

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

SINECOLOGÍA DEL SOTOBOSQUE DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN ÁREAS QUEMADAS

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES
T E S I S



QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS
FORESTALES

P R E S E N T A:

HORTENSIA CATALINA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Chapingo, Estado de México, Diciembre de 2003



SINECOLOGIA DEL SOTOBOSQUE DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN ÁREAS QUEMADAS.

Tesis realizada por Hortensia Catalina Martínez Hernández bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:

Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR:

Ph. D. Diódoro Granados Sánchez

ASESOR:

Ph. D. Aurelio Manuel Fierros González

SINECOLOGIA DEL SOTOBOSQUE DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN ÁREAS QUEMADAS.

El jurado que revisó y aprobo el examen de grado de Hortensia Catalina Martínez Hernández autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales estuvo constituido por:

DIRECTOR: _____
Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo

ASESOR: _____
Ph. D. Diódoro Granados Sánchez

ASESOR: _____
Ph. D. Aurelio Manuel Fierros González

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación forma parte de los siguientes proyectos, dirigidos por el Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo, y fue apoyada en diferentes momentos por las siguientes instituciones:

Proyecto de instalación (CONACYT): Ecología de la restauración en áreas afectadas por incendios forestales.

Subproyecto 2 Proyecto 03100515 (UACH): Impacto del fuego y restauración en el pinar de *Pinus harwegii*.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme apoyo económico, para realizar estudios de postgrado, que me permitan superación personal y profesional.

A mi alma mater, Universidad Autónoma Chapingo y División de Ciencias Forestales por darme la oportunidad de superarme día a día.

Al Dr. Dante Arturo Rodríguez Trejo, por su confianza y apoyo incondicional para la realización de este trabajo. Por las enseñanzas impartidas en el salón de clases. Por su amistad.

Al Dr. Diódoro Granados Sanchez por su disponibilidad en la revisión del presente trabajo, y por las enseñanzas impartidas en el salón de clases.

Al Dr. Aurelio Manuel Fierros Gonzalez, por su disponibilidad en la revisión del presente trabajo, y por sus enseñanzas impartidas en el salón de clases.

Al M.C. Guizar Nolasco, por su apoyo en la identificación del material vegetal.

A la Biol. Agustina Díaz Osorno, por su amable colaboración para la identificación del material vegetal.

A los maestros por sus clases impartidas en esta etapa de la maestría (Matemático Ariel Franco Ulloa, Dra. Amparo Borja de la Rosa, M.C. Alejandro Ambríz, Dr. Cuahutemoc Cervantes, M.C. Eduardo Vargas, M.C. Silvia Terrazas, Dr. Baldemar Arteaga y Dr. Hugo Ramírez).

DEDICATORIA

Con infinito amor a **Dios**, que me ha permitido ver un nuevo día cada día.

A ese ser especial **Isabel Hernández Martínez**, por darme la vida y apoyarme siempre en todas mis decisiones, por la entereza con la que has enfrentado esto que llamamos vida, te quiero mucho, gracias máma.

A mis hermanos Javier y Salvador, por su apoyo, confianza y cariño, los quiero mucho.

A mis tíos Teodoro Aristeo Hernández y Guillermina González, gracias por confiar en mí en todo momento, los quiero.

Con mucho cariño a mis primos, Julio Cesar, Jesús Ivan, Nelly Monserrat, Germain, Edwin, José, Wendy Belem, Aritzi Janet, Itzel Gabriela, Mariana y Nadia.

Con afecto y cariño a Verónica Ortega Baranda, mi gran amiga, mi hermana, gracias por todo.

A mis amigos y compañeros, Alicia Carrera, Alejandro Robles, Erika Mendoza, Roberto Hernandez, Jesús Muñoz, Rafael Villasana, Azael May, Andres Flores, Jose Vidal, Luis Salas, Luis Soto y Mario Espinosa.

A todas aquellas personas, que me han brindado su amistad y han contribuido a mi formación personal y profesional, y que por espacio me es difícil mencionar, gracias de verdad, gracias por todo.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora del presente estudio nació el 11 de marzo de 1973, en la ciudad de Oaxaca de Juárez, Oaxaca. Realizó sus estudios de primaria en I.E.P. No. 13 "General de División Ignacio Mejía en San Pedro y San Pablo Etla, Oaxaca. La secundaria en la Escuela Secundaria Técnica No. 4, Champusco Huaquechula, Puebla.

En 1989, ingresó a la Preparatoria Agrícola y posteriormente en 1992 a la División de Ciencias Forestales, de la Universidad Autónoma Chapingo, egreso en junio del 1996. En diciembre de 1998, concluyo su tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal con Orientación en Silvicultura.

En agosto del 2001, ingresó al programa de Posgrado de la División de Ciencias Forestales, en la Universidad Autónoma Chapingo, en diciembre del 2003 concluyo sus estudios de Maestría en ciencias en Ciencias Forestales.

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

RESUMEN

“SINECOLOGIA DEL SOTOBOSQUE DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN ÁREAS QUEMADAS.”

Hortensia Catalina Martínez Hernández

Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales.

(Bajo la dirección del Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo).

En el volcán Ajusco, D. F., se aplicaron quemas prescritas de baja intensidad (temprano por la mañana, en contra de viento y pendiente) e incendios confinados (por la tarde, y a favor de viento y pendiente), tanto en marzo y mayo del 2002, además de considerarse las condiciones de arbolado abierto y denso, y un testigo para cada época, para evaluar la respuesta de la vegetación del sotobosque de *Pinus hartwegii* Lindl. Se realizaron muestreos periódicos cada tres meses durante un año. Se utilizaron métodos multivariados y métodos estadísticos no paramétricos para el análisis. El número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad de Simpson resultaron significativos a la condición de densidad y al tratamiento con fuego, así como a su interacción. La riqueza de especies

aumentó en quemas e incendios de marzo, con respecto a los demás tratamientos, particularmente en la condición abierta. *Alchemilla procumbens* Rose, *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Eupatorium schaffneri* Sch. Bip., *Oxalis jacquiniana* HBK., *Penstemon gentianoides* (HBK.) Poir., *Pernettya postrata* (Cav.) DC. y *Senecio callosus* Sch. Bip. son especies que aparecen preferentemente en áreas quemadas (X^2 , $p \leq 0.05$). *Festuca tolucensis* H.B.K. y *Alchemilla procumbens* Rose., son las especies que aportan la mayor proporción del valor de importancia y se registraron durante todo el estudio.

ABSTRACT

"SINECOLOGY OF THE UNDERSTORY OF *Pinus hartwegii* Lindl. IN BURNED AREAS"

Hortensia Catalina Martínez Hernández

Universidad Autónoma Chapingo, Forestry Department.

(Under the direction of Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo).

Prescribed low intensity burns (early in the morning), and confined forest fires (in the afternoon, in the same direction as slope and wind), were carried out on Ajusco volcano, Federal district, México, both in March and May. Open and dense areas, plus controls for both times were taken into consideration to evaluate the response of understory plants of *Pinus hartwegii* Lindl. Samplings were conducted every three months for one year. Multivariate methods and non parametric methods were utilized for the analysis. The number of species, density, covering, equitability, and the Simpson's diversity index, were influenced by the fire treatments, density condition, and the interaction of both. The richness of species increased in both the March prescribed burn and the confined fire areas, in comparison to the other treatments, particularly in the

open condition. *Alchemilla procumbens* Rose, *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Eupatorium schaffneri* Sch. Bip., *Oxalis jacquiniana* HBK., *Penstemon gentianoides* (HBK.) Poir., *Pernettya postrata* (Cav.) DC. y *Senecio callosus* Sch. Bip., appear mostly in burned areas (X^2 , $p \leq 0.05$). *Festuca tolucensis* H.B.K. and *Alchemilla procumbens* Rose., are the species that provide the greater proportion of the importance value, and were recorded during the entire duration of this research.

ÍNDICE

APROBACIONDE TESIS.....	ii
APROBACION DE EXAMEN DE GRADO.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	vi
DATOS BIOGRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE.....	xiii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxiv
LISTA DE ANEXOS.....	xxvi
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	6
3. HIPOTESIS.....	7
4. REVISION DE LITERATURA.....	8
4.1 Taxonomia de <i>Pinus hartwegii</i>	8
4.2 El bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	9
4.3 Fauna silvestre.....	16
4.4 <i>Pinus hartwegii</i> y el fuego... ..	18
5. MATERIALES Y METODOS.....	24
5.1 Descripción del área de estudio.....	24
5.1.1 Ubicación.....	24
5.1.2 Clima.....	24
5.1.3 Topografía.....	25
5.1.4 Geología.....	25

5.1.5	Suelos.....	26
5.1.6	Hidrología.....	26
5.1.7	Vegetación.....	26
5.2	Metodología.....	28
5.2.1	Establecimiento del experimento.....	28
5.2.2	Obtención de datos.....	30
5.2.3	Análisis de la vegetación.....	32
5.2.4	Diseño experimental.....	37
5.2.5	Análisis estadístico de los datos.....	38
6.	RESULTADOS.....	40
6.1	Análisis multivariado.....	40
6.1.1	Herbáceas y arbustos, primera medición.....	40
6.1.2	Herbáceas y arbustos, segunda medición.....	45
6.1.3	Herbáceas y arbustos, tercera medición.....	50
6.1.4	Herbáceas y arbustos, cuarta medición.....	54
6.1.5	Estrato herbáceo, primera medición.....	58
6.1.6	Estrato herbáceo, segunda medición.....	62
6.1.7	Estrato herbáceo, tercera medición.....	66
6.1.8	Estrato herbáceo, cuarta medición.....	70
6.1.9	Estrato arbustivo, primera medición.....	74
6.1.10	Estrato arbustivo, segunda medición.....	78
6.1.11	Estrato arbustivo, tercera medición.....	80
6.1.12	Estrato arbustivo, cuarta medición.....	84
6.2	Análisis no paramétrico.....	87
6.3	Valor de importancia por tratamiento con fuego, considerando cobertura arbórea.....	95
6.3.1	Estrato herbáceo.....	95

6.3.1.1	Incendio confinado en marzo.....	95
6.3.1.2	Quema prescrita en marzo.....	96
6.3.1.3	Testigo de marzo.....	98
6.3.1.4	Incendio confinado en mayo.....	99
6.3.1.5	Quema prescrita en mayo.....	100
6.3.1.6	Testigo de mayo.....	102
6.3.2	Estrato arbustivo.....	103
6.3.2.1	Incendio confinado en marzo.....	103
6.3.2.2	Quema prescrita en marzo.....	104
6.3.2.3	Testigo de marzo.....	105
6.3.2.4	Incendio confinado en mayo.....	106
6.3.2.5	Quema prescrita en mayo.....	107
6.3.2.6	Testigo de mayo.....	108
6.4	Principales tendencias con respecto al tiempo.....	111
6.4.1	Estrato herbáceo.....	111
6.4.1.1	Número de especies.....	111
6.4.1.2	Densidad.....	113
6.4.1.3	Cobertura.....	115
6.4.1.4	Equitatividad.....	117
6.4.1.5	Índice de diversidad	119
6.4.2	Estrato arbustivo.....	121
6.4.2.1	Número de especies.....	121
6.4.2.2	Densidad.....	123
6.4.2.3	Cobertura.....	125
6.4.2.4	Equitatividad.....	127
6.4.2.5	Índice de diversidad	129
6.5	Periodo de floración.....	132

6.5.1	Especies que no florecieron en el testigo pero si en áreas quemadas.....	143
6.5.2	Especies que anticiparon su floración en áreas quemadas.....	144
6.5.3	Especies que prolongaron su paso de floración en áreas quemadas.....	145
6.5.4	Especies que florecieron en el testigo, pero no en áreas quemadas.....	145
6.6	Listado florístico.....	147
6.7	Especies que emiten rebrotes.....	149
7.	DISCUSIÓN.....	150
7.1	Diferencias entre tratamientos.....	150
7.2	Especies indicadoras.....	154
7.3	Valor de importancia por tratamiento con fuego, considerando cobertura arbórea.....	157
7.4	Principales tendencias con respecto al tiempo.....	157
7.5	Floración.....	158
8.	CONCLUSIONES.....	161
9.	RECOMENDACIONES.....	163
10.	LITERATURA CITADA.....	164
11.	ANEXOS.....	170

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.-	Incendios en el D. F. (Semarnat, 2001).	4
Cuadro 2.-	Especies del sotobosque de <i>Pinus hartwegii</i> en el Ajusco, D. F.	13
Cuadro 3.-	Especies del sotobosque de <i>Pinus hartwegii</i> en Zoquiapan Edo. de México.....	14
Cuadro 4.-	Especies del sotobosque de <i>Pinus hartwegii</i> en en la estación experimental Zoquiapan.....	15
Cuadro 5.-	Mamíferos de la sierra del Ajusco.....	17
Cuadro 6.-	Especies de aves en bosques de <i>Pinus hartwegii</i> en Zoquiapan Edo. de México.....	18
Cuadro 7.-	Características del fuego durante las quemas (Rodríguez en revisión).....	29
Cuadro 8.-	Programación de la toma de datos.....	32
Cuadro 9.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	41
Cuadro 10.-	Valores medios de las variables dependientes por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a tres meses de establecido el experimento.....	41
Cuadro 11.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	45
Cuadro 12.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a seis meses de establecido el experimento.....	46
Cuadro 13.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	50

Cuadro 14.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de establecido el experimento.....	51
Cuadro 15.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	54
Cuadro 16.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la aplicación de los tratamientos.....	55
Cuadro 17.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	58
Cuadro 18.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, en herbáceas, a tres meses de la aplicación de tratamientos.....	59
Cuadro 19.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	63
Cuadro 20.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a medio año de la instalación del experimento.....	63
Cuadro 21.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	67
Cuadro 22.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de iniciado el experimento.....	67
Cuadro 23.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	71

