grasses and legumes. AgronJ 1989;81:864-869.

- Sell, O. E., J. T. Reid., P.O. Woolfolk., and R.E. Williams. 1959. Intersociety forage evaluation symposium Agron. J. 51:212-245.
- Statsoft. Inc. 2013. Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK. <http://www.statsoft.com/textbook/>. Consultado: Enero 2013.
- Steel, R. G., and J.H. Torrie, 1980. *Principles and procedures of statistics, a biometrical approach* (No. Ed. 2). McGraw-Hill Kogakusha, Ltd..
- Stoddard H.L., 1942. The bobwhite quail, Chas, Scribner's Sons, New York, N.Y. 559 pp., illus.
- Van Soest PJ, J.B. Robertson, and, B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy. Sci. 74: 35-83.
- Villanueva A.J.F., H.L. Mena, I.R. Herrera, y R.L.F. Negrete. Contenido y fluctuación nutricional de cinco gramíneas en trópico seco de acuerdo a su fenología. Rev Manejo de Pastizales 1989;2(2): 21-25.
- William, W.G. 2000. Introduction to aboriginal fire use in northamerica. Fire Management USDA Forest Service. 60(3): 8-12
- Woolfolk, J.S., E.F. Smith., R.R. Schalles., and B.E. Brent. 1975. Effect of nitrogen fertilization and late spring burning of bluestem range on diet and performance of steers. J. Range Manage. 28:190.
- Wright, H. A., and A. W. BAILEY. 1982. Fire ecology. New York, NY: John Wiley and Sons. 501 p.