



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **MÉTODOS PARA LA REHABILITACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS EN EL TRÓPICO**

**DANIEL MARTÍNEZ MÉNDEZ**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2015

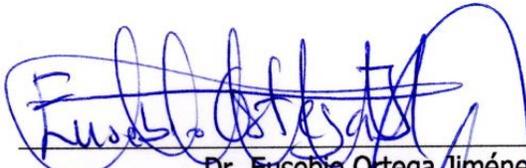
La presente tesis titulada: **Métodos para la rehabilitación de praderas degradadas en el trópico**, realizada por el alumno: **Daniel Martínez Méndez** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

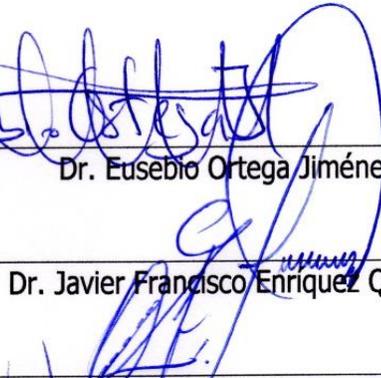
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

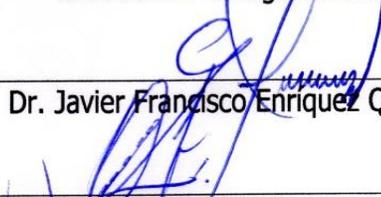
CONSEJERO

  
Dr. Eusebio Ortega Jiménez

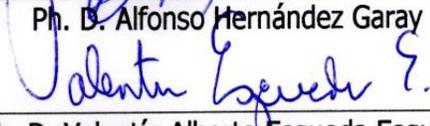
DIRECTOR DE TESIS

  
Dr. Javier Francisco Enriquez Quiroz

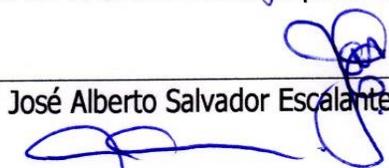
ASESOR

  
Ph. D. Alfonso Hernández Garay

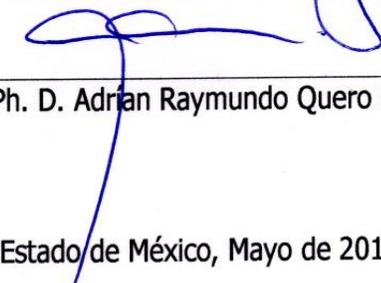
ASESOR

  
Ph. D. Valentín Alberto Esqueda Esquivel

ASESOR

  
Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada

ASESOR

  
Ph. D. Adrián Raymundo Quero Carrillo

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo de 2015

# MÉTODOS PARA LA REHABILITACIÓN DE PRADERAS DEGRADADAS EN EL TRÓPICO

Daniel Martínez Méndez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

El bajo rendimiento de forraje, debido a la degradación, provoca disminución de la productividad de los sistemas de producción basados en praderas, y la recuperación de ésta mejora la productividad del sistema. El objetivo del presente estudio fue evaluar labores mecánicas (chapeo y rastra), fertilización (46-23-00) y control químico de maleza (CQM) para recuperar praderas degradadas. Se realizaron dos experimentos en pasto Insurgente y uno en pasto Pangola. En el primer experimento se evaluaron dos épocas de lluvia. La condición inicial de la pradera fue degradación moderada, pasto Insurgente: cobertura (CI) = 27% y densidad (DI) = 4.8 plantas  $m^{-2}$ ; maleza: cobertura (CM) = 56% y densidad (DM) = 50 plantas  $m^{-2}$ . Al final del primer período de lluvia, la CI se mejoró en los tratamientos de CQM (pasó a 99%); además, disminuyó la CM a menos de 2% y la DM fue de menos de 6 plantas  $m^{-2}$ , resultando en una mejora de la condición de la pradera e incremento en la producción de biomasa de pasto Insurgente. Para la segunda época de lluvia, la mayor CI, menor CM y DM, y mayor acumulación de biomasa de pasto Insurgente se presentó en los tratamientos de CQM. En el segundo experimento, la condición inicial de la pradera fue de degradación severa: CI = 17% y DI = 2.7 plantas  $m^{-2}$ , CM = 69% y DM = 59.6 plantas  $m^{-2}$ . A 80 días después de la aplicación de tratamientos (DDAT), en los de CQM, la CI se incrementó a valores que variaron de 62 a 69%, la CM disminuyó entre 15 y 36% y la DM fue de 11 plantas  $m^{-2}$ , resultando en mayor producción de biomasa de pasto Insurgente. En contraste, con 2,4-D y labores mecánicas no se mejoró la condición de la pradera. En el experimento en pasto Pangola, la condición inicial de la pradera fue de degradación moderada: cobertura de pasto Pangola (CP) = 23%, CM = 46% y DM = 28.7 plantas  $m^{-2}$ . Los tres herbicidas utilizaron controlaron eficientemente el complejo de maleza. Se incrementó la CP a valores próximos de 90%, la CM disminuyó a 8%, cuyo resultado fue la recuperación de la pradera. Se concluye que las labores mecánicas solas o combinadas con fertilización no mejoraron la condición y la producción de praderas de Insurgente. El control eficiente de la maleza con herbicidas mejoró la condición y la producción de praderas de los pastos Insurgente y Pangola.

**Palabras clave:** Pastos Insurgente y Pangola, biomasa, cobertura vegetal y control de maleza.

# METHODS FOR THE REHABILITATION OF DEGRADED SWARDS IN THE TROPICS

Daniel Martínez Méndez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

The low herbage yield due to degradation, causing productivity decreased in the production systems based on swards, and it's recovery improves the system productivity. The aim of this study was to evaluate mechanical tillage (mowing and disking), fertilizing (46-23-00) and chemical weed control (CWC) with different herbicides for recovering degraded swards. Two experiments in Insurgente palisade grass and one in Pangola grass sward were carried out. In the first experiment, two rainy periods were evaluated. The initial sward condition was moderately degraded: Insurgente palisade grass coverage (IC) = 27% and density (ID) = 4.8 plants m<sup>-2</sup>; and weeds covered (WC) = 56% and density (WD) = 50.3 plants m<sup>-2</sup>. At the end of the first rainy season the IC was improved in treatments of CWC (99%) also decreased WC at less of 2% and WD at less than 6 plants m<sup>-2</sup> resulting in improved sward condition and increased herbage mass of Insurgente palisade grass. In the second rainy season, the highest IC, and the lowest WC and WD and the highest herbage mass of Insurgente palisade grass were recorded in the CWC. In the second experiment the initial sward condition was of severe degradation: IC = 17% and ID = 2.7 plants m<sup>-2</sup>, WC = 69% and WD = 59.6 plants m<sup>-2</sup>. At 80 days after treatments application in the CWC treatments the IC increased between 62 and 69%, and the WC decreased between 15 and 36% and the WD was about 11 plants m<sup>-2</sup>, resulting in higher herbage production of Insurgent palisade grass. In contrast, with the use of 2,4-D and mechanical tillage treatments sward condition did not improve. In Pangola grass experiment the initial sward condition was moderate degradation: Pangola grass coverage (PC) = 23% WC = 46% and WD = 28.7 plants m<sup>-2</sup>. The three herbicides evaluated efficiently controlled the weeds. At 45 days after treatments application PC increased to values about 90%, WC decreased to 8% and WD decreased almost 0 plants m<sup>-2</sup> resulting in an excellent sward condition. It is concluded that the mechanical control alone or combined it with fertilizing did not improve the sward condition and herbage production of Insurgent palisade grass and the use of herbicides had an efficient weed control improving sward condition and herbage production of Insurgent palisade grass and Pangola grass.

**Keywords:** Insurgente palisade grass, Pangola grass, herbage mass, plants coverage and weeds control.

## DEDICATORIA

A mis padres:

***Sr. Fernando Martínez Pérez y Sra. Yolanda Méndez Elizalde***

Por su amor, comprensión, su ejemplo de trabajo, apoyo que siempre me han brindado y por ser un ejemplo a seguir.

A mis hermanos:

***Lucila Beatriz, José Luis, Ana Bertha, José Fernando y María del Rocío.***

Por los momentos que hemos compartido desde pequeños y el apoyo que nos hemos dado.

A mis sobrinos:

***Ismael, Erick y Alexandra***

Por su cariño y los momentos que hemos pasado juntos.

*Con Cariño*

***Daniel Martínez Méndez***



## AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Posgraduados, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería**, por darme la oportunidad de realizar estudios de postgrado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)** por el apoyo otorgado para realizar mis estudios de doctorado.

Al **Fondo Sectorial SAGARPA-CONACyT**: “Mejoramiento de la productividad, Competitividad y Sustentabilidad de La Cadena Productiva de Leche de Bovino en México”, por el apoyo económico para la realización de la investigación.

Al jefe del Campo Experimental La Posta, del INIFAP, **Dr. Isaias López Guerrero**, por las facilidades otorgadas para la realización de la presente investigación.

A mi director de tesis **Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz** por su colaboración desinteresada en la planeación, ejecución y revisión de la tesis, además por su paciencia, conocimientos transmitidos y amistad de hace varios años.

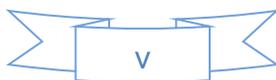
Al **Dr. Eusebio Otega Jimenez** por su apoyo y guía para la realización del trabajo de investigación y mi formación.

Al **Dr. Valentín Alberto Esqueda Esquivel** por su apoyo en la planeación de la investigación así como en la ejecución de ésta y revisión del escrito.

Al **Dr. Alfonso Hernández Garay** y **Dr. José Alberto Salvador Escalante Estrada** por sus enseñanzas dentro y fuera las aulas, sus aportaciones a la investigación y su amistad.

Al **Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo** por sus sugerencias para la mejora de la tesis.

Al **Dr. Humberto Vaquera Huerta**, por su ayuda incondicional en el análisis de la información.



Al **Dr. Jorge Pérez Pérez (†)**, por motivarme a seguir superándome profesionalmente, sus consejos y amistad.

A la **M en C Maribel Montero Lagunes**, encargada del laboratorio de nutrición del Campo Experimental de La Posta, y la **Q. A. Angelica Mendoza Juárez**, laboratorista, por su apoyo, sugerencias en el manejo de muestras y facilidades otorgadas para el uso del equipo del laboratorio.

Al dueño **(†)** y al encargo del rancho “El Carpintero”, por las facilidades otorgadas para la realización del primer experimento, en una pradera de pasto Insurgente.

Al **Sr. Juan Cruz Zamora (†)** por las facilidades otorgadas para la realización del experimento en su parcela ubicada en el ejido Rincón de Pérez.

A los trabajadores **C. Daniel Valdez Hernández** y **C. Israel Valdés Luna** por su apoyo, paciencia y disponibilidad a trabajar, durante la fase de campo de la investigación.

A mis **comañer@s** y **amig@s** por los momentos de convivencia, apoyo en la realización de trabajos y las palabras de aliento para seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo General .....	3
1.2.2. Objetivos Específicos .....	3
1.3. HIPÓTESIS.....	4
1.3.1. Hipótesis General.....	4
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.2. DEGRADACIÓN DE PRADERAS .....	5
2.3. CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS .....	6
2.3.1. Uso de Especies no Aptas .....	7
2.3.2. Sobrepastoreo.....	8
2.3.3. Cambios en la Fertilidad del Suelo.....	9
2.3.4. Ataque de Plagas.....	13
2.3.5. Uso del Fuego.....	14
2.4. ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN DE PRADERAS .....	14
2.4.1. Labores Mecánicas .....	15
2.4.2. Control de Maleza .....	17
2.4.3. Fertilización .....	24
2.5. CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA .....	25
2.6. LITERATURA CITADA .....	26
CAPÍTULO III. REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO INSURGENTE CON DIFERENTES MÉTODOS.....	36
3.1. RESUMEN.....	36
3.2. ABSTRACT.....	37
3.3. INTRODUCCIÓN.....	38
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.4.1. Localización del Experimento y Período del Estudio.....	40
3.4.2. Caracterización de la Pradera.....	40
3.4.3. Tratamientos y Diseño Experimental .....	41
3.4.4. Manejo de la Pradera.....	42

3.4.5. Variables Medidas.....	43
3.4.6. Análisis de Datos .....	44
3.5. RESULTADOS .....	44
3.5.1 Condiciones Climatológicas .....	44
3.5.2. Estado Inicial de la Pradera .....	46
3.5.3. Cobertura .....	49
3.5.3.1. Cobertura de pasto Insurgente .....	49
3.5.3.2. Cobertura de maleza .....	51
3.5.3.3. Porcentaje de suelo descubierto .....	51
3.5.4. Densidad de Plantas .....	54
3.5.4.1. Densidad de plantas de pasto Insurgente .....	54
3.5.4.2. Densidad de plantas de maleza .....	54
3.5.5. Biomasa .....	56
3.5.5.1. Biomasa de pasto Insurgente .....	56
3.5.5.2. Biomasa de maleza .....	57
3.5.6 Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera.....	60
3.6 DISCUSIÓN.....	61
3.7 CONCLUSIONES .....	64
3.8 LITERATURA CITADA .....	66
CAPÍTULO IV. REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO INSURGENTE CON LABORES MECÁNICAS, FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE MALEZA .....	72
4.1. RESUMEN.....	72
4.2. ABSTRACT.....	73
4.3. INTRODUCCIÓN.....	74
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	76
4.4.1. Localización del Experimento y Período de Estudio .....	76
4.4.2. Caracterización de la Pradera.....	76
4.4.3. Tratamientos y Diseño Experimental .....	77
4.4.4. Manejo de la Pradera .....	77
4.4.5. Variables Medidas.....	78
4.4.6. Análisis de Datos .....	80
4.5. RESULTADOS .....	80
4.5.1. Condiciones Climatológicas .....	80
4.5.2. Estado Inicial de la Pradera .....	80
4.5.3. Cobertura .....	84
4.5.3.1. Cobertura de pasto Insurgente .....	84
4.5.3.2. Cobertura de otras gramíneas.....	85
4.5.3.3. Cobertura de maleza .....	87
4.5.3.4. Porcentaje de suelo descubierto .....	89
4.5.4. Densidad de Plantas .....	90
4.5.4.1 Densidad de plantas de pasto Insurgente .....	90

4.5.4.2. Densidad de plantas de maleza .....	91
4.5.5. Control de Maleza .....	92
4.5.6. Biomasa .....	94
4.5.7. Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera .....	96
4.6. DISCUSIÓN.....	97
4.7 CONCLUSIONES .....	101
4.8 LITERATURA CITADA .....	103
<b>CAPÍTULO V. CONTROL QUÍMICO DE MALEZA DE HOJA ANCHA PARA LA REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO PANGOLA.....</b>	<b>109</b>
5.1. RESUMEN.....	109
5.2. ABSTRACT.....	110
5.3. INTRODUCCIÓN.....	111
5.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	112
5.4.1. Localización del Experimento y Período de Estudio .....	112
5.4.2. Tratamientos y Diseño Experimental .....	113
5.4.3. Manejo de la Pradera .....	113
5.4.4. Variables Medidas.....	113
5.4.5. Análisis de Datos .....	115
5.5. RESULTADOS .....	115
5.5.1. Estado Inicial de la Pradera .....	115
5.5.2. Control de Maleza .....	116
5.5.3. Cobertura .....	117
5.5.3.1. Cobertura de pasto Pangola.....	117
5.5.3.2. Cobertura de otras gramíneas.....	118
5.5.3.3. Cobertura de maleza .....	119
5.5.3.4. Cobertura de material muerto.....	119
5.5.3.5. Porcentaje de suelo descubierto .....	120
5.5.4. Densidad de plantas de Maleza .....	120
5.5.5. Altura de Pasto Pangola .....	121
5.5.6. Biomasa .....	122
5.5.7. Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera .....	123
5.6. DISCUSIÓN.....	124
5.7 CONCLUSIONES .....	127
5.8. LITERATURA CITADA .....	128
<b>CAPÍTULO VI CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>132</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 3.1. Condiciones climatológicas durante el período experimental. Estación Meteorológica de CONAGUA, en Paso del Toro, Medellín, Veracruz. ....	45
Figura 3.2. Imágenes de la condición inicial de la pradera de pasto Insurgente. ....	48
Figura 3.3. Pradera de pasto Insurgente recuperada con control químico de maleza, un año después de la aplicación de tratamientos. ....	62
Figura 3.4. Condición de la pradera de pasto Insurgente un año después de la aplicación del chapeo, observe las manchas oscuras que indican la presencia de maleza. ....	63
Figura 3.5. Estado de la pradera de pasto Insurgente un año después de aplicar un paso de rastra. ....	64
Figura 4.1. Condiciones climáticas durante el período experimental. Estación Meteorológica de CONAGUA, en Paso del Toro, Medellín, Veracruz. ....	81
Figura 4.2. Imágenes de la condición inicial de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz. ....	83
Figura 4.3. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de pasto Insurgente. ....	84
Figura 4.4. Efecto del control químico de la maleza en la cobertura de pasto Insurgente. ....	85
Figura 4.5. Efecto de la rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Insurgente. ....	86
Figura 4.6. Efecto del control químico de maleza en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Insurgente. ....	87
Figura 4.7. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de malezas en la pradera de pasto Insurgente. ....	88
Figura 4.8. Efecto del control químico de la maleza en la cobertura de maleza en la pradera de pasto Insurgente. ....	88
Figura 4.9. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la proporción de suelo descubierto en la pradera de pasto Insurgente. ....	89

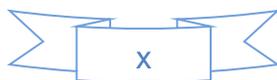


Figura 4.10. Efecto del control químico de maleza en la proporción de suelo descubierto en la pradera de pasto Insurgente.....	90
Figura 4.11. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en el control de maleza en la pradera de pasto Insurgente. ....	93
Figura 4.12. Efecto de diferentes herbicidas en el control de maleza en la pradera de Insurgente.....	93
Figura 4.13. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de realizar (a) chapeo y (b) chapeo + rastra.....	99
Figura 4.14. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar control químico de la maleza. ....	100
Figura 4.15. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar el herbicida 2,4-D. ....	101
Figura 5.1. Condición inicial de la pradera de pasto Pangola. ....	116
Figura 5.2. Aspecto de la pradera de pasto Pangola a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos en (a) el testigo y (b) con control químico de maleza.....	125

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 3.1. Tratamientos utilizados para la renovación de la pradera de pasto Insurgente en el rancho El Carpintero, en la La Calentura, Medellín, Veracruz. ....	42
Cuadro 3.2. Características del suelo a una profundidad de 0 a 20 cm en la pradera de pasto Insurgente en el rancho El Carpintero, en la La Calentura, Medellín, Veracruz. ....	46
Cuadro 3.3. Cobertura, frecuencia, densidad y valor de importancia inicial de las principales especies presentes en la pradera de pasto Insurgente. ....	47
Cuadro 3.4. Cantidad de semillas por especie presente en la reserva de semillas en la pradera de Insurgente, determinadas por el método de germinación. ....	48
Cuadro 3.5. Efecto de los tratamientos en la cobertura del pasto Insurgente (%) a diferentes tiempos después de su aplicación. ....	50
Cuadro 3.6. Efecto de los tratamientos sobre la cobertura de maleza (%) a diferentes tiempos después de su aplicación en la pradera de pasto Insurgente. ....	52
Cuadro 3.7. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de suelo descubierto a diferentes tiempos después de su aplicación en la pradera de pasto Insurgente. ....	53
Cuadro 3.8. Cambios en la densidad del pasto Insurgente (plantas m <sup>-2</sup> ) a diferentes tiempos después de la aplicación de tratamientos. ....	55
Cuadro 3.9. Densidad de maleza (plantas m <sup>-2</sup> ) al inicio del experimento y a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos en la pradera de pasto Insurgente. ....	56
Cuadro 3.10. Biomasa de pasto Insurgente (kg de MS ha <sup>-1</sup> ) a diferentes tiempos después de la aplicación de tratamientos. ....	58
Cuadro 3.11. Biomasa de maleza (kg de MS ha <sup>-1</sup> ) en la pradera de pasto Insurgente a diferentes tiempos después de la aplicación de los tratamientos. ....	59
Cuadro 3.12. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente. ....	60
Cuadro 3.13. Costo total y marginal de los métodos de rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente. ....	61

Cuadro 4.1. Tratamientos utilizados para la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz. ....	78
Cuadro 4.2. Características del suelo de 0 a 20 cm de profundidad en la pradera de pasto Insurgente ubicada en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz. ....	82
Cuadro 4.3. Composición florística y valor de importancia de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez al inicio del experimento.....	83
Cuadro 4.4. Densidad de pasto Insurgente (plantas m <sup>-2</sup> ) al inicio del experimento y a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos. ....	91
Cuadro 4.5. Densidad de maleza (plantas m <sup>-2</sup> ) en la pradera de pasto Insurgente al inicio y 60 días después de la aplicación de los tratamientos.....	92
Cuadro 4.6. Biomasa presente en la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar los tratamientos.....	95
Cuadro 4.7. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente.....	96
Cuadro 4.8. Costo total y marginal de los tratamientos para rehabilitar la pradera de pasto Insurgente.....	97
Cuadro 5.1. Cobertura vegetal y densidad de malezas inicial en la pradera de pasto Pangola en Paso del Toro, Medellín, Veracruz. ....	116
Cuadro 5.2. Control de maleza de hoja ancha por diferentes herbicidas en la pradera de pasto Pangola.....	117
Cuadro 5.3. Efecto del control químico de maleza en la cobertura del pasto Pangola. ....	118
Cuadro 5.4. Efecto del control químico de maleza en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Pangola.....	118
Cuadro 5.5. Efecto de la aplicación de herbicidas en la cobertura de maleza de hoja ancha en la pradera de pasto Pangola.....	119
Cuadro 5.6. Efecto del control químico de maleza en la cobertura del material muerto en la pradera de pasto Pangola.....	120
Cuadro 5.7. Efecto del control químico de maleza en el porcentaje de suelo descubierto en la pradera de pasto Pangola.....	121

Cuadro 5.8. Densidad de maleza (plantas m <sup>-2</sup> ) inicial y a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT) en la pradera de pasto Pangola. ....	121
Cuadro 5.9. Efecto del control químico de maleza en la altura (cm) del pasto Pangola. ....	122
Cuadro 5.10. Efecto del control químico de maleza en la biomasa (kg MS ha <sup>-1</sup> ) acumulada en la pradera de pasto Pangola a los 45 días después de aplicar los tratamientos.....	123
Cuadro 5.11. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Pangola.....	124
Cuadro 5.12. Costo total y marginal de los tratamientos de rehabilitación de la pradera de pasto Pangola.....	124

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La superficie de trópico en México abarca 55.7 millones de hectáreas, representa el 28% del territorio nacional. De esta superficie, 24 millones de hectáreas (12% de la superficie nacional) corresponde a trópico húmedo y 31.7 millones de hectáreas (16% del territorio nacional) a trópico seco. En el litoral del Atlántico, la zona tropical abarca la península de Yucatán y la planicie costera del Golfo de México hasta Tamaulipas; a su vez, en el litoral del Pacífico, se distribuye desde Chiapas hasta Sonora y Baja California (Jaramillo, 1994). Esta región tiene 25.7 millones de hectáreas para uso ganadero (46.1% de la superficie de trópico) que corresponde al 23.4% de la dedicada a la ganadería en el país (Calderón *et al.*, 2007). En 2005, en esta región se produjeron 574,706 toneladas de carne y 1,806 millones de litros de leche, que equivale al 36.9 y 8.3% de la producción nacional respectivamente (CGG, 2005; 2006).

El sistema de producción de la ganadería que predomina en la región tropical de México es el doble propósito, el cual tiene índices productivos bajos; en este sistema se combina el ordeño con el amamantamiento de los becerros y la principal fuente de alimentación son las praderas, ya que constituyen una fuente de alimento económica (Calderón *et al.*, 2007). En los sistemas de producción animal basados en praderas, tanto la producción de forraje como la persistencia de ésta son factores importantes para la sostenibilidad del sistema de producción (Ramírez *et al.*, 2011). Para esta región, hay diversidad de especies forrajeras con producción variable de biomasa en cantidad y en calidad a través del año, cuya producción se distribuye 70% en la época de lluvia y 30% en las otras épocas del año (Calderón *et al.*, 2007). En México, la superficie de praderas en la región de trópico es de más de 11.9 millones de hectáreas, destacando por superficie los estados de Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Tabasco, Yucatán, Campeche y Oaxaca (Villegas *et al.*, 2001). En la superficie establecida se cuenta con varias especies de pastos nativos de los géneros *Axonopus*, *Paspalum* y el pasto Alemán (*Echinochloa polystachya* Hitchcok); así como especies introducidas, en

su mayoría de África: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst), Privilegio (*Panicum maximum* Jacquin) cvs. Tanzania y Mombaza, Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Elefante (*Pennisetum purpureum*), Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), y especies del género *Brachiaria*, como Señal (*Brachiaria decumbens* Stapf), Insurgente (*Brachiaria brizantha* A. Richard Stapf), Isleño (*Brachiaria humidicola* CIAT 6133), que sobresalen por su adaptación a diferentes condiciones ambientales y alta productividad (Enríquez *et al.*, 1999).

La productividad de una pradera puede disminuirse por efecto de varios factores que causan su degradación: uso de especies no aptas para las condiciones ambientales, sobrepastoreo, incidencia de plagas y enfermedades, establecimiento en zonas con suelos frágiles, agotamiento de los nutrientes del suelo ocasionado por la extracción de éstos, lo cual es mayor con especies mejoradas, bajo o nulo uso de fertilizantes, elevada infestación de malezas herbáceas y arbustivas, y quemas indiscriminadas (González y Meléndez, 1980; Spain y Gualdrón, 1991; Modesto y Mascarenhas, 2001; Silva *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2007). El deterioro paulatino de la pradera se manifiesta en disminución de la cobertura y densidad de plantas de la especie deseable, aparición de áreas despobladas y el surgimiento de especies generalmente consideradas invasoras, malezas de hoja ancha y gramíneas nativas, lo que provoca una baja producción de forraje; en esta situación, una pradera pierde productividad y soporta menos de 0.5 unidad animal (UA) ha<sup>-1</sup>, mientras que una pradera recientemente establecida puede soportar 2 o más UA ha<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004, Padilla *et al.*, 2009).

La degradación de las praderas trae como consecuencia, al productor, reducción en la producción animal e incremento de costos. Además, del problema económico, la degradación de las praderas es un problema ecológico (Padilla *et al.*, 2009). En cuencas ganaderas de Centroamérica se estima que entre 50 y 80% de las áreas con pasturas se encuentran en estado avanzado de degradación, con una carga animal inferior a 40% en relación con pasturas que reciben un manejo apropiado (Holmann *et al.*, 2004).

El tratamiento de recuperación de una pradera degradada y su costo depende de su grado de degradación. Cuando el proceso de degradación no es muy avanzado, se pueden aplicar prácticas para recuperar la capacidad de producción de la pradera; pero, cuando es severo la opción más viable es el establecimiento de una pradera nueva. Algunas de las prácticas que se utilizan para incrementar la población y producción de la especie deseable son: labores mecánicas, para mejorar las propiedades físicas del suelo, fertilización, control de maleza y resiembra (Cuesta *et al.*, 2002).

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar diferentes métodos para la rehabilitación de praderas degradadas en el trópico.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Determinar el efecto de labores mecánicas, fertilización y control químico de malezas en la rehabilitación de praderas degradadas de pasto Insurgente.

Determinar el efecto del control químico de maleza en la recuperación de una pradera degradada de pasto Pangola.

Determinar la eficacia de diferentes herbicidas en el control del complejo de malezas en praderas degradadas de pasto Insurgente y pasto Pangola.

Determinar los costos de diferentes métodos de rehabilitación de praderas degradadas en el trópico.

## **1.3. HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis General**

Los diferentes métodos de rehabilitación de praderas mejorarán tanto su condición como la producción de forraje.

### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

En las praderas degradadas de pasto Insurgente se mejorará su estado y la producción de forraje se incrementará con labores mecánicas, con o sin la aplicación de fertilizante o con el control químico de la maleza.

Con el control químico de maleza en la pradera de pasto Pangola se mejorará su estado y se incrementará la producción de biomasa.

Los diferentes tipos de herbicidas utilizados tienen la misma eficacia para controlar el complejo de maleza en las praderas.

Rehabilitar praderas degradadas con control químico de la maleza es más económico que las labores mecánicas sin y con fertilización.

## **CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

El sistema de producción de ganado que predomina en la región tropical de México es el doble propósito; en éste, la principal fuente de alimentación son las praderas, ya que constituyen una fuente de alimento económica (Calderón *et al.*, 2007). En los sistemas de producción animal basados en praderas, tanto la producción de forraje como su persistencia son factores importantes para la sostenibilidad del sistema (Ramírez *et al.*, 2011).

La degradación de las pasturas es un término usado para designar al proceso de pérdida de vigor, productividad y capacidad de recuperación natural de una pradera, tornándose incapaz de sostener los niveles de producción y calidad exigidos por los animales y de superar los efectos nocivos de las plagas y plantas invasoras (Kichel *et al.*, 1997). Esto afecta directamente la producción de leche y la ganancia de peso de los bovinos tanto por unidad animal como por superficie (Padilla y Sardiñas, 2005; Rincón, 2006).

La recuperación o rehabilitación de una pradera consiste en restituir su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar niveles ecológicos y económicos aceptables. El término supone la presencia de una o más especies forrajeras deseables que son susceptibles de ser conservadas (Spain y Gualdrón 1991). De ahí que, se debe tener presente que las especies deseables tengan presencia aceptable en la composición botánica en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal (Padilla y Sardiñas, 2005).

### **2.2. DEGRADACIÓN DE PRADERAS**

El proceso de degradación se inicia con pérdida de vigor de las plantas, manifestado en las hojas por un bajo índice de verdor, hojas angostas y baja capacidad

de rebrote; como consecuencia de lo anterior se presenta pérdida de la cobertura de la especie deseable, dando espacio al desarrollo de las especies indeseables o dejando suelo descubierto que favorece la compactación por el pisoteo de los animales (Padilla y Sardiñas, 2005; Rincón, 2006).

Los criterios que se consideran para calificar un pastizal como degradado son: disminución de la producción y calidad del forraje, inclusive en las épocas favorables de crecimiento, disminución de la cobertura vegetal y densidad de plantas, además, de un pequeño número de plantas nuevas provenientes de la resiembra natural, procesos de erosión del suelo por la acción de la lluvia, presencia de maleza de hoja ancha y colonización por gramíneas nativas (Ibarra *et al.*, 2004; Padilla *et al.*, 2009).

El grado de degradación de un pastizal se puede caracterizar por el porcentaje del área ocupada por las plantas invasoras. Los niveles de degradación se clasifican en: pradera productiva con 0 a 10% de área con especies invasoras, degradación leve con 11 a 35%, degradación moderada con 36 a 60% y degradación avanzada con 61 a 100%. (Lira *et al.*, 2006).