Cuadro 24.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la aplicación de los tratamientos.....	71
Cuadro 25.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	75
Cuadro 26.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a tres meses del inicio del experimento.....	75
Cuadro 27.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	78
Cuadro 28.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a seis meses del inicio del experimento.....	79
Cuadro 29.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	80
Cuadro 30.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de iniciado el experimento.....	81
Cuadro 31.-	Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.....	84
Cuadro 32.-	Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la instalación del experimento.....	85
Cuadro 33.-	Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas quemadas, considerando época e intensidad de	87

	aplicación del fuego.....	
Cuadro 34.-	Significancia de la prueba de χ^2 . Especies cosmopolitas, considerando época e intensidad de aplicación del fuego	89
Cuadro 35.-	Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas quemadas, considerando área quemada y no quemada.....	91
Cuadro 36.-	Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas no quemadas, considerando área quemada y no quemada.....	91
Cuadro 37.-	Significancia de la prueba de χ^2 . Especies cosmopolitas, considerando área quemada y no quemada.....	92
Cuadro 38.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del incendio confinado de alta intensidad en marzo (AMr), en las diferentes mediciones..	96
Cuadro 39.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área de la quema prescrita de baja intensidad en marzo (BMr), en las diferentes mediciones..	97
Cuadro 40.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del testigo (área no quemada) para marzo (CMr), en las diferentes mediciones.....	98
Cuadro 41.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del incendio confinado de alta intensidad en mayo (AMy), en las diferentes mediciones..	100
Cuadro 42.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas) en el área de quema prescrita a baja intensidad en mayo (BMy), en las diferentes mediciones..	101

Cuadro 43.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del testigo (área no quemada) para mayo (CMy), en las diferentes mediciones.....	103
Cuadro 44.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas) en el área del incendio confinado de alta intensidad en marzo (AMr), en las diferentes mediciones..	104
Cuadro 45.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de quema prescrita de baja intensidad en marzo (BMr), en las diferentes mediciones..	105
Cuadro 46.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas) en el área testigo (área no quemada) de marzo (CMr), en las diferentes mediciones.....	106
Cuadro 47.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de incendio confinado de alta intensidad en mayo (AMy), en las diferentes mediciones...	107
Cuadro 48.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de quema prescrita de baja intensidad en mayo (BMy), en las diferentes mediciones...	108
Cuadro 49.-	Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área testigo (Área no quemada) de mayo (CMy), en las diferentes mediciones.....	109
Cuadro 50.-	Valores medios del número de especies herbáceas en los diferentes tiempos de medición.....	112
Cuadro 51.-	Valores promedio de densidad por sitio (/m ²) en los diferentes tiempos de medición.....	114
Cuadro 52.-	Valores medios de de cobertura promedio por sitio	116

	(cm ² /m ²) en los diferentes tiempos de medición.....	
Cuadro 53.-	Valores de equitatividad en los diferentes tiempos de medición.....	118
Cuadro 54.-	Valores índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición.....	120
Cuadro 55.-	Valores medios del número de especies arbustivas por sitio en los diferentes tiempos de medición.....	122
Cuadro 56.-	Densidad promedio de arbustos (/m ²) en los diferentes tiempos de medición.....	124
Cuadro 57.-	Valores medios del número de especies herbáceas en los diferentes tiempos de medición.....	126
Cuadro 58.-	Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición.....	128
Cuadro 59.-	Índice de diversidad de arbustos en los diferentes tiempos de medición.....	130
Cuadro 60.-	Periodo de floración, en el área no quemada.....	133
Cuadro 61.-	Periodo de floración en el tratamiento de quema prescrita de baja intensidad en marzo.....	134
Cuadro 62.-	Periodo de floración en el tratamiento de incendio confinado de alta intensidad en marzo.....	135
Cuadro 63.-	Periodo de floración en el tratamiento de quema prescrita de baja intensidad en mayo.....	136
Cuadro 64.-	Periodo de floración en el tratamiento de incendio confinado de alta intensidad en mayo.....	137
Cuadro 65.-	Periodo de floración de las especies presentes en el áreas.....	146
Cuadro 66.-	Listado florístico.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-	Número de especies promedio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	112
Figura 2.-	Número de especies promedio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	113
Figura 3.-	Número de individuos promedio por sitio/m ² , en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	114
Figura 4.-	Número de individuos promedio por sitio /m ² , en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	115
Figura 5.-	Cobertura promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados, en condición abierta.....	116
Figura 6.-	Cobertura promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados, en condición cerrada.....	117
Figura 7.-	Equitatividad en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	118
Figura 8.-	Equitatividad en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	119
Figura 9.-	Índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	120

Figura 10.-	Índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	121
Figura 11.-	Número de especies promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	123
Figura 12.-	Número de especies promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	123
Figura 13.-	Número de individuos arbustivos promedio/m ² , en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	125
Figura 14.-	Número de individuos arbustivos promedio/sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	125
Figura 15.-	Cobertura promedio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	127
Figura 16.-	Cobertura promedio de arbustos, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	127
Figura 17.-	Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	128
Figura 18.-	Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	129

Figura 19.- Índice de diversidad de Simpson para arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.....	130
Figura 20.- Índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.....	131

ANEXOS

Anexo 1.-	Gráficas de las variables dependientes en los diferentes estratos (herbáceo y arbustivo, herbáceo, arbustivo) y tiempo de medición (T1=3 meses, T2 =6 meses, T3=9 meses y T4=12 meses despues de establecido el experimento).....	170
-----------	---	-----

1. INTRODUCCIÓN

Desde que surgen los primeros vegetales, se inician los incendios de vegetación, que se manifiesta en forma periódica, de acuerdo al tipo de vegetación, acumulación de material combustible y condiciones climáticas. El fuego es un disturbio, que modifica la composición, la estructura y los patrones de vegetación, alterando a su vez el paisaje. En varios casos es necesario para mantener la diversidad.

Muchas plantas han desarrollado diferentes adaptaciones al fuego, como son: Corteza gruesa, forma de la copa, cespitosidad, enraizamiento profundo, rápido crecimiento juvenil, espaciamento, rebrotación y rapidez en la descomposición del follaje, entre otras

Siempre se ha visto al factor fuego como un agente destructivo para el ecosistema, y por lo tanto, lo que se ha hecho es combatirlo y suprimirlo; sin tomar en cuenta que algunos tipos de vegetación están adaptados a un régimen de fuego, y requieren de él para seguir existiendo. Al tratar de evitarlo, lo único que se hace es modificar el régimen natural, ocasionando una mayor acumulación de combustible, que tiene como consecuencia que en otro momento se presente un incendio de mayor magnitud, ocasionando impactos desastrosos para la vegetación y las personas.

Los daños ocasionados por el fuego, pueden ser desde, alteración del paisaje, menor visibilidad por la generación de humo, daños a la salud de las

personas, mortalidad de la fauna silvestre, erosión del suelo por la pérdida de cubierta vegetal.

En algunos tipos de vegetación, la presencia del fuego permite que haya una mayor regeneración, elimina la competencia, permite un mayor paso de luz a la superficie.

Es necesario conocer los efectos positivos que se derivan del fuego y aprovecharlos. Por lo que se requiere de estudios que permitan hacer un buen uso y manejo del fuego para favorecer al ecosistema y a la población en general. Porque como se vio en 1998, los efectos y daños por el fuego no sólo influyen en el área donde ocurre, sino que trascienden a otros lugares, causando pérdidas económicas y alteración en la salud de la población.

Problemática de los incendios en México en áreas templadas

Las zonas forestales en México tienen una superficie aproximada de 141.7 millones de hectáreas, de las cuales 56.8 millones de ha corresponden a zonas arboladas. México ocupa el 4° lugar a nivel mundial por su diversidad florística y faunística (Semarnat, 2001). En el período que comprende de 1970 al 2000, se presentaron en el país un promedio anual de 6,608 incendios registrados, la superficie promedio afectada fue de 220 000 ha. La superficie afectada por incendio, promedio anual, fue de 33 hectáreas (Semarnat, 2001).

De 1990 al 2000, el promedio anual fue de 7, 839 incendios registrados, con una superficie afectada de 267 000 ha y 29 ha impactadas en promedio por cada incendio registrado.

En el año 2001 se presentaron 6,340 incendios, la superficie afectada fue de 136, 879 ha; 64, 633 ha correspondieron a pastizal; 18, 805 ha a vegetación forestal y 53,441 ha a otro tipo de vegetación.

Generalmente la época crítica de incendios se presenta en abril y mayo, si bien la temporada inicia en enero (bosques templados fríos). Coincide con la temporada más calurosa del año y con las labores de preparación de terrenos agropecuarios.

Las causas principales de incendios forestales en México se relacionan a actividades humanas (96%) y una menor cantidad a causas naturales (4%) (Semarnat, 2001), si bien se considera que esta últimas está subestimada, especialmente en el norte del país (Rodríguez y Fule, 2003).

En el año 2001, las actividades agropecuarias representaron un 48% de la siniestrabilidad, las causas intencionales un 17%; las fogatas un 16%; el resto de las causas de los incendios, aportan el 19% (Semarnat, 2001).

Incendios en el Distrito Federal.

Cuadro 1. Incendios en el D.F. (Semarnat, 2001).

Año	No. Total de incendios	Superficie afectada (ha)
1996	1, 484	3, 166
1997	1, 115	1, 530
1998	1, 932	5, 735
1999	434	888
2000	601	1, 395

El D. F. y el Estado de México aportaron el 25% de los incendios a nivel nacional. La aplicación de las acciones operativas fue eficiente, con promedios de 1.53 y 2.89 hectáreas afectadas, respectivamente, por cada incendio registrado. El número de incendios en el D.F. en el año 2001 fue de 591, con una superficie afectada de 904 hectáreas.

Los valores promedios, correspondientes al periodo de 1995-20001, fueron de 779 incendios, con una superficie afectada de 1,742 ha, y un valor promedio de 2 hectáreas afectadas por cada incendio registrado (Semarnat, 2001).

La causa de incendios forestales, corresponden a quema de pastos, quema de residuos agrícolas, fogatas, cigarros y cerillos encendidos, vandalismo, cacería furtiva.

Los efectos que se presentan son, perdida de cobertura vegetal, problemas de erosión, reducción de la recarga de acuíferos, pérdida de fauna

silvestre, deterioro del paisaje, contaminación del aire, predispone al cambio de uso del suelo.

De acuerdo a CORENADER 2003, para el período 2000-2002 en el D.F., la gran mayoría de los incendios se debe a causas humanas. El 5% es muy difícil de controlar. El 63% de la superficie afectada corresponde a pastos, arbustos, hojarasca y herbáceas. El 27% a renuevo y reforestación, el 10% restante a arbolado adulto.

El 3% de los incendios se presentaron en el periodo octubre-diciembre. El 97% de incendios se atendieron entre enero y junio. Las delegaciones más afectadas son Tlalpan y Milpa Alta, con el 83% de los eventos (CORENADER, 2003).

Debido a la importancia del fuego en la preservación pero también en la degradación del ecosistema, se hace necesario estudiarlo. Los objetivos de la presente investigación se plantean a continuación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Estudiar la sinecología y la fenología de la vegetación del sotobosque del ecosistema de *Pinus hartwegii* Lindl afectado por incendios de diferentes características y épocas, y observar la época de floración de las plantas generadas bajo la influencia del fuego.

2.2 Objetivos particulares

Determinar si existe modificación de la composición, diversidad, densidad y cobertura vegetal del sotobosque en sitios incendiados con respecto a áreas no tratadas con fuego.

Detectar especies indicadoras de áreas quemadas.

Observar y evaluar la dinámica de la vegetación herbácea por efecto del fuego.

Observar la época de floración de las plantas bajo la influencia del fuego.

Contribuir al conocimiento de los impactos de las quemas prescritas e incendios para la práctica de quemas prescritas.

3. HIPÓTESIS

Habrá mayor diversidad y densidad en áreas quemada en marzo a baja intensidad con respecto a otras intensidades y épocas, y al testigo.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Taxonomia de *Pinus hartwegii*

Pinus hartwegii Lindl, fue denominado en honor a Karl Theodor Hartweg (1812-1871) eminente botánico alemán, que vino a México a coleccionar en 1836, enviado por Inglaterra (Eguiluz, 1978).

En 1839, Lindley describió a *P. hartwegii*, el cual fue descendido a variedad de *P. montezumae* por Engelman en 1880. Shaw en 1909 consideró a *Pinus rudis* y *P. hartwegii* como variedades de *P. montezumae*, pero Standley lo reestableció a su categoría original de especie en 1961. En 1948 Martínez consideró, que existía variación suficiente para considerarlo independiente, apoyando la designación de Standley. Después del profesor Martínez, se le ha considerado como especie independiente (Look, 1950; Gaussen, 1960; Mirov, 1967) citados por Caballero (1967). Caballero (1967) encontró diferencias significativas entre *P. hartwegii* Lindl y *P. rudis* Lindl.

De acuerdo a la clasificación de Shaw (1914) y Martínez (1955), modificada por Eguiluz (1978), citados por Solís (1994) el *Pinus hartwegii*, pertenece al género *Pinus*, al subgénero o sección Diploxylon, a la subsección Pinaster, al grupo montezumae, al subgrupo Rudis, no presenta variedades ni formas.

De acuerdo a la clasificación de Little y Critchfield (1969), modificada por Eguiluz (1978), citados por Solis (1994) *Pinus hartwegii*, pertenece al género *Pinus* al subgénero *Pinus* (pinos duros), a la sección *Pinus* y a la subsección *Ponderosae* Loud.

4.2 El bosque de *Pinus hartwegii*

En México, esta especie se distribuye en Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Colima, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Chiapas. En Guatemala se ha encontrado en Huehuetenango, Totonicapán, Quezaltenango, Quiché, Sololá, San Marcos, Chimaltenango, Sacatepequez y Guatemala. En Honduras, en el Cerro de Santa Barbara (Perry, 1991).

Pinus hartwegii, es una especie típica de zonas templadas de México. Crece en las partes de mayor altitud, frecuentemente forma masas puras a 3000-3700 m s.n.m. (Perry, 1991).

Se halla en climas templados, con precipitación variable de 800 a 1 500 mm, los mejores rodales se encuentran entre 1 000 y 1 200 mm anuales. La mayor parte de la precipitación se distribuye de junio a septiembre; junio y julio son los meses más lluviosos y marzo el más seco. La temperatura media es de 12°C, con extremas máximas de 38°C y mínimas de hasta -20°C en los

volcanes. Los meses más calidos son de marzo a mayo y los más fríos en invierno (Eguiluz, 1978).

P. hartwegii es muy tolerante a bajas temperaturas, es resistente a fuertes nevadas y su extremo altitudinal superior establece el límite de la vegetación arbórea en los más prominentes picos montañosos de México (Rzedowski, 1983; citado por Solís, 1994).

Esta especie de pino, puede soportar hasta cinco nevadas y entre 110-115 heladas por invierno (Eguiluz, 1978); excepto por el rompimiento de ramas producto del peso de la nieve, se puede decir aparentemente que el hielo y la nieve no afectan el establecimiento y crecimiento de la especie, en los intervalos medios donde se desarrolla.

Los suelos de la Malinche y el Ajusco son de textura migajón arenoso, profundos, con pH de 5.8 a 6.5 y ricos en materia orgánica, medios en N, K y Ca, pero mas ó menos bajos en P (Eguiluz, 1978).

Pinus hartwegii Lindl. representa comunidades clímax en las partes más altas y, en las partes bajas, alcanza entre 15 y 20 m, pero hacia los 4000 msnm el bosque es chaparro y abierto y, los individuos que lo constituyen, alcanzan alturas de 5-8 m (Rzedowski, 1978).

Rzedowski (1978) considera que esta especie de pino forma comunidades clímax. Beaman (1962) Anaya (1980), citados por Santillán (1991) consideran que entre los 3 700 y los 4 300 ms.n.m. *P. hartwegii* domina las comunidades debido a las bajas temperaturas y no tiene competencia con el estrato arbustivo y muy poco con el herbáceo, aunque a menor altitud se mezcla y compite con *P. montezumae* y otras especies.

En el centro de México se asocia con *Pinus rudis* Lindl., *P. montezumae* Lamb., *P. ayacahuite* var. *veitchii* Shaw., *P. pseudostrobus* Lindl., en las partes más bajas; con *Abies religiosa* (H.B.K) Schl. et Cham. y *Alnus firmifolia* Ferm con frecuencia siempre se encuentra mezclado; en el estrato arbustivo se encuentran los géneros: *Lupinus elegans* (H.B.K.), *L. montanus*, *Penstemon gentianoides*, *Senecio cinerarioides* y *S. sinuatus* (H.B.K.); en el estrato herbáceo; son frecuentes: *Festuca tolucensis*, *stipa ichu*, *Muhlenbergia macroura* (H.B.K), *Poa conglomerata*, *P. annua* (L.), *Bryum procerum* y *Alchemilla procumbens* (Rzedowski, 1978; Santillán, 1991).

El pastizal es un carácter distintivo de los bosques de *P. hartwegii*; bosques perturbados en donde las gramíneas son abundantes, pero con una buena proporción de latifoliadas herbáceas y pinos. Una de las especies características de este tipo de bosques perturbados de *P. hartwegii* es *alchemilla procumbens* (Obieta, 1978; citado por Solis, 1994).

P. hartwegii es tolerante a bajas temperaturas, resistente a fuertes nevadas y su extremo altitudinal superior establece el límite de la vegetación arbórea en los más prominentes picos montañosos de México (Rzedowski, 1983; citado por Solis, 1994).

Los pastos asociados a *P. hartwegii*, generalmente están dominados por *Muhlenbergia macroura* y *Festuca tolucensis*, que presentan adaptación al fuego, pues son capaces de rebrotar a partir de rizomas, siendo influida por el fuego, la época y cuantía de su floración, de acuerdo con Benítez (1987).

Algunas especies aparecen justo después del fuego, se consideran indicadoras de incendios frecuentes. Tal es el caso de *Lupinus montanus* y de *Penstemon gentianoides* (Rodríguez, 1996).

Senecio cinerarioides, es un elemento del sotobosque que aparece frecuentemente en áreas incendiadas. *Senecio cinerarioides* emiten una gran cantidad de contaminantes cuando se quema (Contreras, 2002).

Los componentes característicos del sotobosque, consisten de gramíneas del género *Festuca*, *Calamagrostis* y *Muhlenbergia*, Rzedowski (1978).

En el Cuadro 2. Se presentan los componentes del sotobosque de *Pinus hartwegii*.

Cuadro 2. Especies del sotobosque de *Pinus hartwegii* en el Ajusco, D. F.

Especie	Especie
<i>Alchemilla procumbens</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>
<i>Arenaria lycopodioides</i>	<i>Muhlenbergia nigra</i>
<i>Calamagrostis</i> sp	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>
<i>Cerastium nutans</i>	<i>Pedicularis orizabae</i>
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	<i>Penstemon roseus</i> .
<i>Eryngium proteiflorum</i>	<i>Pernettya ciliata</i>
<i>Eupatorium shaffneri</i>	<i>Salvia prunelloides</i>
<i>Festuca tolucensi</i>	<i>Senecio reticulatus</i>
<i>Gnaphalium</i> sp	<i>Stevia monardiefolia</i>
<i>Lupinus</i> sp	<i>Trifolium amabile</i>

Benítez Badillo (1987)

Franco y Búrquez, (1981) señalan que los sitios abiertos del bosque de pino permiten la invasión de especies secundarias como las de los géneros *Penstemon*, *Lupinus*, *Cirsium*, *Eupatorium*, *Senecio* y *Baccharis*.

Rzedowski (1981), menciona un sotobosque compuesto por *Festuca tolucensis*, *F. amplisima*, *Muhlenbergia quadridentata*, *M. montana* y *M. macroura*.

La composición florística de la vegetación herbácea del bosque de *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, Edo. de México, se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Especies del sotobosque de *Pinus hartwegii*, en Zoquiapan, Edo. de México.

Especie	Especie
<i>Achillea lanulosa</i> Nutt.	<i>Peyritschia koelerioides</i> Cass.
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	<i>Phacelia platycarpa</i> Spreng.
<i>Arenaria lycopodioides</i> Willd.	<i>Phorophyllum calcicola</i> H.B.K.
<i>Asclepios ovata</i> Mart et Gal	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> H.B.K.
<i>Astragalus radicans</i> Humb.	<i>Plantago hirtella</i> H.B.K.
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K.	<i>Plantago mexicana</i> Link.
<i>Vides anthemoides</i> (DC). Sherff.	<i>Potentilla candicans</i> H. et B.
<i>Brachypodium mexicanum</i> Link.	<i>Ranunculus dichotomus</i> Moc. Et Sesse.
<i>Bromas anomalus</i> Ruprecht ex Fourn	<i>Rumex acetosella</i> L.
<i>Castilleja moranensis</i> Benth.	<i>Sabazia humilis</i> Cass.
<i>Cerastium nutans</i> Rafin.	<i>Salvia chamaedryoides</i> Cav.
<i>Cirsium angustifolius</i> H.B.K.	<i>Salvia ripana</i> Cav.
<i>Cerastium cuspidatum</i> Hemsl.	<i>Salvia prunelloides</i> H.B.K.
<i>Commelina alpestris</i> Stand et Steyerm	<i>Senecio angustifolius</i> D.C.
<i>Cosmos diversifolius</i> Otto.	<i>Senecio saglinus</i> D.C.
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	<i>Sisyrinchium angustifolium</i> Mill.
<i>Eryngium carlinae</i> Delar	<i>Sisyrinchium tenuifolium</i> Humb et Bomp.
<i>Euphorbia thymifolia</i> Burn	<i>Solanum demissum</i> Lind.
<i>Festuca amplissima</i> Rupr.	<i>Sonchus olearaceus</i> L.
<i>Festuca rosei</i> Piper	<i>Stachys agrarian</i> Cham. Et Schl.
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K.	<i>Stachys coccinea</i> Jacq.
<i>Geranium potentillaefolium</i> DC.	<i>Stellaria cuspidata</i> Willd.
<i>Gnaphalium vulcanicum</i> I.M. Johnston	<i>Stenathium frigidum</i> Kunt.
<i>Hieracium obscurum</i> Hess.	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz et Pav) Kunth.
<i>Linaria texana</i> Schl.	<i>Stipa linearifolia</i> Fourn.
<i>Lithospermum distichum</i> Ort.	<i>Symphoricarpos microphyllum</i> H.B.K.
<i>Lupinus campestris</i> Chan et Sch.	<i>Taraxacum officinale</i> L.
<i>Muhlenbergia macroura</i> H.B.K.	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.
<i>Muhlenbergia nigra</i>	<i>Valeriana edulis</i> Nutt.
<i>Oenothera deserticola</i> Munz.	<i>Verbena recta</i> H.B.K.
<i>Oenothera montana</i> Rose	<i>Vicia humilis</i> H.B.K.
<i>Oxalis lanulata</i> Zucc.	<i>Viola painteri</i> Rose & House
<i>Penstemon campanulatus</i> Willd.	

Susano (1981).

El estrato arbustivo, en zonas con mayor alteración presenta *Baccharis conferta*, encontrándose esporádicamente *Penstemon gentianoides*, *P. roseus* y *Pluchea adnata* (Zavala, 1984).

La mayoría de las especies herbáceas pertenecen a las familias Gramineae y Compositae. Entre las especies más importantes destacan

Geranium potentillaefolium, *Alchemilla procumbens*, *Muhlenbergia quadridentata*, *viola painteri* y *Oxylobus adscendens*. Entre los géneros más conspicuos están *Trifolium*, *Salvia*, *Eupatorium*, *Gnaphalium*, *Festuca* y *Lupinus*. Generalmente los individuos de este estrato presentan alta densidad, prácticamente sin dejar terreno descubierto, observándose como un tapete de pasto (Zavala, 1984).

La composición florística de la vegetación herbácea del bosque de *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, Edo. de México, se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Especies del sotobosque de *Pinus hartwegii* Lind. en la estación experimental Zoquiapan.

Especie	Especie
<i>Achaetogeron mexicanus</i>	<i>Gnaphephorum altijugum</i>
<i>Achillea lanulosa</i> Nutt.	<i>Halenia plantaginea</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Helenium integrifolium</i>
<i>Alchemilla pringlei</i>	<i>Hieracium obscissum</i> hess.
<i>Agrostis tolucensis</i>	<i>Hypopitys multiflora</i>
<i>Archibaccharis glandulosa</i>	<i>Lithospermon distichum</i> ort.
<i>Astragalus radicans</i> Humb.	<i>Lithospermon oblongifolium</i>
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K.	<i>Lupinus mexicanus</i>
<i>Brachypodium mexicanum</i> Link.	<i>Muhlenbergia macroura</i> H.B.K.
<i>Bromus anomalus</i> Ruprecht ex Fourn	<i>Muhlenbergia montana</i>
<i>Bromus carinatus</i>	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>
<i>Carex physorhyncha</i>	<i>Oenothera multicaules</i> var. <i>tarquensis</i>
<i>Castilleja moranensis</i> Benth.	<i>Oxalis alpina</i>
<i>Castilleja shaffneri</i>	<i>Oxylobus adscendens</i>
<i>Cerastium nutans</i> Rafin.	<i>Potentilla staminea</i>
<i>Chaptalia leucocephala</i>	<i>Penstemon gentianoides</i>
<i>Commelina alpestris</i> Stand et Steyerm	<i>Penstemon roseus</i>
<i>Dalia merckii</i>	<i>Pluchea adnata</i>
<i>Donellsmithia tuberosa</i>	<i>Peyritschia koelerioides</i> Cass.
<i>Dalia merckii</i>	<i>Physalis orizabae</i>
<i>Eupatorium glabratum</i>	<i>Piptochaetium fimbriatum</i> H.B.K.
<i>Eupatorium prunellaefium</i>	<i>Plantado linearis</i>
<i>Festuca hephaestophila</i>	<i>Potentilla candicans</i> H. et B.
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K.	<i>Salvia prunelloides</i> H.B.K.
<i>Galium seatonii</i>	<i>Selloa plantaginea</i>
<i>Geranium cruceroense</i>	<i>Senecio salignus</i> D.C.
<i>Geranium potentillaefolium</i> DC.	<i>Stevia monardaefolia</i>
Continuación	
<i>Geranium schiedeanum</i>	<i>Stevia rhombifolia</i>

Especie	Especie
<i>Gnaphalium liebmannii</i>	<i>Symphoricarpus microphyllum</i> H.B.K.
<i>Gnaphalium liebmannii</i> var. <i>liebmannii</i>	<i>Trifolium amabile</i> H.B.K.
<i>Gnaphalium sarmentosum</i>	<i>Vaccinium geminiflorum</i>
<i>Gnaphalium purpureum</i>	<i>Viola painteri</i> Rose & House

Zavala (1984).

4.3 Fauna silvestre

La sierra del Ajusco representa un punto de contacto entre las regiones neártica y neotropical. La mastofauna, presenta individuos tanto de origen neártico como neotropical (Aranda *et al*, 1980). En el Cuadro 5 se presentan los mamíferos la de la sierra del Ajusco.

Los mamíferos desempeñan una importante función en las comunidades en que viven. Los hay polinizadores, dispersores de semillas, depredadores de insectos, etc, y cada uno, por sus hábitos alimenticios selectivos, modifica de manera especial la comunidad, manteniéndola en un equilibrio dinámico. Así pues, su presencia es determinante para el buen funcionamiento de los ecosistemas, beneficiando directa e indirectamente al hombre (Aranda *et al*, 1980).