### **2.3. CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE PRADERAS**

La productividad de una pradera puede disminuirse por efecto de varios factores causantes de la degradación: el uso de especies no aptas para las condiciones ambientales, el mal manejo del pastoreo, caracterizado por el sobrepastoreo en especial en los períodos de baja precipitación, la incidencia de plagas y enfermedades, el establecimiento en zonas con suelos frágiles, el agotamiento de los nutrimentos del suelo ocasionado su extracción, lo cual es mayor con especies mejoradas, el bajo o nulo uso de fertilizantes, la elevada infestación de malezas herbáceas y arbustivas, y las quemadas indiscriminadas (González y Meléndez, 1980; Spain y Gualdrón, 1991; Modesto y Mascarenhas, 2001; Boddey *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2007).

El pobre manejo de las praderas, especialmente el bajo mantenimiento de la fertilización y el sobrepastoreo, resulta en decremento de la tasa de crecimiento de las gramíneas, principalmente debido a una deficiencia de nitrógeno y fósforo en el suelo (Boddey *et al.*, 2004).

### 2.3.1. Uso de Especies no Aptas

Las plantas forrajeras se desarrollan bajo condiciones de clima y suelo que son propios para cada especie. Por desconocimiento de las condiciones adecuadas y las exigencias de cada especie, o por falta de semilla de las especies recomendadas para determinado lugar, se establecen pasturas en áreas no aptas para su desarrollo, lo que condiciona la vida útil de la pradera a un tiempo corto. El éxito para obtener pasturas productivas y persistentes, desde la siembra, depende en gran medida de una buena selección del sitio y de la especie que mejor se adapte a las características del rancho (Rincón, 1999).

En el proceso de investigación de las pasturas se seleccionan materiales para diferentes ecosistemas, se evalúan en los centros de investigación, se validan en los ranchos y se hacen recomendaciones de especies más adecuadas para los diferentes ecosistemas (Rincón, 1999). En México, las especies de gramíneas recomendadas para tierras no inundables son: *Panicum maximum* Jacquin, *Digitaria decumbens* Stent, *Cynodon plectostachyus* Vanderyst, *Andropogon gayanus* Kunth, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, Bermuda cruzada 1, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* A. Richard Stapf, *Brachiaria humidicola* CIAT 6133, *Cenchrus ciliaris* L. y *Pennisetum purpureum* Schumacher. Para las tierras inundables se recomiendan *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf, *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock, *Hemarthra altissima* (Poir.) Stapf and Hubbard, y *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick (Enríquez *et al.*, 1999).

### 2.3.2. Sobrepastoreo

El crecimiento de las plantas forrajeras, gramíneas y leguminosas, depende de las condiciones del medio al que estén expuestas. El crecimiento varía dentro de cada ciclo y entre los ciclos, dependiendo de la complejidad del clima en el que estén expuestas las plantas. Para determinar las prácticas de explotación más convenientes, es necesario conocer la respuesta fisiológica de la especie al medio. Las prácticas de explotación deben basarse en las condiciones fisiológicas y en la fase de desarrollo de la planta (Smith, 1980).

Las plantas forrajeras acumulan energía en forma de carbohidratos asimilables en diversas partes de la planta. El principal órgano de reserva varía entre especies, este puede ser la raíz, como en el Kudzú, los estolones, en el pasto Bahía, y rizomas o la base del tallo en *Andropogon*. Para que una planta se mantenga vigorosa y productiva es necesario que tenga una gran cantidad de reservas nutritivas en sus órganos de almacenamiento. Después de una defoliación el contenido de reservas disminuye, debido a que son utilizadas para la formación de los nuevos brotes; después, la planta acumula carbohidratos. Cuando más próxima esté la planta a la maduración, la reserva de carbohidratos será mayor y será fácil mantener vigorosa a la planta (Smith, 1980). Cuando el corte o el pastoreo se producen en la época en la que las reservas nutritivas están en su mínimo, se perjudica a la planta. Cortes continuos, alejados de la fase de maduración, pueden agotar a la planta, debilitarla y provocarle la muerte. Las plantas debilitadas, por cortes o pastoreos demasiado intensos o frecuentes, suelen ser más susceptibles a la sequía, el calor, los daños por el invierno y las enfermedades (Smith, 1980; Rincón, 1999). El período comprendido entre el inicio del crecimiento y la maduración puede transcurrir rápidamente con temperaturas altas, humedad limitada y sol brillante; en cambio, puede prolongarse con temperaturas bajas, humedad abundante y tiempo nublado. Las plantas debilitadas por cortes o pastoreos frecuentes, se pueden mostrar débiles, amarillentas, con pocos tallos, por lo que deben tratarse con cuidado para ponerlas en condiciones de alta productividad (Smith, 1980).

La susceptibilidad de las plantas forrajeras a la defoliación también está determinada por la posición de los puntos de crecimiento; las plantas con crecimiento estolonífero o rizomatoso como *B. humidicola*, *Arachis* sp. o *Desmodium. ovalifolium* toleran defoliaciones frecuentes y a baja altura, especialmente cuando han acumulado reservas orgánicas (Rincón, 1999).

El sobrepastoreo provoca un crecimiento reducido de la parte aérea del pasto, lo que ocasiona reducción del sistema radical, que disminuye la capacidad de absorción de agua y nutrimentos, y se refleja en baja producción y calidad; lo anterior propicia el crecimiento de plantas indeseables por efecto de competencia (Padilla y Sardiñas, 2005). Además del sobrepastoreo, una alta carga animal provoca daños a la pradera por efecto de un fuerte pisoteo que ocasiona daño en las plantas y compactación del suelo (Cluzeau *et al.*, 1992), lo que resulta en menor cobertura de la especie deseable, el daño es mayor con ovinos que con bovinos (Fraser *et al.*, 2011).

En la pradera, las plantas compiten por los recursos, agua, luz, CO<sub>2</sub> y minerales; cuando las plantas forrajeras son sobrepastoreadas estas reducen su capacidad de competencia y son invadidas por maleza, cuya presencia indica que la pradera no está saludable (Grice y Campbell, 2000).

Harker *et al.* (2000) estudiaron el efecto de la intensidad de pastoreo en praderas de *Bromus inermis* y *B. riparius*, en las que evaluaron tres intensidades de pastoreo: alto, medio y bajo. Con el pastoreo de intensidad alta disminuyó el forraje disponible y se incrementó la densidad de maleza, principalmente *Capsella bursa-pastoris* y *Taraxacum officinale*, la densidad de tallos de *B. riparius* en pastoreo de alta intensidad fue 60% menor al pastoreo de baja intensidad.

### **2.3.3. Cambios en la Fertilidad del Suelo**

La pérdida de fertilidad de los suelos dedicados a la ganadería, en las zonas tropicales, constituye una de las causas que provoca la degradación de los pastizales

mejorados, y como consecuencia de ello, se reduce el rendimiento de biomasa vegetal, lo que implica disminución de la producción de leche y carne (Padilla y Sardiñas, 2005). El falta de suministro de nutrimentos es el principal factor que limita el crecimiento de las gramíneas en las praderas deterioradas, mientras que la compactación del suelo es el resultado de la pobre cubierta vegetal y sus residuos, más que una causa del decline de las praderas (Boddey *et al.*, 2004). La deficiencia de nitrógeno es el primer factor que afecta la persistencia de la pradera y provoca la degradación de las pasturas mejoradas; una vez que ocurre la deficiencia de este nutrimento la calidad y el vigor de las plantas comienza a declinar como consecuencia de la reducción de la actividad biológica y la deficiencia de otros nutrimentos como fósforo y potasio (Holmann *et al.*, 2004). En la mayoría de los suelos de sabana del trópico americano, la ausencia de fósforo constituye una de las causas fundamentales del deterioro de los pastizales de gramíneas y leguminosas (Padilla y Sardiñas, 2005).

La pérdida de nutrimentos en el sistema pradera depende de la especie forrajera y la carga animal (Boddey *et al.*, 2004; Cerdas, 2011). La demanda de nutrimentos de las diferentes especies forrajeras es muy variable y depende de tres factores: la capacidad de los forrajes para extraer nutrimentos del suelo, el requerimiento interno de la planta y el potencial de producción de la especie (Cerdas, 2011). Por ejemplo: el pasto Guinea con una producción de 6.7 t de MS ha<sup>-1</sup> extrae 79, 27 y 114 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, mientras que con 16.5 t de MS ha<sup>-1</sup> extrae 195, 67 y 288 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente. El pasto Pará con 11.2 t de MS ha<sup>-1</sup> extrae 133, 42 y 199 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K, y con 21.4 t de MS ha<sup>-1</sup> extrae 254, 80 y 380 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Bernal y Espinosa, 2003). Además, el ganado recicla a los potreros entre el 70 y 95% de los nutrimentos consumidos en el pasto (Enríquez *et al.*, 2011; Costa *et al.*, 2006).

La carga animal tiene efecto en el nitrógeno que está disponible para el crecimiento de las gramíneas en la pradera. Datos de Boddey *et al.* (2004) muestran que al incrementarse la carga animal hay decremento en la deposición de nitrógeno y de otros minerales en la cama de material muerto; al mismo tiempo, el incremento en el consumo resulta en más nitrógeno que es depositado en la orina y heces. Mucho de este nitrógeno es depositado en las áreas de descanso y alrededor de los bebederos,

zonas donde la vegetación es pisoteada y se recupera muy poco nitrógeno, además de las pérdidas por lixiviación o por gases (volatilización de amonio y denitrificación); con cargas animal de 2 cabezas ha<sup>-1</sup> se pierden en el sistema 34 kg de N ha<sup>-1</sup> por año y con 4 cabezas ha<sup>-1</sup> 57 kg de N ha<sup>-1</sup> por año.

La falta de fertilización o el manejo deficiente de ésta es una de las principales causas de la degradación de las praderas (Castagnara *et al.*, 2014). Pasturas bien nutridas tendrán buena cobertura, alta producción y calidad de forraje, tolerarán más el ataque de plagas y enfermedades, además soportarán mayor número de animales. Bajo la filosofía, de los productores, de no insumos en el mantenimiento de las praderas la productividad animal siempre irá en orden descendente (Rincón, 1999).

Costa *et al.* (1999) reportaron, en una pradera de *B. brizantha*, que la producción de forraje disminuyó de 2,530 a 1,160 kg MS ha<sup>-1</sup> por corte después de ocho años de uso, y la biomasa de plantas invasoras aumentó de 320 a 1,730 kg MS ha<sup>-1</sup>; en el suelo, el contenido de fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica disminuyeron.

La compactación del suelo es frecuentemente asociada como una causa de la degradación de las pasturas en suelos arcillosos sobre pastoreados (Oliveira *et al.*, 2004). La compactación del suelo degrada su estructura, lo cual está relacionado con sus propiedades físicas, tales como porosidad, densidad aparente y resistencia a la penetración (Głąb y Gondek, 2014). La densidad aparente se define como la masa de suelo y el volumen de las partículas más el espacio que hay entre ellas. Se usa para calcular el espacio poroso de un suelo (Alvarado y Forsythe, 2005). La compactación del suelo es la pérdida de los espacios porosos debido a una fuerte presión externa. Los espacios porosos son los lugares donde se almacena aire y agua, al reducirse o eliminarse estos espacios, el suelo pierde la propiedad de brindar las condiciones óptimas para el desarrollo del sistema radical de las plantas y se convierte en improductivo (Rincón, 1999). Los cambios en el sistema poroso son principalmente la reducción en los poros de gran tamaño, aquellos que exceden las 50 µm (Pagliai *et al.*, 2003), esta distorsión en la estructura del suelo genera decremento en la difusión de

los gases (Ball *et al.*, 1999), ocasionando déficit de oxígeno, lo cual puede restringir el desarrollo de la raíz y afectar el crecimiento aéreo de la planta (Lipiec y Stępniewski, 1995; Głąb y Gondek, 2014). La compactación del suelo, por efecto del pisoteo de los animales, es mayor en las áreas donde no hay vegetación; se ha calculado que el ganado bovino ejerce una presión de  $1.15 \text{ kg cm}^{-2}$  sobre el suelo mientras que el humano sólo ejerce una presión de  $0.17 \text{ kg cm}^{-2}$  (Rincón, 1999).

Los suelos compactados retienen menos lluvia, presentan menor infiltración de agua y ocasionan mayor pérdida de agua por escurrimiento. Además, dificultan el crecimiento normal de las raíces y la configuración de éstas, ocasionando un consumo limitado de macroelementos por la planta, impiden el intercambio de oxígeno en el suelo, limitan el enterrado de la semilla, obstruyen la emergencia de nuevas plántulas y reducen el vigor y la producción de forraje de las plantas establecidas (Borton *et al.*, 1996).

El paso intensivo de los animales crea capas compactas de suelo en los primeros 20 cm de la superficie, las cuales reducen la velocidad de infiltración e incrementan la escorrentía en la superficie. Un drenaje pobre causa la degradación de la especie deseable, si ésta no tolera suelos muy húmedos y son reemplazadas por especies que si lo toleran (Lozano-Osorno, 2004). Costa *et al.* (1999) encontraron que, en una pradera de *B. brizantha*, la densidad aparente del suelo a una profundidad de 5 a 10 cm, cambió de  $1.21$  a  $1.33 \text{ kg dm}^{-3}$  después de ocho años de uso.

Como resultado de diversas investigaciones, se reconoce que los valores críticos de densidad aparente varían entre  $1.47$  y  $1.90 \text{ kg dm}^{-3}$ , dependiendo del tipo de suelo (Veihmeyer y Hendrickson, 1948). Otras investigaciones consideran que los valores críticos de densidad aparente y resistencia a la penetración, que tienen un fuerte impacto en la distribución de la raíz, son de  $1.3 \text{ kg dm}^{-3}$  y  $2 \text{ Mpa}$ , respectivamente (Houlbrooke *et al.*, 1997; Raper, 2005).

#### 2.3.4. Ataque de Plagas

En el trópico existen muchas plagas y enfermedades que causan daños a los pastos, y que en cierta forma contribuyen a la degradación de las praderas. Algunas pueden ser extremadamente perjudiciales, como la mancha foliar, provocada por *Cercospora fasimaculans*, que infesta a *Panicum maximun*, y puede disminuir la eficiencia fotosintética y por consecuencia el vigor del pasto; también, daña la producción de semilla viable, lo que afecta la capacidad de renovación natural del pasto. Otras plagas importantes son salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) y falso medidor (*Mocis latipes*), que provocan disminución del rendimiento de los pastos y muerte de plantas; como consecuencia de la disminución de la población que ocurre en los potreros dañados, se generan áreas despobladas que son invadidas por maleza oportunista, lo que lleva a una pérdida de vigor de los pastos mejorados (Padilla y Sardiñas, 2005; Enríquez *et al.*, 1999). Dependiendo del nivel de infestación de salivazo, en pasto Bermuda cruz 1, las pérdidas en la producción pueden ser del 36 al 56% (Padilla *et al.*, 2009).

La picadura de las ninfas del salivazo afecta los haces vasculares, y ocasiona amarillamiento de las hojas y escaso desarrollo de la planta. Sin embargo, los daños más severos son ocasionados por los adultos, quienes provocan que el follaje se seque por las sustancias cáusticas que el insecto inyecta a la planta al momento de alimentarse. Como consecuencia del ataque de esta plaga, la disponibilidad de forraje disminuye, en más del 50% y la calidad se afecta en términos de proteína y digestibilidad, por lo tanto se disminuye la producción animal (Enríquez *et al.*, 1999; 2011; Rincón, 1999).

Las hormigas arrieras (*Acromirmex landolti* y *Atta laevigata*), son insectos cortadores de hojas, y es la plaga más limitante en el establecimiento de las praderas. En los primeros días después de la emergencia, las hormigas cortan las plántulas a ras del suelo provocando su muerte; ésto ocasiona un mal o nulo establecimiento de las praderas (Enríquez *et al.*, 1999; Rincón, 1999). La ubicación de los hormigueros de *A. laevigata* se facilita por la acumulación de granos de tierra que hacen en la entrada, y

por la fila que hacen los individuos cuando transportan el material vegetal. En cambio, el control de las hormigas *A. landolti* se dificulta porque en la entrada al hormiguero sólo hacen una pequeña torre formada con residuos de tallos u hojas secas; además, transportan el material vegetal al hormiguero en forma independiente, dificultando su ubicación (Rincón, 1999)

### **2.3.5. Uso del Fuego**

El uso frecuente y mal orientado del fuego puede perjudicar tanto al pasto como al suelo, ya que destruye la cobertura vegetal, por lo que queda desprotegido hasta hasta que aparecen nuevos rebrotes. En ese período, pueden ocurrir lluvias intensas que provocan arrastre de partículas, iniciando el proceso erosivo; además, la quema reduce la humedad del suelo debido al aumento de la velocidad de escurrimiento y la evapotranspiración (Padilla y Sardiñas, 2005; Padilla *et al.*, 2009).

Enríquez *et al.* (1999) plantearon que la quema tiene efectos negativos, ya que impide el retorno de gran parte de la materia orgánica por erosión en el suelo, se producen pérdidas de nutrimentos por volatilización, se destruye la fauna del suelo más cercana a la superficie y se incrementa la germinación de semillas latentes de maleza.

## **2.4. ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN DE PRADERAS**

El objetivo de la rehabilitación es crear un sistema estable de producción de pastos o forrajes, eliminar del agroecosistema las especies indeseables que compiten por un nicho ecológico con la especie deseable, proteger el suelo de la erosión, restaurar el vigor, la calidad y productividad del pastizal e incrementar la población de las especies deseables, de modo que sean las que predominan en el ecosistema (Padilla y Sardiñas, 2005; Padilla *et al.*, 2009). Para la recuperación de los pastizales se debe tener en cuenta las características químicas y físicas del suelo, la especie, tipo

de suelo y el nivel de degradación de las especies que se desea restaurar. El tratamiento de recuperación de una pradera deteriorada y su costo depende de su grado de degradación. Cuando el proceso no es muy avanzado, se pueden aplicar prácticas para recuperar la capacidad de producción de la pradera, pero cuando es severa, la opción más viable es el establecimiento de una nueva pradera. Algunas de las prácticas que se utilizan para incrementar la población y producción de la especie deseable son: labores mecánicas para mejorar las propiedades físicas del suelo, fertilización, control de maleza y resiembra (Spain y Gualdrón, 1991; Cuesta *et al.*, 2002; Padilla y Sardiñas, 2005; Padilla *et al.*, 2009).

Entre las ventajas de la rehabilitación, con respecto a la siembra de pastos, se encuentran las siguientes: no se necesita semilla y puede representar un ahorro de hasta el 43% de los costos de la plantación cuando se ocupa material vegetativo para la siembra, se reduce el tiempo de recuperación del pasto, se logra un mejor uso de la tierra, se obtienen producciones de biomasa similares entre siembra y rehabilitación y se evitan los efectos dañinos de la erosión eólica (Padilla *et al.*, 2009).

#### **2.4.1. Labores Mecánicas**

Las labores mecánicas se usan para mejorar las propiedades físicas del suelo. En la recuperación de pradera, se ha observado el efecto positivo de la labranza con el uso de implementos mecánicos, como el arado de cinceles (fijos y vibratorios), la rastra y el renovador de praderas. Esta labor permite romper el suelo compactado y estimular los procesos de mineralización de la materia orgánica (Rincón, 1999). En la recuperación de praderas con labranza es importante considerar que lo que se quiere hacer es recobrar la productividad de una especie ya existente en el terreno, por lo tanto, la labranza debe ser reducida para causar el menor daño a las raíces de las especies forrajeras (Rincón, 1999).

La labranza por sí sola no tiene efectos significativos sobre la recuperación de praderas en suelos deficientes de nutrimentos, esta se debe complementar con

fertilización después del laboreo del suelo. Se ha demostrado que la aplicación de tratamientos mecánicos sin fertilización no mejora el desarrollo de la pastura ni su productividad (Carvalho *et al.*, 1990; Rincón, 1999). También se ha encontrado que en praderas con una condición de muy pocas plantas, se requiere tirar semilla para asegurar el establecimiento de plantas, ya que la labranza como única práctica de rehabilitación no es suficiente para recuperar la productividad de la pradera (Ibarra *et al.*, 2004). Áreas degradadas con baja población de pasto o de la especie deseable y alta población de maleza deben ser recuperadas con labranza vertical para evitar el volteo del suelo y con la siembra de especies forrajeras de crecimiento rastrero (Rincón, 1999). El arado de cinceles fijos o el renovador de praderas son implementos adecuados para hacer una labranza profunda; en suelos arcillosos con problemas de drenaje superficial, pueden penetrar en el suelo a una profundidad de 25 a 30 cm, lo cual mejora el drenaje en la zona radical de los pastos y no se altera el área de la planta (Rincón, 1999).

En una pradera de *Brachiaria decumbens*, en un suelo arcilloso, se usó el cincel vibrador y la densidad aparente del suelo cambió de 1.42 a 1.27 kg dm<sup>-3</sup> y con la rastra disminuyó de 1.37 a 1.19 kg dm<sup>-3</sup> en los primeros 10 cm de profundidad (Rincón, 1999). En pradera de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* (L.) Link), con una cobertura inicial de 28% de pasto Buffel, 19% de zacate grama china (*Cathetecum brevifolium* Swallen) y 53% de suelo desnudo, el uso del arado subsolador de tres picos, con 75 cm de separación, utilizado a una profundidad de 30 cm en forma perpendicular a la pendiente del terreno, incrementó la densidad y cobertura de plantas de pasto Buffel y grama china. Al cuarto año, la densidad de plantas se estabilizó, en pasto Buffel varió de 4.2 a 4.5 plantas m<sup>-2</sup> y en grama china de 13.5 a 14.8 plantas m<sup>-2</sup>, a su vez, en el testigo la densidad fluctuó de 1.4 a 2.5 y de 2.4 a 3 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente. Además, la compactación superficial del suelo se redujo; en el testigo se requirió una fuerza de 4.2 a 4.9 kg cm<sup>-2</sup> para romper la capa superficial del suelo y en las parcelas subsoleadas ésta varió de 1.3 a 3.3 kg cm<sup>-2</sup> (Ibarra *et al.*, 2004).

El uso de la rastra, como método de recuperación de una pradera, puede tener efecto negativo en su producción, lo cual ha sido reportado por varios autores

(Carvalho *et al.*, 1990; Filho *et al.*, 1992; Silva *et al.*, 2004). Por ejemplo, Silva *et al.* (2004) mencionaron que en una pradera de *Brachiaria humidicola*, la respuesta negativa se debe a la destrucción de plantas por el proceso de labranza, lo que provoca ausencia de respuesta a la fertilización y disminución de la acumulación de biomasa. En *Brachiaria decumbens* se ha reportado que la labranza tiene efecto negativo en la recuperación de la pradera, ocasionando menor producción de forraje y menor desarrollo de la raíz; este efecto es más notorio en el primer año de la aplicación de la labor mecánica (Filho *et al.*, 1992).

#### **2.4.2. Control de Maleza**

Las definiciones de maleza se relacionan con el impacto que las plantas tienen con las actividades de los humanos al extraer productos útiles de un área de tierra. Este impacto puede ser en la producción de un cultivo, la producción de pastura o la apariencia estética de un jardín. Se definen como plantas que crecen donde no deben estar y son altamente competitivas con la especie deseable, o plantas que interfieren con las actividades o bienestar del hombre (Grice y Campbell, 2000). En la ganadería, la maleza son plantas no apetecidas por el ganado que invaden los potreros y perjudican a la especie de interés, compitiendo por luz, agua, espacio y nutrientes, y reducen la superficie aprovechable para pastoreo (Moreno *et al.*, 2000). Además, la maleza inmoviliza gran cantidad de nutrientes en sus tejidos; de esta forma, la presencia de estas plantas en un pastizal influye en la reducción de biomasa. Se plantea que cada kilogramo de biomasa de maleza que se produce en una pradera provoca pérdidas similares en el pasto mejorado (Dias-Filho, 2007). Además, la calidad nutricional del forraje en la pradera es afectada cuando la población de plantas arvenses supera a la población de plantas forrajeras (Mila y Corredor, 2004). A su vez, las plantas invasoras que tienen espinas como *Amaranthus spinosus* y *Mimosa* spp. pueden causar lesiones a los animales en la piel, ubres y boca. Otras plantas pueden ser tóxicas para los animales, por ejemplo: *Asclepias curassavica* es neurotóxica, produce parálisis muscular, es irritante y abortiva, *Lantana camara* también tiene

efectos neurotóxicos; *Momordica charantia* reduce la flora ruminal y *Sida acuta* contiene sustancias antinutricionales (Moreno *et al.*, 2000; Ruiz *et al.*, 2008; Aguilar y Nieuwenhuys, 2009). Además, las malezas son una amenaza a la biodiversidad al desplazar especies nativas y contribuyen a la degradación de tierras (Vitelli, 2000).

La maleza en las praderas es como una enfermedad, es decir ponen en peligro la salud del pastizal y disminuyen el potencial de producción, o se pueden ver como un síntoma que indica un problema de salud del pastizal (Grice y Campbell, 2000).

El potencial de que una pradera se infeste con plantas dañinas o malezas está dado por la cantidad de semillas de maleza presentes en el suelo, principalmente en los primeros 10 cm de profundidad, si se presentan las condiciones apropiadas y áreas sin cobertura vegetal (Silva y Dias-Filho, 2001). La prevención de la infestación de nuevas malezas o su dispersión es la clave para su manejo exitoso y el método más económico para su control; esta técnica implica cuidar el movimiento de animales, maquinaria, y la producción de forraje y semilla desde las áreas infestadas a las áreas limpias (Vitelli, 2000). Las semillas de malezas que se encuentran más próximas a la superficie del suelo tienen una persistencia reducida, altas tasas de predación natural, además y germinarán más uniformemente (Swanton *et al.*, 2008). La cantidad de plántulas de malezas que emergen, también está relacionada con la dinámica del rompimiento de la dormancia de las semillas presentes en la reserva de semillas, es decir de la variación estacional de la dormancia (Benech-Arnold *et al.*, 2000; Batlla y Benech-Arnold, 2007).

El control de la maleza tiene como objetivo evitar las pérdidas en la producción, debido a la competencia en plazo corto y mantener baja su población; para lograr estos objetivos, se tiene que conocer la biología y ecología ésta (Batlla y Benech-Arnold, 2007).

Los principales métodos de control de maleza son mecánicos (chapeo o corte), químico (herbicidas), físicos (fuego), biológico y culturales (Benejam, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007). El control de maleza herbácea con corte, ya sea con machete o chapeo con

tractor tiene efecto a corto plazo, debido a que la poda elimina la dominancia apical de la planta, lo cual promueve el desarrollo de nuevos rebrotes al activarse las yemas laterales, que quedan después del corte; también quedan yemas basales, lo que posibilita el rebrote; por consiguiente, el corte de la maleza produce nuevas plantas y aumenta su follaje. El control con corte de maleza arbustiva origina numerosos tallos, se incrementa su área foliar y ocupan un mayor espacio en el potrero (Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007). Debido a que el control mecánico logra un control temporal de la maleza, se debe repetir periódicamente. A su vez, el control químico disminuye significativamente la población de maleza por su acción en forma sistémica, afectando todas las regiones meristemáticas de la planta (Pellegrini *et al.*, 2007), por lo que los costos del control son menores con el uso de herbicidas. El uso apropiado de los diferentes métodos o la combinación de éstos aplicados en forma oportuna proporcionan un mejor control de la maleza (Benejam, 2006).

La maleza que ocasionan mayor daño económico son las dicotiledóneas o plantas de hoja ancha (Benejam, 2006). El control de maleza dicotiledónea en una pradera de pastos con el uso de herbicidas es relativamente fácil, debido a que hay disponibilidad de herbicidas selectivos en el mercado que permiten su control eficiente y también hay varios estudios al respecto. Sin embargo, cuando la especie invasora predominante es una gramínea, que tiene características similares al pasto mejorado, resulta difícil ejercer control químico (Padilla y Sardiñas, 2005).

La maleza de hoja ancha se clasifica en herbácea, acuática, semileñosa y leñosa; esta clasificación se relaciona con la dificultad de su control, siendo la de menor dificultad la herbácea, y la de mayor dificultad la leñosa. Otro aspecto a considerar es el estado fenológico de las plantas; la etapa ideal para la aplicación de los herbicidas sistémicos es en pleno crecimiento vegetativo, debido a que el floema estará fluyendo en dirección de arriba hacia abajo, es decir de hojas y tallos hacia la raíz (Benejam, 2006).

Para el control de plantas invasoras, en praderas con más del 35% de cobertura, se debe de asegurar que hay pasto presente y que está creciendo por debajo de su capacidad debido a la cantidad de malezas (Benejam, 2006).

Los herbicidas se aplican básicamente en tres formas: 1) aplicación foliar, consiste en asperjar el herbicida directamente sobre las hojas y tallos; 2) aplicación al tocón, se utiliza en malezas leñosas, primero se corta la planta indeseable en la base del tallo y se realiza la aplicación del herbicida en menos de 30 minutos posterior al corte, a una concentración mayor que en la aplicación foliar; y 3) aplicación basal, se realiza en la base del tallo, a 50 cm del suelo en malezas leñosas, utilizando herbicidas mezclados con diesel (Benejam, 2006).

En el estado de Veracruz, la mezcla de picloram + 2,4-D es la más usada para el control de maleza en los potreros, en menor proporción se utiliza la mezcla de picloram + metsulfurón metil. Cada mezcla tiene un espectro de especies herbáceas y arbustivas que controla, pero tienen efecto limitado en algunas especies arbustivas como escobilla (*Sida acuta* Burm f.), puzgual (*Croton cortesianus* Kunth) y olín (*Croton reflexifolius* Kunth) (Esqueda *et al.*, 2005).

En una pradera de pasto Estrella con cobertura de 23% del pasto y 77% de maleza, en donde las principales especies fueron *Malachra fasciata*, *Achyranthes aspera*, *Taraxacum officinale*, *Calopogonium coeruleum*, *Vernonia brasiliensis*, *Sida rhombifolia*, *Guazuma ulmifolia* y *Aeschynomene rudis*; se determinó la efectividad en el control de la maleza del chapeo con machete, picloram + 2,4-D (102 + 204 g i.a.L<sup>-1</sup>) al 0.5% y 2,4-D amina (480 g i.a. L<sup>-1</sup>) al 1% y se incluyó un testigo con maleza. El mejor control se obtuvo con el control químico, ya que la cobertura de maleza disminuyó a 1.4% con picloram + 2,4-D y a 6.1% con 2,4-D amina, y la cobertura del pasto Estrella se incrementó a 98.6 y 93.9%, respectivamente, mientras que con el chapeo la cobertura del pasto Estrella fue de 61.5% (Valbuena y Acosta, 2006). Pellegrini *et al.* (2007) reportaron que con el uso de picloram + 2,4-D (64 + 249 g i.a. L<sup>-1</sup>) en dosis de 5 L ha<sup>-1</sup> de producto comercial, y con chapeo; a los 60 días después de aplicar los

tratamientos el control de maleza fue del 100% con el control químico y del 37.5% con chapeo.