Cuadro 5. Mamíferos de la sierra del Ajusco.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
<i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo
<i>Sorex saussurei</i>	Musaraña
<i>Sorex oroepolus</i>	Musaraña
<i>Myotis velifer</i>	Murciélago
<i>Myotis californicus</i>	Murciélago
<i>Eptesicus fuscus</i>	Murciélago
<i>Tadarida brasiliensis</i>	Murciélago
<i>Romerolagus diaza</i>	Zacatuche
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo castellano
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo de monte
<i>Pappogeomys merriami</i>	Tuza
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla gris
<i>Spermophilus variegatus</i>	Ardillón
<i>Peromyscus maniculatus</i>	Ratón de campo
<i>Peromyscus melanosis</i>	Ratón de campo
<i>Peromyscus hylocetes</i>	Ratón de campo
<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de campo
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	Ratón dorado
<i>Neotomodon alstoni</i>	Ratón de los volcanes
<i>Microtus mexicanus</i>	Metorito
<i>Sigmodon leucotis</i>	Rata algodónera
<i>Neotoma mexicana</i>	Rata de campo
<i>Mustela frenata</i>	Comadreja
<i>Mephitis mephitis</i>	Zorrillo listado
<i>Spilogale putorius</i>	Zorrillo manchado
<i>Conepatus mesoleucus</i>	Zorrillo cadeno
<i>Procyon lotor</i>	Mapache
<i>Nasua nasua</i>	Coati
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomixtle
<i>Canis latrans</i>	Coyote
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris
<i>Lynx rufus</i>	Gato montés
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca

Aranda et al, 1980

Las aves presentes en un bosque de *Pinus hartwegii* Lind. en Zoquiapan, Edo. de México, se proporcianan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Especies de aves en bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. en Zoquiapan, Edo. de México

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
<i>Dendrortyx macroura</i>	Gallina de monte
<i>Accipiter striatus</i>	Gavilán pajarero
<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguiluilla ratonera
<i>Falco sparverius</i>	Halconcillo
<i>Colinus virginianus</i>	Codorniz
<i>Columba fasciata</i>	Paloma de collar
<i>Zenaidra macroura</i>	Tortola
<i>Bufo virginianus</i>	Bufo real
<i>Cypseloides rutilus</i>	Vencejo
<i>Hylocharis leucolis</i>	Colibrí
<i>Calaptes cafer</i>	Pica palo lombricero
<i>Melanerpes formicivorus</i>	Carpintero
<i>Sphyrapicus varius</i>	Carpintero
<i>Dendrocolaptes sp.</i>	Trepa tronco
<i>Empidonax affinis</i>	Mosquerito
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina
<i>Aphelocoma coerulescens</i>	Chachara
<i>Calocitta formosa</i>	Urraca copetona
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Galo azul
<i>Corvus corax</i>	Cuervo
<i>Certhia familiaris</i>	Trepador
<i>Troglodytes brunneicollis</i>	Salta paredes
<i>Catharus occidentalis</i>	Semillero
<i>Myadestes obscurus</i>	Jilguero
<i>Sialia mexicana</i>	Pájaro azul
<i>Turdus migratorius</i>	Primavera
<i>Regulus calendula</i>	Copete rojo
<i>Regulus satrapa</i>	Copete dorado
<i>Vireo huttoni</i>	Vireo
<i>Dendroica townsendi</i>	Mirlo
<i>Setophaga picta</i>	Pintado
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Gorrión
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco
<i>Pipilo erythrophthalmus</i>	Pipilo
<i>Pipilo fuscus</i>	Pipilo

Susano (1981)

4.4 *Pinus hartwegii* y el fuego

Los bosques de *Pinus hartwegii* Lindl., presentan un régimen de incendios frecuentes y superficiales, esta especie tiene seis adaptaciones al fuego: Regeneración en sitios quemados, capacidad de rebrote, corteza

gruesa, poda natural, capacidad de recuperación de la copa chamuscada, y mayor crecimiento secundario asociado a bajos niveles de chamuscado de copa (Rodríguez y Fulé, 2003).

El factor fuego favorece la regeneración, al eliminar la cubierta de pastos que representan una limitante para que la semilla alcance el suelo mineral. Así mismo, existe una mayor disponibilidad de nutrientes. (Rodríguez, 2001).

Las plántulas presentan capacidad de rebrote a partir del cuello de la raíz (Rodríguez, 1996). González (2001) refiere una relación inversa entre chamuscado de copa y número de rebrotes, 0.68 rebrotes por árbol con chamuscado de copa superiores a 60%, 1.09 rebrotes por árbol con chamuscado de entre 30 y 60% y 1.34 rebrotes por árbol con chamuscados menores al 30%.

El grosor de la corteza es de vital importancia en la protección del cambium vascular en presencia del fuego. En pinos con diámetro desde 15 cm y 0.38 cm de grosor de corteza, González (2001) reporta 100% de supervivencia de los árboles ante incendios de intensidad moderada.

La poda moderada, representa crecimiento en diámetro. González (2001), menciona que chamuscados de copa menores al 30% (bajos) produjeron anillos con un ancho promedio igual a 3.09 mm, chamuscados de 30 a 60 % (medios) produjeron anchos de 2.41 mm y los chamuscados de copa

superiores a 60% (altos) presentaron anillos con 2.03 mm, los tetigos tuvieron un valor de 2.33 mm.

En incendios de invierno, puede tolerar pérdidas de todo el follaje, siempre y cuando no se muera la yema terminal. A mayor chamuscado de copa, el árbol tiene como prioridad recuperar el follaje para producir fotosintatos (Rodríguez, 2001). González (2001), menciona que los árboles que pierden más del 60% del follaje de su copa, recuperan un 69.9% al cabo de un año: los árboles afectados entre 30 y 60%, recuperan 39.3%; los que pierden menos del 30% recuperan 11.8%.

A reserva de las adaptaciones mencionadas el exceso de frecuencia de los incendios rebasa la tolerancia de la especie al factor fuego y origina mortalidad. Igualmente la exclusión del fuego representa mayores acumulaciones de combustibles y, tarde o temprano, incendios de mayor intensidad, por lo que el exceso de fuego en frecuencia o intensidad, es devastador (Rodríguez, 2001). Por otra parte faltan estudios cualitativos sobre los efectos del fuego en el sotobosque.

Ecología del fuego en un pinar de los Estados Unidos

El ecosistema de *Pinus palustris*, se caracteriza por ser un bosque abierto, bosques y sabana. Se distribuye en el SE de los estados unidos. Esta especie tolera un amplio intervalo de sitios. Los suelos son típicamente ácidos,

tienden a secarse rápidamente después de la precipitación y se caracterizan por escasez de materia orgánica y baja fertilidad (Landers y Wade, 1994; citado por Wade *et al.*, 2000). La vegetación que domina estos sitios oligotrópicos es resistente a la descomposición biológica por su alta proporción de C a N pero es receptiva a descomposición térmica (Tak Mak, 1989; citado por Wade *et al.*, 2000). Las plantas clave exhiben pronunciada tolerancia al fuego, son de vida larga y son eficientes para almacenar nutrientes y agua, lo cual refuerza su dominancia y restringe la velocidad y escala espacial de cambios en la vegetación. El clima, las especies clave y una inmensa extensión árida y topográficamente susceptible a disturbios, todos estos factores interactúan para mantener un régimen crónico de incendios. Los incendios recurrentes son esenciales para mantener el ecosistema de *P. palustris*. Este ecosistema persiste y mantiene su diversidad a pesar de disturbios constantes y suelos infértiles.

La flora y la fauna que domina este ecosistema, presenta adaptaciones bien desarrolladas a incendios frecuentes. Este régimen de fuego mantiene dos estrato arbóreo abierto y un sotobosque dominado por pastos (Wade *et al.*, 2000).

Pinus palustris presenta numerosas características que lo hacen altamente tolerante al fuego. Después de salir del estado cespitoso, su yema terminal crece rápidamente. La corteza engruesa rápidamente durante los primeros años de crecimiento en altura y protege al tallo de incendios

superficiales. Las yemas grandes tienen una alta capacidad al calor y están protegidas por las largas acículas.

Los incendios, generan cambios temporales en luz, agua, nutrientes y espacio a lo largo del gradiente de humedad. Estos sitios son además modificados por frecuentes caída de árboles, resultado de relámpagos, actividad de escarabajos y excavaciones de la fauna, principalmente la tortuga topo (*Gopherus polyphemus*) y pocket gopher el “topo de bolsillo” (*Geomys* spp.). Alrededor de 191 taxa de plantas vasculares asociada con *P. palustris*-bunchgrass están amenazadas y en peligro (Walter, 1993; citado por Wade et al, 2000). Principalmente porque su hábitat ha sido pavimentado, por la preparación intensiva del sitio con fines agrícolas o cuando directamente se plantan otras especies convierte a especies de pino, o bien los incendios frecuentes han sido excluidos.

Las plántulas de *P. palustris* presentan un estado cespitoso por varios años donde no hay crecimiento en altura, pero desarrolla la raíz y el cuello de la raíz engruesa. Durante el estado cespitoso, frecuentemente las plántulas son infectadas por un hongo (*Sciirrhia acicola*), el cual debilita a la planta y eventualmente las mata. El fuego controla esta enfermedad al consumir las acículas infectadas y estimular la plántula al crecimiento en altura, quizás debido a la liberación de nutrientes (Christensen, 1977; citado por Wade et al., 2000).

Tolerancia al fuego en las plantas

La probabilidad de que el tejido de la planta sea eliminado por el fuego depende de la cantidad de calor recibido. El calor recibido por la planta se determina por la temperatura alcanzada y la duración de exposición. La mayoría de las células de la planta mueren a temperaturas de (50 a 55°C) (Wright y Bailey, 1982). La mortalidad puede ocurrir a altas temperaturas después de un periodo corto, mientras que la muerte a bajas temperaturas requiere de un tiempo largo de exposición. Algunos tejidos de las plantas, particularmente puntos de crecimiento (meristemas o yemas) tienden a ser mas sensibles al calor cuando están en crecimiento activo y el contenido de humedad es alto que cuando su contenido de humedad es bajo (Wright y Bailey, 1982). La concentración de otros compuestos que varían estacionalmente tales como sales, azúcares y lignina pueden estar relacionados a la tolerancia al calor. La mortalidad de la planta depende de la cantidad de tejido meristemático muerto. Los tejidos susceptibles pueden no ser expuestos al calor al fuego porque este es protegido por estructuras tales como corteza o escamas de yemas o esta enterrada en el suelo (Miller, 2000).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del área de estudio

5.1.1 Ubicación

El área de estudio se localiza en la subcuenca Regaderas-Viborillas (entre los 19° 12' 25" y 19° 16' 00" de latitud norte; 99° 13' 08" y 99° 19' 17" de longitud oeste; su altitud media es de 2,800 m s.n.m.), dentro de la región hidrológica No. 26, denominada Río Panúco, a la cual pertenece la cuenca de México.

Se encuentra al sur del D.F., dentro de la zona conocida localmente como Sierra del Ajusco. Forma parte del sistema orográfico conocido como Cordillera Neovolcánica.

5.1.2 Clima

El clima, es según la clasificación de Köopen (1948), modificado por García (1973), es del tipo C(w2) (w) (b') ig, templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos con lluvias en verano. Semifrío, con verano fresco y corto, temperatura media anual entre 5-12 °C, oscilación de las temperaturas medias mensuales menor de 5°C, la marcha anual de temperatura es tipo

Ganges, el mes más caliente se presenta antes de junio, con una precipitación media anual de 1,138.62 mm

5.1.3 Topografía

La Sierra del Ajusco presenta variedad de pendientes en sus laderas que forman precipicios, con numerosas cañadas y pequeños arroyos temporales; pero en especial esta subcuenca presenta un grupo de relieves topográficos importantes, que fueron activos en la época de formación del Pedregal, como lo son: el volcán Xitle (3,100 ms.n.m.); el volcán Yololica (3,050 ms.n.m.); volcán Maninal (3,100 ms.n.m.). Además de algunos cerros de cierta relevancia, como el Cerro de la Cruz del Marqués, que es la elevación más alta (3,900 m s.n.m.), el Pico del águila (3, 850 m s.n.m.); y otros cerros de menor altitud, La Magdalena, Mezontepec, Santo Tomás y Pipixaca (SARH, 1988) citado por Guzman, 1999.

5.1.4 Geología

La unidad de geológica correspondiente al área de estudio, según la clasificación FAO/UNESCO reportada por CETENAL (1984) corresponde a rocas ígneas extrusivas intermedias.

5.1.5 Suelos

Las unidades de suelo que se encuentran en el área de estudio, según la clasificación FAO/UNESCO, reportadas por CETENAL (1976), son andosol húmico como suelo predominante y como suelo secundario el litosol, con textura media.

5.1.6 Hidrología

El área de estudio no presenta corrientes perennes, contiene corrientes intermitentes que conducen agua durante la época de temporal (INEGI, 1995) citado por Guzman, 1999.

5.1.7 Vegetación

El tipo de vegetación del área de estudio es el bosque de *Pinus hartwegii* Lindl., que es el más tolerante a las bajas temperaturas; en la zona se desarrolla entre los 3000 y casi 4000 m de altitud. Prácticamente está restringido a las áreas montañosas de México que alcanzan estas elevaciones, en donde soporta frecuentes nevadas. El bosque de *Pinus hartwegii* establece el límite altitudinal máximo de la vegetación arbórea.

Las gramíneas rígidas y amacolladas de los géneros *Festuca*, *Calamagrostis* y *Muhlenbergia* son los componentes más característicos del estrato herbáceo. Rzedowski (1978), menciona que en las áreas bajas, los pinares de *Pinus hartwegii* pueden formar asociaciones de 15 a 20 m de altura, pero hacia los 4,000 m de altitud con frecuencia constituyen un bosque achaparrado y poco denso, de 5 a 8 m de altura. En el área de estudio hay un bosque poco denso, los árboles son más bien bajos (8 m aproximadamente) y con un estrato herbáceo dominado principalmente por zacatonal de *Festuca tolucensis* y *Muhlenbergia macroura*. Destacan otros elementos como *Eryngium proteiflorum*, *Senecio reticulatus* y *Cirsium ehrenbergii*.

Franco y Búrquez (1981), señalan que los sitios abiertos del bosque de pino permiten la invasión de especies secundarias, como *Penstemon*, *Lupinus*, *Cirsium*, *Eupatorium*, *Senecio* y *Baccharis*.

Es preciso mencionar que el bosque del área de estudio se encuentra sometido a diverso factores de perturbación, como pastoreo e incendios, entre otros.