En un estudio realizado en Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), en el estado de Veracruz, Esqueda y Tosquy (2007) determinaron que las mezclas de picloram + 2,4-D (64 + 240 g i.a. 100 L<sup>-1</sup>) y picloram + fluroxipir (40 + 40 g i.a. 100 L<sup>-1</sup>) controlaron mejor la maleza arbustiva y herbácea que el chapeo con machete, lo que se reflejó en incremento en la cobertura y biomasa del pasto Pangola; la cobertura de éste fue del 98% con el uso de herbicidas y del 50% con el chapeo, y la producción de forraje fue de 5.5 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de materia seca para el control químico y de 3.6 t ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> de materia seca para el chapeo. En otro estudio se probó que flor amarilla (*Baltimora recta* L.) y frijolillo (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby) fueron controlados por las mezclas de picloram + 2,4-D y triclopir + 2,4-D desde concentraciones de 11.3 + 112.5 g i.a. 100 L<sup>-1</sup> de agua y 22.5 + 90 g i.a. 100 L<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que hierba ceniza (*Lagascea mollis* Cav.) fue controlada con picloram + 2,4-D a concentraciones de 22.5 + 225 y 30 + 300 g i.a. 100 L<sup>-1</sup> de agua (Esqueda, 2003).

González *et al.* (1997) reportaron que en una pradera de pasto Alemán (*Echinochloa polystachya*) la aplicación de 2,4-D + 2,4-DP a dosis de 940 + 950 g de i.a. ha<sup>-1</sup> y glifosato a 1.9 g de i.a. ha<sup>-1</sup> aplicados 10 días después del corte, resultaron eficientes en el control de *Typha* sp., 88 y 85%, respectivamente.

Una de las características de la especie *Sida rhombifolia* es que presenta cera epicuticular de tipo estriada y estomas del tipo anomocítico, lo cual afecta la eficacia de los herbicidas (Barros y Victoria-Filho, 2002). En un estudio para su control se evaluó la eficacia de 2,4-D + picloram (240 + 64 g i.a. L<sup>-1</sup>) y fluroxipir + picloram (115.2 + 143.4 g i.a. L<sup>-1</sup>) a las dosis de 1.5 y 0.75 L ha<sup>-1</sup> de producto comercial y 2,4-D + picloram (120 + 40 g i.a. L<sup>-1</sup>) a la dosis de producto comercial de 1 y 2 L ha<sup>-1</sup> y se usaron tres surfactantes; el tratamiento que fue más fitotóxico para *sida rhombifolia* fue fluroxipir + picloram en la dosis de 1.5 L ha<sup>-1</sup>, de producto comercial, con el surfactante organosiliconado Silwet (Barros y Victoria-Filho, 2002). En otro experimento, se reporta que *Sida acuta*, especie semiarbusciva de la familia *Malvaceae* que está presenta en el

centro y sur del estado de Veracruz, es una planta de difícil control con los herbicidas actualmente utilizados; para obtener un buen control de ésta se requiere aplicar la mezcla de picloram + fluroxipir a la dosis de 60 + 60 g i.a. en 100 L de agua. Esta mezcla también tiene un buen control de Puzgual (*Croton cortesianus* Kunth) (Esqueda *et al.*, 2005).

Las especies perennes son las más dañinas en las pasturas establecidas, porque tienen gran capacidad competitiva y reducen la producción de las especies forrajeras. Una de las especies que más preocupa es *Acacia farnesiana* (Willd.), la cual aparece en densas poblaciones en pasturas degradadas o en proceso de degradación. El corte es ampliamente practicado por los ganaderos para su control, a pesar de su bajo nivel de efectividad. Resultados de investigación muestran que la aplicación del herbicida 2,4-D + picloram (240 + 64 g i.a. L<sup>-1</sup>), a una concentración de 4%, aplicado en plantas de *A. farnesiana* recién cortadas al nivel del suelo, las controlan completamente (Carmona *et al.*, 2001).

La maleza gramínea por su facilidad de propagación y por las dificultades que tiene su control, son uno de los principales problemas en las praderas del trópico (Villarreal y Vargas, 1989; Padilla y Sardiñas, 2005). Algunas de las principales malezas gramíneas son *Cynodon dactylon* (L.) Pers., y *Paspalum virgatum* L.; su control se pueden hacer con herbicidas postemergentes como el glifosato, fluazifop-butil, haloxyfop-metil, imazapir y diuron. Debido a que estos compuestos son fitotóxicos para las gramíneas de interés, su aplicación debe ser dirigida sobre la maleza. La mayor efectividad de los herbicidas se obtiene cuando la aplicación se realiza antes de la floración; en diversas situaciones una aplicación no es suficiente para controlar la infestación, por lo que en esos casos se aconseja repetir el tratamiento de 20 a 25 días después del primer tratamiento (Villarreal y Vargas, 1989; Labrada *et al.*, 1996; Gómez, 2011). En un estudio se evaluó el control de *Paspalum virgatum* con glifosato y fluazifop-butil a la concentración de 0.57 y 0.078% de ingrediente activo, respectivamente, mediante aplicación dirigida a las plantas utilizando una bomba con boquilla en abanico, y glifosato al 16% de ingrediente activo aplicado con mechero; éstos se aplicaron en plantas maduraz y en rebrote de 14 días. El mayor control de *P.*

*virgatum* (90%) se obtuvo con ambos herbicidas aplicados en el rebrote (Villarreal y Vargas, 1989).

Los herbicidas se utilizan ampliamente por ser una herramienta razonablemente barata y efectiva en el control de maleza, sin embargo, su uso inapropiado puede causar problemas ambientales relacionados con la contaminación, resistencia de herbicidas y toxicidad residual (Li *et al.*, 2012). En el caso de los herbicidas aplicados en potreros y pastizales, los laboratorios hacen recomendaciones del tiempo que se debe esperar para introducir el ganado en un potrero después de la aplicación del herbicida. En praderas tratadas con 2,4-D se debe esperar 15 días después de la aplicación para poder reintroducir ganado; en el suelo su vida media va de cuatro días en suelos limosos hasta 23 días en suelos arenosos. Picloram no es metabolizado por los animales ni se acumula en los tejidos y es rápidamente eliminado principalmente por la orina; en el suelo es absorbido por la materia orgánica y puede permanecer hasta dos años; su degradación sucede por fotodescomposición. Metsulfurón-metil es rápidamente hidrolizado en metabolitos no tóxicos en los cereales, no es persistente en plantas ni animales; en el suelo su vida media varía de 23 a 33 días; siendo la degradación más rápida a menor pH, a alta temperatura y mayor humedad en el suelo. El glifosato se ha identificado en los tejidos, orina y heces de ratas y conejos, en el hígado de pollo, cerdo y vacas, y en los riñones de cerdo y vaca; del glifosato ingerido por ratas vía oral se elimina el 97.5% vía heces, y el absorbido se expulsa en orina, a las 120 horas sólo quedan restos en el organismo, menos del 1% en los huesos; en el suelo es inactivado rápidamente, en suelos turbosos la degradación es lenta, en limoso-arenosos la vida media es de 19 días, y en los suelos arcillosos se adhiere fuertemente y la vida media puede ser de varios años. El fluazifop-butil se metaboliza rápidamente, se elimina en la orina y heces, y no se ha detectado acumulación en los tejidos; en la mayoría de los suelos se degrada rápidamente con vida media de menos de una semana (Liñan-Vicente, 2003).

### 2.4.3. Fertilización

Una pradera con alta cobertura y población de pasto, pero con baja disponibilidad de forraje, puede mejorarse solamente con la aplicación de fertilizantes que suplan las deficiencias manifestadas en los análisis de suelo y planta (Rincón, 2006). Estudios realizados por Oliveira *et al.* (2001) indican que las gramíneas que crecen en áreas degradadas pueden recobrase con la adición de N y P sin arar la tierra, mientras que las adiciones de P con K, S, Ca y Mg, pero sin N, fueron inefectivas. Un estudio realizado por Silva *et al.* (2004) encontraron que *Brachiaria humidicola* respondió a la fertilización, con la aplicación de 100 kg de  $P_2O_5$  y 100 kg de N se incrementó la acumulación de biomasa en 44%.

Viana *et al.* (2014) indicaron que el pasto Tanzania responde a la fertilización nitrogenada, con la aplicación de 0, 200, 400 y 800 kg de N por año, dividido en nueve aplicaciones, la producción de biomasa en verano fue de 2.4, 3.7, 6.7 y 6.7 t  $ha^{-1}$  de materia seca, respectivamente.

En pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.), la aplicación de 200 y 250 kg  $ha^{-1}$  de la fórmula de fertilización 20-05-05, aplicado en forma sólida o líquida después del corte, incrementó su producción; las praderas fertilizadas produjeron 1.87 y 1.91 t de MS  $ha^{-1}$  mientras que el testigo produjo 0.84 t de MS  $ha^{-1}$  (Mejía-Taborda *et al.*, 2014).

En pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, se evaluaron varios niveles (0, 50 y 100 kg  $ha^{-1}$ ) de N y fósforo ( $P_2O_5$ ); los mayores rendimientos de cuatro cortes de pasto, se presentaron con la aplicación de 100 kg  $ha^{-1}$  de N con 0, 50 y 100 kg  $ha^{-1}$  de fósforo (16.2; 17.3 y 19.1 t de MS  $ha^{-1}$ , respectivamente) y con 50 kg  $ha^{-1}$  de N + 100 kg  $ha^{-1}$  de fósforo (18.9 t de MS  $ha^{-1}$ ), mientras que en el testigo, la producción fue de 10.7 t de MS  $ha^{-1}$ . La producción de maleza fue de 4.7 t MS  $ha^{-1}$  en el testigo, y en los tratamientos de fertilización varió de 3.0 a 2.3 t MS  $ha^{-1}$  (Costa *et al.*, 1996). En otro experimento con el mismo cultivar, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio, la producción de forraje del pasto y maleza en las parcelas fertilizadas fue de 2,551 y 314

kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mientras que en el testigo, ésta fue de 1,347 y 1,501 kg MS ha<sup>-1</sup>; la cobertura del pasto en las parcelas fertilizadas fue del 90% y en el testigo de 55% (Townsend *et al.*, 2010).

## 2.5. CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

Las principales causas de la degradación de las praderas en las regiones tropicales son el sobrepastoreo y la falta de mantenimiento de la pradera, nula fertilización y el manejo inadecuado de maleza.

Las labores mecánicas como única alternativa para rehabilitar praderas no son suficientes, y en ocasiones con algunas especies pueden tener efecto adverso en la condición de la pradera.

El control eficiente del complejo de malezas de una pradera mejora la condición y la producción de ésta.

El control químico tiene un control más eficiente del complejo de maleza en una pradera que el corte de la maleza, ya sea manual o con chapeo.

La eficacia de los herbicidas depende del tipo de crecimiento y etapa de desarrollo de la maleza, de la susceptibilidad de la planta y de la concentración a la que se usa el herbicida.

La aplicación de fertilizante a la pradera, especialmente el aporte de nitrógeno y fósforo, mejora la producción de biomasa.

## 2.6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. y Nieuwenhuyse A. 2009. Manejo Integral de Malezas en Pasturas. Manual técnico No. 90. CATIE. Managua, Nicaragua. 177 p.
- Alvarado, A. y Forsythe W. 2005. Variación de la densidad aparente en órdenes de suelo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29: 85-94.
- Ball, B. C., Scott A. and Parker J. P. 1999. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil & Tillage Research* 53: 29-39.
- Barros, A. L. H. de e Victoria-Filho R. 2002. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guaxumas. *Ciência e Agrotecnologia* 26(5): 888-899.
- Batlla, D. and Benech-Arnold R. L. 2007. Predicting changes in dormancy level in weed seed banks: Implications for weed management. *Crop Protection* 26: 189-197.
- Benech-Arnold, R. L., Sánchez R. A., Forcella F., Kruk B. C. and Ghera C. M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research* 67: 105-122.
- Benejam, S. L. E. 2006. Técnicas de control de malezas en potreros. *In*: Tejos, M. R. (ed.). Memoria X Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Maracaibo, Venezuela. pp: 99-108.
- Bernal, J. y Espinosa J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 94 p.
- Boddey, R. M., Macedo R., Tarré R. M., Ferreira E., Oliveira O. C. de, Rezende C. de P., Cantarutti R. B., Pereira J. M., Alves B. J. R. and Urquiaga S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 389-403.

- Borton, H., McCully W. G., Taylor H. M. and Box J. E. Jr. 1996. Influence of soil compaction on emergence and first-year growth of seeded grasses. *Journal of Range Management* 19(3): 118-121.
- Calderón, R. R. C., Hernández V. J. O., Olazarán J. S., Ramírez G. J. J. M., Rosete F. J. V., Ríos U. A., Galaviz R. J. R., Vega M. V. E., Castañeda M. O. G., Aguilar B. U. y Lagunes L. J. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Núm. 18. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Sitio Experimental las Margaritas. Puebla, México. 133 p.
- Carmona, R., Carvalho A. N. B. S. e Carvalho P. R. 2001. Controle de *Acacia farnesiana* e de *Mimosa pteridofita* em pastagem. *Pesquisa. Agropecuária. Brasileira* 36(10): 1301-1307.
- Carvalho, S. I. D., Vilela L., Spain J. M. e Karia C. T. 1990. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos Cerrados. *Pasturas Tropicales* 12: 24 28.
- Castagnara, D. D., Mesquita E. E., Neres M. A., Oliveira P. S. R., Zoz T. and Zoz A. 2014. Morphogenesis and production of Tanzânia, Mombaça and Mulato grasses under nitrogen fertilization. *Bioscience. Journal* 30: 45-54.
- Cerdas, R. 2011. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes* 12(24): 109-128.
- CGG (Coordinación General de Ganadería). 2005. Situación actual y perspectivas de la producción de leche de bovino en México 2005. SAGARPA. México. 45 p.
- CGG (Coordinación General de Ganadería). 2006. Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México 2006. SAGARPA. México. 45 p.

- Cluzeau, D., Binet F., Vertes F., Simon J. C., Riviere J. M. and Trehen P. 1992. Effects of intensive cattle trampling on soil-plant-earthworms system in two grassland types. *Soil Biology & Biochemistry* 24(12): 1661-1665.
- Costa, N. de L., Thung M., Townsend C. R., Moreira P. e Leônidas F. C. 1999. Quantificação das características físico-químicas do solo sob pastagens degradadas. *Pasturas Tropicales* 21(2): 74-77.
- Costa, N. de L., Townsend C. R. e Magalhães. 1996. Efeito de níveis de nitrogênio e fósforo na recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Comunicado Técnico 119. Fol-052. Embrapa. Porto Velho, Brasil. 4 p.
- Costa, N. de L., Townsend C. R., Magalhães J. V., Paulino V. T. e Pereira R. G. de A. 2006. Recuperação de pastagens degradadas. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 7(1): 9-49. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010106.html>. Consultado el 20 de noviembre de 2014.
- Cuesta, M. P. A., Mateus E. H., Cajas G. S., Martínez A. J. y Sánchez V. C. 2002. Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones Caribe y Valles Interandinos. *In*: Cuesta, M. P. A. (ed.). Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos. Manual Técnico. Editorial CORPOICA. Tibaitatá, Colombia. pp: 29-40. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOSTRES.pdf>. Consultado el 23 de junio de 2011.
- Dias-Filho, M. B. 2007. Degradación de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. 3ª. ed. EMBRAPA. Amazonia Oriental. Belén, PA, Brasil. 190 p.
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez N. F. y Bolaños A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7

División Pecuaria. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.

Enríquez, Q. J. F., Meléndez N. F., Bolaños A. E. D. y Esqueda E. V. A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.

Esqueda, E. V. A. y Tosquy V. O. H. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Sent.). *Agronomía Mesoamericana* 18(1): 1-10.

Esqueda, E. V. A., Tosquy V. O. y Rosales R. E. 2005. Efectividad de la mezcla picloram y fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 187-192.

Esqueda, V. 2003. Evaluación de los herbicidas Crosser y Vaquero en el control de malezas herbáceas en pastizales tropicales. *Agronomía Mesoamericana* 14(2): 177-183.

Filho, C. V. S., Monteiro F. A. e Corsi M. 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicales* 14(2): 2-6.

Fraser, M. D., Theobald V. J., Dhanoa M. S. and Davies O. D. 2011. Impact on sward composition and stock performance of grazing *Molinia*-dominant grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144: 102-106.

Głąb, T. and Gondek K. 2014. The influence of soil compaction and N fertilization on physico-chemical properties of Mollic Fluvisol soil under red clover/grass mixture. *Geoderma* 226-227: 204-212.

Gómez, B. J. G. 2011. Herbicidas agrícolas: formulaciones, usos, dosis y aplicaciones. 3ª. ed. Editorial Trillas. México, D. F. 304 p.

- González, R., Medrano C., Gutiérrez W., Esparza D., Añez D., Montiel M. y Oroño J. 1997. Evaluación de diferentes métodos de control de la enea (*Typha* sp.) y junco (*Scirpus californicus*) en potreros de pasto Alemán (*Echinochloa polystachia*) en la zona de influencia del río Limón. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia 7(1): 23-30.
- González, M. J. A. y Meléndez N. F. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Boletín CA-6. 2ª. ed. SARH. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tabasco, México. 38 p.
- Grice, A. C. and Campbell S. D. 2000. Weeds in pasture ecosystems – symptom or disease? Tropical Grasslands 34: 264-270.
- Harker, K. N., Baron V. S., Chanasyk D. S., Naeth M. A. and Stevenson F. C. 2000. Grazing intensity effects on weed populations in annual and perennial pasture systems. Weed Science 48: 231-238.
- Holmann, F., Argel P., Rivas L., White D., Estrada. R. D., Burgos C., Pérez E., Ramírez G. y Medina A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de Trabajo No. 196. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. 34 p.
- Houlbrooke, D. J., Thom E. R., Chapman R. and McLay C. D. A. 1997. A study of the effect of soil bulk density on root and shoot growth of different ryegrass lines. New. Zealand. Journal.of Agriculture Research 40: 429-435.
- Ibarra, F. F. A., Martín R. M. H. y Ramírez M. F. 2004. El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Técnica Pecuaria México 42(1): 1-16.

- Jaramillo, V. V. 1994. Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas de las zonas tropicales de México. SARH, Subsecretaria de Ganadería. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. México, D. F. 38 p.
- Kichel, A. N., Miranda C. H. B. e Zimmer A. H. 1997. Fatores de degradação de pastagem sob pastejo rotacionado com ênfase na fase de implantação. *In: Anais do 14º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 1997, Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil.* pp: 193-211.
- Labrada, R., Caseley J. C. y Parker C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal 120. FAO. Roma, Italia. 403 p.
- Li, S. S., Wei S. H., Zuo R. L. Wei J. G. and Qiang S. 2012. Changes in the weed bank over 9 consecutive years of rice-duck farming. *Crop Protection* 37: 42-50.
- Liñan-Vicente, C. de. 2003. Farmacología vegetal. Compendium de las sustancias activas, insectos y ácaros utilizados en la prevención y control de plagas, enfermedades y plantas no deseadas, así como en la regulación de la fisiología de los cultivos. 3ª. ed. Ediciones Agrotécnicas, S. L. Madrid, España. 1269 p.
- Lipiec, J. and Stępniewski W. 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil & Tillage Research* 3: 37-52.
- Lira, M. de A., dos Santos M. V. F., Dubeux Jr. J. C. B., Lira Jr. M. de A. e de Mello A. C. L. 2006. Sistemas de produção de forragem: Alternativas para sustentabilidade da pecuária. *In: Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ. João Pessoa, Brasil.* pp: 405-423.
- Lozano-Osorno, F. 2004. Nuevos conceptos y estrategias para la renovación de praderas degradadas en el trópico alto colombiano. *In: Primera Reunión de la Red Temática de Recursos Forrajeros. C. I. Tabaitata, Colombia.* pp: 1-13.

- Mejía-Taborda, A. C., Ochoa-Ochoa R. y Medina-Sierra M. 2014. Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). Pastos y Forrajes 37: 31-37.
- Mila, P. A. y Corredor S. G. 2004. Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. Revista Corpoica 5: 70-75.
- Modesto, J. M. S. e Mascarenhas R. E. B. 2001. Levantamento da infestação de plantas daninhas associada a uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. Planta Daninha 19(1): 11-21.
- Moreno, G. L. E., Uribe F., Navia E. J. F., Parra F. y Reyes B. 2000. Capacitación a pequeños ganaderos. Manejo de Praderas. No. 5. CORPOICA. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 50 p.
- Oliveira, O. C. de, Oliveira I. P. de, Alves B. J. R., Urquiaga S. and Boddey R. M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 289-300.
- Oliveira, O. C. de, Oliveira I. P. de, Ferreira E., Alves B. J. R., Miranda C. H. B., Vilela L. e Urquiaga S. 2001. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilisation. Pasturas Tropicales 23: 14-18.
- Padilla, C., Crespo G. y Sardiñas Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43(4): 351-354.
- Padilla, C. y Sardiñas Y. 2005. Degradación y recuperación de los pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 39(número especial): 515-521.
- Pagliai, M., Marsili A., Servadio P., Vignozzi N. and Pellegrini S. 2003. Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of

rubber tracked and wheeled tractors of medium power. *Soil & Tillage Research* 73: 119-129.

Pellegrini, L. G. de, Nabinger C., Faccio C. P. C. de e Neumann M. 2007. Diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis em pastagem nativa. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5): 1247-1254.

Ramírez, R. O., da Silva S. C., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., Quero C. A. R. y Herrera H. J. G. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. 'Mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(3): 213-220.

Raper, R. L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terrramechanics* 42: 259-280.

Rincón, C. A. 1999. Degradación y recuperación de praderas en los llanos orientales de Colombia. Boletín Técnico No. 19. CORPOICA. Villavicencio, Meta, Colombia. 48 p.

Rincón, C. A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas. Llanos Orientales de Colombia. Boletín Técnico No. 49. 2ª. ed. CORPOICA. Villavicencio, Meta, Colombia. 78 p.

Ruiz, F., Zúñiga M. R. y Martínez T. E. V. 2008. Importancia de la cobertura vegetal y control de malezas en el manejo de pastos. Estudio de caso en pasto Estrella (*Cynodon nemfluensis*), Cofradía, Managua. La Calera. *Revista Científica de La Universidad Nacional Agraria* 8(10): 11-17.

Silva, D. S. M. e Dias-Filho M. B. 2001. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com pastagens de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* de diferentes idades. *Planta Daninha* 19(2): 179-185.

Silva, Ma. da C., Ferreira dos S. M. V., Batista D. Jr. J. C., Lira M. de A., Ydoyaga S. D. F., Farias I. e Santos F. V. dos. 2004. Avaliação de métodos para recuperação

de pastagens de *Braquiária* no Agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. Revista Brasileira de Zootecnia 33(6): 1999-2006. Supl. 2.

Smith, D. 1980. Consideraciones fisiológicas para la explotación de los forrajes. *In*: Hughes H. D., Heath M. E. y Metcalfe D. S. (eds.). Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en producción de pastos. 2<sup>a</sup>. ed. en inglés. Loma, J. L. de L. (trad.). Editorial C.E.C.S.A. México, D F. pp: 439-447.

Spain, J. M. y Gualdrón R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. *In*: Lascano C. E. y Spain J. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoques de investigación. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp: 269-283.

Swanton, C. J., Mahoney K. J., Chandler K. and Gulden R. H. 2008. Integrated weed management: Knowledge-based weed management systems. *Weed Science* 56: 168-172.

Townsend, C. R., Costa N. L., Pereira R. G. de A. e Mendes A. M. 2010. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a diferentes níveis e frequências de fertilização do solo. Comunicado Técnico 363. Embrapa. Porto Velho, RO, Brasil. 5 p.

Valbuena, N. J. y Acosta C. 2006. Control de malezas dicotiledóneas en los rendimientos del pasto Estrella (*Cynodon lemfuensis* Vanderyst). *In*: Tejos, M. R. (ed.). Memoria X Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Maracaibo, Venezuela. pp: 34-42.

Veihmeyer, F. J. and Hendrickson A. H. 1948. Soil density and penetration. *Soil Science* 65: 487-493.

Viana, M. C. M., da Silva I. P., Freire F. M., Ferreira M. M., da Costa E. L., Mascarenhas M. E. T. e Teixeira M. F. F. 2014. Production and nutrition of

firrigated Tanzania guinea grass in response to nitrogen fertilization. Revista Brasileira de Zootecnia 43(5): 238-243.

Villarreal, M. y Vargas W. 1989. Evaluación de dos herbicidas y dos formas de aplicación para el control de zacatón (*Paspalum virgatum*) en potreros. Agronomía Costarricense 13(2): 183-188.

Villegas, D. G., Bolaños M. A. y Olguín P. L. 2001. La ganadería en México. Temas selectos de geografía de México. UNAM. Instituto de Geografía. Méxco, D. F. 158 p.

Vitelli, J. S. 2000. Options for effective weed management. Tropical Grasslands 34: 280-294.

## CAPÍTULO III. REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO INSURGENTE CON DIFERENTES MÉTODOS

### 3.1. RESUMEN

La degradación de una pradera afecta directamente la producción de forraje, lo cual repercute en una baja productividad por unidad de superficie. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de labranza mecánica (chapeo y rastra), fertilización (46-23-00 de N, P y K) y control químico de malezas de hoja ancha (CQM) en la rehabilitación de una pradera de pasto Insurgente. El experimento se realizó de septiembre de 2011 a diciembre de 2012 en dos épocas de lluvia en un arreglo en bloques completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: cobertura vegetal, densidad de plantas y biomasa. La condición inicial de la pradera fue la siguiente: pasto Insurgente: cobertura 27% y densidad 4.8 plantas  $m^{-2}$ ; maleza de hoja ancha: cobertura 56% y densidad 50.3 plantas  $m^{-2}$ ; las malezas dominantes fueron *Desmodium* spp., *Calopogonium mucunoides* Desv. y *Aeschynomene americana* L. El análisis mostró diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) para todas las variables. En el primer período, la mayor cobertura de pasto Insurgente (99%), menor cobertura de maleza (1%) y menor densidad de maleza (menos de 6 plantas  $m^{-2}$ ) se observó en los tratamientos de CQM, resultando mayor biomasa de pasto Insurgente (5,475 a 6,381 kg MS  $ha^{-1}$ ), que en el testigo (4,481 kg MS  $ha^{-1}$ ) y en los tratamientos de labores mecánicas. En el segundo período, en los tratamientos de CQM se obtuvo mayor cobertura de pasto Insurgente (>90%), menor cobertura de maleza (<14%) y mayor biomasa de pasto Insurgente (entre 1,122 y 4,719 kg MS  $ha^{-1}$ ) superando a los demás tratamientos. Se concluye que el control químico de maleza mejoró la condición de la pradera e incrementó producción de forraje de pasto Insurgente.

**Palabras clave:** *Desmodium* spp., y *Calopogonium mucunoides* Desv., cobertura vegetal, densidad de plantas, control químico de maleza y labranza.

### 3.2. ABSTRACT

Sward degradation has direct effects on herbage production, which results in low productivity per unit of area. The aim of this study was to evaluate tillage (mowing and disking), fertilizing (46-23-00 N, P and K) and chemical weed control (CWC) to rehabilitate an Insurgente grass sward. The experiment was conducted from September 2011 to December 2012 during two rainy seasons and treatments were allocated in a complete randomized block design. Evaluated variables were: plants coverage, plants density and herbage yield. The sward initial condition was as follows: Insurgente palisade grass: 27% coverage and 4.8 plants m<sup>-2</sup>, and broadleaf weeds: 56% coverage and 50.3 plants m<sup>-2</sup>. The dominant weeds were *Desmodium* spp. and *Calopogonium mucunoides* Desv and *Aeschynomene americana* L. Statistical analysis showed differences among treatments ( $p \leq 0.05$ ) in all variables. In the first period, the biggest Insurgente palisade grass coverage (99%), the lowest weeds coverage (1%) and the lowest weeds density (less than 6 plants m<sup>-2</sup>) were observed in the treatments of CWC, resulting in higher herbage mass of Insurgente palisade grass (5,475 to 6,381 kg DM ha<sup>-1</sup>) than control (4,481 kg DM ha<sup>-1</sup>) and tillage. In the second period, in the treatments of CWC, the biggest Insurgente palisade grass coverage (>90%), the lowest weeds coverage (<14%) and the biggest herbage mass of Insurgente palisade grass (between 1,122 and 4,719 kg DM ha<sup>-1</sup>) were observed, outperforming the other treatments. It is concluded that the chemical weed control improved sward condition and herbage production of Insurgente palisade grass.

**Keywords:** *Desmodium* spp., *Calopogonium mucunoides* Desv., plants coverage, plant density, chemical weed control and tillage.

### 3.3 INTRODUCCIÓN

En México, la mayor población de bovinos se concentra en Veracruz, entidad que tiene un inventario de 3.8 millones de cabezas, equivalente al 11.8% del hato nacional; en 2012, en Veracruz se produjeron 1.8 millones de toneladas de carne en canal y 10,881 millones de litros de leche, que lo ubican en el primero y quinto lugar nacional como productor de estos bienes, respectivamente (SIAP, 2013). En este estado predomina el sistema de producción de ganado de doble propósito, en el cual, la principal fuente de alimentación lo constituyen las praderas (Calderón *et al.*, 2007). La sostenibilidad de los sistemas de producción animal basados en praderas, depende tanto de la producción de forraje, como de la persistencia de éstas (Ramírez *et al.*, 2011). En el estado de Veracruz se dedican 1.04 millones de hectáreas al cultivo de pastos (INEGI, 2007), principalmente: Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst), Privilegio (*Panicum maximum* Jacquin) cvs. Tanzania y Mombaza, Jaragua [*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf], Pangola (*Digitaria decumbens* Stent), Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.), Llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), y especies del género *Urochloa*, como Señal (*U. decumbens* Stapf) e Insurgente [*U. brizantha* A. (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster], que sobresalen por su adaptación a diferentes condiciones ambientales y alta productividad (Enríquez *et al.*, 2011).

*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster cv Insurgente, identificado anteriormente como *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf., ha tenido gran aceptación entre los productores por sus características sobresalientes, como altas tasas de crecimiento, buena calidad nutrimental y resistencia a la mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) (Enríquez *et al.*, 1999; Enríquez y Romero, 1999).

La productividad de una pradera puede disminuir por el uso de especies forrajeras no aptas para las condiciones ambientales, el sobrepastoreo, en especial en los períodos de baja precipitación, la incidencia de plagas y enfermedades, el establecimiento en zonas con suelos frágiles, el agotamiento de los nutrientes del suelo por su extracción por los pastos, especialmente las especies mejoradas, el bajo o

nulo uso de fertilizantes, la elevada infestación de malezas herbáceas y arbustivas, y las quemas indiscriminadas (González y Meléndez, 1980; Spain y Gualdrón, 1991; Modesto y Mascarenhas, 2001; Boddey *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2007). El proceso de degradación se inicia con una pérdida de vigor de las plantas, que presentan hojas angostas, bajo índice de verdor y baja capacidad de rebrote, reflejándose en una pérdida de cobertura y densidad de plantas de la especie deseable; lo anterior permite el desarrollo de maleza o deja el suelo descubierto, lo que favorece la compactación por el pisoteo de los animales. Todo lo anterior resulta en una baja producción de forraje; en esta situación, la pradera pierde productividad y soporta menos de 0.5 UA ha<sup>-1</sup> mientras que na pradera recién establecida puede soportar 2 o más UA ha<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Padilla y Sardiñas, 2005; Rincón, 2006; Padilla *et al.*, 2009).