5.2 Metodología

5.2.1 Establecimiento del experimento

En el Cerro de Santo Tomás Ajusco, aledaño al paraje Valle del Tezontle, se eligió un área para realizar el experimento. El terreno pertenece a la comunidad de Santo Tomás Ajusco.

Una vez elegida el área, y contando con los permisos y apoyo correspondientes, se procedió a la programación de las quemas prescritas. En dos fechas distintas fueron aplicadas, con el auxilio de dos brigadas de prevención y combate de incendios forestales de CONAFOR. Las fechas de quema fueron el 21 de marzo y el 29 de mayo del 2002. Se aplicaron quemas prescritas e incendios confinados, según se explica más adelante.

Se denominó incendio confinado a alta intensidad, a la aplicación de fuego por la tarde, con baja humedad relativa, a favor del viento y la pendiente. La quema prescrita se refiere a la aplicación del fuego temprano por la mañana, en contra del viento y la pendiente.

El comportamiento promedio del fuego para cada caso se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características del fuego durante las quemas.

Tratamiento	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (Km/h)	Dirección dominante del viento	Largo de llama (m)	Velocidad de propagación (m/min)
MrB	70-49	2-8	Este-Norte	0.5-1.5	< 1-2
MrA	49-30	4-10	Norte	1-3	1-5
MyB	25-20	2.5-4	Norte	0.4-0.8	<1-4
MyA	18-12	3-8	Norte	1-8	30-60

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo

El estudio consiste en la medición y análisis de la vegetación, para determinar la existencia de cambios en la composición del sotobosque, a los tres, seis, nueve y 12 meses después de la aplicación de fuego.

Los sitios de muestreo se ubicaron en las áreas tratadas con fuego, quema prescrita a baja intensidad e incendio confinado a alta intensidad en marzo y mayo del 2002, más un área testigo aledaña al área quemada.

En cada lote, del orden de 1 ha aproximadamente, la mitad de la superficie esta cubierta por arbolado juvenil (hasta 6 m de altura) denso (900-2500/ha), y la otra mitad tiene una densidad baja (300-600/ha); con grandes claros (Castro, 2003).

Se establecieron sitios permanentes (cuyas medidas se describen más adelante) en forma aleatoria en el año 2002, tres meses después de la aplicación del fuego, para un total de seis sitios en cada área, más los dos testigos. Cada sitio estaba delimitado para la medición de hierbas, arbustos y árboles.

Una vez determinados los sitios de muestreo, se procedió a la medición de la vegetación. Se realizaron muestreos periódicos (cuatro mediciones) de la vegetación en cada sitio establecido previamente, en un lapso de un año.

5.2.2 Obtención de datos

El levantamiento de la información de campo se realizó tres, seis, nueve y 12 meses después de la aplicación de fuego.

Método de muestreo para herbáceas y arbustivas

En cada área se delimitaron sitios cuadrados, que coinciden en uno de los vértices. Las dimensiones de dichos cuadros varían de acuerdo al estrato vegetativo. Lo anterior de acuerdo al método de Cain y Castro (1959).

Para herbáceas se considerarán cuadros de un metro por un metro (1 m^2), para arbustivas cuatro por cuatro metros (16 m^2) y para arbóreas de diez por diez metros (100 m^2). La información que se registró en cada cuadro consiste de especies presentes, número de individuos por especie, altura, diámetro mayor y menor de copa (o cobertura en porcentaje en el caso de herbáceas), presencia de flores o frutos.

Asimismo para cada sitio se tomaron los datos referentes a: exposición, topografía, influencia humana y fecha de levantamiento de la información.

Para conocer el número total de especies, en cada sitio se realizó un inventario.

Las observaciones fenológicas, para detectar el comportamiento de las especies en los diferentes tratamientos, se llevaron a cabo a lo largo de un año.

Se colectaron tres ejemplares de cada muestra botánica para su identificación (los ejemplares de la colecta fueron del área contigua al sitio, para no tener alteraciones en el siguiente muestreo). El secado y la identificación taxonómica se realizaron tanto en el herbario CHAP de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, como en el herbario Ing Jorge Espinosa Salas del Departamento de Preparatoria Agrícola.

El material que se utilizó en la fase de campo consistió en flexómetro, estacas para delimitar los sitios, prensas botánicas, brújula, clinómetro, pistola haga y cámara fotográfica.

Se llevaron a cabo muestreos trimestrales, acorde con la programación mostrada en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Programación de la toma de datos.

Tratamiento	Medición y fecha			
	1 ^a .	2 ^a .	3 ^a .	4 ^a .
AMra	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
AMrc	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
BMra	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
BMrc	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
CMra	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
CMrc	19-26/Jun/02	19-26/Sep/02	19-26/Dic/02	19-26/ Mzo/02
AMya	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02
AMyc	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02
BMya	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02
BMyc	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02
CMya	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02
CMyc	29/Ago/02	29/Nov/02	28/Feb/02	29/May/02

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Marzo
 My = Mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

5.2.3 Análisis de la vegetación

Una vez obtenida la información de campo se ordenó para realizar su análisis y determinar los parámetros ecológicos siguientes: densidad, dominancia (cobertura), frecuencia, además de valores relativos de densidad, dominancia (cobertura) y frecuencia para obtener el valor de importancia de cada especie. También se obtuvieron número de especies (diversidad alfa), índice de diversidad de Simpson, Shannon-Wiener y equitatividad.

La forma en que se determinaron los parámetros se describe a continuación:

Densidad= Número de individuos por especie/superficie muestreada.

Dominancia=Cobertura de la especie/superficie muestreada.

Frecuencia =Número de sitios en que ocurre cada especie/ Total de sitios muestreados]

Densidad relativa = [Número de individuos de la especie/ Número total de individuos de todas las especies] (100)

Dominancia relativa =[Dominancia de la especie/ Suma de las dominancias de todas las especies](100)

Frecuencia relativa = [Frecuencia de la especie/ Suma de las frecuencias de todas las especies](100)

Valor de importancia = Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.

Porcentaje de valor de importancia = [(Valor de importancia) (100)]/ 300

Índice de diversidad

En este caso se probaron cuatro indicadores: número de especies, índice de diversidad de Shannon-Wiener, equitatividad, y el índice de

diversidad de Simpson. El número de especies se obtuvo por sitio y por tratamiento.

El índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1985), se basa en la teoría de la información, y describe el grado de incertidumbre para predecir la especie de un individuo escogido al azar en una comunidad. De acuerdo con Margalef (1958) citado por Krebs (1985), el índice de Shannon-Wiener produce una medida de heterogeneidad (H) de una comunidad, y es el más utilizado debido a que es independiente de algunas distribuciones hipotéticas.

El cálculo de este índice se obtuvo a partir de los datos obtenidos en el campo, mediante el método de Cain y Castro (1959).

La formula para calcular el índice referido es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = Índice de diversidad o medida de heterogeneidad

S = Número de especies

p_i = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t).

Los valores de este índice varían de cero, cuando todos los individuos pertenecen a una sola especie, hasta un valor máximo si cada individuo pertenece a una especie diferente. Aunque como lo señala Margalef (1980), ambos límites hipotéticos, son igualmente improbables para una comunidad natural. Los valores reales son intermedios, con un margen considerable de variación.

Como la diversidad está positivamente correlacionada, según Whittaker (1975), con la equitatividad (E) (nivel de igualdad en el número de individuos para cada especie), esta última también se calculó para determinar tal relación. Whittaker (1975) menciona que la equitatividad también expresa la diversidad relativa de la función de Shannon-Wiener.

Whittaker (1975), menciona que la concentración de dominancia está inversamente correlacionada con el índice de Shannon-Wiener y la equitatividad.

La equitatividad se obtuvo mediante el cálculo de la diversidad de cada sitio, bajo condiciones de máxima equitatividad (diversidad máxima) (Krebs, 1985).

$$H_{\text{máx}} = -S \left[\left(\frac{1}{S} \right) \log_2 \left(\frac{1}{S} \right) \right] = \log_2 S$$

Donde:

H_{máx}= Diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad

S=Número de especies en el sitio

Equitatividad

$$E=(H/H_{\text{máx}}) = H/ \log_2 S$$

Donde:

E= Equitatividad

H=Diversidad de especies (índice de diversidad de Shannon-Wiener).

H_{máx}= Diversidad de especies bajo condiciones de máxima equitatividad

Índice de diversidad de Simpson.

El índice de diversidad de Simpson (Krebs 1985) expresa la concentración de la dominancia en una comunidad. Significa la probabilidad de encontrar un par de individuos que pertenezcan a la misma especie dentro de una comunidad.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

D = Índice de diversidad de Simpson

S = Número de especies

P_i = Proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i/N_t).

El valor varia de 0, para una comunidad con una sola especie, hasta 1 para una comunidad en que cada individuo pertenece a una especie diferente.

También se realizó un listado florístico, marcando especies dominantes.

5.2.4 Diseño experimental

Las unidades experimentales se ubicaron aleatoriamente en cada condición de interés, y los factores analizados fueron: tratamiento de fuego (con seis niveles), cobertura de dosel arbóreo (con dos niveles: denso y abierto) y la interacción entre estos dos factores. Las variables dependientes del modelo fueron: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson.

Los niveles para el factor fuego, fueron:

Quema prescrita a baja intensidad en marzo.

Incendio confinado a alta intensidad en marzo.

Quema prescrita a baja intensidad en mayo.

Incendio confinado a alta intensidad en mayo.

Testigo para marzo (área no quemada).

Testigo para mayo (área no quemada).

Se muestrearon seis niveles del factor fuego y dos del factor densidad, que con las tres repeticiones, da un total de 36 unidades experimentales, por

estrato. Considerando los tres estratos, se tienen 108 unidades experimentales. Se realizaron cuatro muestreos periódicos en dichas unidades, arrojando un total de 432 mediciones.

5.2.5. Análisis estadístico de los datos

Para conocer el efecto del fuego a diferente intensidad y época en el sotobosque, se realizaron las siguientes pruebas de análisis de varianza multivariado (MANOVA). Se realizó un análisis multivariado para cada época de medición.

Tal análisis se hizo utilizando el análisis de varianza multivariado (MANOVA) del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 8. Se utilizó la raíz más grande de Roy para determinar significancia. También se empleó la prueba no paramétrica de χ^2 para determinar especies típicas de áreas quemadas.

El modelo lineal para el análisis estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Vector de respuestas en la i-ésima repetición con el j-ésimo nivel de factor fuego y el k-ésimo nivel de factor tipo de cobertura.
- μ = Vector de medias general.
- α_i = Vector de efectos del i-ésimo nivel de factor fuego.
- β_j = Vector de efectos del j-ésimo nivel de factor de tipo de cobertura
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Vector de efectos de la interacción del i-ésimo nivel de factor fuego y el j-ésimo nivel de factor de tipo de cobertura.
- ε_{ijk} = Vector de errores aleatorios

6. RESULTADOS

6.1 Análisis multivariado

Las respuestas ecológicas frecuentemente son multivariadas, lo que involucra interacciones entre las variables respuesta (Scheiner y Gurevitch, 1993).

Cuando más de una variable respuesta ha sido medida el método de análisis apropiado usualmente es el análisis multivariado (MANOVA), en el cual todas las variables dependientes se incluyen en un solo análisis (Scheiner y Gurevitch, 1993).

6.1.1. Herbáceas y arbustos, primera medición

Existe una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, tres meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual como con respecto a su interacción (Cuadro 9).

Cuadro 9. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	3.67713158	17.65	5	24	<0.0001
CD	2.90275152	11.61	5	20	<0.0001
TR*CD	2.03604856	9.77	5	24	0.0044

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el Cuadro 10, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 10. Valores medios de las variables dependientes por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a tres meses de establecido el experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad / m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	3.020	2.333	15.354	9.333	2823.483	940.780	0.912	0.846	0.600	0.450
BMr	6.353	3.000	43.021	34.333	1397.487	322.147	0.886	0.661	0.775	0.412
AMr	6.000	3.353	105.333	47.375	982.730	344.547	0.794	0.558	0.714	0.389
CMy	4.040	4.040	31.729	42.792	13985.990	7107.740	0.926	0.739	0.684	0.539
BMy	5.393	3.083	30.313	24.938	2817.343	340.843	0.881	0.618	0.732	0.366
AMy	3.797	2.020	52.854	13.417	1986.310	118.923	0.832	0.507	0.566	0.280

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado
 Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado
 T1 = Muestreo a tres meses

Las tendencias dominantes indican que el número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos.

Análogamente todas las variables dependientes, salvo la equitatividad en condición cerrada, fueron mayores en el control de mayo que en el control de marzo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. Las quemas prescritas de marzo duplicaron el número de especies con respecto al control en la condición abierta.

En la condición abierta, las quemas prescritas en mayo favorecieron un mayor número de especies, pero en el incendio confinado tuvo un valor similar al control. En la condición cerrada, el fuego independientemente de su intensidad disminuyó el número de especies, un 25% en la quema prescrita y el 50% en el incendio confinado, con respecto al testigo.

Excepto para el control de mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos, con la excepción de la condición cerrada de mayo, donde tanto la quema prescrita como el incendio confinado exhibieron menores valores que el control.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en los controles para todos los casos. Dentro de las áreas quemadas las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de mayo, con respecto a los de

marzo, excepto en el incendio confinado de mayo en condición cerrada, donde el valor fue menor.

Tanto la equitatividad como el índice de diversidad de Simpson tendieron a ser mayores en condición abierta, con respecto a la cerrada, en todos los tratamientos con fuego.

El fuego, independientemente de su intensidad y época, redujo la equitatividad.

El índice de diversidad de Simpson sólo aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo. En el resto de combinaciones de factores se redujo o se mantuvo casi igual al testigo.

Esto indica que a los tres meses, el fuego es favorable, bajo condiciones de baja intensidad, pues permite que se manifiesten especies que antes no se observaban. Otro elemento importante que influye es la temporada de lluvias, que queda incluida en este periodo de tiempo. La presencia del fuego permitió la disponibilidad de espacio para la existencia de otras especies vegetales que generalmente no ocurren por la predominancia de pastos amacollados en el sotobosque.

La cobertura en el área no quemada fue mayor, pues en esta área las especies establecidas presentan desarrollo completo. En cambio, en el área donde se aplicó fuego, las especies inician su desarrollo.