La recuperación de una pradera degradada y su costo depende de su nivel de degradación. Cuando el proceso de degradación no es muy avanzado, para recuperar la capacidad de producción de la pradera se pueden realizar labores agrícolas para mejorar las propiedades físicas del suelo, fertilización y control de maleza (Cuesta *et al.*, 2002).

La recuperación o rehabilitación de una pradera a su capacidad productiva por unidad de área y por animal, hasta alcanzar niveles ecológicos y económicos aceptables, implica la presencia de una o más especies forrajeras deseables, que son susceptibles de ser conservadas (Spain y Gualdrón, 1991). Por este motivo, se debe considerar que las especies deseables tengan una presencia aceptable en la composición botánica en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal (Padilla y Sardiñas, 2005).

En cuencas ganaderas de Centroamérica, del 50 al 80% de las praderas presentan algún grado de degradación, por lo que su carga animal es inferior a un 40% en relación a las pasturas que reciben un manejo apropiado (Holmann *et al.*, 2004). En las áreas tropicales del centro de Veracruz es común detectar praderas degradadas en diferentes grados; aunque no existe una cuantificación precisa de la magnitud de este

problema, se estima que el porcentaje de praderas con algún grado de degradación podría ser semejante al que se presenta en Centroamérica. La rehabilitación de las praderas degradadas podría incrementar la productividad de los ganaderos de la región, al incrementar el número de animales que pueden sustentar las praderas. Por esta razón, se condujo un experimento con el objetivo de determinar el efecto de diferentes labores mecánicas, fertilización y control químico de malezas en la recuperación de una pradera de pasto Insurgente en un área tropical del centro del estado de Veracruz.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1. Localización del Experimento y Período del Estudio**

El experimento se realizó en una pradera degradada de *U. brizantha* cv. Insurgente establecida en 2003, en el rancho El Carpintero, en la localidad La Calentura, municipio de Medellín, Veracruz. El sitio experimental se localiza a 18°57'47" de latitud norte, 96°12'20.7" de longitud oeste a 10 m de altitud. El clima de la región es Aw''<sub>1</sub>(w)eg, que corresponde a cálido húmedo, de humedad media, con lluvias en verano, precipitación anual de 1,300 mm y temperatura de 25 °C (García, 2004). El suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa. El experimento, se condujo bajo condiciones de temporal, inició en agosto de 2011 y finalizó en diciembre de 2012 evaluándose dos épocas de lluvia.

#### **3.4.2. Caracterización de la Pradera**

Para el análisis del suelo, se hicieron cuatro recorridos en zig-zag en el lote experimental; con una barrena holandesa se tomaron 30 muestras a una profundidad de 0 a 20 cm, con las cuales se formó una muestra compuesta de 3 kg, la cual se analizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Agua del Campo

Experimental Cotaxtla del INIFAP. Para la determinación de la cantidad de semillas de maleza presentes en el banco de semillas del suelo, con una pala recta y una espátula se tomaron aleatoriamente 24 muestras en el lote experimental, seis muestras por bloque, a una profundidad de 0 a 10 cm y en un área de 10 x 10 cm. Las muestras se secaron a temperatura ambiente en el laboratorio del Campo Experimental La Posta del INIFAP, y se eliminaron los trozos grandes de materia orgánica. El número de semillas se estimó por el método indirecto de germinación: las muestras de suelo se colocaron en charolas dentro de una galera y se regaron periódicamente para inducir la germinación; las plántulas que emergieron se contabilizaron cada semana y se removieron. La identificación de las especies se hizo con la información del sitio web las malezas de México el manual Malezas tropicales y subtropicales, y el manual de Malezas tropicales (CONABIO, s/f; CYBA-GEIGY, s/f; Cárdenas, 1972).

La caracterización de la vegetación presente en la pradera al inicio del experimento se hizo mediante la realización de 192 muestras de 1 m<sup>2</sup> distribuidas aleatoriamente en cada bloque. En cada muestra se hizo una estimación visual de la cobertura, determinando la superficie ocupada por el pasto Insurgente y la maleza; en la misma muestra se contó el número de plantas de maleza y de pasto Insurgente, y con esos datos se calcularon cobertura, densidad y frecuencia absolutas y relativas para cada especie, y se les determinó el valor de importancia (Cox, 1980).

### **3.4.3. Tratamientos y Diseño Experimental**

Se evaluaron 11 tratamientos, de los cuales, cuatro correspondieron a labores mecánicas (chapeo y rastra) con y sin fertilización, seis a control químico de maleza y un testigo absoluto (Cuadro 3.1). El chapeo se realizó a ras del suelo con una desbrozadora rotatoria con toma de fuerza a tractor, mientras que el rastreo se realizó con rastra de 20 discos. La fertilización se realizó manualmente con la fórmula 46-23-00 de N, P y K, utilizando urea y superfosfato de calcio triple como fuente de nitrógeno y fósforo, respectivamente. Un día antes de la aplicación de los herbicidas, la maleza

de las parcelas correspondientes al control químico se chapeó a una altura de 60 cm. La aplicación de los herbicidas se realizó el 15 de septiembre de 2011, con una aspersora motorizada de mochila, equipada con un aguilón con cuatro boquillas de abanico plano 8003, que proporcionó un gasto de 466 L ha<sup>-1</sup>. A todos los tratamientos de control químico se les adicionó un surfactante no iónico en dosis de 250 mL por 100 L de agua. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un arreglo en bloques al azar con cuatro repeticiones, en parcelas de 14 m de ancho x 15 m de largo.

**Cuadro 3.1. Tratamientos utilizados para la renovación de la pradera de pasto Insurgente en el rancho El Carpintero, en la La Calentura, Medellín, Veracruz.**

Número	Tratamiento	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
1	Testigo	-
2	Chapeo	-
3	Chapeo + rastra	-
4	Chapeo + fertilización	-
5	Chapeo + fertilización + rastra	-
6	2,4-D*	958
7	Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540
8	Picloram + 2,4-D*	60 + 600
9	Picloram + 2,4-D*	192 + 720
10	Metsulfurón metil*	6
11	Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8

i.a. = Ingrediente activo; Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK; Chapeo=Corte de la vegetación; \*El día anterior a la aplicación de los herbicidas se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm.

#### 3.4.4. Manejo de la Pradera

Desde su establecimiento, en el año 2003, la pradera se ha manejado con pastoreo rotacional, utilizando vacas en producción y sus becerros; en la época seca fue sobrepastoreada, y no se le aplicó fertilizante. Después de la aplicación de los tratamientos, el 15 de septiembre, hasta diciembre de 2011, correspondiente al primer

período de evaluación, la pradera no fue pastoreada, y durante el año 2012 la pradera se utilizó como tradicionalmente lo hace el productor.

### 3.4.5. Variables Medidas

**Condiciones climatológicas.** Los datos de precipitación pluvial, evaporación y temperaturas máximas y mínimas durante el período de conducción del experimento se obtuvieron de la Estación Meteorológica de CONAGUA, ubicada en Paso del Toro, Medellín, Veracruz, que es la más cercana al sitio experimental.

**Cobertura vegetal.** En cada unidad experimental se efectuaron cuatro muestreos de 1 m<sup>2</sup> distribuidos al azar. Se hizo una estimación visual de la superficie ocupada por el pasto Insurgente, por maleza y por suelo descubierto, y se reportó en por ciento. Lo anterior se realizó a los 30, 60 y 75 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT) en el año 2011. En 2012, se realizaron tres muestreos en la época de lluvia a, los 320, 390 y 440 DDAT, correspondientes a los meses de julio, octubre y noviembre.

**Densidad de plantas.** Se realizó en los mismos cuadros, de 1 m<sup>2</sup>, donde se midió la cobertura. Se contabilizó el número de plantas de maleza de hoja ancha por especie a los 60 DDAT. El número de macollos de pasto Insurgente se contó a los 60, 320, 390 y 440 DDAT.

**Biomasa.** En el año 2011, a los 75 DDAT se realizó un corte de la vegetación a 5 cm de altura sobre el suelo, en dos áreas de 4 m<sup>2</sup> por unidad experimental. A su vez, en el año 2012 se hicieron cortes en dos áreas de 1 m<sup>2</sup> por unidad experimental, antes de que la pradera fuera pastoreada, en julio, octubre y noviembre. Las muestras se separaron en maleza y pasto Insurgente; se pesó cada componente y se tomó una submuestra de 100 a 150 g a la que se le determinó el contenido de materia seca, en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante.

**Costos.** La determinación de los costos se hizo mediante encuestas a los productores sobre el precio que pagaban por cada una de las labores mecánicas, la cantidad de jornales que ocupan para cada actividad y el pago por jornal. Los precios de fertilizantes y herbicidas se obtuvieron de proveedores de estos insumos, los cuales se ajustaron a una hectárea (CIMMYT, 1988). Con los datos de producción de forraje y costos se calculó el costo marginal con la siguiente fórmula (Krugman y Wells, 2006):

$$\text{Costo marginal} = \frac{\text{Costo de } T_i}{MS \text{ de } T_i - MS \text{ del Testigo}}$$

Dónde:

*MS* = Materia seca acumulada del pasto Insurgente durante el período experimental.

$T_i$  = *i*-ésimo tratamiento.

### 3.4.6. Análisis de Datos

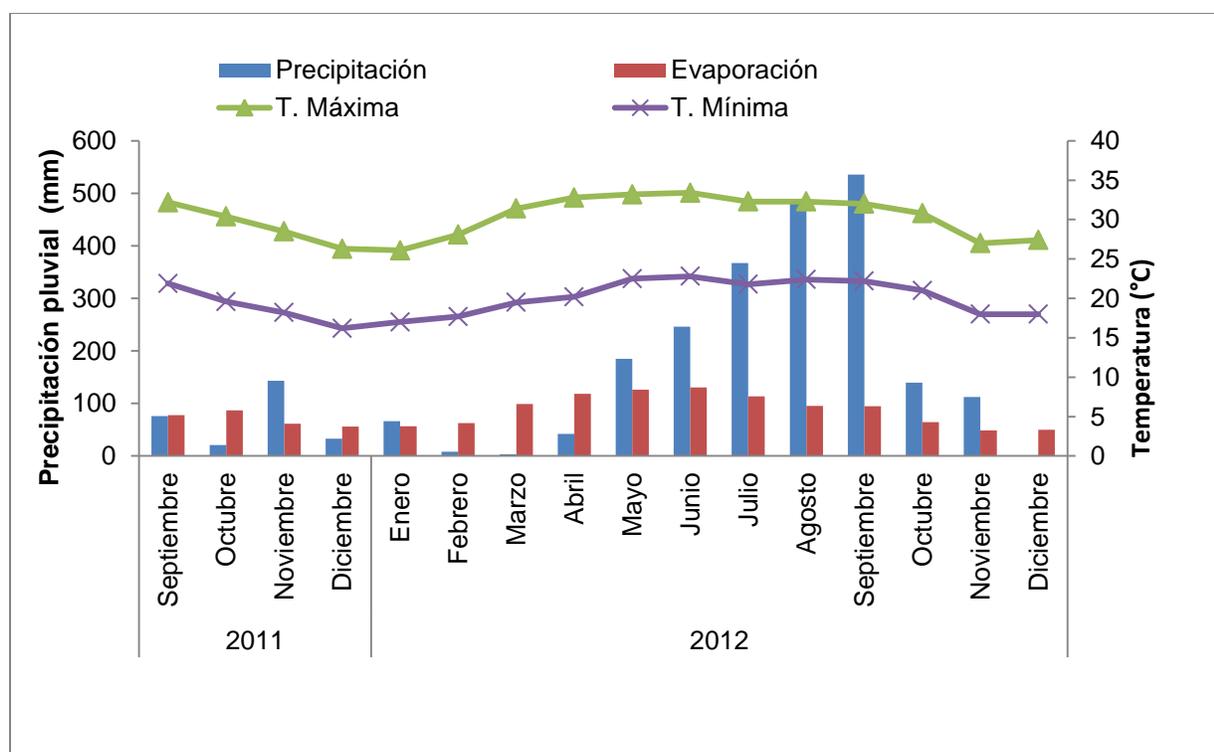
El análisis de los datos se realizó con el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) utilizando como covariable la condición inicial de la pradera y con un diseño en medidas repetidas. Los valores de cobertura y control de malezas se transformaron con la función arcoseno  $\sqrt{\%}$ . Las medias se compararon con la prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$  (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2002).

## 3.5. RESULTADOS

### 3.5.1 Condiciones Climatológicas

En los meses que se realizó la primer etapa del experimento, de septiembre a noviembre de 2011, la precipitación pluvial del período fue de 240 mm y la evaporación de 225.8 mm, mientras que la temperatura media máxima y mínima del período fueron

de 30.4 y 19.9 °C, respectivamente, condición que favoreció el crecimiento de las plantas. De diciembre de 2011 a mayo de 2012, período que corresponde a la segunda mitad de la época de nortes y época seca, la evaporación fue mayor que la precipitación en 181 mm, y en los meses de diciembre, enero y febrero se presentaron las temperaturas más bajas del período experimental, la temperatura media mínima varió de 16.2 a 17.7 °C y la temperatura media máxima fue de 26 a 28 °C, condición que se reflejó en bajo crecimiento del pasto Insurgente; de junio a diciembre de 2012, la precipitación superó a la evaporación y la temperatura se incrementó, período que correspondió al segundo período de evaluación del experimento (Figura 3.1).



**Figura 3.1. Condiciones climatológicas durante el período experimental. Estación Meteorológica de CONAGUA, en Paso del Toro, Medellín, Veracruz.**

### 3.5.2. Estado Inicial de la Pradera

El análisis de suelo indicó que es un suelo franco de contenido moderado a alto de nitrógeno, fósforo y potasio, con pH de 6.17 y densidad aparente de  $1.2 \text{ g cm}^{-3}$  (Cuadro 3.2).

**Cuadro 3.2. Características del suelo a una profundidad de 0 a 20 cm en la pradera de pasto Insurgente en el rancho El Carpintero, en la La Calentura, Medellín, Veracruz.**

Determinación	Contenido
Arena	33.20%
Arcilla	19.80%
Limo	47.00%
Textura	Franco
pH (suelo:agua 1:2)	6.17
Materia orgánica	2.69%
Nitrógeno inorgánico	21 ppm
Fósforo	14 ppm
Potasio	382 ppm
Calcio	2303 ppm
Magnesio	291 ppm
Fierro (DTPA)	47 ppm
Cobre (DTPA)	3.3 ppm
Zinc (DTPA)	4.3 ppm
Manganeso (DTPA)	14 ppm
Densidad aparente	$1.2 \text{ g cm}^{-3}$

La cobertura de pasto Insurgente fue de 27%, de otros pastos 15%, y malezas de hoja ancha de 56% y 2% de suelo descubierto. La densidad de malezas de hoja ancha fue de  $50.3 \text{ plantas m}^{-2}$  y de Insurgente de  $4.8 \text{ plantas m}^{-2}$ . Se identificaron 20 especies de maleza pertenecientes a diez familias botánicas: siete especies de la

familia Fabaceae (*Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby, *Sesbania rostrata* Bremek & Oberm, *Calopogonium mucunoides* Desv., *Desmodium* sp., *Aeschynomene americana* L., *Mimosa pudica* L. y *Centrosema* sp.), cuatro de la familia Malvaceae (*Sida acuta* Burm. f., *Sida rhombifolia* L., *Corchorus* sp. y *Malachra* sp.); las familias con dos o una especie fueron: Amaranthaceae, Asteraceae, Curcubitaceae, Martyniaceae, Euphorbiaceae, Phyllanthaceae, Solanaceae y Cyperaceae. Las malezas de hoja de ancha con mayor valor de importancia fueron: *Desmodium* sp., *C. mucunoides*, *A. americana* y *Euphorbia hirta* L. Estas cuatro especies también presentaron mayor cobertura, densidad de plantas y frecuencia (Cuadro 3.3). En la imagen de la Figura 3.2 se muestra el aspecto de la condición inicial de la pradera.

**Cuadro 3.3. Cobertura, frecuencia, densidad y valor de importancia inicial de las principales especies presentes en la pradera de pasto Insurgente.**

Familia	Especie	Cobertura (%)	Densidad (Plantas m <sup>-2</sup> )	Frecuencia (%)	V. I.
Poaceae	<i>Brachiaria brizantha</i>	27 a	4.8 c	94.3 a	50 ab
Poaceae	Otras gramíneas	15 abc		60.4 bc	
Fabaceae	<i>Desmodium</i> sp.	15 abc	20.1 a	83.3 ab	60 a
Fabaceae	<i>Calopogonium mucunoides</i>	18 ab	3.5 c	65.1 abc	40 abc
Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i>	6 bcd	11.9 b	66.1 abc	30 bc
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	3 cd	5.1 c	71.9 ab	20 cd
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i>	3 cd	1.8 c	23.4 d	10 d
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	1 d	1.2 c	35.4 cd	10 d
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i>	2 cd	0.6 c	22.9 d	10 d
Varias	Varias	9 bcd	6.1 c		
Total de malezas de hoja ancha		56	50.3		

V. I. = Valor de Importancia. Letra diferente en columna indica diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 3.2. Imágenes de la condición inicial de la pradera de pasto Insurgente.**

En el banco de semillas de la pradera se cuantificaron 1,242 semillas  $m^{-2}$ , de las cuales, 63.5% son maleza de hoja ancha, 19.8% ciperáceas y 16.7% gramíneas nativas y no se encontraron semillas de pasto Insurgente (Cuadro 3.4).

**Cuadro 3.4. Cantidad de semillas por especie presente en la reserva de semillas en la pradera de Insurgente, determinadas por el método de germinación.**

<b>Especie</b>	<b>Semillas <math>m^{-2}</math></b>	<b>Especie</b>	<b>Semillas <math>m^{-2}</math></b>
<i>Euphorbia hirta</i>	279 a	<i>Mimosa pudica</i>	17 e
<i>Phyllanthus niruri</i>	217 abc	<i>Physalis</i> sp.	8 e
		<i>Aeschynomene</i>	
<i>Desmodium</i> sp.	50 cde	<i>americana</i>	4 e
<i>Ipomoea</i> sp.	42 cde	<i>Cuscuta</i> sp.	4 e
<i>Corchorus</i> sp.	38 cde	<i>Sida</i> spp.	4 e
<i>Mitracarpus hirtus</i>	38 cde	<i>Amaranthus spinosus</i>	4 e
<i>Argemone mexicana</i>	33 cde	<i>Tridax</i> sp.	4 c
<i>Achyranthes indica</i>	25 de	<i>Cyperus rotundus</i>	246 ab
<i>Baltimora recta</i>	21 de	Gramíneas nativas	208 abcd
		<b>Total</b>	<b>1242</b>

Letras diferentes en columna indica diferencia significativa, de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

### 3.5.3. Cobertura

#### 3.5.3.1. Cobertura de pasto Insurgente

La cobertura del pasto Insurgente se modificó ( $p \leq 0.05$ ) por efecto de los tratamientos y el tiempo (Cuadro 3.5). Desde la aplicación de los tratamientos hasta 75 DDAT, la mayor cobertura del pasto Insurgente se presentó en los tratamientos de control químico de maleza, con valores que oscilaron de 96 a 99%. En chapeo y chapeo + fertilización, la cobertura a los 30 y 60 DDAT fue inferior al testigo en 63 y 43% y a los 75 DDAT fue similar al testigo. Los tratamientos que incluyeron rastra presentaron la cobertura más baja, a los 75 DDAT fue 72% inferior a la del testigo.

En las evaluaciones realizadas en el segundo período, época de lluvia de 2012, en las parcelas de control químico de maleza se observó la mayor cobertura del pasto Insurgente, la cobertura tuvo valores superiores a 90% a los 320, 390 y 440 DDAT; a excepción del 2,4-D, cuyos valores fueron 81, 83 y 92%, respectivamente. El chapeo presentó cobertura estadísticamente similar al testigo, mientras que con el chapeo + fertilizante, la cobertura de Insurgente a los 320 y 390 DDAT fue inferior al testigo en 30 y 22%, y a los 440 DDAT fue estadísticamente igual a éste. En los tratamientos con rastra, la cobertura del pasto Insurgente fue la más baja durante todo el período de evaluación; así a los 440 DDAT con el chapeo + rastra y en chapeo + fertilización + rastra ésta fue 25 y 19% inferior a la del testigo, respectivamente (Cuadro 3.5).

**Cuadro 3.5. Efecto de los tratamientos en la cobertura del pasto Insurgente (%) a diferentes tiempos después de su aplicación.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT						Promedio
		30	60	75	320	390	440	
Testigo	-	33 b	51 c	52 b	46 b	62 c	81 b	54 b
Chapeo	-	12 bc	34 d	54 b	51 b	64 c	83 b	50 b
Chapeo + rastra	-	2 c	12 e	15 c	22 cd	34 d	60 c	24 c
Chapeo + fertilización	-	12 bc	26 d	49 b	32 c	49 d	82 b	42 bc
Chapeo + fertilización + rastra	-	3 c	10 e	14 c	16 d	35 d	65 c	24 c
2,4-D*	958	72 a	73 b	96 a	81 a	83 b	92 ab	83 a
Aminopyralid + 2,4-D *	27 + 540	76 a	79 ab	99 a	92 a	92 ab	98 a	89 a
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	75 a	78 ab	99 a	90 a	94 ab	96 a	89 a
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	72 a	84 ab	99 a	88 a	95 a	98 a	89 a
Metsulfuró metil*	6	85 a	92 a	98 a	94 a	92 ab	98 a	93 a
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	76 a	86 ab	99 a	90 a	94 ab	99 a	91 a

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización= 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

### 3.5.3.2. Cobertura de maleza

La cobertura de la maleza fue afectada ( $p \leq 0.05$ ) por los tratamientos (Cuadro 3.6). En todas las evaluaciones se observó que los tratamientos de control químico tuvieron la menor cobertura de maleza; a los 30 DDAT, los valores oscilaron de 1 a 9%, a los 60 DDAT, de 0 a 6% y a los 75 DDAT, de 0 a 3%. Los tratamientos de chapeo + fertilización + rastra y chapeo + rastra tuvieron las coberturas más altas a los 75 DDAT, siendo superiores al testigo en 64 y 29%, respectivamente, mientras que con el chapeo y chapeo + fertilización, la cobertura de maleza fue estadísticamente igual al testigo (Cuadro 3.6).

En la época de lluvia de 2012, la menor cobertura de maleza siguió presentándose en los tratamientos de control químico de maleza, con valores que oscilaron del 1 al 14%, mientras que, en el testigo y en los tratamientos donde se hicieron labores mecánicas, la cobertura de malezas disminuyó, la menor cobertura de maleza se presentó a los 440 DDAT. En contraste, los tratamientos con rastra presentaron la cobertura de maleza más alta, a los 320, 390 y 440 DDAT con el chapeo + rastra fue de 53, 44 y 26%, y con el chapeo + fertilización + rastra fue de 61, 35 y 27% los cuales son valores más altos que los del tratamiento testigo (Cuadro 3.6).

### 3.5.3.3. Porcentaje de suelo descubierto

El porcentaje de suelo descubierto cambió ( $p \leq 0.05$ ) en la pradera debido a los tratamientos (Cuadro 3.7). De los 30 a 75 DDAT, el chapeo + rastra presentó el mayor porcentaje de suelo desnudo, que varió de 11 a 36%, seguido del chapeo + fertilización + rastra, con valores de 8 a 13%. El menor porcentaje de suelo descubierto se observó en las parcelas de control químico de maleza y en el testigo. A los 320 y 390 DDAT, el control químico de maleza presentó un mayor porcentaje de suelo descubierto, con valores que oscilaron de 4 a 9% y de 3 a 5%, respectivamente. Sin embargo, a los 440 DDAT no se presentó diferencia entre tratamientos.

**Cuadro 3.6. Efecto de los tratamientos sobre la cobertura de maleza (%) a diferentes tiempos después de su aplicación en la pradera de pasto Insurgente.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT						Promedio
		30	60	75	320	390	440	
Testigo	-	47 b	33 c	39 bc	46 bc	29 bc	14 b	35 b
Chapeo	-	67 a	41 b	33 c	32 c	23 cd	14 b	35 b
Chapeo + rastra	-	53 b	45 b	50 b	53 ab	44 a	26 a	45 ab
Chapeo + fertilización	-	64 a	54 a	38 bc	38 c	27 bc	11 b	39 ab
Chapeo + fertilización + rastra	-	70 a	55 b	64 a	61 a	35 ab	27 a	52 a
2,4-D*	958	7 c	6 d	3 d	12 d	14 de	4 bc	8 c
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	1 c	1 d	0 d	1 d	4 ef	2 c	2 c
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	2 c	2 d	1 d	3 d	3 f	3 bc	2 c
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	1 c	0 d	0 d	2 d	2 f	2 c	1 c
Metsulfurón metil*	6	9 c	2 d	2 d	1 d	5 ef	2 c	4 c
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	3 c	1 d	0 d	2 d	5 ef	1 c	2 c

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

**Cuadro 3.7. Efecto de los tratamientos en el porcentaje de suelo descubierto a diferentes tiempos después de su aplicación en la pradera de pasto Insurgente.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT						Promedio
		30	60	75	320	390	440	
Testigo	-	2 cd	5 cd	2 bc	2 bc	2 b	0 a	2 c
Chapeo	-	15 b	10 c	3 bc	3 bd	3 ab	1 a	6 bc
Chapeo + rastra	-	36 a	32 a	11 a	0 d	1 b	0 a	13 a
Chapeo + fertilización	-	4 cd	6 cd	2 b	2 c	1 b	0 a	2 c
Chapeo + fertilización + rastra	-	13 b	21 b	8 ab	1 d	6 a	0 a	8 b
2,4-D*	958	3 c	2 de	0 c	7 a	2 b	0 a	2 c
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	2 d	1 de	1 c	6 ab	5 a	0 a	2 c
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	3 cd	1 de	0 c	4 abc	3 ab	1 a	2 c
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	7 c	2 de	0 c	9 a	3 ab	0 a	4 bc
Metsulfurón metil*	6	2 d	0 e	0 c	5 ab	3 ab	0 a	2 c
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	3 cd	0 e	0 c	7 a	1 b	0 a	2 c

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

### 3.5.4. Densidad de Plantas

#### 3.5.4.1. Densidad de plantas de pasto Insurgente

La densidad de plantas de pasto Insurgente presentó cambios significativos ( $p \leq 0.05$ ) por efecto de los tratamientos (Cuadro 3.8). Durante todo el período de conducción del experimento, la menor densidad de plantas de pasto Insurgente se presentó en los tratamientos que incluyeron rastra, cuyos valores oscilaron de 2.4 a 4.5 plantas  $m^{-2}$  de los 30 a los 440 DDAT. Por otra parte, en los tratamientos de control químico de maleza, se observó la más alta densidad de pasto Insurgente; a los 30 DDAT la densidad varió de 4.3 a 5.8 plantas  $m^{-2}$  y para 440 DDAT la densidad fue de 7 a 8.5 plantas  $m^{-2}$ .

#### 3.5.4.2. Densidad de plantas de maleza

Se detectaron diferencias significativas en la población de maleza por efecto de los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ). A los 60 DDAT, en los tratamientos de control químico se encontró la menor densidad de maleza, menos de 6 plantas  $m^{-2}$ , mientras que en los tratamientos de labores mecánicas (chapeo y rastra) con y sin fertilización, la densidad de maleza fue superior al testigo en 290 a 350% (Cuadro 3.9)

**Cuadro 3 8. Cambios en la densidad del pasto Insurgente (plantas m<sup>-2</sup>) a diferentes tiempos después de la aplicación de tratamientos.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT					Promedio
		Inicial	60	320	390	440	
Testigo	-	4.9	4.0 bc	5.0 b	5.8 bc	5.3 d	4.6 bcd
Chapeo	-	5.0	3.4 cd	4.8 b	5.5 c	6.0 cd	5.0 bc
Chapeo + rastra	-	4.9	2.4 d	3.3 bc	2.7 d	3.8 e	3.3 d
Chapeo + fertilización	-	5.1	3.0 d	3.5 bc	5.7 bc	6.5 bcd	4.6 bcd
Chapeo + fertilización + rastra	-	4.7	2.5 d	2.8 c	3.2 d	4.5 e	3.6 cd
2,4-D*	958	4.4	4.3 bc	6.8 a	8.2 a	8.0 ab	5.4 ab
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	4.7	4.3 bc	6.7 a	7.3 ab	7.0 abcd	5.4 ab
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	4.1	5.0 ab	7.6 a	7.5 ab	7.3 abc	5.3 ab
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	4.2	5.8 a	7.2 a	6.8 abc	7.2 abc	5.5 ab
Metsulfurón metil*	6	5.7	4.6 b	7.7 a	7.0 abc	7.1 abc	6.4 a
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	4.5	4.9 ab	7.1 a	7.8 a	8.5 a	5.7 ab

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

**Cuadro 3.9. Densidad de maleza (plantas m<sup>-2</sup>) al inicio del experimento y a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos en la pradera de pasto Insurgente.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT	
		Inicial	60
Testigo	-	43.8	17.4 b
Chapeo	-	41.4	50.6 a
Chapeo + rastra	-	42.9	54.5 a
Chapeo + fertilización	-	45.5	61.8 a
Chapeo + fertilización + rastra	-	56.3	54.4 a
2,4-D*	958	57.3	6.3 c
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	58.1	1.3 c
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	59.4	2.4 c
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	56.0	0.2 c
Metsulfurón metil*	6	46.2	2.1 c
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	46.4	1.4 c

DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

### 3.5.5. Biomasa

#### 3.5.5.1. Biomasa de pasto Insurgente

La biomasa de pasto Insurgente presentó cambios significativos ( $p \leq 0.05$ ) debido a tratamientos (Cuadro 3.10). A los 75 DDAT, la mayor producción de biomasa de pasto Insurgente ocurrió con el control químico de maleza, superando al testigo en 38%; dentro de este grupo, el 2,4-D fue el que produjo menos biomasa, superando al testigo en 22%. Con las labores mecánicas, la biomasa producida fue menor que en el testigo. Al inicio de la estación de lluvias de 2012, a los 320 DDAT, con el control químico de maleza siguió ocurriendo la mayor producción de biomasa en el pasto Insurgente, cuya producción varió de 1,122 a

1,370 kg de MS ha<sup>-1</sup>; mientras que en chapeo y chapeo + fertilización, fue estadísticamente similar al testigo, y con rastra, la biomasa fue inferior al testigo. Al avanzar la temporada de lluvias, a los 390 y 440 DDAT, la biomasa del pasto Insurgente se incrementó en el testigo y chapeo + fertilización, llegando a ser estadísticamente similar a algunos tratamientos de control químico de maleza; mientras que, en los tratamientos con rastra, la biomasa producida fue la más baja y fue menor a la del testigo.

#### 3.5.5.2. Biomasa de maleza

La biomasa de maleza presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 3.11). La menor acumulación de biomasa de maleza ocurrió con control químico, esto se observó durante todo el período del experimento; de estos, el 2,4-D fue el de mayor biomasa de maleza, aunque ésta fue inferior en 90% al testigo a los 75 DDAT, y para los 320, 390 y 440 DDAT fue 64, 22 y 70% inferior al testigo. En chapeo, chapeo + rastra y chapeo + fertilización, a los 75 DDAT, la biomasa de malezas fue 70% inferior a la del testigo y en el chapeo + fertilización + rastra fue 56% inferior a la del testigo.

A inicios de la estación de lluvias de 2012, a los 320 DDAT, la biomasa de maleza del testigo y la de labores mecánicas fueron estadísticamente similares. A los 390 y 440 DDAT la mayor biomasa de maleza se observó en los tratamientos con rastra, así los 440 DDAT con el chapeo + fertilización + rastra y en chapeo + rastra la biomasa de maleza fue 78 y 31% mayor que en el testigo.

**Cuadro 3.10. Biomasa de pasto Insurgente (kg de MS ha<sup>-1</sup>) a diferentes tiempos después de la aplicación de tratamientos.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT				Promedio
		75	320	390	440	
Testigo	-	4481 c	731 b	1830 bc	3363 cd	2746 b
Chapeo	-	1448 d	760 b	1876 bc	2780 de	1695 c
Chapeo + rastra	-	726 e	357 c	974 d	1887 f	966 c
Chapeo + fertilización	-	1437 d	592 bc	1502 c	3377 cd	1705 c
Chapeo + fertilización + rastra	-	629 e	471 c	1411 cd	2576 e	1222 c
2,4-D*	958	5475 b	1122 a	1548 c	4661 a	3376 ab
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	5960 ab	1370 a	1910 bc	4120 ab	3542 a
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	6357 a	1218 a	1895 bc	3856 bc	3564 a
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	6260 a	1160 a	2596 a	3751 bc	3659 a
Metsulfurón metil*	6	6381 a	1256 a	2225 ab	4719 a	3856 a
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	5964 ab	1199 a	2233 ab	4131 ab	3581 a

i.a. = Ingrediente activo. Fórmual de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey (p≤0.05). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

**Cuadro 3.11. Biomasa de maleza (kg de MS ha<sup>-1</sup>) en la pradera de pasto Insurgente a diferentes tiempos después de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	DDAT				Promedio
		75	320	390	440	
Testigo	-	956 a	399 a	663 ab	785 bc	721 a
Chapeo	-	282 b	219 ab	518 b	483 cd	368 bcd
Chapeo + rastra	-	266 b	375 a	839 ab	1028 ab	599 ab
Chapeo + fertilización	-	286 b	235 ab	852 a	760 bc	514 abc
Chapeo + fertilización + rastra	-	414 b	336 a	688 ab	1396 a	686 a
2,4-D*	958	95 c	143 bc	515 b	231 de	234 cde
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	2 c	16 c	51 c	119 e	43 e
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	36 c	9 c	45 c	160 e	60 e
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	6 c	1 c	18 c	58 e	20 e
Metsulfurón metil*	6	65 c	17 c	118 c	146 e	85 de
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	5 c	4 c	40 c	22 e	17 e

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

### 3.5.6 Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera

Los costos unitarios de las labores mecánicas, fertilizantes, jornales y herbicidas utilizados para la rehabilitación de la pradera, para noviembre de 2014, se reportan en el Cuadro 3.12. Para el cálculo de costos, se consideró un jornal por hectárea para la aplicación de fertilizantes y dos jornales por hectárea para la aplicación de los herbicidas.

El tratamiento más costoso fue el chapeo + rastra + fertilización y los menos costosos fueron el chapeo y el uso de los herbicidas metsulfurón metil y la mezcla aminopyralid + metsulfurón metil con chapeo. Los tratamientos que incluyeron labores mecánicas con y sin fertilización tuvieron un costo marginal negativo, lo que indica que se perdió la inversión; mientras que, en los tratamientos de control químico de maleza el costo marginal fue positivo, lo que indica que hubo ganancia. Los tratamientos con los que se obtuvo un precio más bajo por cada kilogramo de forraje extra debido a los tratamientos, fueron metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil (Cuadro 3.13).

**Cuadro 3.12. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente.**

<b>Herbicidas</b>	<b>Contenido de i.a.</b>	<b>Costo</b>
2,4-D	479 g L <sup>-1</sup>	90 \$ L <sup>-1</sup>
Aminopyralid + 2,4-D	9 + 180 g L <sup>-1</sup>	141 \$ L <sup>-1</sup>
Picloram + 2,4-D	15 + 150 g L <sup>-1</sup>	85 \$ L <sup>-1</sup>
Picloram + 2,4-D	64 + 240 g L <sup>-1</sup>	214 \$ L <sup>-1</sup>
Metsulfurón metil	600 g kg <sup>-1</sup>	100 \$ 10 g <sup>-1</sup>
Aminopyralid + metsulfurón metil	621.3 + 94.5 g kg <sup>-1</sup>	180 \$ 75 g <sup>-1</sup>
<b>Fertilizantes</b>		
Urea		6.6 \$ kg <sup>-1</sup>
Superfosfato de calcio triple		6.6 \$ kg <sup>-1</sup>
<b>Labores</b>		
Chapeo		600 \$ ha <sup>-1</sup>
Rastra		600 \$ ha <sup>-1</sup>
Jornales		150 \$ jornal <sup>-1</sup>

i. a. = Ingrediente activo.

**Cuadro 3.13. Costo total y marginal de los métodos de rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente.**

Tratamiento	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	Biomasa acumulada (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Costo marginal (\$ kg <sup>-1</sup> MS)
Testigo	-	0	10405	
Chapeo	-	600	6864	-0.2
Chapeo + rastra	-	1200	3944	-0.2
Chapeo + fertilización	-	1740	6908	-0.5
Chapeo + fertilización + rastra	-	2340	5087	-0.4
2,4-D amina*	958	1080	12806	0.4
Aminopyralid + 2,4-D*	27 + 540	1323	13360	0.4
Picloram + 2,4-D*	60 + 600	1240	13326	0.4
Picloram + 2,4-D*	192 + 720	1542	13767	0.5
Metsulfurón metil*	6	1000	14581	0.2
Aminopyralid + metsulfurón metil*	24.9 + 3.8	996	13527	0.3

i. a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. \*Se realizó un chapeo de la maleza a una altura de 60 cm el día anterior a la aplicación de los herbicidas. Chapeo=Corte de la vegetación con tractor.

### 3.6 DISCUSIÓN

El nivel de degradación de una pradera se puede determinar por la cobertura de la especie deseable y de las especies indeseables o maleza, las áreas descubiertas de vegetación y la producción de biomasa (Oliveira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004, Padilla *et al.*, 2009). La pradera utilizada en este estudio tenía una cobertura inicial de pasto Insurgente de 27%, de maleza, 56%, de otros pastos, 14% y 2% de suelo descubierto; de acuerdo con la clasificación propuesta por Lira *et al.* (2006) es una pradera con un nivel de degradación moderado. Con el control químico de maleza, la cobertura del pasto Insurgente se incrementó a valores próximos a 90% o superiores, lo que indica que la pradera llegó a ser productiva. A su vez, con chapeo y chapeo + fertilización la pradera continuó con degradación

moderada, similar al testigo, y donde se aplicó rastra, la cobertura de pasto Insurgente fue menor a la del tratamiento testigo (Cuadro 3.5).

El mayor incremento en la cobertura del pasto Insurgente con la aplicación de herbicidas, se debió a su control eficiente de la maleza, debido a su acción sistémica, ocasionaron la muerte de las plantas y evitaron que rebrotaran; además, tuvieron alta selectividad al pasto (Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007), lo cual se reflejó en una menor cobertura y densidad de maleza (Cuadros 3.6, 3.9 y Figura 3.3). Estos resultados concuerdan con los reportados por Esqueda y Tosquy (2007) en pasto Pangola. Debido a que las malezas compiten por nutrimentos y espacio con la especie de interés, y además inmovilizan nutrimentos en sus tejidos (Moreno *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2007), al ser controladas dejan mayor disponibilidad de nutrimentos y espacio para crecimiento del pasto Insurgente, lo que favorece su desarrollo, manifestándose en incremento en la cobertura y acumulación de biomasa (Cuadros 3.5, 3.10), similar a lo determinado por Esqueda y Tosquy (2007) en pasto Pangola, Esqueda *et al.* (2009) en el pasto Estrella de África y Esqueda *et al.* (2010) en pasto Llanero.



**Figura 3.3. Pradera de pasto Insurgente recuperada con control químico de maleza, un año después de la aplicación de tratamientos.**

El chapeo y chapeo + fertilización no fueron eficientes para la rehabilitación de la pradera, teniéndose una condición similar a la del testigo. Esto se debió a que sólo proporcionaron control temporal de la maleza, permitiendo la formación de nuevos rebrotes y la emergencia de plantas nuevas a partir de la reserva de semillas del suelo (Silva y Dias-Filho, 2001; Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007) y llegaron a tener una cobertura y densidad similar al testigo (Figura 3.4), lo cual concuerda con los resultados de otros experimentos (Valbuena y Acosta, 2006; Esqueda y Tosquy, 2007; Pellegrini *et al.*, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010). La presencia de la maleza tuvo efecto negativo en el crecimiento de la especie deseable (Moreno *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2007), que se reflejó en una baja acumulación de biomasa del pasto Insurgente, como también ha sido reportado en los pastos Estrella de África, Llanero y Pangola (Esqueda y Tosquy, 2007; Pellegrini *et al.*, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010).



**Figura 3.4. Condición de la pradera de pasto Insurgente un año después de la aplicación del chapeo, observe las manchas oscuras que indican la presencia de maleza.**

El chapeo + rastra y chapeo + fertilización + rastra tuvieron efecto negativo en la pradera, debido a que la rastra dañó tanto a las malezas como al pasto Insurgente, ocasionando la reducción del número de plantas, cobertura y biomasa de éste, además, de incremento del suelo descubierto (Cuadros 3.5, 3.8, 3.7, 3.11

y Figura 3.5) y por tanto, anulando una posible respuesta de la aplicación de fertilizante, lo que concuerda con los resultados de Silva *et al.* (2004) en el pasto *Brachiaria humidicola* y en *B. decumbens* como lo reporta Filho *et al.* (1992). Debido al daño a las plantas, la densidad de pasto Insurgente, en estos tratamientos, fue inferior al número óptimo, que es de cuatro a ocho plantas m<sup>-2</sup> (Ara *et al.*, 2004); por el contrario, los demás tratamientos y el testigo mantuvieron la densidad de plantas dentro del intervalo óptimo. Los espacios dejados por la muerte de plantas del pasto Insurgente fueron ocupados por maleza generada de los rebrotes y la reserva de semillas (Silva y Dias-Filho, 2001; Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007) resultando en una mayor cobertura y biomasa de maleza (Cuadros 3.6 y 3.9).



**Figura 3.5. Estado de la pradera de pasto Insurgente un año después de aplicar un paso de rastra.**

### **3.7 CONCLUSIONES**

El chapeo + rastra y chapeo + fertilización + rastra afectaron negativamente la condición de la pradera, ocasionando disminución de la cobertura, densidad y producción de biomasa del pasto Insurgente e incremento en la cobertura de maleza.

El chapeo y chapeo + fertilización no fueron eficientes en la recuperación de la producción de la pradera, finalizando la condición de ésta similar al testigo.

El control químico de maleza con 2,4-D amina, aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil, mejoró la condición de la pradera debido a que aumentó la cobertura del pasto Insurgente, disminuyó la densidad y cobertura de maleza, dando como resultado una mayor acumulación de biomasa del pasto Insurgente.

El costo de la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente fue menor con el control químico de la maleza y fue más alto con las labores mecánicas con y sin fertilización.

### 3.8 LITERATURA CITADA

- Ara, G. M., Reyes A. C., Ramos C. O. y Clavo P. Z. 2004. Fertilización con fósforo y control de malezas para el establecimiento de *Brachiaria brizantha* a escala comercial. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 15(2): 92-99.
- Boddey, R. M., Macedo R., Tarré R. M., Ferreira E., Oliveira O. C. de, Rezende C. de P., Cantarutti R. B., Pereira J. M., Alves B. J. R. and Urquiaga, S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 389-403.
- Calderón, R. R. C., Hernández V. J. O., Olazarán J. S., Ramírez G. J. J. M., Rosete F. J. V., Ríos U. A., Galaviz R. J. R., Vega M. V. E., Castañeda M. O. G., Aguilar B. U. y Lagunes L. J. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Núm. 18. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Sitio Experimental las Margaritas. Puebla, México. 133 p.
- Cárdenas, J. 1972. Malezas tropicales. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. 341 p.
- CIBA-GEIGY. s/f. Malezas tropicales y subtropicales. CIBA-GEIGY. Basilea, Suiza. 93 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México D. F. 79 p.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad). s/f. Malezas de México.

(<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>). Consultado del 5 al 20 de diciembre del 2011.

Cox, G. W. 1980 Laboratory manual of general ecology. 4<sup>th</sup>. ed. Willian C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa, USA. 237 p.

Cuesta, M. P. A., Mateus E. H., Cajas G. S., Martínez A. J. y Sánchez V. C. 2002. Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones Caribe y Valles Interandinos. *In*: Cuesta, M. P. A. (ed.). Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos. Manual Técnico. Editorial CORPOICA. Tibaitatá, Colombia. pp: 29-40. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOSTRES.pdf> Consultado el 23 de junio de 2011.

Dias-Filho, M. B. 2007. Degradação de pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação. 3<sup>a</sup>. ed. EMBRAPA. Amazonia Oriental. Belén, PA, Brasil. 190 p.

Enríquez, Q. J. F., Meléndez N. F. y Bolaños A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7. División Pecuaria. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.

Enríquez Q, J. F., Meléndez N. F., Bolaños A. E. D. y Esqueda E. V. A. 2011. Producción y Manejo de Forrajes Tropicales. INIFAP. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.

Enríquez, Q. J. F. y Romero M. J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33: 141-148.

- Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la productividad y calidad del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(3): 393-404.
- Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2010. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto Llanero. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 145-157.
- Esqueda, E. V. A. y Tosquy V. O. H. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Sent.). *Agronomía Mesoamericana* 18(1): 1-10.
- Filho, C. V. S., Monteiro F. A. e Corsi M. 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicales* 14(2): 2-6.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González, M. J. A. y Meléndez N. F. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. *Boletín CA-6*. 2ª. ed. SARH. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tabasco, México. 38 p.
- Holmann, F., Argel P., Rivas L., White D., Estrada. R. D., Burgos C., Pérez E., Ramírez G. y Medina A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de Trabajo No. 196. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. 34 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2007. Censo Agropecuario 2007. Censo agrícola, ganadero y forestal. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx). Consultado el 19 de diciembre de 2013.

Krugman, P. and Wells R. 2006. Introducción a la economía. Microeconomía. Ruiz-Andújar, J. (coord. de traducción). Editorial Reverté. Barcelona, España. 537 p.

Lira, M. de A., dos Santos M. V. F., Dubeux Jr. J. C. B., Lira Jr. M. de A. e de Mello A. C. L. 2006. Sistemas de Produção de Forragem: Alternativas para Sustentabilidade da Pecuária. *In: Anais de Simpósios da 43ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ. João Pessoa, Brasil. pp: 405-423.*

Modesto, J. M. S. e Mascarenhas R. E. B. 2001. Levantamento da infestação de plantas daninhas associada a uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. *Planta Daninha* 19(1): 11-21.

Moreno, G. L. E., Uribe F., Navia E. J. F., Parra F. y Reyes B. 2000. Capacitación a pequeños ganaderos. Manejo de Praderas. No. 5. CORPOICA. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 50 p.

Oliveira, O. C. de, Oliveira I. P. de, Alves B. J. R., Urquiaga S. and Boddey R. M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 289-300.

Padilla, C., Crespo G. y Sardiñas Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(4): 351-354.

Padilla, C. y Sardiñas Y. 2005. Degradación y recuperación de los pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39(número especial): 515-521.

- Pellegrini, L. G. de, Nabinger C., Faccio C. P. C. de e Neumann M. 2007. Diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis em pastagem nativa. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5): 1247-1254.
- Ramírez, R. O., da Silva S. C., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., Quero C. A. R. y Herrera H. J. G. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. 'Mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(3): 213-220.
- Rincón, C. A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas. Llanos orientales de Colombia. Boletín Técnico Núm. 49. 2ª. ed. CORPOICA. Villavicencio, Meta Colombia. 78 p.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute. 2002. Software Version 9 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Población ganadera 2003-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovino.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovino.pdf). Consultado el 10 de junio de 2014.
- Silva, D. S. M. e Dias-Filho M. B. 2001. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com pastagens de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* de diferentes idades. *Planta Daninha* 19(2): 179-185.
- Silva, Ma. da C., Ferreira dos S. M. V., Batista D. Jr. J. C., Lira M. de A., Ydoyaga S. D. F., Farias I. e Santos F. V. dos. 2004. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33(6): 1999-2006. Supl. 2.

- Spain, J. M. y Gualdrón R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. *In*: Lascano, C. E. y Spain, J. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas: conceptos, experiencias y enfoques de investigación. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp: 269-283.
- Steel, R. G. D. y Torrie J. H. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2<sup>a</sup>. ed. Mc. Graw Hill. México, D. F. 622 p.
- Valbuena, N. J. y Acosta C. 2006. Control de malezas dicotiledóneas en los rendimientos del pasto Estrella (*Cynodon lemfuensis* Vanderyst). *In*: Tejos, M. R. (ed.). Memoria X Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Maracaibo, Venezuela. pp: 34-42.

## **CAPÍTULO IV. REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO INSURGENTE CON LABORES MECÁNICAS, FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE MALEZA**

### **4.1. RESUMEN**

El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de rastra, fertilización (46-23-00 de N, P y K), chapeo manual y control químico de malezas (CQM) en la rehabilitación de una pradera degradada de pasto Insurgente. El experimento se realizó de agosto a diciembre de 2012 en un arreglo de bloques al azar. Las variables evaluadas fueron: cobertura vegetal, densidad de plantas y biomasa. La condición inicial de la pradera fue la siguiente: pasto Insurgente, cobertura (CI) 17% y densidad (DI) 2.7 plantas  $m^{-2}$ ; maleza, cobertura (CM) 69% y densidad (DM) 59.6 plantas  $m^{-2}$ . En el complejo de maleza había especies herbáceas y semileñosas. A los 80 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT), los que incluyeron rastra, chapeo y 2,4-D, la CI y CM no fueron estadísticamente diferentes ( $p > 0.05$ ) al tratamiento testigo (9 y 90%, respectivamente), mientras que con aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, metsulfurón metil, y amynopiraldid + metsulfurón metil se presentaron las mayores CI (59-69%) y las menores CM (15 a 36%). A los 60 DDAT, la DM en los tratamientos de rastra y chapeo fue similar a la condición inicial de la pradera, y en los tratamientos de CQM y el testigo la DM disminuyó a menos de 14 plantas  $m^{-2}$ ; la DI no cambió por efecto de los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Debido al mayor control de la maleza, a los 80 DDAT, se registró la mayor biomasa de pasto Insurgente en los tratamientos de CQM (2,722 a 3,522 kg MS  $ha^{-1}$ ) y menor biomasa de maleza (577 a 1,310 kg MS  $ha^{-1}$ ). Se concluye que el control de maleza con el uso de herbicidas mejoró la condición de la pradera y la producción de biomasa del pasto Insurgente se incrementó.

**Palabras clave:** Cobertura vegetal, densidad de plantas y biomasa.

## 4.2. ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the use of disking, fertilizing (46-23-00 of N, P and K), hand-cutting and chemical weed control (CWC) on rehabilitate of Insurgente palisade grass sward. The experiment was conducted from August to December 2012 in a randomized complete block arrangement. The evaluated variables were: plants coverage, plants density and herbage mass. The sward initial condition was as follows: Insurgente palisade grass coverage (IC) 17% and plant density (ID) 2.7 plants m<sup>-2</sup>; broadleaf weeds coverage (WC) 69% and density (WD) 59.6 plants m<sup>-2</sup>. The weeds variability were integrated by herbaceous and semiwoody species. After 80 days of treatments application, there were not statistical differences among those treatment: disking, hand-cutting, 2,4-D and control on IC, WC ( $p > 0.05$ ), whereas with aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, metsulfuron methyl and metsulfuron methyl + amynopiralid were observed the highest (59 to 69%) IC and the lowest (15 to 36%) WC. With disking and hand-cutting treatments the WD was similar to the sward initial condition, but in CWC and control treatments the WD decreased to less than 14 plants m<sup>-2</sup>, after 60 days of treatment application. The ID did not changed by treatments effects ( $p > 0.05$ ). Due to a good weeds control the highest herbage mass of Insurgente palisade grass was recorded in treatments with CWC (2,722 to 3,522 kg DM ha<sup>-1</sup>) and the lowest weeds herbage mass (577 to 1,310 kg DM ha<sup>-1</sup>). It is concluded that weed control using herbicides improves sward condition and herbage production of Insurgente palisade grass.

**Keywords:** Plants coverage, plants density and herbage mass.

### 4.3. INTRODUCCIÓN

En México, el estado de Veracruz es el entidad con mayor población de bovinos, tiene un inventario de 3.77 millones de cabezas, y ocupa el primer lugar en producción de carne y el quinto en producción de leche de bovino (SIAP, 2013). En el estado, el sistema de explotación predominante de la ganadería es el doble propósito, en el cual, la principal fuente de alimentación del ganado lo constituyen las praderas (Calderón *et al.*, 2007), dedicándose al cultivo de pastos 1.04 millones de hectáreas y 704 mil hectáreas de pastos no cultivados (INEGI, 2007). Otra fuente indica que en el estado se dedica a la ganadería 3.6 millones de hectáreas, donde más de 126 mil productores se desempeñan en estas actividades, y casi millón y medio de veracruzanos dependen de la actividad pecuaria (Gobierno del Estado de Veracruz, 2014).

Desde inicios de la década de los 90's, en la región tropical de México se ha incrementado el uso de las especies del género *Urochloa* (Holmann *et al.*, 2004). La especie *Urochloa brizantha*, (Hochst. ex A. Rich) R. Webster cv. Insurgente ha tenido gran aceptación entre los productores por sus características sobresalientes, como altas tasas de crecimiento, buena calidad nutrimental, altamente consumida por el ganado y resistencia a la mosca pinta o salivazo (*Aeneolamia* spp y *Prosapia* spp.) (Enríquez *et al.*, 1999; Enríquez y Romero, 1999).

La productividad de una pradera disminuye por efecto de varios factores: uso de especies no aptas para las condiciones ambientales, el sobrepastoreo, la incidencia de plagas y enfermedades, el establecimiento en zonas con suelos frágiles, el agotamiento de los nutrimentos del suelo ocasionado por la extracción de éstos, el bajo o nulo uso de fertilizantes, la elevada infestación de maleza herbácea y arbustiva, y las quemas indiscriminadas (González y Meléndez, 1980; Spain y Gualdrón, 1991; Modesto y Mascarenhas, 2001; Boddey *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2007).

Una pradera degradada soporta menos de 0.5 UA ha<sup>-1</sup>, mientras que una pradera recién establecida puede soportar 2 o más UA ha<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2004); por lo tanto, la disminución de la producción de una pradera afecta directamente la productividad de la unidad de producción, disminuye la producción animal y se incrementan los costos (Padilla *et al.*, 2009). El proceso de degradación se inicia con pérdida de vigor de las plantas, se manifiesta en las hojas por un bajo índice de verdor, hojas angostas y baja capacidad de rebrote; como consecuencia se presenta pérdida de la cobertura y densidad de plantas de la especie deseable, generando espacios, lo que permite el desarrollo de las especies indeseables, malezas de hoja ancha y gramíneas nativas o dejando suelo descubierto que favorece la compactación por el pisoteo de los animales, lo cual provoca una baja producción de forraje (Oliveira *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Padilla y Sardiñas, 2005; Rincón, 2006; Padilla *et al.*, 2009). La recuperación o rehabilitación de una pradera consiste en restituir su capacidad productiva por unidad de área y por unidad animal, hasta alcanzar niveles ecológicos y económicos aceptables. El término supone la presencia de una o más especies forrajeras deseables que son susceptibles de ser conservadas (Spain y Gualdrón 1991). Por esta razón, se debe tener presente, que las especies deseables tengan una presencia aceptable en la composición botánica en el momento de aplicar alguna labor de recuperación del pastizal (Padilla y Sardiñas, 2005). Algunas de las prácticas que se utilizan para incrementar la población y producción de la especie deseable son labores agrícolas para mejorar las propiedades físicas del suelo, fertilización, control de malezas y resiembra (Cuesta *et al.*, 2002). La eficacia del control químico de la maleza depende de las especies presentes, del herbicida y de la concentración a la cual se aplica el herbicida (Barros y Victoria-Filho, 2002; Benejam, 2006).

En cuencas ganaderas de Centroamérica, del 50 al 80% de las praderas presentan algún grado de degradación, por lo que su carga animal es inferior a un 40% en relación a las pasturas que reciben un manejo apropiado (Holmann *et al.*, 2004). En las áreas tropicales del centro de Veracruz es común detectar praderas degradadas en diferentes grados; aunque no existe una cuantificación precisa de la magnitud de este problema, se estima que el porcentaje de praderas con algún

grado de degradación podría ser semejante al que se presenta en Centroamérica. La rehabilitación de las praderas degradadas podría incrementar la productividad de los ganaderos de la región, al incrementar el número de animales que pueden sustentar las praderas. Por esta razón, se condujo un experimento con el objetivo de determinar el efecto de la rastra, fertilización, chapeo manual y control químico de maleza sobre la recuperación de una pradera de pasto Insurgente en un área tropical del centro del estado de Veracruz.

#### **4.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **4.4.1. Localización del Experimento y Período de Estudio**

El experimento se realizó en una pradera degradada del pasto *Urochloa brizantha*, (Hochst. ex A. Rich) R. Webster cv. Insurgente, ubicada en el ejido Rincón de Pérez, en el municipio de Medellín, Veracruz, ésta se localiza a los 18° 56'01.3" de latitud norte y 96° 12' 19.7" de longitud oeste a 17 m de altitud. El clima es Aw<sup>1</sup>(w)eg, cálido húmedo, de humedad media, con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 1,300 mm y temperatura de 25 °C (García, 2004). El suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa. El experimento se realizó de agosto a diciembre de 2012.

##### **4.4.2. Caracterización de la Pradera**

Para el análisis del suelo, se hicieron recorridos en zig-zag en el lote experimental, y mediante una barrena holandesa se tomaron 30 muestras a una profundidad de 0 a 20 cm, con las cuales se formó una muestra compuesta de 3 kg, la cual se analizó en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos del *Campus* Montecillo del Colegio de Postgraduados. Para la caracterización de la vegetación presente en la pradera se realizaron 66 muestras de 1 m<sup>2</sup> distribuidas aleatoriamente en cada bloque experimental; en cada muestra se hizo una

estimación visual de la cobertura, determinando la superficie ocupada por el pasto Insurgente y maleza. En la misma muestra se contó el número de plantas de malezas y de pasto Insurgente; con estos datos se calcularon la cobertura, densidad y frecuencias absolutas y relativas para cada especie y se les determinó el valor de importancia (Cox, 1980).

#### **4.4.3. Tratamientos y Diseño Experimental**

Se evaluaron 11 tratamientos, los cuales corresponden cuatro a labor mecánica (rastra) y manual (chapeo) con y sin fertilización, seis a control químico de maleza y un testigo (sin control) (Cuadro 4.1). La fertilización se realizó manualmente con la fórmula 46-23-00 de N, P y K, se utilizó urea y superfosfato de calcio triple como fuente de nitrógeno y fósforo, respectivamente. El rastreo se realizó utilizando con rastra de 20 discos tirada por tractor, y el chapeo con machete a ras del suelo. La aplicación de los herbicidas se efectuó el 15 de agosto de 2012; se utilizó una aspersora motorizada de mochila, equipada con un aguilón con cuatro boquillas de abanico plano 8003, que proporcionó un gasto de 670 L ha<sup>-1</sup>. A todos los tratamientos de control químico se les adicionó un surfactante no iónico en dosis de 250 mL por 100 L de agua. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un arreglo en bloques al azar con tres repeticiones, en parcelas de 7 m x 10 m.

#### **4.4.4. Manejo de la Pradera**

Desde su establecimiento, en el año 2008, la pradera se ha manejado con pastoreo rotacional, utilizando vacas en producción y sus becerros; en la época seca fue sobrepastoreada y no se le aplicó fertilizante. Después de la aplicación de los tratamientos, el 15 agosto de 2012, hasta que se hizo la evaluación de producción de biomasa, en diciembre del 2012, la pradera no fue pastoreada.

**Cuadro 4.1. Tratamientos utilizados para la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz.**

Número	Tratamiento	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
1	Testigo	-
2	Chapeo	-
3	Chapeo + rastra	-
4	Chapeo + fertilización	-
5	Chapeo + fertilización + rastra	-
6	2,4-D amina	958
7	Aminopyralid + 2,4-D	27 + 540
8	Picloram + 2,4-D	60 + 600
9	Picloram + 2,4-D (2)	192 + 720
10	Metsulfurón metil	6
11	Aminopyralid + metsulfurón metil	24.9 + 3.8

i.a. = Ingrediente activo; Fórmula de fertilización = 46-23-00 de N, P y K; Chapeo = corte de la vegetación con machete.

#### 4.4.5. Variables Medidas

**Condiciones climatológicas.** Los datos de precipitación pluvial, evaporación y temperaturas máximas y mínimas durante el período de conducción del experimento se obtuvieron de la Estación Meteorológica de CONAGUA, ubicada en Paso del Toro, Medellín, Veracruz, que es la más cercana al sitio del experimento.

**Cobertura vegetal.** En cada parcela experimental se realizaron dos muestreos de 1 m<sup>2</sup> distribuidos al azar. Se hizo una estimación visual de la superficie ocupada por el pasto Insurgente, por las malezas y el suelo descubierto y se reportó en por ciento. Lo anterior se realizó a los 15, 30, 45, 60 y 80 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT).

**Densidad de plantas.** Se realizó en los mismos cuadros donde se midió la cobertura. Se contabilizó el número de plantas de malezas de hoja ancha y de pasto Insurgente a los 60 DDAT.

**Control de maleza.** La evaluación se realizó mediante la comparación visual de las parcelas que recibieron un tratamiento de rehabilitación de pradera con las parcelas sin tratamiento. Se utilizó la escala porcentual, de 0 a 100%, donde 0% significó que la maleza no fue afectada y 100% que fue completamente eliminada (Domínguez, 2011). Se hicieron evaluaciones a los 15, 30 y 45 DDAT.

**Biomasa.** A los 80 DDAT se cortó una muestra de vegetación en 4 m<sup>2</sup> por parcela a 5 cm de altura. Las muestras se separaron en maleza, gramíneas y pasto Insurgente; se pesó cada componente y se tomó una submuestra de 100 a 150 g a la que se le determinó el contenido de materia seca, en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante.

**Costos.** La determinación de los costos se hizo mediante encuestas a los productores sobre el precio que pagaban por labor mecánica y manual, la cantidad de jornales que ocupan para cada actividad y el pago por jornal. Los precios de fertilizantes y herbicidas se obtuvieron de proveedores de estos insumos, los cuales se ajustaron a una hectárea (CIMMYT, 1988). Con los datos de producción de forraje y costos, se calculó el costo marginal con la siguiente fórmula (Krugman y Wells, 2006):

$$\text{Costo marginal} = \frac{\text{Costo de } T_i}{MS \text{ de } T_i - MS \text{ del Testigo}}$$

Dónde:

MS = Materia seca acumulada del pasto Insurgente.