El tratamiento de quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición abierta fue el que tuvo el mayor número de especies (6.353). El menor valor correspondió al incendio confinado de mayo (2.020), en condición cerrada.

El tratamiento de incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad ($105.333/\text{m}^2$). La menor ($9.333/\text{m}^2$) fue para el control de marzo en condición cerrada.

La mayor cobertura se observó en el área no quemada (testigo) de mayo en condición abierta ($13,985.99 \text{ cm}^2/\text{m}^2$). La menor cobertura se tuvo en el incendio confinado de alta intensidad de mayo (118.923) en condición cerrada.

El valor de equitatividad fue mayor en el área no quemada (testigo) de mayo en condición abierta (0.926). El menor valor correspondió al incendio confinado de alta intensidad de mayo (0.507) en condición cerrada.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en el tratamiento de quema prescrita de baja intensidad de marzo (0.775). El menor valor correspondió al incendio confinado de alta intensidad de mayo (0.280) en condición cerrada.

6.1.2 Herbáceas y arbustos, segunda medición

Existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, seis meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual como con respecto a su interacción (Cuadro 11).

Cuadro 11. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	2.77812604	13.34	5	24	<0.0001
CD	0.94581434	3.78	5	20	<0.0001
TR*CD	0.26948464	1.29	5	24	0.0011

TR = Tratamiento con fuego
CD = Condición de cobertura
TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 12, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 12. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a seis meses de establecido el experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad (m ²)		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
T2										
CMr	3.727	3.060	29.875	22.854	12679.920	3249.270	0.812	0.886	0.583	0.571
BMr	5.083	4.440	64.021	99.750	8384.667	2912.480	0.783	0.567	0.626	0.415
AMr	6.083	4.520	232.833	133.542	8492.087	3796.923	0.426	0.445	0.324	0.345
CMy	1.687	2.060	6.563	8.750	15094.787	5151.827	0.604	0.609	0.292	0.354
BMy	4.727	5.437	65.125	37.375	3427.347	662.350	0.650	0.575	0.503	0.448
AMy	4.793	2.813	102.417	14.354	3050.227	608.763	0.451	0.746	0.342	0.441
A	=	Incendio confinado a alta intensidad								
B	=	Quema prescrita a baja intensidad								
C	=	Testigo								
Mr	=	Aplicación de fuego en marzo								
My	=	Aplicación de fuego en mayo								
Abierto	=	Sitios ubicados en área sin arbolado								
Cerrado	=	Sitios ubicados en área bajo arbolado								
T2	=	Muestreo a tres meses								

Las tendencias dominantes indican que el número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos; excepto para número de especies en el incendio confinado a alta intensidad de mayo, quema prescrita a baja intensidad y su control, donde ocurre lo contrario.

Para la variable densidad, en la quema prescrita de baja intensidad de marzo y control de mayo sucede algo similar. Para la variable equitatividad, en el control e incendio confinado de alta intensidad de marzo y mayo, los valores son mayores o semejantes en la condición cerrada. Para el índice de diversidad, en el incendio confinado de alta intensidad de marzo, el control de

mayo, e incendio confinado de alta intensidad de mayo, los valores fueron mayores en la condición cerrada.

Las variables dependientes, excepto la cobertura en ambas condiciones fueron mayores en el control de marzo que en el control de mayo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. El incendio confinado de alta intensidad de marzo, casi duplicó el número de especies con respecto al control en condición abierta.

En la condición abierta, la quema prescrita y el incendio confinado de alta intensidad de mayo favorecieron un mayor número de especies, por casi 2.5 veces en relación al testigo. En la condición cerrada, la quema prescrita aumentó 2.5 veces el número de especies, mientras que el incendio confinado presentó un valor similar al testigo.

Excepto para la quema prescrita de baja intensidad de marzo y el control de mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en los controles para todos los casos. Dentro de las áreas quemadas las coberturas

tendieron a ser mayores en los tratamientos de marzo, con respecto a los de mayo.

La equitatividad tendió a ser mayor en condición cerrada, con respecto a la abierta, en todos los tratamientos con fuego confinado y los controles; no así para las quemas prescritas de baja intensidad de marzo y mayo.

El fuego independientemente de su intensidad y época, redujo la equitatividad, en ambas condiciones. Excepto para la quema prescrita de mayo en condición abierta y el incendio confinado de alta intensidad en condición cerrada, donde aumento.

El índice de diversidad de Simpson disminuyó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo, excepto para la quema prescrita a baja intensidad en condición abierta. En los tratamientos con fuego de mayo, aumento el índice con respecto al testigo.

Seis meses posteriores al fuego, la respuesta de la vegetación es algo diferente. El fuego aplicado en marzo, nos proporciona mejores resultados.

El sotobosque en el área no quemada tiende a ser homogéneo, con predominancia de pastos.

Seis meses posteriores al fuego, la respuesta del sotobosque es diferente, en área arbolada y sin arbolado. Se observa mejores resultado en

área sin arbolado. Las áreas abiertas, presentan mejor condición para el desarrollo y crecimiento de la vegetación herbácea y arbustiva, debido a que existe mayor entrada de luz.

Como puede observarse, el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que tuvo el mayor número de especies (6.083). El menor valor correspondió al control de mayo (2.060) en condición cerrada.

El tratamiento de incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad (232.833). La menor fue para el control de mayo (6.563), en condición abierta.

La mayor cobertura se observó en el área no quemada (testigo) de mayo, en condición abierta (15, 094.787 cm²/m²). La menor cobertura se tuvo en el incendio confinado de alta intensidad (608.763) en condición cerrada.

El valor de equitatividad fue mayor en el área no quemada (testigo) de marzo (0.886) en condición abierta. El menor valor correspondió al incendio confinado de alta intensidad de marzo (0.426) también en condición abierta.

El índice de diversidad de Simpson fue mayor en la quema prescrita de marzo (0.626) en condición abierta. El menor valor se presentó en el área no quemada (testigo) de mayo (0.292) en condición abierta.

6.1.3 Herbáceas y arbustos, tercera medición

Existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, nueve meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual como con respecto a su interacción (Cuadro 13).

Cuadro 13. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	3.94612972	18.94	5	24	<0.0001
CD	1.61719527	6.47	5	20	0.0006
TR*CD	1.10944555	5.33	5	24	0.0003

TR = Tratamiento con fuego
CD = Condición de cobertura
TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 14, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 14. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de establecido el experimento

TRAT.	Número de especies		Densidad /m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
T3										
CMr	1.687	2.060	6.563	8.750	10769.797	5151.827	0.604	0.609	0.292	0.354
BMr	4.393	2.837	33.917	26.958	6971.987	4558.713	0.717	0.619	0.561	0.355
AMr	4.750	2.230	55.792	19.000	15288.483	3757.357	0.697	0.443	0.582	0.235
CMy	1.333	2.040	6.667	7.375	4999.400	1228.927	0.318	0.578	0.156	0.325
BMy	4.040	4.813	46.125	23.042	2964.567	1014.033	0.668	0.735	0.513	0.574
AMy	4.503	2.440	41.813	15.563	2297.400	495.553	0.728	0.869	0.560	0.464
A	= Incendio confinado a alta intensidad									
B	= Quema prescrita a baja intensidad									
C	= Testigo									
Mr	= Aplicación de fuego en marzo									
My	= Aplicación de fuego en mayo									
Abierto	= Sitios ubicados en área sin arbolado									
Cerrado	= Sitios ubicados en área bajo arbolado									
T3	= Muestreo a nueve meses									

Las tendencias indican que generalmente el número de especies, la densidad y la cobertura particularmente está última, fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, en los tratamientos con fuego. Para la variable equitatividad en los tratamientos de mayo y, para el índice de diversidad también en los tratamientos de mayo, ocurrió lo contrario.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. Las quemas prescritas de marzo duplicaron el número de especies con respecto al control en la condición abierta.

La quema prescrita de baja intensidad e incendio confinado de alta intensidad en mayo también favorecieron un mayor número de especies.

Excepto para el control de marzo y mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció notoriamente la densidad en todos los casos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta en todos los casos. Dentro de las áreas quemadas, las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de marzo, con respecto a los de mayo.

La equitatividad tendió a ser mayor en condición cerrada, con respecto a la abierta, en todos los tratamientos, excepto para el tratamiento aplicación de fuego en marzo.

El fuego, independientemente de su intensidad y época, aumentó la equitatividad, excepto para el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada.

El índice de diversidad de Simpson aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo y mayo, excepto para el incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición cerrada.

En el tratamiento de quema prescrita a baja intensidad de mayo en condición cerrada media igual a 4.813 especies y en el incendio confinado de

marzo (4.75) se observan el mayor número de especies. El menor valor corresponde al control de mayo (1.333), en condición abierta.

El tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad ($55.792/m^2$). El menor valor se observó en el control de marzo (6.563) en condición abierta.

La mayor cobertura se observa en el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta ($15,288.483\text{ cm}^2/m^2$). La menor cobertura se tuvo en el incendio confinado a alta intensidad de mayo ($495.553\text{ cm}^2/m^2$) en condición abierta.

El valor de equitatividad fue mayor en el incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición cerrada (0.869). El menor (0.318) fue para el control de mayo en condición abierta.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en el incendio confinado de alta intensidad de marzo (0.582) en condición abierta. El menor valor corresponde al control de mayo (0.156) en condición abierta.

6.1.4 Herbáceas y arbustos, cuarta medición

A un año de la aplicación del tratamiento existe diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, un año después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como con respecto a su interacción (Cuadro 15).

Cuadro 15. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	5.21400475	25.03	5	24	<0.0001
CD	0.39106774	1.56	5	20	0.0109
TR*CD	1.70562271	8.19	5	24	<0.0001

TR = Tratamiento con fuego
CD = Condición de cobertura
TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 16, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 16. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la aplicación de los tratamientos.

TRAT.	Número de especies		Densidad / m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	2.040	1.707	5.813	7.708	17348.670	10754.563	0.592	0.574	0.330	0.273
BMr	5.040	2.797	40.500	40.604	5679.973	3954.810	0.650	0.631	0.548	0.404
AMr	4.397	2.917	41.146	34.792	6200.267	3832.790	0.693	0.655	0.567	0.418
CMy	2.063	2.397	10.146	11.104	6214.747	5652.757	0.561	0.575	0.314	0.353
BMy	3.083	5.190	21.646	21.667	3940.477	1935.760	0.649	0.713	0.414	0.572
AMy	5.503	2.813	34.146	9.188	4425.823	1408.697	0.647	0.867	0.514	0.510
A	= Incendio confinado a alta intensidad									
B	= Quema prescrita a baja intensidad									
C	= Testigo									
Mr	= Aplicación de fuego en marzo									
My	= Aplicación de fuego en mayo									
Abierto	= Sitios ubicados en área sin arbolado									
Cerrado	= Sitios ubicados en área bajo arbolado									
T4	= Muestreo a 12 meses									

Excepto por los tratamientos con fuego en mayo, en todos los demás casos el número de especies fue mayor en la condición abierta que en la cerrada. Así mismo, los tratamientos con fuego incrementaron el número de especies promedio, tanto en condición abierta como en condición cerrada, particularmente las quemas prescritas en marzo y el incendio de mayo, ambos en condición abierta, y la quema prescrita de mayo, en condición cerrada.

La densidad se comportó de distintas formas: en el control de marzo fue mayor en la condición cerrada que en la abierta; en las quemas prescritas de marzo y mayo y en el control de mayo fue semejante en ambas condiciones; pero en los incendios confinados en ambas épocas resultó mayor en los sitios abiertos.

La cobertura siempre fue superior en la condición abierta que en la cerrada. Asimismo, en todos los casos, este valor fue mayor en los controles que en los tratamientos con fuego, y mayor en los sitios sometidos a incendios confinados que en aquellos quemados de manera prescrita.

La equitatividad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para los tratamientos de marzo, con una tendencia inversa en los de mayo. En todos los casos, este indicador fue mayor en las áreas quemadas que en las no quemadas.

En relación al índice de diversidad de Simpson, fue mayor en la condición abierta de los tratamientos de marzo, pero en los de mayo fue mayor en la condición cerrada, excepto por el incendio confinado.

Dado que lo más deseable es la aplicación de fuego prescrito temprano en la temporada (no después de marzo), en el siguiente párrafo se analiza el efecto de las quemas prescritas en marzo en relación al testigo de la misma época, pues los incendios pueden originar elevadas densidades y coberturas de sotobosque, pero habrán matado una elevada proporción de árboles de distintas edades, a diferencia de las quemas prescritas (Castro, 2003).

Las quemas prescritas incrementan en aproximadamente 150% el número de especies en la condición abierta, y 65% en la condición cerrada. La densidad incrementa en casi 600% en la condición abierta, y del orden de

425% en la cerrada. No obstante, la cobertura se reduce a un 33% con respecto al testigo en la condición abierta, y a un 37% en la cerrada. No obstante, debe considerarse el efecto adicional del pastoreo que se presentó en la zona, como en la mayoría de las áreas incendiadas de pinar en el país. La equitatividad aumentó un 10% tanto en la condición abierta como en la cerrada, y el índice de diversidad de Simpson, aumentó 67% en la condición abierta y 48% en la cerrada.

El tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta fue el que tuvo el mayor número de especies (5.503). El menor valor corresponde al control marzo (1.707) en condición cerrada.

El incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada fue el que presentó la mayor densidad ($41.146/m^2$). El menor valor se tuvo en el control de marzo ($5.813/m^2$) en condición abierta.

La mayor cobertura se observa en el área no quemada (testigo) de marzo en condición abierta ($17\ 348.67\ cm^2/m^2$). La menor cobertura corresponde al incendio confinado de mayo ($1408.697\ cm^2/m^2$) en condición cerrada.

El valor de equitatividad fue mayor en el incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición cerrada (0.867). El menor valor se observa en el control de mayo (0.561) en condición cerrada.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en la quema prescrita a baja intensidad de mayo en condición cerrada (0.572). El menor valor correspondió al control de marzo (0.273) en condición cerrada.