$T_i$  = *i*-ésimo tratamiento.

#### **4.4.6. Análisis de Datos**

Los datos de cobertura y control de maleza se transformaron con la función  $\arcsen\sqrt{\%}$  y se analizaron con el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) con un diseño en medidas repetidas. Los datos de densidad de plantas y biomasa se analizaron bajo el diseño de bloques al azar. La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$  (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2002).

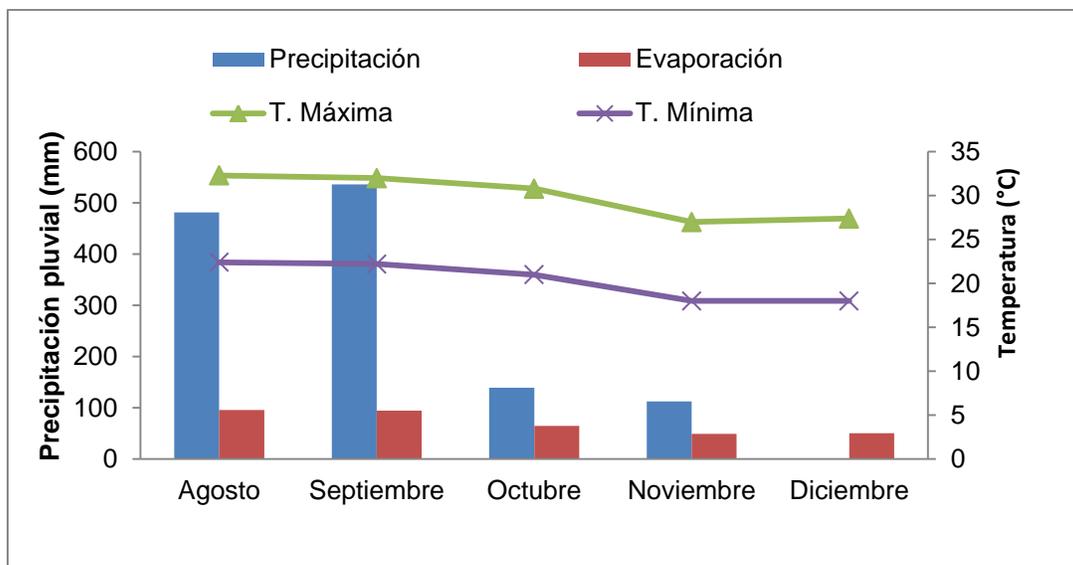
### **4.5. RESULTADOS**

#### **4.5.1. Condiciones Climatológicas**

La precipitación pluvial fue mayor a la evaporación en los meses de agosto a noviembre, y fue de 1269 y 303 mm, respectivamente; en el mes de diciembre esta condición cambió, y la evaporación fue mayor a la precipitación. La temperatura media máxima del período fue de 29.9 °C y la media mínima de 20.3 °C (Figura 4.1).

#### **4.5.2. Estado Inicial de la Pradera**

El análisis del suelo indicó que es de textura franco arcillo limosa, con pH de 6.6 y conductividad eléctrica baja. Los valores de composición química variaron de medio a adecuado a excepción del fósforo y zinc, y la densidad aparente fue de 1.2 g cm<sup>-3</sup> (Cuadro 4.2).



**Figura 4.1. Condiciones climáticas durante el período experimental. Estación Meteorológica de CONAGUA, en Paso del Toro, Medellín, Veracruz.**

La pradera tenía una cobertura de pasto Insurgente de 17% y densidad de 2.7 plantas  $m^{-2}$ , con presencia de otras gramíneas con cobertura de 13%; en maleza de hoja ancha, la cobertura fue de 69% y la densidad de 59.6 plantas  $m^{-2}$ . Se identificaron 18 especies pertenecientes a diez familias botánicas: cuatro especies de la familia Fabaceae (*Desmodium* sp., *Aeschynomene americana* L., *Mimosa pudica* L. y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.) y dos especies de Malvaceae (*Sida acuta* Burm. f. y *Sida rhombifolia* L.). Las otras familias fueron: Acanthaceae, Amaranthaceae, Araceae, Asteraceae, Convolvulaceae, Curcubitaceae, Euphorbiaceae y Phyllanthaceae. La maleza de hoja de ancha con mayor valor de importancia fueron: *Desmodium* sp., *Aeschynomene americana* L., *Mimosa pudica* L., *Sida rhombifolia* L., *Baltimora recta* L., *Euphorbia hirta* L., y *Achyranthes indica* (L.) Miller, *Sida acuta* Burm. f. y *Xanthosoma* sp. Estas especies también tuvieron mayor cobertura, frecuencia y densidad de plantas (Cuadro 4.3). En la imagen Figura 4.2 se muestra el aspecto de la condición inicial de la pradera.

**Cuadro 4.2. Características del suelo de 0 a 20 cm de profundidad en la pradera de pasto Insurgente ubicada en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz.**

<b>Determinación</b>	<b>Contenido</b>
Arena	17%
Arcilla	29%
Limo	54%
Textura	Franco arcillo limoso
pH (suelo:agua 1:2)	6.6
Conductividad eléctrica (1:5 H <sub>2</sub> O)	0.1 mmhos/cm
Materia orgánica	2.0%
N-NO <sub>3</sub>	34 ppm
N-NH <sub>4</sub>	9 ppm
Fósforo	8 ppm
Potasio	234.6 ppm
Calcio	1182.4 ppm
Magnesio	437.6 ppm
Sodio	23.0 ppm
Hierro (DTPA)	58 ppm
Cobre (DTPA)	1 ppm
Zinc (DTPA)	1 ppm
Manganeso (DTPA)	33 ppm
Densidad aparente	1.2 g cm <sup>-3</sup>

**Cuadro 4.3. Composición florística y valor de importancia de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez al inicio del experimento.**

Familia	Especie	Cobertura (%)	Densidad (Plantas m <sup>-2</sup> )	Frecuencia (%)	V. I
Poaceae	Insurgente	17 b	2.7 c	20.3 ab	36 c
Poaceae	Otras gramíneas	13 bc			
Fabaceae	<i>Desmodium</i> spp.	25 a	29.9 a	21.3 a	90 a
Fabaceae	<i>Aeschynomene americana</i> L.	13 bc	16.3 b	20.7 a	54 b
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	8 cd	4.0 c	16.0 abc	26 cd
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	7 cde	1.4 c	14.0 bc	19 de
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i> L.	5 de	1.0 c	10.3 cd	14 de
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i> L.	1 e	2.0 c	11.0 cd	11 de
Amaranthaceae	<i>Achyranthes indica</i> (L.) Miller.	2 de	1.3 c	10.3 cd	11 de
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	2 de	0.6 c	6.7 de	8 e
Araceae	<i>Xanthosoma</i> sp.	2 de	0.6 c	6.3 de	7 e
Varias	Varias	4 de	2.5 c		
Total de malezas de hoja ancha		69	59.6		

V. I. = Valor de Importancia. Letra diferente en columna indica diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

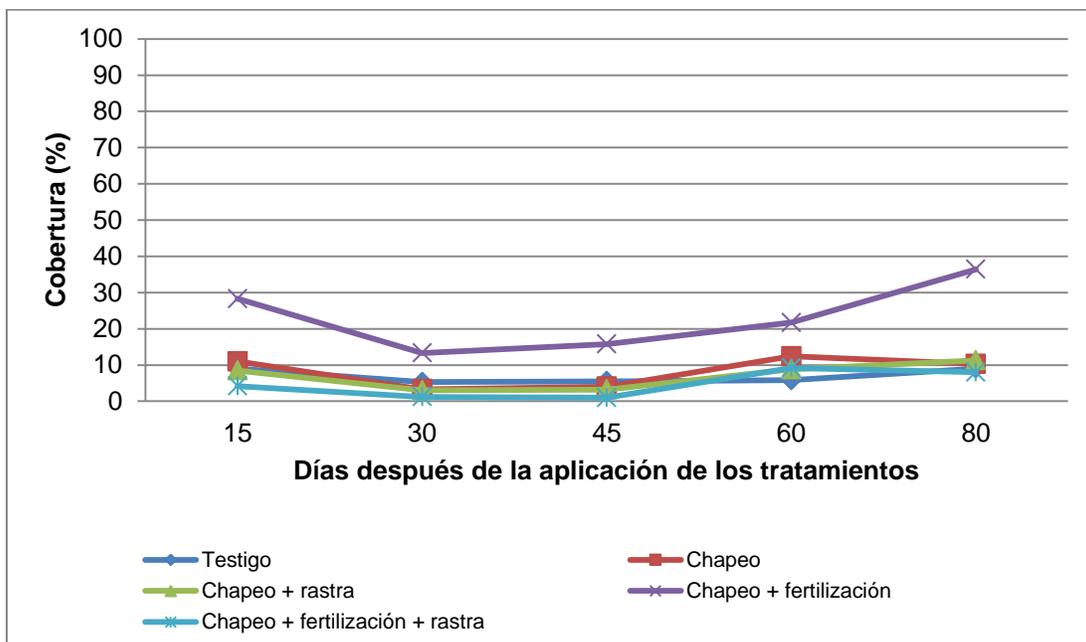


**Figura 4.2. Imágenes de la condición inicial de la pradera de pasto Insurgente en el ejido Rincón de Pérez, Medellín, Veracruz.**

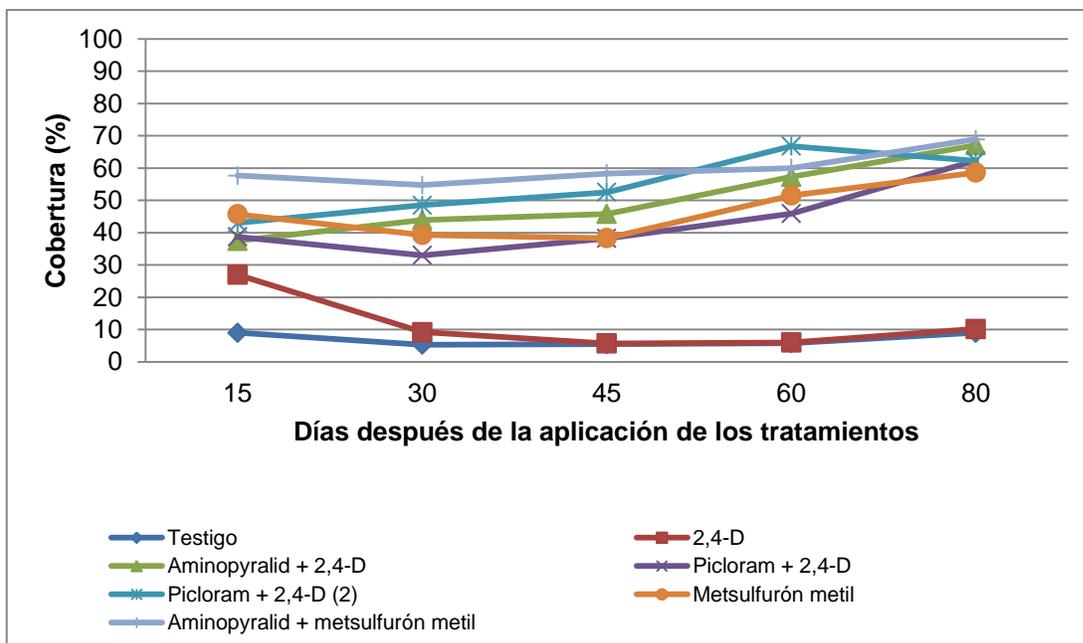
### 4.5.3. Cobertura

#### 4.5.3.1. Cobertura de pasto Insurgente

La cobertura del pasto Insurgente se modificó ( $p \leq 0.05$ ) por efecto de los tratamientos y el tiempo (Figura 4.3 y 4.4). La cobertura del pasto Insurgente en los tratamientos que incluyeron rastra, chapeo con y sin fertilización tuvieron una cobertura similar al testigo ( $p > 0.05$ ); de estos tratamientos, la combinación de chapeo + fertilización fue la que presentó mayor cobertura (36%) a los 80 DDAT (Figura 4.3). En Los tratamientos de control químico de maleza, la cobertura del pasto Insurgente fue estadísticamente diferente al testigo ( $p \leq 0.05$ ) a excepción del 2,4-D, el cual tuvo una tendencia similar a éste, los demás tratamientos superaron al testigo desde los 15 DDAT hasta el final del período de evaluación, a los 80 DDAT, llegando a tener coberturas que variaron del 59 al 69% (Figura 4.4).



**Figura 4.3. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de pasto Insurgente.**

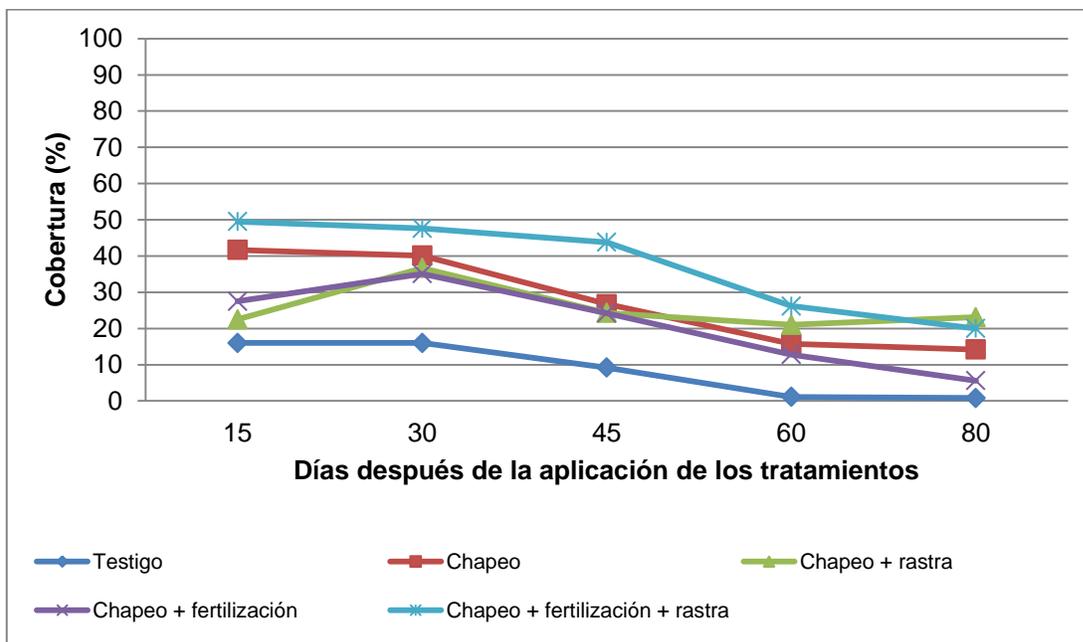


**Figura 4.4. Efecto del control químico de la maleza en la cobertura de pasto Insurgente.**

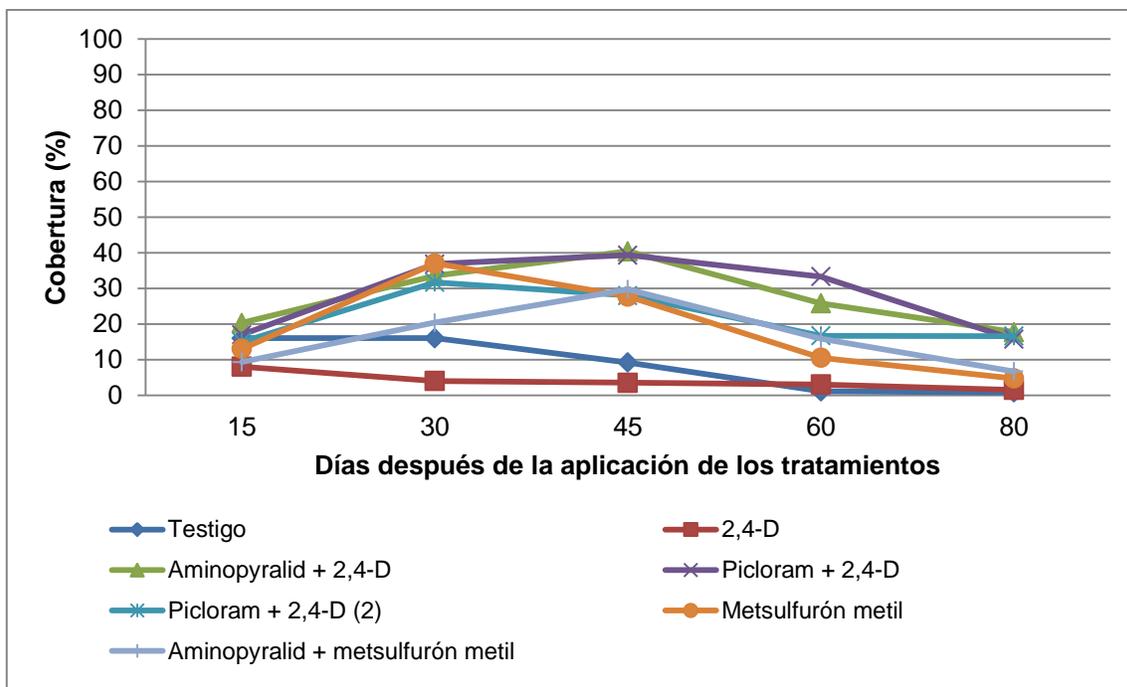
#### 4.5.3.2. Cobertura de otras gramíneas

La cobertura de otras gramíneas en la pradera cambió ( $p \leq 0.05$ ) en los tratamientos a través del tiempo (Figura 4.5). En los tratamientos que incluyeron rastra y chapeo, la mayor cobertura de otras gramíneas ocurrió a los 15 y 30 DDAT. El chapeo + fertilización + rastra y chapeo tuvieron los valores más altos, 49 y 41% respectivamente, los cuales fueron diferentes ( $p \leq 0.05$ ) al testigo (16%); posteriormente, la cobertura de otras gramíneas disminuyó en todos los tratamientos, y para 80 DDAT, todos los tratamientos tuvieron una cobertura de otras gramíneas menor al 20% y no hubo diferencia estadística entre éstos. En el control químico de maleza, la mayor cobertura de otras gramíneas se presentó a los 45 DDAT en aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, y aminopyralid + metsulfurón metil, con valores de 40.4, 39.3 y 29.7%, respectivamente. Asu vez, en picloram + 2.4-D (2) y metsulfurón metil lo anterior ocurrió a los 30 DDAT, los valores fueron de 31.7 y 37%, respectivamente. Después de este tiempo, la

cobertura de otras gramíneas disminuyó en todos los tratamientos a valores inferiores al 18%, sin diferencia estadística entre éstos. En 2,4-D, la cobertura de otras gramíneas se mantuvo por abajo del 10% durante todo el período de evaluación.



**Figura 4.5. Efecto de la rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Insurgente.**



**Figura 4.6. Efecto del control químico de maleza en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Insurgente.**

#### 4.5.3.3. Cobertura de maleza

La cobertura de maleza fue afectada por los tratamientos y el tiempo ( $p \leq 0.05$ ). Los tratamientos que incluyeron rastra, chapeo con o sin fertilización tuvieron la menor cobertura de maleza a los 15 DDAT, con valores oscilaron de 25 al 41%, siendo diferentes al del testigo (75%); para las siguientes fechas la cobertura de las malezas se incrementó, y a los 80 DDAT, ya no hubo diferencia estadística con el testigo (Figura 4.7). Con el herbicida 2,4-D, la cobertura de maleza tuvo un comportamiento similar al del testigo; mientras que en los otros herbicidas la cobertura de maleza fue menor ( $p \leq 0.05$ ) al testigo durante todo el período de evaluación (Figura 4.8).

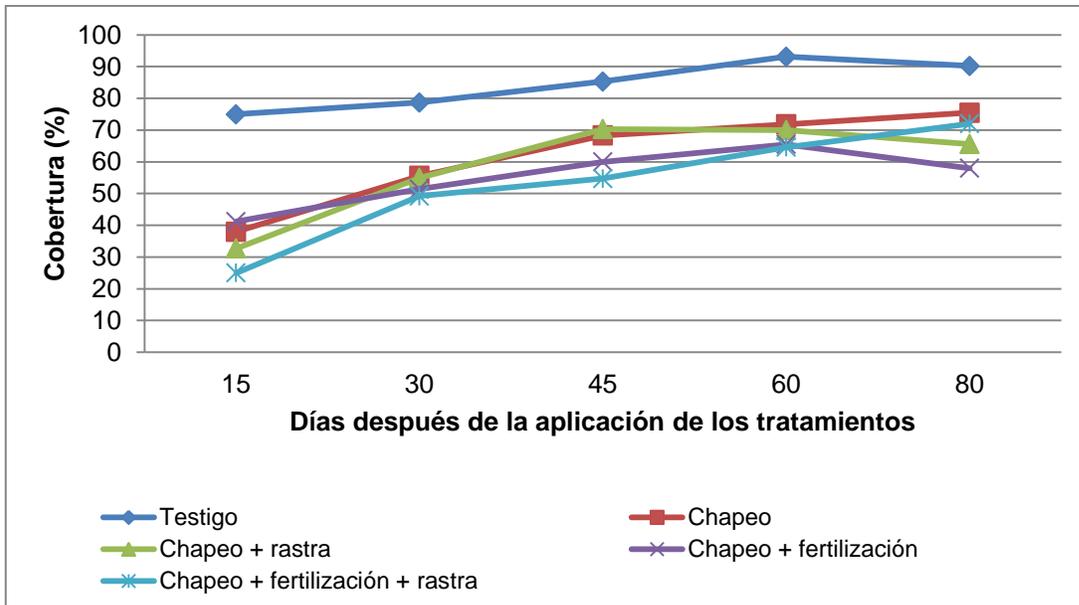


Figura 4.7. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la cobertura de malezas en la pradera de pasto Insurgente.

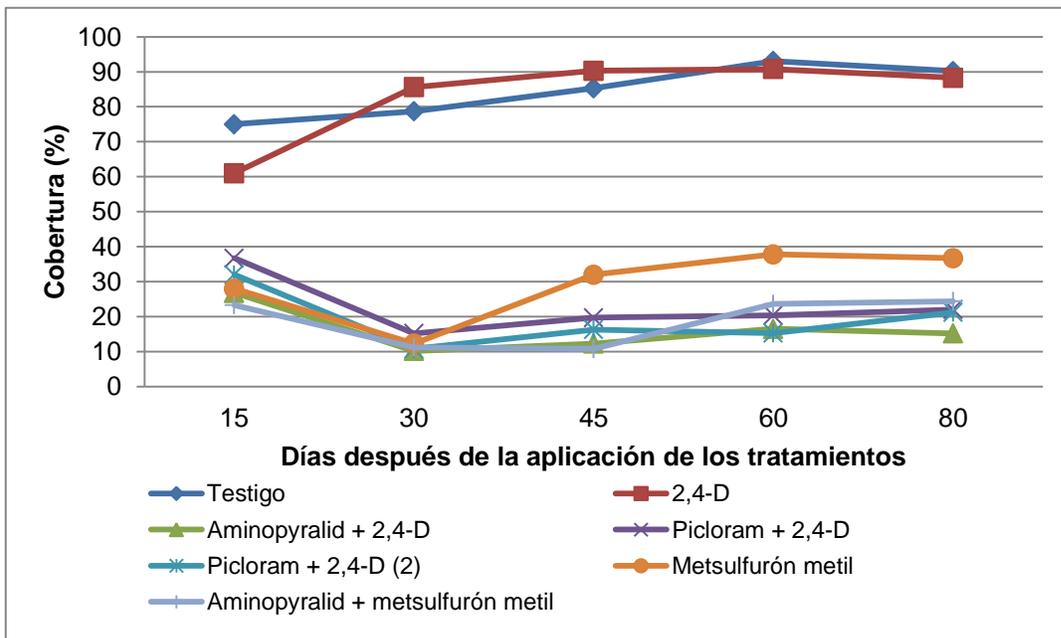
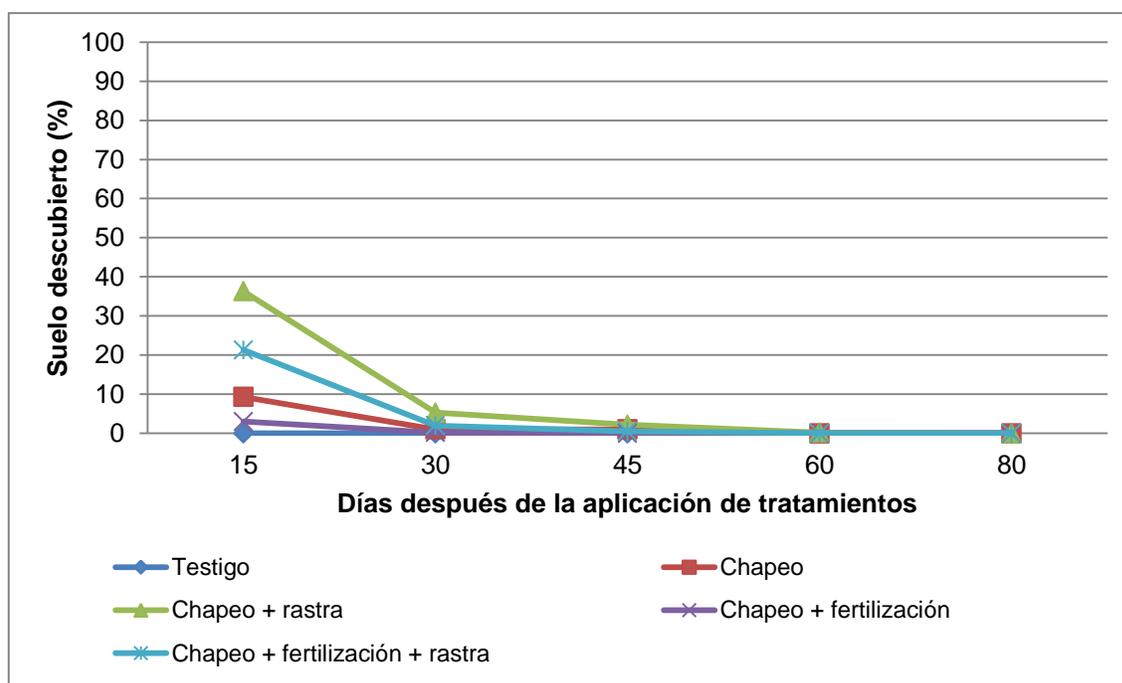


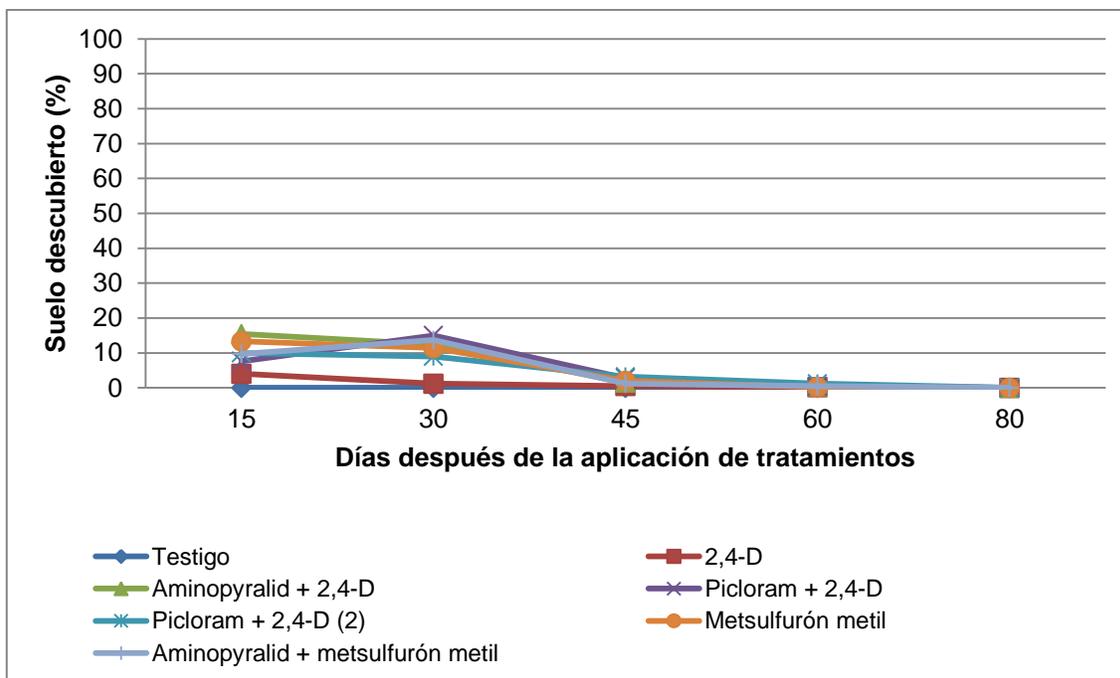
Figura 4.8. Efecto del control químico de la maleza en la cobertura de maleza en la pradera de pasto Insurgente.

#### 4.5.3.4. Porcentaje de suelo descubierto

El porcentaje de suelo descubierto cambió ( $p \leq 0.05$ ) en la pradera de pasto Insurgente por efecto de los tratamientos y el tiempo. A los 15 DDAT, en los tratamientos que incluyeron rastra ocurrió la mayor proporción de suelo descubierto; cuyos valores variaron de 36 a 21%; para los 30 DDAT el suelo descubierto disminuyó rápidamente a valores cercanos a cero (Figura 4.9). En los tratamientos de control químico de malezas no hubo diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos ni con el testigo, aunque a los 30 DDAT se observó la mayor proporción de suelo descubierto de éstos tratamientos (Figura 4.10).



**Figura 4.9. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en la proporción de suelo descubierto en la pradera de pasto Insurgente.**



**Figura 4.10. Efecto del control químico de maleza en la proporción de suelo descubierto en la pradera de pasto Insurgente.**

#### 4.5.4. Densidad de Plantas

##### 4.5.4.1 Densidad de plantas de pasto Insurgente

La cantidad de plantas de pasto Insurgente no presentó cambios significativos ( $p > 0.05$ ) por efecto de los tratamientos ni en relación al tiempo. La densidad del pasto Insurgente antes de aplicar los tratamientos fue de 2.7 plantas  $m^{-2}$  y a los 60 DDAT de 2.4 plantas  $m^{-2}$ , sin existir diferencia entre tratamientos (Cuadro 4.4).

**Cuadro 4.4. Densidad de pasto Insurgente (plantas m<sup>-2</sup>) al inicio del experimento y a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Inicial	60 DDAT
Testigo	-	1.6 a	1.0 a
Chapeo	-	2.7 a	2.5 a
Chapeo + rastra	-	2.7 a	1.6 a
Chapeo + fertilización	-	3.0 a	2.7 a
Chapeo + fertilización + rastra	-	1.8 a	1.1 a
2,4-D	958	1.6 a	1.2 a
Aminopyralid + 2,4-D	27 + 540	3.2 a	3.1 a
Picloram + 2,4-D	60 + 600	2.2 a	2.8 a
Picloram + 2,4-D (2)	192 + 720	3.3 a	3.3 a
Metsulfurón metil	6	3.8 a	3.6 a
Aminopyralid + metsulfurón metil	24.9 + 3.8	2.8 a	3.1 a
Promedio		2.7	2.4

í.a. = Ingrediente activo. Fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Chapeo = Corte de la vegetación con machete. Literales minúsculas diferentes en columna indican diferencia significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

#### 4.5.4.2. Densidad de plantas de maleza

La población de maleza se modificó por efecto de los tratamientos y el tiempo ( $p \leq 0.05$ ). En chapeo y chapeo + rastra, la densidad de malezas fue estadísticamente igual ( $p > 0.05$ ) en las dos fechas de evaluación, y en los demás tratamientos disminuyó la densidad de plantas ( $p \leq 0.05$ ). A los 60 DDAT, la menor densidad de malezas se observó en los tratamientos de control químico de maleza y el testigo, sin diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) entre éstos (Cuadro 4.5).

**Cuadro 4.5. Densidad de maleza (plantas m<sup>-2</sup>) en la pradera de pasto Insurgente al inicio y 60 días después de la aplicación de los tratamientos.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Inicial	60 DDAT
Testigo		52.8 Aa	13.8 Bc
Chapeo		69.8 Aa	57.0 Aa
Chapeo + rastra		51.8 Aa	62.8 Aa
Chapeo + fertilización		65.0 Aa	35.5 Bb
Chapeo + fertilización + rastra		69.3 Aa	50.0 Bab
2,4-D	958	70.2 Aa	8.2 Bc
Aminopyralid + 2,4-D	27 + 540	58.5 Aa	4.3 Bc
Picloram + 2,4-D	60 + 600	70.3 Aa	11.0 Bc
Picloram + 2,4-D (2)	192 + 720	47.3 Aa	2.7 Bc
Metsulfurón metil	6	58.2 Aa	6.0 Bc
Aminopyralid + metsulfurón metil	24.9 + 3.8	42.7 Aa	3.7 Bc
Promedio		59.6 A	23.2 B

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Chapeo = Corte de la vegetación con machete. Literales mayúsculas comparan valores en fila y literales minúsculas comparan valores en columna, diferentes literales indican diferencia significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

#### 4.5.5. Control de Maleza

En los tratamientos con rastra o chapeo, el mayor control de la maleza ocurrió al poco tiempo de aplicar los tratamientos, a los 15 DDAT fue del 94%, pero al transcurrir el tiempo, el control de la maleza disminuyó, y para los 60 DDAT, fue de 42, 22, 37 y 30% para chapeo + fertilización + rastra, chapeo + fertilización, chapeo + rastra y chapeo, respectivamente (Figura 4.11). En los tratamientos de control químico de maleza se incrementó el control de malezas con el tiempo, a excepción del 2,4-D, que no controló la maleza. El herbicida picloram + 2,4-D (2) es el tuvo mayor contro de maleza ( $p \leq 0.05$ ) al inicio del experimento (63%). A los 60 DDAT, la mayoría de los tratamientos de control químico controlaron entre el 70 y 80% de la maleza, a excepción del 2,4-D (Figura 4.12).

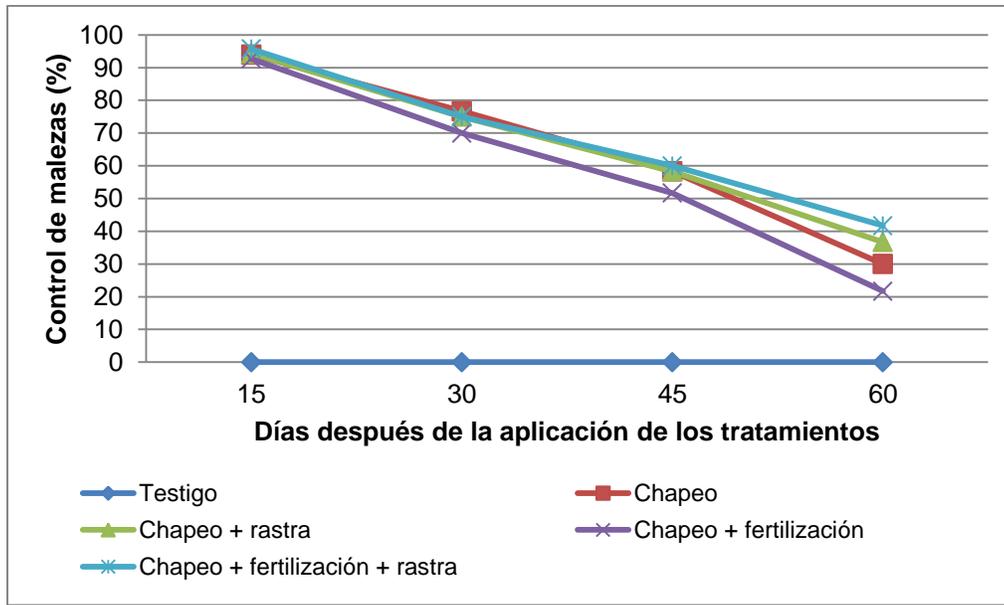


Figura 4.11. Efecto de rastra, chapeo con machete y fertilización en el control de maleza en la pradera de pasto Insurgente.

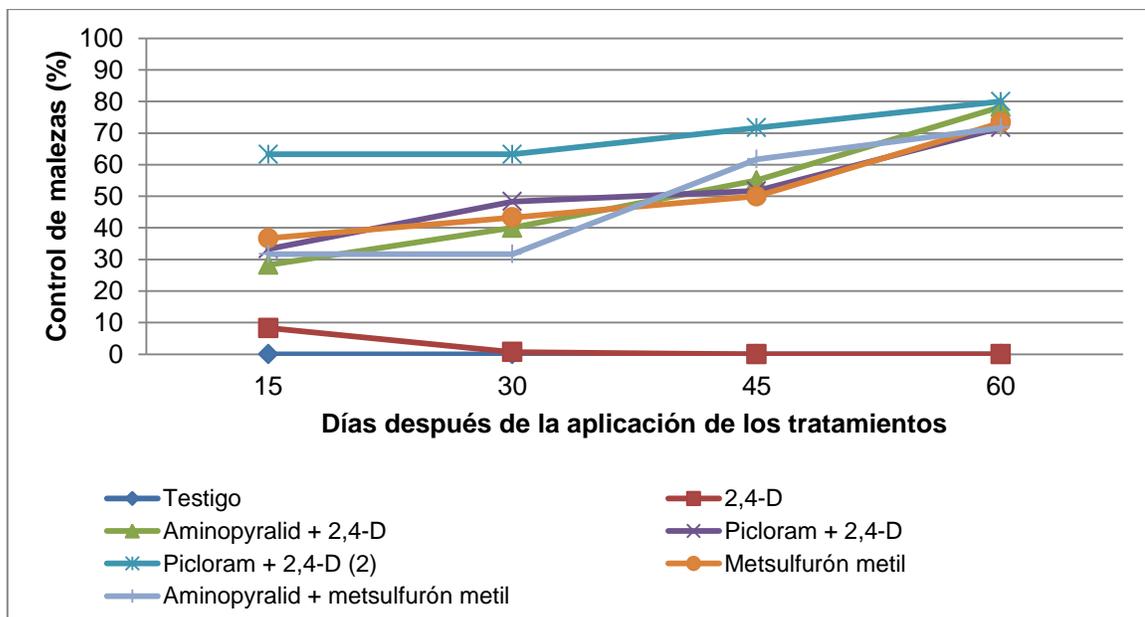


Figura 4.12. Efecto de diferentes herbicidas en el control de maleza en la pradera de Insurgente.

#### 4.5.6. Biomasa

La biomasa producida a los 80 DDAT presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en cantidad y composición botánica (Cuadro 4.6) entre los tratamientos. En biomasa total, la mayor acumulación fue en los tratamientos de control químico de maleza y testigo. En 2,4-D y en el testigo, la biomasa estuvo constituida en mayor proporción por maleza (71 y 80%, respectivamente), y la biomasa de pasto Insurgente fue de 18 y 9%, respectivamente. A su vez, en los tratamientos de aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, picloram + 2,4-D (2), aminopyralid + metsulfurón metil y metsulfurón metil, la maleza aportó de 8 al 22% de la biomasa total y el pasto Insurgente del 41 al 52%. En los tratamientos con rastra y chapeo se presentó la menor biomasa total; ésta estuvo constituida principalmente por maleza (51 al 59% del total) y la biomasa de pasto Insurgente fue de 9, 14, 28 y 18% en chapeo + fertilización + rastra, chapeo + rastra, chapeo + fertilizante y chapeo, respectivamente. El material muerto fue mayor en los tratamientos de control químico de maleza y menor en los tratamientos de labores agrícolas (Cuadro 4.6).

**Cuadro 4.6. Biomasa presente en la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar los tratamientos.**

Tratamiento	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Insurgente	Otras Gramíneas	Maleza	Material muerto	Total
Testigo	-	710 bc	68 a	6062 a	714 bc	7554 abc
Chapeo	-	695 bc	812 a	2083 b	205 c	3795 cd
Chapeo + rastra	-	555 c	914 a	2371 b	141 c	3981 bcd
Chapeo + fertilización	-	1338 bc	480 a	2442 b	515 bc	7775 bcd
Chapeo + fertilización + rastra	-	351 c	844 a	2199 b	314 c	3708 d
2,4-D	958	1662 bc	15 a	6577 a	979 abc	9233 a
Aminopyralid + 2,4-D	27+540	3522 a	1692 a	577 b	1780 ab	7571 abc
Picloram + 2,4-D	60+600	3132 a	1816 a	1130 b	1047 abc	7125 abcd
Picloram + 2,4-D (2)	192+720	3412 a	1857 a	742 b	1694 ab	7705 ab
Metsulfurón metil	6	3117 a	245 a	1310 b	1375 abc	6047 abcd
Aminopyralid + metsulfurón metil	24.9+3.8	2722 ab	452 a	1234 b	2168 a	6576 abcd

i.a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos. Letras diferentes en columna indican diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Chapeo=Corte de la vegetación con machete.

#### 4.5.7. Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera

Los costos unitarios, de rastra, fertilizantes, jornales y herbicidas utilizados para la rehabilitación de la pradera, para noviembre del 2014, se reportan en el Cuadro 4.7. Para el cálculo de los costos, se consideró un jornal para la aplicación fertilizantes, dos para la aplicación de los herbicidas y diez para el chapeo con machete.

**Cuadro 4.7. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Insurgente.**

<b>Herbicidas</b>	<b>Contenido de i.a.</b>	<b>Costo</b>
2,4-D	479 g L <sup>-1</sup>	90 \$ L <sup>-1</sup>
Aminopyralid + 2,4-D	9 + 180 g L <sup>-1</sup>	141 \$ L <sup>-1</sup>
Picloram + 2,4-D	15 + 150 g L <sup>-1</sup>	85 \$ L <sup>-1</sup>
Picloram + 2,4-D	64 + 240 g L <sup>-1</sup>	214 \$ L <sup>-1</sup>
Metsulfurón metil	600 g kg <sup>-1</sup>	100 \$ L <sup>-1</sup>
Aminopyralid + metsulfurón metil	621.3 + 94.5 g kg <sup>-1</sup>	180 \$ L <sup>-1</sup>
<b>Fertilizantes</b>		
Urea		6.6 \$ kg <sup>-1</sup>
Superfosfato de calcio triple		6.6 \$ kg <sup>-1</sup>
<b>Actividad</b>		
Rastra		600 \$ ha <sup>-1</sup>
Jornales		150 \$ jornal <sup>-1</sup>

i. a. = Ingrediente activo.

El tratamiento más costoso fue el chapeo + rastra + fertilización y los menos costosos fueron los tratamientos de control químico de maleza; de éstos, el metsulfurón metil y la mezcla aminopyralid + metsulfurón metil fueron los más económicos. Los tratamientos chapeo + fertilización + rastra, chapeo + rastra y

chapeo tuvieron un valor marginal negativo, lo que indica hubo pérdidas con la inversión realizada, debido a que se hizo un gasto, y además la producción de forraje fue menor que en el testigo. El resto de los tratamientos tuvieron un costo marginal positivo, lo cual representa que se tuvo un beneficio en la producción de forraje; con los tratamientos de metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil se obtuvo el menor costo por kilogramo de forraje extra (Cuadro 4.8).

**Cuadro 4.8. Costo total y marginal de los tratamientos para rehabilitar la pradera de pasto Insurgente.**

Tratamiento	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$ ha <sup>-1</sup> )	Biomasa acumulada (kg MS ha <sup>-1</sup> )	Costo marginal (\$ Kg <sup>-1</sup> MS)
Testigo	-	0	710	-
Chapeo	-	1500	695	-100
Chapeo + rastra	-	2100	555	-13.5
Chapeo + fertilizante	-	2640	1338	4.2
Chapeo + rastra + fertilizante	-	3240	351	-9.0
2,4-D	958	480	1662	0.5
Aminopyralid + 2,4-D	27 + 540	723	3522	0.25
Picloram + 2,4-D	60 + 600	640	3132	0.26
Picloram + 2,4-D (2)	192 + 720	942	3412	0.35
Metsulfurón metil	6	400	3117	0.17
Aminopyralid + metsulfurón metil	24.9 + 3.8	396	2722	0.20

i. a. = Ingrediente activo. Fórmula de fertilización = 46-23-00 de NPK. Chapeo = Corte de la vegetación con machete.

#### 4.6. DISCUSIÓN

La pradera en que se realizó el estudio tenía una baja cobertura de pasto Insurgente (16.7%) y alta cobertura de maleza (69.1%), principalmente especies de hoja ancha, y había presencia de otras gramíneas (13.2%). Además, la densidad del pasto Insurgente fue de 2.7 plantas m<sup>-2</sup>, valor inferior a la densidad óptima (Ara *et al.*, 2004); este estado de la pradera se consideró como degradación avanzado de acuerdo a la clasificación de Lira *et al.* (2006). En chapeo, chapeo + rastra con y sin fertilización, y el herbicida 2,4-D amina, la

cobertura de maleza de hoja ancha y otras gramíneas fue superior al 61%, lo que indica que la condición de la pradera no mejoró, permaneciendo como el testigo en degradación avanzada. Por el contrario, en aminopiralyd + 2,4-D, picloram + 2,4-D, picloram + 2,4-D (2), metsulfurón metil y aminopirayd + metsulfurón metil la cobertura de las especies indeseables disminuyó a valores entre 31 y 41%, por lo que la pradera llegó a un nivel de degradación moderada (Lira *et al.*, 2006).

Los tratamientos chapeo, chapeo + rastra, chapeo + fertilización, chapeo + fertilización + rastra no fueron eficientes para rehabilitar la pradera, y su condición fue similar a la del testigo (Figura 4.13). Ésto es debido a que estas labores no son selectivas, por lo que ocasionando daño a la maleza y a la especie de interés, provocando la aparición de áreas de suelo descubierto (Filho *et al.*, 1992; Silva *et al.*, 2004); además, estos tratamientos proporcionaron un control temporal de la maleza, debido a que sólo remueven parte de la planta, lo que permite la formación de nuevos rebrotes, y también hay emergencia de plantas nuevas a partir de las semillas presentes en el suelo (Silva y Dias-Filho, 2001; Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007); al crecer las plantas se aumenta la cobertura de la maleza y disminuye la superficie de suelo descubierto y de la especie deseable, lo cual concuerda con los resultados de otros autores (Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007; Esqueda y Tosquy, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010); esto se reflejó en una baja acumulación de biomasa del pasto Insurgente, resultados similares han sido reportados en los pastos Estrella de África, Llanero y Pangola (Esqueda y Tosquy, 2007; Pellegrini *et al.*, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010).



**Figura 4.13. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de realizar (a) chapeo y (b) chapeo + rastra.**

Los tratamientos picloram + 2,4-D, picloram + 2,4-D (2), metsulfurón metil y aminopirayd + metsulfurón metil mejoraron la condición de la pradera (Figura 4.14), debido al buen control del complejo de malezas sin ocasionar daño al pasto; lo anterior se debe a la acción sistémica de los herbicidas, lo que ocasionó la muerte de la mayoría de la población de maleza, evitando su rebrote (Valbuena y Acosta, 2006; Pellegrini *et al.*, 2007) y reflejándose en disminución en la cobertura y densidad de la maleza de hoja ancha. Debido a que la maleza compite por nutrientes y espacio con la especie de interés, y además inmovilizan nutrientes en sus tejidos (Moreno *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2007), al ser controladas dejaron mayor disponibilidad de nutrientes y espacio para crecimiento del pasto Insurgente, lo que favoreció su desarrollo, manifestándose en incremento en la cobertura y acumulación de biomasa de insurgente (Cuadros 3.5, 3.10), similar a lo observado por Esqueda y Tosquy (2007) en el pasto Pangola, Esqueda *et al.* (2009) en el pasto Estrella de África y Esqueda *et al.* (2010) en el pasto Llanero.



**Figura 4.14. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar control químico de la maleza.**

El hecho de que ninguno de los tratamientos de control químico de maleza haya controlado la totalidad de las especies de maleza de hoja ancha, probablemente se debe a que la eficacia con que los herbicidas controlan la maleza depende de la concentración a la cual se aplica el producto, la susceptibilidad de la planta al herbicida, el estado fenológico de la planta y el uso de surfactantes (Barros y Victoria-Filho, 2002; Esqueda *et al.*, 2005). En relación a lo anterior, en la pradera había varias especies en diferente estado fenológico, como *Sida rhombifolia* L., *S. acuta* Burm. f. y *Aeschynomene americana*, especies que son tolerantes a la acción de varios herbicidas (Barros y Victoria-Filho, 2002; Esqueda *et al.*, 2005; Tropical Forages, 2005). Estas especies no fueron controladas por los herbicidas y fueron las que aportaron más biomasa al componente maleza. En las parcelas que se aplicó 2,4-D, la maleza dominante fue *A. americana*, especie que es tolerante a este herbicida (Tropical Forages, 2005), y que cubrió el mayor espacio, por lo tanto no hubo un efecto favorable en la recuperación de la pradera (Figura 4.15).



**Figura 4.15. Apariencia de la pradera de pasto Insurgente a los 80 días después de aplicar el herbicida 2,4-D.**

Otro aspecto que también influyó en que no haya habido recuperación de la pradera del pasto Insurgente hasta a un nivel productivo, fue la baja densidad de macollos de Insurgente ( $2.4 \text{ plantas m}^{-2}$ ) lo cual está por debajo de la densidad de una pradera en óptimas condiciones, que es de 4 a  $8 \text{ plantas m}^{-2}$  (Ara *et al.*, 2004).

#### **4.7 CONCLUSIONES**

El chapeo, chapeo + rastra, chapeo + fertilización y chapeo + fertilización + rastra no fueron eficientes en la recuperación y mejoramiento de la condición de la pradera de pasto Insurgente.

El herbicida 2,4-D amina ( $958 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) no controló las especies *Aeschynomene americana* y *Sida rhombifolia*, en la pradera de pasto Insurgente, por lo que no fue eficiente en la recuperación de la pradera.

El control químico de maleza con metsulfurón metil ( $6 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) y las mezclas de aminopyralid + 2,4-D ( $27 + 540 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), aminopyralid + metsulfurón metil ( $24.9 + 3.8 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), picloram + 2,4-D ( $60 + 600 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) y picloram +

2,4-D (192 + 720 g i.a. ha<sup>-1</sup>) controlaron del 70 a 80% de la maleza, lo que disminuyó su cobertura e incrementó la cobertura y producción del pasto Insurgente, ocasionando una mejora en la condición de la pradera.

El control del 70 a 80% de la maleza en la pradera de pasto Insurgente no fue suficiente para recuperar la pradera hasta un nivel productivo debido a la baja densidad de plantas de este pasto en la pradera.

Los herbicidas metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil tuvieron el menor costo por kilogramo de forraje producido, al mejorar la producción de pasto Insurgente en la pradera.

#### 4.8 LITERATURA CITADA

- Ara, G. M., Reyes A. C., Ramos C. O. y Clavo P. Z. 2004. Fertilización con fósforo y control de malezas para el establecimiento de *Brachiaria brizantha* a escala comercial. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 15(2): 92-99.
- Barros, A. L. H. de e Victoria-Filho R. 2002. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guaxumas. Ciência Agrotecnologia 26(5): 888-899.
- Benejam, S. L. E. 2006. Técnicas de control de malezas en potreros. *In*: Tejos, M. R. (ed.). Memoria X Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Maracaibo, Venezuela. pp: 99-108.
- Boddey, R. M., Macedo R., Tarré R. M., Ferreira E., de Oliveira O. C., Rezende C. de P., Cantarutti R. B., Pereira J. M., Alves B. J. R. and Urquiaga S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 389-403.
- Calderón, R. R. C., Hernández V. J. O., Olazarán J. S., Ramírez G. J. J. M., Rosete F. J. V., Ríos U. A., Galaviz R. J. R., Vega M. V. E., Castañeda M. O. G., Aguilar B. U. y Lagunes L. J. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Núm. 18. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Sitio Experimental las Margaritas. Puebla, México. 133 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México. D. F. 79 p.

- Cox, G. W. 1980. Laboratory manual of general ecology. 4<sup>th</sup>. ed. Willian C. Brown Company Publisher. Dubuque, Iowa, USA. 237 p.
- Cuesta, M. P. A., Mateus E. H., Cajas G. S., Martínez A. J. y Sánchez V. C. 2002. Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones Caribe y Valles Interandinos. *In*: Cuesta, M .P. A. (ed.). Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos. Manual Técnico. Editorial CORPOICA. Tibaitatá, Colombia. pp: 29-40. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/CAPITULOSTRES.pdf>. Consultado el 23 de junio de 2011.
- Dias-Filho, M. B. 2007. Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. 3<sup>a</sup>. ed. EMBRAPA. Amazonia Oriental. Belén, PA, Brasil. 190 p.
- Domínguez, V. J. A. 2011. Metodología para la evaluación de herbicidas. *In*: Bojórquez, B. G., Rosales R. E., Zita P. G., Vargas T. V. y Esqueda E. V. A. (coords.). Manejo de malezas en México. Vol. 1. Maleza terrestre. Universidad Autónoma de Sinaloa. ASOMECEMA A. C. Culiacán, Sinaloa, México. pp: 53-68.
- Enríquez, Q. J. F., Meléndez N. F. y Bolaños A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7. División Pecuaria. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Enríquez, Q. J. F. y Romero M. J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33: 141-148.
- Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la productividad y calidad del pasto Estrella de

África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg). Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(3): 393-404.

Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2010. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto Llanero. Agronomía Mesoamericana 21(1): 145-157.

Esqueda, E. V. A. y Tosquy V. O. H. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Sent.). Agronomía Mesoamericana 18(1): 1-10.

Esqueda, E. V. A., Tosquy V. O. H. y Rosales R. E. 2005. Efectividad de la mezcla picloram y fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. Agronomía Mesoamericana 16(2): 187-192.

Filho, C. V. S., Monteiro F. A. e Corsi M. 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. Pasturas Tropicales 14(2): 2-6.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

Gobierno del Estado de Veracruz. 2014. Gana Veracruz la sede 2015 de la Convención Nacional Ganadera. Disponible en: <http://www.veracruz.gob.mx/blog/2014/05/20/gana-veracruz-la-sede-2015-de-la-convencion-nacional-ganadera/>. Consultado el 22 de abril de 2015.

González, M. J. A. y Meléndez N. F. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Boletín CA-6. 2ª. ed. SARH. H. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tabasco, México. 38 p.

Holmann, F., Argel P., Rivas L., White D., Estrada. R. D., Burgos C., Pérez E., Ramírez G. y Medina A. 2004. ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. Documento de Trabajo No. 196. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. International Livestock Research Institute. Cali, Colombia. 34 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. Censo Agropecuario 2007. Censo agrícola, ganadero y forestal. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx). Consultado el 19 de diciembre de 2013.

Krugman, P. and Wells R. 2006. Introducción a la economía. Microeconomía. Ruiz-Andújar, J. (coord. de traducción). Editorial Reverté. Barcelona, España. 537 p.

Lira, M. de A., dos Santos M. V. F., Dubeux Jr. J. C. B., Lira Jr. M. de A. e de Mello A. C. L. 2006. Sistemas de Produção de Forragem: Alternativas para Sustentabilidade da Pecuária. *In: Anais de Simpósios da 43ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ. João Pessoa, Brasil. pp.: 405-423.*

Modesto, J. M. S. e Mascarenhas R. E. B. 2001. Levantamento da infestação de plantas daninhas associada a uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. *Planta Daninha* 19(1): 11-21.

Moreno, G. L. E., Uribe F., Navia E. J. F., Parra F. y Reyes B. 2000. Capacitación a pequeños ganaderos. Manejo de praderas. No. 5. CORPOICA. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 50 p.

Oliveira, O. C. de, Oliveira I. P. de, Alves B. J. R., Urquiaga S. and Boddey R. M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of

*Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 289-300.

Padilla, C., Crespo G. y Sardiñas Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 43(4): 351-354.

Padilla, C. y Sardiñas Y. 2005. Degradación y recuperación de los pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 39(número especial): 515-521.

Pellegrini, L. G. de, Nabinger C., Faccio C. P. C. de e Neumann M. 2007. Diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis em pastagem nativa. Revista Brasileira de Zootecnia 36(5): 1247-1254.

Rincón, C. A. 2006. Factores de degradación y tecnología de recuperación de praderas. Llanos Orientales de Colombia. Boletín Técnico Núm. 49. 2ª. ed. CORPOICA, Villavicencio, Meta Colombia. 78 p.

SAS (Statistical Analysis System) Institute. 2002. Software Version 9 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Población ganadera 2003-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovino.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/bovino.pdf). Consultado el 10 de junio de 2014.

Silva, D. S. M. e Dias-Filho M. B. 2001. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com pastagens de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola* de diferentes idades. Planta Daninha 19(2): 179-185.

Silva, Ma. da C., Ferreira dos S. M. V., Batista D. Jr. J. C., Lira M. de A., Ydoyaga S. D. F., Farias I. e Santos F. V. dos. 2004. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1.

Aspectos Cuantitativos. Revista Brasileira de Zootecnia 33(6): 1999-2006. Supl. 2.

Spain J. M. y Gualdrón R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. *In*: Lascano, C. E. y Spain J. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencias y enfoques de investigación. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp: 269-283.

Steel, R. G. D. y Torrie J. H. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2ª. ed. Mc. Graw Hill. México, D. F. 622 p.

Tropical Forages. 2005. *Aeschynomene americana* L. Disponible en: <http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Overview.htm>. Consultado el 7 de noviembre de 2014.

Valbuena, N. J. y Acosta C. 2006. Control de malezas dicotiledóneas en los rendimientos del pasto Estrella (*Cynodon lemfuensis* Vanderyst). *In*: Tejos, M. R. (ed.). Memoria X Seminario Manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Maracaibo, Venezuela. pp: 34-42.

## CAPÍTULO V. CONTROL QUÍMICO DE MALEZA DE HOJA ANCHA PARA LA REHABILITACIÓN DE UNA PRADERA DE PASTO PANGOLA

### 5.1. RESUMEN

Debido a que, la productividad de las unidades de producción basadas en praderas es afectada por la baja producción de forraje en las praderas degradadas, se realizó este estudio con el objetivo de evaluar el efecto del control químico de la maleza con diferentes herbicidas (2,4-D amina, picloram + 2,4-D, metsulfurón metil) para recuperar la producción de una pradera de pasto Pangola, en clima cálido húmedo. El experimento se condujo de agosto a septiembre de 2013. Las variables medidas fueron cobertura vegetal, control y densidad de maleza, y biomasa. Al inicio, la pradera tenía una cobertura de pasto Pangola de 23%, otras gramíneas de 1% y maleza de 46%, y la densidad de maleza era de 28.7 plantas m<sup>-2</sup>. *Baltimora recta* L. fue la principal especie del complejo de maleza. Los tres herbicidas controlaron eficientemente el complejo de malezas, con valores que oscilaron entre 94 y 99%. A los 45 días después de aplicar los herbicidas, la cobertura de maleza con metsulfurón metil fue de 8%, y en los otros tratamientos no hubo maleza, mientras que en el testigo fue de 61%. A su vez, la cobertura de pasto Pangola varió del 89 al 96% con el control químico de maleza, y en el testigo fue de 39%. Debido al eficiente control de maleza, la biomasa del pasto Pangola fue mayor en los tratamientos de control químico, superando a la del testigo. Se concluye que con el control químico de maleza se mejoró la cobertura y la producción de la pradera de pasto Pangola.

**Palabras clave:** *Baltimora recta* L., *Digitaria decumbens* Stent, cobertura vegetal y biomasa.

## 5.2. ABSTRACT

Because the productivity of the production systems based on swards is influenced by the low herbage production of degraded sward. The aim of this study was to evaluate the effect of chemical weeds control with different herbicides (2,4-D amine, picloram + 2,4-D, metsulfuron methyl) on herbage production of a Pangola grass sward, in wet-warm climate. The experiment was conducted from August to September 2013. The measures were: weed control, coverage plants, weed density and Pangola grass herbage yield. Before to start the experiment the sward condition was: Pangola grass coverage 23%, other grasses 1% and weeds 46%; with 28.8 plants m<sup>-2</sup> of weeds. In the weed complex the principal specie was *Baltimora recta* L. The three herbicides effectively controlled the weeds (94 to 99%). After 45 days of herbicide application weeds coverage in metsulfuron methyl was 8% and in the other treatments did not have weeds, while in the control was 61%. At the same time the Pangola grass coverage had a range from 89 to 96% with chemical weeds control and in the control treatment was 39%. Due to a good weeds control had a higher herbage mass of Pangola grass in the chemical control. It is concluded that chemical weed control improved coverage and herbage production of Pangola grass.

**Keywords** *Baltimora recta* L., *Digitaria decumbens* Stent, plants coverage and herbage mass.

### 5.3. INTRODUCCIÓN

En la región tropical del estado de Veracruz la principal fuente de alimentación de la ganadería bovina lo constituyen las praderas (Calderón *et al.*, 2007). En el estado se dedican al cultivo de pastos 1.04 millones de hectáreas y 704 mil hectáreas de pastos no cultivados (INEGI, 2007). En los sistemas de producción animal basados en praderas, tanto la producción de forraje como la persistencia de ésta son factores importantes para la sostenibilidad del sistema (Ramírez *et al.*, 2011).

El pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Stent) es considerado una especie forrajera importante en la regiones tropicales y subtropicales (Canudas-Lara, 1988). Es una gramínea perenne de crecimiento rastrero, agresiva, resistente a plagas, de buen consumo por el ganado y de buen valor nutritivo. Se utiliza en pastoreo y para la elaboración de heno. En promedio una pradera produce de 11 a 22 t ha<sup>-1</sup> de materia seca (Canudas-Lara 1988; Enríquez *et al.*, 1999).

La producción de una pradera recién establecida puede soportar 2 U.A. ha<sup>-1</sup>. Con el tiempo, debido a varios factores, la producción de la pradera baja afectando la productividad de la unidad productiva, la producción animal disminuye y se incrementan los costos. Una pradera degradada, que ha perdido su capacidad de recuperación, soporta menos de 0.5 U.A. ha<sup>-1</sup> (Oliveira *et al.*, 2004; Padilla *et al.*, 2009).

La productividad de una pradera disminuye por efecto de varios factores, como el uso de especies no aptas para las condiciones ambientales, el sobrepastoreo, la incidencia de plagas y enfermedades, el establecimiento en zonas con suelos frágiles, el agotamiento de los nutrientes del suelo ocasionado por la extracción de nutrientes, y el bajo o nulo uso de fertilizantes, la elevada infestación de maleza herbácea y arbustiva, y las quemadas indiscriminadas (González y Meléndez, 1980; Spain y Gualdrón, 1991; Modesto y Mascarenhas, 2001; Boddey *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2004; Calderón *et al.*, 2007).

En las praderas localizadas en la región tropical de Veracruz hay una gran cantidad de maleza, constituida principalmente por plantas dicotiledóneas tanto herbáceas como arbustivas (Enríquez *et al.*, 1999; Esqueda *et al.*, 2005; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010). Estas plantas reducen la superficie aprovechable para el pastoreo, y compiten por espacio, luz, agua y nutrimentos, y además inmovilizan nutrimentos en sus tejidos, provocando la disminución de la producción de la pradera (Grice y Campbell, 2000; Moreno *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2007). Ha sido reportado por varios investigadores que la aplicación de herbicidas es uno de los métodos que tiene un mejor control de la maleza (Esqueda y Tosquy, 2007; Pellegrini *et al.*, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010). Por esta razón, se condujo este experimento con el objetivo de evaluar el efecto del control químico de maleza, con diferentes herbicidas, para recuperar la producción de una pradera degradada de pasto Pangola en la región central de Veracruz.

## **5.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.4.1. Localización del Experimento y Período de Estudio**

El experimento se realizó en una pradera de pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Stent) ubicada en el Campo Experimental La Posta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, en localidad de Paso del Toro, Medellín, Veracruz, a 19°00'32.2" latitud norte y 96°07'48.9" longitud oeste a 25 m de altitud. El clima es Aw<sup>1</sup>(w)eg, cálido húmedo, de humedad media, con lluvias en verano, precipitación anual de 1,300 mm y temperatura media anual de 25 °C (García, 2004). El suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa, con pH de 5.4 y contenido de materia orgánica de 2.6%. El experimento se condujo de agosto a septiembre de 2013.

#### 5.4.2. Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos evaluados fueron 2,4-D amina ( $958 \text{ g i.a ha}^{-1}$ ), picloram + 2,4-D ( $60 + 600 \text{ g i.a ha}^{-1}$ ), metsulfurón metil ( $6 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) y un testigo con maleza. La aplicación de los herbicidas se realizó el 7 de agosto de 2013; se utilizó una aspersora manual de mochila equipada con una boquilla de abanico plano 8003, que proporcionó un gasto de  $280 \text{ L ha}^{-1}$ , y se adicionó un surfactante no iónico en dosis de  $250 \text{ mL } 100 \text{ L}^{-1}$  de agua. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un arreglo de bloques al azar con tres repeticiones en parcelas de  $20 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ .

#### 5.4.3. Manejo de la Pradera

La pradera se manejó bajo condiciones de temporal y se le dio un paso de rastra a toda la pradera el 10 de julio de 2013, no se fertilizó y durante todo el período de estudio, no se permitió la entrada del ganado.

#### 5.4.4. Variables Medidas

**Control de maleza.** La evaluación se realizó mediante la comparación visual de las parcelas que recibieron tratamiento con los herbicidas con la parcela testigo. Se utilizó la escala porcentual, de 0 a 100%, donde 0% significó que las malezas no fueron afectadas y 100% fueron completamente eliminadas (Domínguez, 2011). Se hicieron evaluaciones a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT).

**Cobertura vegetal.** En cada unidad experimental se realizaron dos muestreos de  $1 \text{ m}^2$  distribuidos al azar. Se hizo una estimación visual de la superficie ocupada por el pasto Pangola, maleza y suelo descubierto, los datos se reportaron en porcentaje. Esto se realizó antes de aplicar los tratamientos y a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de tratamientos.

**Densidad de maleza.** Se realizó en el mismo muestreo donde se midió la cobertura. Se contó el número de plantas por especie de maleza de hoja ancha antes de aplicar los tratamientos y a los 45 DDAT.

**Altura.** Para medir la altura de las plantas se utilizó una regla de madera, graduada en centímetros. En cada unidad experimental se realizaron seis mediciones. La altura se tomó del suelo hasta el punto donde la hoja superior del dosel interceptaba a la regla. Se hicieron lecturas antes de aplicar los tratamientos y a los 15, 30 y 45 DDAT.

**Biomasa.** Se realizó un corte de la vegetación a 5 cm de altura del suelo, a los 45 DDAT, en un área de 1 m<sup>2</sup> por unidad experimental. Las muestras se pesaron y separaron en pasto Pangola, malezas, otras gramíneas y material muerto. Se registró el peso de cada componente y se tomó una submuestra de 100 a 150 g a la que se le determinó el contenido de materia seca, en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante.

**Costos.** La determinación de los costos se hizo mediante encuestas a los productores sobre el precio que pagaban por jornal y la cantidad de jornales que ocupan. Los precios de fertilizantes y herbicidas se obtuvieron de proveedores de estos insumos, y se ajustaron a una hectárea (CIMMYT, 1988). Con los datos producción de forraje y costos se calculó el costo marginal con la siguiente fórmula (Krugman y Wells, 2006):

$$\text{Costo marginal} = \frac{\text{Costo de } T_i}{MS \text{ de } T_i - MS \text{ del Testigo}}$$

Dónde:

MS = Materia seca acumulada del pasto pangola.

$T_i$  = *i*-ésimo tratamiento.

#### 5.4.5. Análisis de Datos

El análisis de los datos de las variables control de malezas, cobertura, altura y densidad se realizó con el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) con un diseño n bloques completos al azar con medidas repetidas. La biomasa se analizó con un diseño en bloques completos al azar. Los datos de cobertura y control de malezas se transformaron con la función  $\arcsen(\sqrt{\%})$ . La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey con  $p \leq 0.05$  (Steel y Torrie, 1988; SAS Institute, 2002).

### 5.5. RESULTADOS

#### 5.5.1. Estado Inicial de la Pradera

La condición de la pradera antes de aplicar los tratamientos fue la siguiente. La cobertura de pasto Pangola, otras gramíneas, malezas de hoja ancha, ciperáceas y suelo descubierto fue de 23, 1, 45, 1, y 30%, respectivamente. La densidad de maleza de hoja ancha y ciperáceas fue de 22.9 y 5.8 plantas  $m^{-2}$ . Las especies de maleza con mayor cobertura y densidad fueron *Baltimora recta* L. y *Ipomoea* sp. (Cuadro 5.1). Además, el pasto Pangola tenía una altura de 14 cm. En la Figura 5.1 se muestra el aspecto de la pradera antes de la aplicación de los tratamientos.



**Figura 5.1. Condición inicial de la pradera de pasto Pangola.**

**Cuadro 5.1. Cobertura vegetal y densidad de malezas inicial en la pradera de pasto Pangola en Paso del Toro, Medellín, Veracruz.**

<b>Especie</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Densidad (Plantas m<sup>-2</sup>)</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
Pasto Pangola	23 b		100 a
Otras gramíneas	1 d		42 abc
<i>Baltimora recta</i> L.	33 a	13.7 a	100 a
<i>Ipomoea</i> sp.	9 c	3.7 b	92 a
<i>Desmodium</i> spp.	1 d	2.9 b	79 ab
<i>Mimosa pudica</i> L.	1 d	1.3 b	67 abc
<i>Tridax procumbens</i> L.	1 d	1.3 b	54 abc
<i>Cyperus rotundus</i> L.	1 d	5.8 b	33 abc
Suelo descubierto	30 a		100 a

Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey con  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.2. Control de Maleza

Los tres tratamientos de control químico de maleza fueron estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ) al testigo durante todo el período de evaluación. A los 15 días después de la aplicación de los tratamientos, la mezcla picloram + 2,4-D presentó

mayor control de maleza (90%) que metsulfurón metil y 2,4-D; posteriormente se incrementó el control de maleza en los tres tratamientos de herbicidas (superior al 94%) y no se observó diferencia estadística entre ellos (Cuadro 5.2).

**Cuadro 5.2. Control de maleza de hoja ancha por diferentes herbicidas en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	0 Ad	0 Ab	0 Ab	0 d
Metsulfurón metil	50 Bc	94 Aa	94 Aa	79 c
Picloram + 2,4-D	90 Ba	99 Aa	99 Aa	95 a
2,4-D	62 Bb	98 Aa	98 Aa	86 b

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.3. Cobertura

#### 5.5.3.1. Cobertura de pasto Pangola

La cobertura del pasto Pangola se modificó ( $p \leq 0.05$ ) por efecto de los tratamientos y el tiempo. Durante todo el período experimental la cobertura de pasto Pangola en el testigo fue menor a la observada en los tres tratamientos de control químico de la maleza. A los 15 DDAT, la mayor cobertura se observó con picloram + 2,4-D y metsulfurón metil. A los 30 y 45 DDAT, ya no se presentaron diferencias estadísticas entre los tres tratamientos de control químico de maleza. Para los 45 DDAT, la cobertura del pasto Pangola varió de 89 al 96% en los tratamientos de control químico de maleza (Cuadro 5.3).

**Cuadro 5.3. Efecto del control químico de maleza en la cobertura del pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	27 Bc	32 ABb	39 Ab	33 b
Metsulfurón metil	70 Ba	83 Aa	89 Aa	81 a
Picloram + 2,4-D	73 Ba	96 Aa	95 Aa	88 a
2,4-D	60 Bb	93 Aa	96 Aa	83 a

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

#### 5.5.3.2. Cobertura de otras gramíneas

La cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Pangola no cambió ( $p > 0.05$ ) por efecto de los tratamientos ni el tiempo; los valores variaron del 0 al 3% (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4. Efecto del control químico de maleza en la cobertura de otras gramíneas en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	0 Aa	0 Aa	0 Aa	0 a
Metsulfurón metil	0 Aa	0 Aa	0 Aa	1 a
Picloram + 2,4-D	2 Aa	2 Aa	3 Aa	2 a
2,4-D	1 Aa	1 Aa	1 Aa	1 a

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.3.3. Cobertura de maleza

La cobertura de maleza presentó cambios significativos ( $p \leq 0.05$ ) por efecto de los tratamientos. Las parcelas con control químico presentaron menor cobertura de maleza que el testigo. A los 15 DDAT, el herbicida picloram + 2,4-D presentó menor cobertura de maleza (3%); para los 30 y 45 DDAT, la cobertura de malezas disminuyó y las menores coberturas se tuvieron en picloram + 2,4-D y 2,4-D, sin diferencia estadística entre éstos (Cuadro 5.5).

**Cuadro 5.5. Efecto de la aplicación de herbicidas en la cobertura de maleza de hoja ancha en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	73 Aa	68 Aa	61 Ba	67 a
Metsulfurón metil	20 Ab	15 Bb	8 Cb	14 b
Picloram + 2,4-D	3 Ad	0 Ac	0 Ac	1 c
2,4-D	14 Ac	1 Bc	0 Bc	5 c

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.3.4. Cobertura de material muerto

La cobertura de material muerto cambió ( $p \leq 0.05$ ) en la pradera de pasto Pangola por efecto de los tratamientos. En el testigo no se observó cobertura de este material. Por su parte, en los tratamientos con herbicidas, la mayor cobertura se observó a los 15 DDAT con picloram + 2,4-D y 2,4-D. Para los 30 y 45 DDAT, la cobertura disminuyó en todos los tratamientos, y a los 45 DDAT no se encontró diferencia estadística entre los herbicidas (Cuadro 5.6).

**Cuadro 5.6. Efecto del control químico de maleza en la cobertura del material muerto en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 b
Metsulfurón metil	1 Ab	1 Ab	1 Aab	1 b
Picloram + 2,4-D	8 Aa	2 Bb	2 Bab	4 a
2,4-D	8 Aa	4 Ba	3 Ba	5 a

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

#### 5.5.3.5. Porcentaje de suelo descubierto

El porcentaje de suelo descubierto fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos. A los 15 DDAT, la mayor proporción de suelo descubierto se observó con 2,4-D y picloram + 2,4-D. Para los 30 y 45 DDAT ya no se observó diferencia entre los tratamientos (Cuadro 5.7).

#### 5.5.4. Densidad de plantas de Maleza

La población de maleza se modificó por efecto de los tratamientos y el tiempo ( $p \leq 0.05$ ). A los 45 DDAT, en todos los tratamientos disminuyó la densidad de plantas de maleza. En esta fecha, la mayor densidad de maleza se observó en el testigo y en el tratamiento de metsulfurón metil.

**Cuadro 5.7. Efecto del control químico de maleza en el porcentaje de suelo descubierto en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	0 Ac	0 Aa	0 Aa	0 b
Metsulfurón metil	8 Ab	0 Ba	0 Ba	3 ab
Picloram + 2,4-D	14 Aa	0 Ba	0 Ba	5 a
2,4-D	17 Aa	1 Ba	0 Ba	6 a

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 5.8. Densidad de maleza (plantas  $m^{-2}$ ) inicial y a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT) en la pradera de pasto Pangola.**

Tratamiento	Inicial	45 DDAT
Testigo	25 Aa	5 Ba
Metsulfurón metil	35 Aa	4 Ba
Picloram + 2,4-D	26 Aa	0 Bb
2,4-D	25 Aa	0 Bb

Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.5. Altura de Pasto Pangola

La altura del pasto Pangola cambió ( $p \leq 0.05$ ) con el tiempo en los tratamientos. A los 15 DDAT, la mayor altura de planta se registró en el testigo (65 cm) y la altura más baja en el tratamiento de 2,4-D (40 cm). A los 30 DDAT, en el testigo se observó el pasto más alto, seguido de metsulfurón metil. Para el 45 DDAT la mayor altura de pasto Pangola se presentó en el testigo (92 cm); en los tratamientos de control químico de maleza, la altura varió de 72 a 80 cm (Cuadro 5.9).

**Cuadro 5.9. Efecto del control químico de maleza en la altura (cm) del pasto Pangola.**

Tratamiento	DDAT			Promedio
	15	30	45	
Testigo	65 Ca	83 Ba	92 Aa	80 a
Metsulfurón metil	50 Bb	71 Ab	72 Ab	64 b
Picloram + 2,4-D	50 Cb	61 Bc	79 Ab	63 b
2,4-D	40 Cc	63 Bc	80 Ab	61 b

DDAT=Días después de la aplicación de los tratamientos. Literales minúsculas comparan valores en columna, literales mayúsculas comparan valores en fila, diferente literal indica diferencia estadística (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.6. Biomasa

La biomasa total a los 45 DDAT no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) por efecto de tratamientos, pero sí fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) su composición botánica. En el testigo se presentó la biomasa de Pangola más baja (3,556 kg MS ha<sup>-1</sup>), y representó el 61% de la biomasa total, mientras que, en los tratamientos de control químico de maleza, fue del 88 al 92% de la materia seca total. En biomasa de maleza de hoja ancha, en los tres tratamientos de control químico, ésta fue inferior al 5% y en el testigo fue 35% de la biomasa total. La biomasa de otras gramíneas, con picloram + 2,4-D se observó la mayor biomasa, y entre los otros tratamientos no se presentó diferencia estadística. En material muerto no hubo diferencia entre tratamientos (Cuadro 5.10).

**Cuadro 5.10. Efecto del control químico de maleza en la biomasa (kg MS ha<sup>-1</sup>) acumulada en la pradera de pasto Pangola a los 45 días después de aplicar los tratamientos.**

Tratamiento	Otras			MM	Total
	Pangola	gramíneas	Maleza		
Testigo	3556 b	0 b	2074 a	236 a	5866 a
Metsulfurón metil	5277 a	0 b	246 b	197 a	5720 a
Picloram + 2,4-D	5165 a	497 a	0 b	117 a	5779 a
2,4-D	5768 a	56 b	80 b	615 a	6519 a

MM = Material muerto. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey con  $p \leq 0.05$ ).

### 5.5.7. Costos de los Métodos de Rehabilitación de la Pradera

Los costos unitarios de los jornales y herbicidas utilizados para la rehabilitación de la pradera, para noviembre del 2014, se reportan en el Cuadro 5.11. En el cálculo de los costos, se consideraron dos jornales por hectárea para la aplicación de los herbicidas.

El tratamiento más costoso fue el de picloram + 2,4-D, y también fue el que presentó el mayor costo marginal, es decir que cada kilogramo de pasto Pangola obtenido por el control de la maleza costó mas (\$ 0.40 kg<sup>-1</sup> de MS), mientras que con metsulfurón metil y con 2,4-D, el costo de cada kilogramo de pasto Pangola fue menor (Cuadro 5.12).

**Cuadro 5.11. Costos unitarios de los insumos y labores utilizados en la rehabilitación de la pradera de pasto Pangola.**

<b>Herbicidas</b>	<b>Contenido de i.a.</b>	<b>Costo</b>
2,4-D	479 g/L	90 \$ L <sup>-1</sup>
Picloram + 2,4-D	15 + 150 g/L	85 \$ L <sup>-1</sup>
Metsulfurón metil	600 g/kg	100 \$ 10 g <sup>-1</sup>
<b>Actividad</b>		
Jornales		150 \$ jornal <sup>-1</sup>

i.a. = Ingrediente activo.

**Cuadro 5.12. Costo total y marginal de los tratamientos de rehabilitación de la pradera de pasto Pangola.**

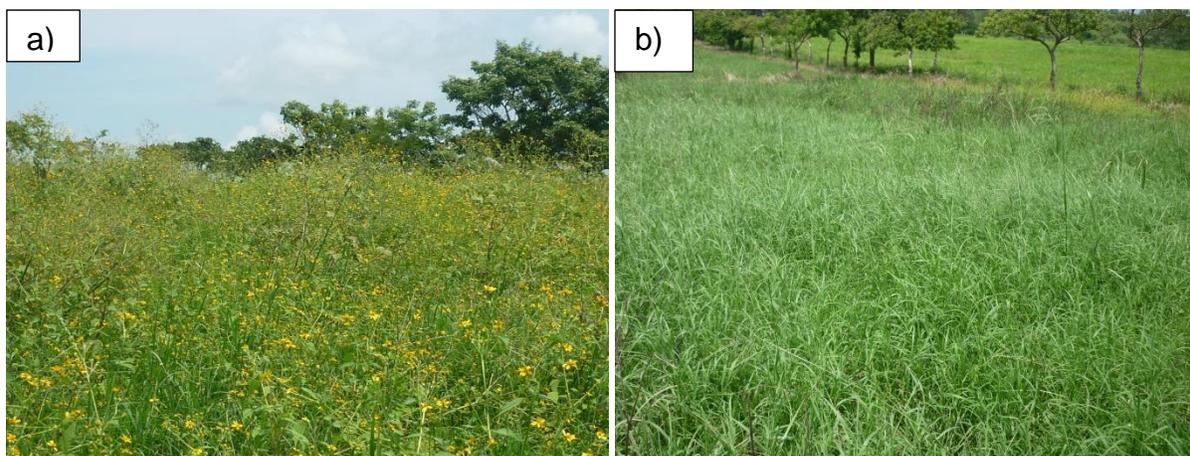
<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis</b>	<b>Costo</b>	<b>Biomasa acumulada</b>	<b>Costo marginal</b>
	(g i.a. ha <sup>-1</sup> )	(\$ ha <sup>-1</sup> )	(kg MS ha <sup>-1</sup> )	(\$ kg <sup>-1</sup> MS)
Testigo	-	0	3556	-
2,4-D	958	480	5768	0.22
Picloram + 2,4-D	60 + 600	640	5165	0.40
Metsulfurón metil	10	400	5277	0.23

i. a. = Ingrediente activo.

## 5.6. DISCUSIÓN

La pradera del estudio tenía una cobertura baja de pasto Pangola (23%) y alta cobertura de maleza de hoja ancha (45%) y suelo descubierto (30%). De acuerdo a la clasificación de Lira *et al.* (2006) la pradera tenía la condición de degradación moderada, y con los tratamientos de control químico de maleza llegó a un nivel de pradera productiva. En la Figura 5.2 se muestran un imágenes de la

condición de la pradera a los 45 días después de aplicar los tratamientos en el testigo y con control químico de la maleza.



**Figura 5.2. Aspecto de la pradera de pasto Pangola a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos en (a) el testigo y (b) con control químico de maleza.**

La mejora en la condición de la pradera se debió a que los tres herbicidas controlaron eficientemente la maleza (Cuadro 5.2) sin dañar al pasto Pangola. La eficiencia del control del complejo de malezas y su impacto en la mejora de la condición de la pradera con el uso de herbicidas ha sido reportado por Esqueda y Tosquy (2007) y Esqueda *et al.* (2009; 2010). El control de la maleza se manifestó en una disminución en la cobertura y densidad de maleza, y se incrementó la cobertura del pasto Pangola, lo que se explica debido a que las malezas compiten por nutrientes, luz y espacio con el pasto Pangola, y además inmovilizan nutrientes en sus tejidos; al ser controladas las malezas, éstos están disponibles para ser utilizados por la especie de interés (Moreno *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2003), favoreciendo su crecimiento y cubriendo las áreas de suelo descubierto. La cobertura de otras gramíneas se mantuvo baja durante todo el período de evaluaciones y hubo diferencias entre tratamientos, esto probablemente se debió a que ninguno de los herbicidas utilizados tuvo efecto en las gramíneas. La mayor cobertura del material muerto en los tratamientos de control químico a los 15 DDAT (Cuadro 5.6) fue debido al espacio que ocuparon las malezas que murieron

por la acción de los herbicidas, pero esta disminuyó con el tiempo debido a que a medida que el pasto Pangola fue creciendo, cubrió al material muerto y los espacios dejados por las malezas.

La altura del pasto Pangola se incrementó con el tiempo en todos los tratamientos; la mayor altura se presentó en el tratamiento testigo durante todo el período que duró el experimento, lo cual se debió a que el pasto usó a la maleza de soporte para tener un crecimiento en busca de la luz por el fototropismo de las plantas (Taiz y Zeiger, 2010).

Los cambios en la cobertura y densidad de plantas se reflejaron en una mayor biomasa acumulada del pasto Pangola en los tratamientos que se controló la maleza; a su vez, en el testigo la biomasa de insurgente fue menor y la de maleza mayor. Resultados similares han sido reportados por otros autores en los pastos Pangola, Estrella de África y Llanero (Esqueda y Tosquy, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Esqueda *et al.*, 2010). La biomasa del material presente en los tratamientos de control químico estuvo constituida por restos de maleza y material muerto de pasto Pangola, mientras que en el testigo, solo por material muerto de pasto Pangola; la formación de este material se debió a la escasa iluminación que llegó a la parte inferior del dosel, lo que ocasionó la senescencia de las hojas (Lemaire, 2001), esto se debió a que al crecer la maleza y pasto, el dosel interceptó más luz incidente, reduciendo la luz que llega a los estratos inferiores.

La mezcla de picloram + 2,4-D ha sido el tratamiento más utilizado por los productores para el control de malezas en los pastizales (Esqueda *et al.*, 2005). Los resultados de este ensayo indican que con metsulfurón metil y 2,4-D también se logra un buen control de la maleza, cuando el complejo de maleza es dominado por especies herbáceas, por lo que pueden ser utilizados en lugar de la mezcla picloram + 2,4-D por ser de menor costo.

## 5.7 CONCLUSIONES

Los herbicidas 2,4-D (958 g i.a. ha<sup>-1</sup>), metsulfurón metil (6 g i.a. ha<sup>-1</sup>) y picloram + 2,4-D (192 + 720 g i.a. ha<sup>-1</sup>) controlaron eficientemente el complejo de maleza, en el que la especie dominante fue *Baltimora recta* L.

El control de la maleza por los herbicidas 2,4-D (958 g i.a. ha<sup>-1</sup>), metsulfurón metil (6 g i.a. ha<sup>-1</sup>) y picloram + 2,4-D (192 + 720 g i.a. ha<sup>-1</sup>) ocasionó disminución en la cobertura de la maleza e incrementó la cobertura de pasto Pangola.

El controlar la maleza con 2,4-D (958 g i.a. ha<sup>-1</sup>), metsulfurón metil (6 g i.a. ha<sup>-1</sup>) y picloram + 2,4-D (192 + 720 g i.a. ha<sup>-1</sup>) favoreció el desarrollo del pasto Pangola, lo que se manifestó con una mayor acumulación de biomasa.

El control de la maleza con los herbicidas 2,4-D (958 g i.a. ha<sup>-1</sup>) y metsulfurón metil (6 g i.a. ha<sup>-1</sup>) costó menos que con picloram + 2,4-D.

## 5.8. LITERATURA CITADA

- Boddey, R. M., Macedo R., Tarré R. M., Ferreira E., Oliveira O. C. de, Rezende C. de P., Cantarutti R. B., Pereira J. M., Alves B. J. R. and Urquiaga S. 2004. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 389-403.
- Calderón, R. R. C., Hernández V. J. O., Olazarán J. S., Ramírez G. J. J. M., Rosete F. J. V., Ríos U. A., Galaviz R. J. R., Vega M. V. E., Castañeda M. O. G., Aguilar B. U. y Lagunes L. J. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada con bovinos. Libro Técnico Núm. 18. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Sitio Experimental las Margaritas. Puebla, México. 133 p.
- Canudas-Lara, E. G. 1988. Response of a Pangola Digitgrass-Glycine pasture to grazing management. Doctor of Philosophy Thesis. University of Florida. Gainesville, FL, USA. 115 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México, D. F. 79 p.
- Dias-Filho, M. B. 2007. Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. 3ª. ed. EMBRAPA. Amazonia Oriental. Belém PA, Brasil. 190 p.
- Domínguez, V. J. A. 2011. Metodología para la evaluación de herbicidas. *In*: Bojórquez, B. G., Rosales R. E., Zita P. G., Vargas T. V. y Esqueda E. V. A. (coords.). Manejo de malezas en México. Vol. 1. Maleza terrestre. Universidad Autónoma de Sinaloa. ASOMECEMA A. C. Culiacán, Sinaloa, México. pp: 53-68.

- Enríquez, Q. J. F., Meléndez N. F. y Bolaños A. E. D. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7 División Pecuaria. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2009. Efecto de métodos de control de malezas en la producción y calidad del pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(3): 393-404.
- Esqueda, E. V. A., Montero L. M. y Juárez L. F. I. 2010. El control de arvenses en la productividad y calidad del pasto Llanero. *Agronomía Mesoamericana* 21(1): 145-157.
- Esqueda, E. V. A., Tosquy V. O. y Rosales R. E. 2005. Efectividad de la mezcla picloram y fluroxipir en el control de malezas perennes de pastizales tropicales. *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 187-192.
- Esqueda, E. V. A. y Tosquy V. O. H. 2007. Efectividad de métodos de control de malezas en la producción de forraje del pasto Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.). *Agronomía Mesoamericana* 18(1): 1-10.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González, M. J. A. y Meléndez N.F. 1980. Efecto de la presión de pastoreo sobre la producción de carne en praderas tropicales. Boletín CA-6. 2ª. ed. SARH. H. Colegio Superior de Agricultura Tropical. Rama de Ciencia Animal. H. Cárdenas, Tabasco, México. 38 p.
- Grice, A. C. and Campbell S. D. 2000. Weeds in pasture ecosystems-symptom or disease? *Tropical Grasslands* 34:264-270.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. Censo Agropecuario 2007. Censo agrícola, ganadero y forestal. Disponible en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx). Consultado el 19 de diciembre de 2013.
- Krugman, P. and Wells R. 2006. Introducción a la economía. Microeconomía. Ruiz-Andújar, J. (coord. de traducción). Editorial Reverté. Barcelona, España. 537 p.
- Lemaire, G 2001. Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *In*: Proceedings. XIX International Grasslands Congress. São Paulo. Brasil. pp: 29-37.
- Lira, M. de A., dos Santos M. V. F., Dubeux Jr. J. C. B., Lira Jr. M. de A. e de Mello A. C. L. 2006. Sistemas de Produção de Forragem: Alternativas para Sustentabilidade da Pecuária. In: Anais de Simpósios da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. SBZ. João Pessoa, Brasil. pp: 405-423.
- Modesto, J. M. S. e Mascarenhas R. E. B. 2001. Levantamento da infestação de plantas daninhas associada a uma pastagem cultivada de baixa produtividade no nordeste paraense. *Planta Daninha* 19(1): 11-21.
- Moreno, G. L. E., Uribe F., Navia E. J. F., Parra F. y Reyes B. 2000. Capacitación a pequeños ganaderos. Manejo de praderas. No. 5. CORPOICA. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. 50 p.
- Oliveira, O. C. de, Oliveira I. P. de, Alves B. J. R., Urquiaga S. and Boddey R. M. 2004. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 289-300.
- Padilla, C., Crespo G. y Sardiñas Y. 2009. Degradación y recuperación de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(4): 351-354.

- Pellegrini, L. G. de, Nabinger C., Faccio C. P. C. de e Neumann M. 2007. Diferentes métodos de controle de plantas indesejáveis em pastagem nativa. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5): 1247-1254.
- Ramírez, R. O., da Silva S.C., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., Quero C. A. R. y Herrera H. J. G. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum máximum* cv. 'Mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34(3): 213-220.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute. 2002. Software version 9 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Silva, Ma. da C., Ferreira dos S. M. V., Batista D. Jr. J. C., Lira M. de A., Ydoyaga S. D. F., Farias I. e Santos F. V. dos. 2004. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 1. Aspectos quantitativos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33(6): 1999-2006. Supl. 2.
- Spain J. M. y Gualdrón R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. *In*: Lascano C. E. y Spain J. (eds.). Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencias y enfoques de investigación. VI Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp: 269-283.
- Steel, R. G. D. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2ª. ed. Mc. Graw Hill. México, D. F. 622 p.
- Taiz, L. and Zeiger E. 2010. Plant physiology. 5<sup>th</sup>. ed. Sinauer Associates Inc. Publisher. Sunderland, MA, USA. 782 p.

## CAPÍTULO VI CONCLUSIONES GENERALES

El chapeo realizado con tractor o con machete, sin y con fertilización, no mejoró la condición, ni la producción de la pradera de pasto Insurgente.

El chapeo + rastra sin y con fertilización tuvieron efecto negativo en la condición de la pradera de pasto Insurgente y disminuyó la producción de biomasa de éste.

El control eficiente de la maleza de hoja ancha en las praderas de pasto Insurgente y pasto Pangola mejoró la condición de las praderas y la producción de biomasa de la especie deseable.

En la pradera de pasto Insurgente, los herbicidas 2,4-D amina, aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil, aplicados después de chapear la maleza, controlaron eficientemente el complejo de maleza dominado por plantas herbáceas.

El herbicida 2,4-D amina no controló las especies *Sida acuta* Burm, f., *Sida rhombifolia* L. y *Aeschynomene americana* L. por lo tanto no semejó la condición de la pradera.

Los herbicidas aminopyralid + 2,4-D, picloram + 2,4-D, metsulfurón metil y aminopyralid + metsulfurón metil, controlaron parcialmente el complejo de malezas (70 a 80%) cuando hubo especies semileñosas como: *Sida acuta* Burm, f., *Sid y a rhombifolia* L. y *Aeschynomene americana* L.

El control de maleza no es suficiente para recuperar una pradera de pasto Insurgente cuando la densidad de plantas del pasto es menor que la óptima (4 a 8 plantas m<sup>-2</sup>).

El costo de la rehabilitación de una pradera de pasto Insurgente fue más barato y eficiente con herbicidas que con labores mecánicas, y la inversión se recuperó al obtener una mayor producción de la especie de interés.