6.1.5 Estrato herbáceo, primera medición

Existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, tres meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como con respecto a su interacción (Cuadro 17).

Cuadro 17. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	6.25363123	30.02	5	24	<0.0001
CD	2.04255392	8.17	5	20	0.0002
TR*CD	0.97572396	4.68	5	24	0.0043

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 18, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 18. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, en herbáceas, a tres meses de la aplicación de tratamientos.

TRAT.	Número de especies		Densidad / m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
T1										
CMr	3.000	2.333	15.33	9.333	2822.99	940.780	0.912	0.846	0.600	0.450
BMr	6.333	3.000	43.00	34.333	1396.44	322.147	0.886	0.661	0.775	0.412
AMr	6.000	3.333	105.33	47.000	982.73	326.467	0.794	0.558	0.714	0.390
CMy	4.000	4.000	31.33	42.333	13825.36	6974.680	0.926	0.739	0.684	0.539
BMy	5.333	3.000	29.66	24.667	2553.04	190.903	0.881	0.618	0.732	0.366
AMy	3.667	2.000	49.66	13.333	1522.90	93.073	0.832	0.507	0.566	0.280
A = Incendio confinado a alta intensidad B = Quema prescrita a baja intensidad C = Testigo Mr = Aplicación de fuego en marzo My = Aplicación de fuego en mayo Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado T2 = Muestreo a seis meses										

Las tendencias dominantes indican que el número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad, fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos; excepto para la variable densidad en el control de mayo.

Análogamente todas las variables dependientes, solo la equitatividad en condición cerrada fueron mayores en el control de mayo que en el control de marzo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incremento el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. Las

quemadas prescritas de marzo duplicaron el número de especies con respecto al control en la condición abierta.

En los tratamientos de mayo se redujo el número de especies, excepto para el incendio confinado a alta intensidad en condición abierta.

Excepto para el control de mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en el fuego de marzo. En los tratamientos de mayo hubo una disminución en la densidad, excepto para el incendio confinado de alta intensidad en condición abierta.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en los controles para todos los casos. Dentro de las áreas quemadas las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de mayo en condición abierta y marzo en condición cerrada.

La equitatividad tendió a ser mayor en condición abierta, con respecto a la cerrada, en todos los tratamientos con fuego.

El fuego, independientemente de su intensidad y época, redujo la equitatividad.

El índice de diversidad de Simpson aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo y mayo en condición abierta, excepto para el incendio confinado a alta intensidad de mayo. En la condición cerrada, el comportamiento fue diferente, ya que ocurrió una disminución en la aplicación de fuego de marzo y mayo con respecto a los testigos.

El fuego aplicado en marzo, proporciona mejores resultados. Al reducirse la cubierta de pastos, se incrementa la iluminación y la temperatura, disponibilidad de espacio, permitiendo el paso de otras especies colonizadoras.

El sotobosque en el área no quemada tiende a ser homogéneo, con predominancia de pastos.

La quema prescrita a baja intensidad de marzo en condición abierta tuvo el mayor número promedio de especies herbáceas (6.333). El menor valor corresponde al incendio confinado a alta intensidad en mayo (2.000) en condición cerrada.

El incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad ($105.333/m^2$). La menor densidad se tuvo en el control de marzo ($9.333/m^2$) en condición cerrada.

La mayor cobertura se observa en el área no quemada (testigo) de mayo en condición abierta ($13825.360cm^2/m^2$). La menor cobertura corresponde al

incendio confinado a alta intensidad de mayo ($93.073 \text{ cm}^2/\text{m}^2$) en condición cerrada.

La equitatividad fue mayor en el área no quemada (testigo) de mayo en condición abierta (0.926). La menor equitatividad corresponde al incendio confinado a alta intensidad de mayo (0.507) en condición cerrada.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en la quema prescrita a baja intensidad de marzo (0.775). El menor índice corresponde al incendio confinado a alta de mayo (0.280) en condición abierta.

El fuego aplicado en marzo, proporciona mejores resultados. Al reducirse la cubierta de gramíneas, se incrementa la iluminación y la temperatura, y disponibilidad de espacio, permitiendo el paso de especies colonizadoras.

El sotobosque en el área no quemada tiende a ser homogéneo, con predominancia de pastos.

6.1.6 Estrato herbáceo, segunda medición

Existe una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, seis meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual como con respecto a su interacción (Cuadro 19).

Cuadro 19. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	4.55115706	21.85	5	24	<0.0001
CD	3.84541192	15.38	5	20	<0.0001
TR*CD	1.50700424	7.23	5	24	0.0005

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 20, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 20. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a medio año de la instalación del experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad (m ²)		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	3.667	3.000	29.000	22.333	12245.270	2986.500	0.812	0.886	0.583	0.571
BMr	5.000	4.333	63.000	99.333	8060.250	2764.477	0.783	0.567	0.626	0.414
AMr	6.000	4.333	231.333	132.333	7689.920	3437.077	0.426	0.433	0.324	0.321
CMy	1.667	2.000	6.333	8.667	15065.033	5020.733	0.604	0.609	0.292	0.354
BMy	4.667	5.333	64.667	37.000	3368.267	604.347	0.650	0.575	0.503	0.448
AMy	4.667	2.667	100.667	12.667	2616.363	508.790	0.451	0.746	0.342	0.441

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado
 Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado
 T2 = Muestreo a seis meses

Las tendencias dominantes indican que el número de especies, la densidad, la cobertura y el índice de diversidad fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego,

incluyendo sus testigos. Para la variable equitatividad los valores fueron mayores en la condición cerrada.

Todas las variables dependientes, excepto la cobertura, fueron mayores en el control de marzo que en el control de mayo.

El fuego en marzo y mayo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. Las quemas prescritas de marzo duplicaron el número de especies, con respecto al control en la condición abierta.

Excepto para la quema prescrita a baja intensidad de marzo y el control de mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en los controles para todos los casos. Dentro de las áreas quemadas las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de marzo, con respecto a los de mayo.

La equitatividad tendió a ser mayor en condición cerrada, con respecto a la abierta, excepto para la quema prescrita de baja intensidad de marzo y mayo en condición abierta.

El fuego, independientemente de su intensidad y época, redujo la equitatividad; excepto para la quema prescrita de baja intensidad de de mayo en condición abierta e incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición cerrada.

El índice de diversidad de Simpson disminuyó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo, excepto en la quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición abierta. En la aplicación de fuego de mayo hubo un aumento con respecto al testigo.

El incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que tuvo el mayor número de especies (6.000). El menor número correspondió al control de mayo (1.667) en condición abierta.

La mayor densidad se tuvo en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta ($231.333/m^2$). La menor densidad corresponde al control de mayo ($6.333 /m^2$) en condición abierta.

La mayor cobertura se observa en el área no quemada (testigo) de mayo en condición abierta ($15\ 065.033\ cm^2/m^2$). La menor cobertura se tuvo en el incendio confinado a alta intensidad de mayo ($508.790\ cm^2/m^2$) en condición cerrada.

La equitatividad fue mayor en el área no quemada (testigo) de marzo en condición cerrada (0.886). La menor equitatividad corresponde al incendio confinado a alta intensidad de marzo (0.426) en condición abierta.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en la quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición abierta (0.626). El menor índice corresponde al control de mayo (0.292) en condición abierta.

La respuesta de la vegetación herbácea seis meses después de la aplicación de fuego, indica relación directa entre número de especies y densidad en las áreas tratadas con fuego en marzo. La riqueza de especies herbáceas aumenta en áreas tratadas con fuego y disminuye con la intensidad del tratamiento.

6.1.7 Estrato herbáceo, tercera medición

Existe una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, nueve meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como con respecto a su interacción (Cuadro 21).

Cuadro 21. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	2.39160486	11.48	5	24	<0.0001
CD	1.78669228	7.15	5	20	0.0006
TR*CD	1.52440002	7.32	5	24	0.0003

TR = Tratamiento con fuego

CD = Condición de cobertura

TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 22, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 22. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de iniciado el experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad /m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
T3										
CMr	1.667	2.000	6.333	8.667	10740.04	5020.73	0.604	0.609	0.292	0.354
BMr	4.333	2.667	33.667	25.667	6930.50	4402.35	0.717	0.619	0.561	0.355
AMr	4.667	2.000	55.333	17.000	15222.12	3413.53	0.697	0.443	0.582	0.235
CMy	1.333	2.000	6.667	7.333	4999.40	1191.22	0.318	0.578	0.156	0.325
BMy	4.000	4.667	46.000	22.667	2960.26	990.25	0.668	0.735	0.513	0.574
AMy	4.333	2.333	39.333	14.333	1942.92	442.16	0.728	0.869	0.560	0.464

A = Incendio confinado a alta intensidad

B = Quema prescrita a baja intensidad

C = Testigo

Mr = Aplicación de fuego en marzo

My = Aplicación de fuego en mayo

Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado

Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado

T3 = Muestreo a nueve meses

El número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad, tendieron a ser mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos.

Todas las variables dependientes, excepto la densidad y cobertura en condición abierta en mayo fueron mayores en el control de marzo que en el control de mayo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada. Las quemaduras prescritas de marzo duplicaron el número de especies con respecto al control en la condición abierta.

El fuego en mayo favoreció un mayor número de especies en ambas condiciones.

Excepto para el control de mayo y marzo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en los controles para todos los casos. Dentro de las áreas quemadas las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de marzo, con respecto a los de mayo.

La equitatividad tendió a ser mayor en condición abierta, con respecto a la cerrada, en todos los tratamientos con fuego, excepto en la quema prescrita a baja intensidad de mayo.

El fuego, independientemente de su intensidad y época, aumentó la equitatividad.

El índice de diversidad de Simpson aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo y mayo; excepto para el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada.

Se observa un mayor número promedio de especies herbáceas en el incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición abierta y quema prescrita de baja intensidad de mayo (4.667). El menor número de especies corresponde al control de mayo (1.333) en condición abierta.

El incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad ($55.333/\text{m}^2$). La menor densidad se tuvo en el control de marzo ($6.333/\text{m}^2$) en condición abierta.

La mayor cobertura se observa en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta ($15222.120\text{cm}^2/\text{m}^2$). La menor cobertura se presenta en el incendio confinado a alta intensidad de mayo ($442.16\text{ cm}^2/\text{m}^2$) en condición cerrada.

La equitatividad fue mayor en el incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición cerrada (0.869). La menor equitatividad se tuvo en el control de mayo (0.318) en condición abierta.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en el incendio confinado de alta intensidad de marzo (0.582) en condición abierta. El menor índice corresponde al control de mayo (0.156) en condición abierta.

La respuesta del estrato herbáceo, nueve meses posteriores al fuego, indica que a mayor número de especies mayor densidad y cobertura. El crecimiento de las herbáceas ha sido favorecido por la disponibilidad de nutrientes en el suelo, producto de la combustión de la materia orgánica.

La diversidad es menor en áreas no quemadas, e incrementa con la intensidad de los tratamientos, en la condición abierta.

6.1.8 Estrato herbáceo, cuarta medición

Existe una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, un año después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como con respecto a su interacción (Cuadro 23).

Cuadro 23. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	9.32867020	44.78	5	24	<0.0001
CD	1.01636060	4.07	5	20	0.0104
TR*CD	1.90161611	9.13	5	24	<0.0001

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 24, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 24. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies herbáceas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la aplicación de los tratamientos.

TRAT.	Número de especies		Densidad /m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	2.000	1.667	5.667	7.667	17316.433	10577.373	0.592	0.574	0.330	0.273
BMr	5.000	2.667	40.333	39.667	5664.607	3879.487	0.650	0.631	0.548	0.404
AMr	4.333	2.667	40.667	33.000	6174.260	3534.070	0.693	0.655	0.568	0.418
CMy	2.000	2.333	10.000	11.000	6200.570	5554.413	0.561	0.575	0.314	0.353
BMy	3.000	5.000	21.000	21.333	3875.917	1878.463	0.649	0.713	0.414	0.572
AMy	5.333	2.667	32.667	8.333	3784.157	1211.410	0.647	0.867	0.514	0.510

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado
 Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado
 T4 = Muestreo a tres meses

A un año de la aplicación de los tratamientos, el número promedio de especies herbáceas fue mayor en condición abierta que en la cerrada, aunque se observó lo contrario en los tratamientos con fuego de mayo. Los

tratamientos con fuego, independientemente de su época y de la densidad del arbolado, incrementaron el número de especies, particularmente el incendio de mayo y la quema prescrita de marzo, ambos en condición abierta.

Por cuanto toca a la densidad, siempre fue mayor en la condición abierta, con la excepción del incendio de mayo. La densidad aumentó notoriamente en todos los tratamientos con fuego, con respecto a los testigos respectivos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta que en la cerrada, pero al igual que en el caso de herbáceas y arbustivas consideradas conjuntamente, tuvo valores mayores en los controles que en todas las áreas tratadas con fuego.

En relación a la equitatividad, ésta fue mayor en la condición abierta para todos los tratamientos de marzo, pero se observaron mayores valores para la condición cerrada en los tratamientos de mayo. El índice de diversidad de Simpson presentó una tendencia semejante.

Comparando nuevamente sólo las quemas prescritas de marzo con su control, dados los impactos adversos del fuego en la supervivencia del arbolado aunque se manifiesten efectos positivos en términos de diversidad y densidad de especies, las quemas prescritas de marzo incrementaron en 150% y 60% la diversidad de especies en las condiciones abierta y cerrada, respectivamente.

La densidad también fue incrementada notablemente, 611% en la condición abierta y 417% en la condición cerrada. La cobertura, sin embargo, se redujo, nuevamente debe contemplarse el efecto del pastoreo asociado a áreas quemadas. Este indicador se abatió a un 33% en la condición abierta, y a 37% en la condición cerrada.

Respecto a la equitatividad, aumentó en las dos condiciones en el tratamiento quema prescrita de marzo. Igualmente, el índice de diversidad de Simpson aumentó.

El incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta fue el que tuvo el mayor número de especies (5.333). El menor número de especies se tuvo en el control de marzo (1.667) en condición cerrada.

La mayor densidad se observa en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta ($40.667/m^2$). La menor densidad correspondió al control de marzo ($5.667/m^2$) en condición abierta.

La mayor cobertura se observa en el área no quemada (testigo) de marzo en condición abierta ($17\ 316.433cm^2/m^2$). La menor cobertura se presenta en el incendio confinado a alta intensidad de mayo ($1\ 211.410\ cm^2/m^2$) en condición abierta.

La equitatividad fue mayor en el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición cerrada (0.867). La menor equitatividad se tuvo en el control de mayo (0.561) en condición abierta.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en la quema prescrita a baja intensidad de mayo en condición cerrada (0.572). El menor índice correspondió al control de marzo (0.273) en condición cerrada.

Un año posterior a la aplicación de fuego, indica que existe una mayor riqueza de especies en el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta, pero la mayor densidad la presenta el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición abierta. Al parecer el recubrimiento del suelo por especies pioneras, ha disminuido paulatinamente para la instalación de otras, que tienen un elevado número de individuos con respecto al resto de especies.

6.1.9 Estrato arbustivo, primera medición

Existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, tres meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como respecto a su interacción (Cuadro 25).

Cuadro 25. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	6.96783461	33.45	5	24	<0.0001
CD	1.40588028	5.62	5	20	0.0021
TR*CD	7.08506605	34.01	5	24	<0.0001

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 26, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 26. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a tres meses del inicio del experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad /m ²		Cobertura (cm ² /m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
T1										
CMr	0.020	0.000	0.020	0.000	0.493	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BMr	0.020	0.000	0.020	0.000	1.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
AMr	0.000	0.020	0.000	0.377	0.000	18.080	0.000	0.000	0.000	0.000
CMy	0.040	0.040	0.397	0.460	160.630	133.060	0.000	0.000	0.000	0.000
BMy	0.060	0.083	0.647	0.273	264.303	149.943	0.000	0.306	0.000	0.148
AMy	0.130	0.020	3.187	0.083	463.403	25.853	0.749	0.000	0.340	0.000

A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 Abierto = Sitios ubicados en área sin arbolado
 Cerrado = Sitios ubicados en área bajo arbolado
 T1 = Muestreo a tres meses

El número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad tendieron a ser mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos. En algunos sitios no se observaron arbustos.

Las variables dependientes, fueron mayores en el control de mayo que en el control de marzo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada.

El fuego en mayo favoreció un mayor número de especies, pero en el incendio confinado a alta intensidad tuvo un valor menor al control, a la condición cerrada.

Excepto para el control de mayo, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos, con la excepción de la quema prescrita a baja intensidad de mayo, donde presentó menor valor que el control.

La cobertura siempre fue mayor en la condición abierta y en el control de mayo. Dentro de las áreas quemadas las coberturas tendieron a ser mayores en los tratamientos de mayo, con respecto a los de marzo.

La equitatividad como el índice de diversidad de Simpson tendieron a ser mayores en condición abierta, con respecto a la cerrada, en los tratamientos con fuego. El índice de diversidad de Simpson sólo aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de mayo.

El incendio confinado a alta intensidad en mayo en condición abierta es donde se observa el mayor número de especies (0.130). En el control de marzo y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, así como en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada, no hubo presencia de arbustos.

El incendio confinado a alta intensidad en mayo en condición abierta fue el que presentó la mayor densidad ($3.187/m^2$). En el control de marzo y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, así como en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada, no hubo presencia de arbustos.

La mayor cobertura se observó en el incendio confinado a alta intensidad en mayo en condición abierta ($463.403cm^2/m^2$). En el control de marzo y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, así como en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada, no hubo presencia de arbustos.

La equitatividad fue mayor en el área en el incendio confinado a alta intensidad en mayo en condición abierta (0.749). En el control de marzo y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, así como en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada, no hubo presencia de arbustos.

El índice de diversidad de Simpson, fue mayor en el incendio confinado a alta intensidad en mayo en condición abierta (0.340). En el control de marzo y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, así como en el incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada, no hubo presencia de arbustos.

6.1.10 Estrato arbustivo, segunda medición

Existe diferencia ($p \leq 0.05$) en el comportamiento de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, seis meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto al factor fuego, como con respecto a la interacción fuego y condición (Cuadro 27).

Cuadro 27. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	2.62908036	12.62	5	24	<0.0001
CD	0.51798599	2.07	5	20	0.1195
TR*CD	1.01790983	4.89	5	24	<0.0032

TR = Tratamiento con fuego

CD = Condición de cobertura

TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 28, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 28. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a seis meses del inicio del experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad /m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	0.060	0.060	0.877	0.523	434.650	262.767	0.000	0.000	0.000	0.000
BMr	0.083	0.107	1.023	0.417	324.417	148.000	0.324	0.633	0.160	0.311
AMr	0.083	0.187	1.500	1.210	802.173	359.857	0.156	0.531	0.060	0.414
CMy	0.020	0.060	0.230	0.083	29.750	131.093	0.000	0.000	0.000	0.000
BMy	0.060	0.103	0.460	0.377	59.077	58.003	0.000	0.281	0.000	0.181
AMy	0.127	0.147	1.750	1.687	433.870	99.973	0.532	0.468	0.302	0.277

A	=	Incendio confinado a alta intensidad
B	=	Quema prescrita a baja intensidad
C	=	Testigo
Mr	=	Aplicación de fuego en marzo
My	=	Aplicación de fuego en mayo
Abierto	=	Sitios ubicados en área sin arbolado
Cerrado	=	Sitios ubicados en área bajo arbolado
T2	=	Muestreo a seis meses

Las variables dependientes número de especies, densidad y cobertura, tendieron a ser mayores en el control de marzo que en el control de mayo. La equitatividad y el índice de diversidad exhibieron valores de cero en el control de marzo y mayo.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies.

La quema prescrita a baja intensidad y el incendio confinado a alta intensidad en mayo favorecieron un mayor número de especies.

El fuego favoreció la densidad en todos los casos. El fuego aumento la cobertura, excepto para la quema prescrita a baja intensidad de marzo, donde los valores disminuyeron con respecto al testigo.

Tanto la equitatividad como el índice de diversidad de Simpson tendieron a ser mayores, en todos los tratamientos con fuego. El fuego independientemente de su intensidad y época, aumentó la equitatividad. El índice de diversidad de Simpson aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo y mayo.

6.1.11 Estrato arbustivo, tercera medición

Existe una diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, nueve meses después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, como con respecto a su interacción (Cuadro 29).

Cuadro 29. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	2.08927329	10.03	5	24	<0.0001
CD	0.65881820	2.64	5	20	0.0534
TR*CD	0.91210972	4.38	5	24	0.0054

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 30, se muestra el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 30. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a nueve meses de iniciado el experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad / m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	0.020	0.060	0.230	0.083	29.750	131.093	0.000	0.000	0.000	0.000
BMr	0.060	0.170	0.253	1.293	41.487	156.367	0.000	0.759	0.000	0.444
AMr	0.083	0.230	0.460	2.003	66.363	343.827	0.288	0.647	0.136	0.471
CMy	0.000	0.040	0.000	0.040	0.000	37.703	0.000	0.000	0.000	0.000
BMy	0.040	0.147	0.127	0.377	4.310	23.780	0.000	0.603	0.000	0.375
AMy	0.170	0.107	2.480	1.230	354.483	53.390	0.602	0.435	0.325	0.238
A	= Incendio confinado a alta intensidad									
B	= Quema prescrita a baja intensidad									
C	= Testigo									
Mr	= Aplicación de fuego en marzo									
My	= Aplicación de fuego en mayo									
Abierto	= Sitios ubicados en área sin arbolado									
Cerrado	= Sitios ubicados en área bajo arbolado									
T3	= Muestreo a nueve meses									

Las tendencias dominantes indican que el número de especies, la densidad, y la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos.

Las variables dependientes, en condición cerrada fueron mayores en el control de marzo que en el control de mayo; excepto equitatividad e índice de diversidad.

El fuego en marzo, independientemente de su intensidad, incrementó el número de especies, tanto en la condición abierta como en la cerrada.

En la quema prescrita a baja intensidad y el incendio confinado a alta intensidad en mayo se favoreció un mayor número de especies.

Excepto para el control de mayo y la quema prescrita a baja intensidad de mayo en condición cerrada, la densidad fue mayor en la condición abierta que en la cerrada para todos los tratamientos con fuego. Así mismo, el fuego favoreció la densidad en todos los casos.

La cobertura siempre fue mayor en la condición cerrada y en los controles para todos los casos, excepto para el incendio confinado a alta intensidad de mayo.

La equitatividad y el índice de diversidad de Simpson, tendieron a ser mayores en condición abierta, con respecto a la cerrada, en todos los tratamientos con fuego. El fuego, independientemente de su intensidad y época, aumentó la equitatividad.

El índice de diversidad de Simpson aumentó con respecto al testigo en los tratamientos con fuego de marzo y mayo.

El incendio confinado a alta intensidad de marzo en condición cerrada fue el que tuvo el mayor número promedio de especies arbustivas (0.230). El menor número de especies se observó en el control de marzo (0.020), en condición abierta. En el control de mayo en condición abierta no hubo presencia de arbustos.

La mayor densidad se observó en el incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta ($2.480/m^2$). La menor densidad se tuvo en el control de mayo ($0.040/m^2$) en condición cerrada. En el control de mayo en condición abierta no hubo presencia de arbustos.

La mayor cobertura se presentó en el incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta ($354.483cm^2/m^2$). La menor cobertura se tuvo en la quema prescrita de baja intensidad de mayo ($4.310 cm^2/m^2$) en condición abierta. En el control de mayo en condición abierta no hubo presencia de arbustos.

La equitatividad fue mayor en la quema prescrita a baja intensidad de marzo en condición cerrada (0.759). La menor equitatividad correspondió al incendio confinado de alta intensidad de marzo (0.288), en condición abierta. En el control de marzo, las quemas prescritas a baja intensidad en marzo y mayo en condición abierta, presentan valores de cero. En el control de mayo en condición abierta no hubo presencia de arbustos.

Nueve meses después de la aplicación del fuego, el estrato arbustivo presenta las siguientes características. Existe un mayor número de especies en el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad en marzo en condición cerrada, pero la mayor densidad y cobertura se observa en el tratamiento de incendio confinado a alta intensidad de mayo en condición abierta. El número de individuos por especie establecida en el tratamiento de marzo es menor al número de individuos por especie en los tratamientos de mayo.

6.1.12 Estrato arbustivo, cuarta medición

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), en el comportamiento conjunto de las variables número de especies, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, un año después de la aplicación del fuego. Lo anterior tanto con respecto a cada factor individual, y con respecto a su interacción (Cuadro 31).

Cuadro 31. Estadístico de prueba, Raíz más grande de Roy.

Fuente de variación	Valor	F	Grados de libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	Pr>F
TR	1.66585757	8.00	5	24	0.0002
CD	0.39946150	1.6	5	20	0.0513
TR*CD	0.98627213	4.73	5	24	0.0047

TR = Tratamiento con fuego
 CD = Condición de cobertura
 TR*CD = Interacción entre tratamiento con, fuego y condición de cobertura

En el cuadro 32, se puede apreciar el comportamiento de las variables estudiadas en los diferentes tratamientos.

Cuadro 32. Valores medios de las variables por tratamiento: número de especies arbustivas, densidad, cobertura, equitatividad e índice de diversidad de Simpson, a un año de la instalación del experimento.

TRAT.	Número de especies		Densidad / m ²		Cobertura (cm ² / m ²)		Equitatividad		Índice de diversidad de Simpson	
	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado	Abierto	Cerrado
CMr	0.040	0.040	0.147	0.040	32.237	177.190	0.000	0.000	0.000	0.000
BMr	0.040	0.130	0.170	0.937	15.367	75.323	0.000	0.500	0.000	0.199
AMr	0.063	0.250	0.480	1.793	26.007	298.720	0.146	0.668	0.055	0.490
CMy	0.063	0.063	0.147	0.103	14.180	98.343	0.306	0.270	0.148	0.125
BMy	0.083	0.190	0.647	0.333	64.560	57.297	0.255	0.826	0.115	0.530
AMy	0.170	0.147	1.480	0.857	641.670	197.277	0.727	0.392	0.451	0.247
A	= Incendio confinado a alta intensidad									
B	= Quema prescrita a baja intensidad									
C	= Testigo									
Mr	= Aplicación de fuego en marzo									
My	= Aplicación de fuego en mayo									
Abierto	= Sitios ubicados en área sin arbolado									
Cerrado	= Sitios ubicados en área bajo arbolado									
T4	= Muestreo a 12 meses									

Un año después del inicio del experimento, el número de especies arbustivas tuvo un comportamiento variable entre condiciones abiertas y cerradas, y en diferentes tratamientos con fuego. En cambio, la cobertura tendió a ser mayor en las áreas quemadas, particularmente a elevada intensidad. El mayor valor de equitatividad se apreció para la quema prescrita de mayo en condición cerrada. El mayor valor para el índice de diversidad de Simpson se encontró también en esta última combinación de niveles de los factores fuego y densidad de arbolado.

Comparando las quemas prescritas de marzo con el testigo de marzo, se aumenta en alguna medida el número de especies en la condición cerrada, incrementa la densidad, particularmente en la condición cerrada, pero se reduce la cobertura.

6.2 Análisis no paramétrico

Este análisis se realizó para probar la incidencia de las especies después de la aplicación del fuego.

Alchemilla procumbens Rose, *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Eupatorium schaffneri* Sch. Bip., *Oxalis jacquiniana* HBK., *Penstemon gentianoides* (HBK.) Poir., *Pernettya postrata* (Cav.) DC. y *Senecio callosus* Sch. Bip. son las especies que aparecen preferentemente en áreas quemadas ($p \leq 0.05$), por lo que pueden considerarse como indicadoras (Cuadro 33).

Cuadro 33. Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas quemadas, considerando época e intensidad de aplicación del fuego.

Especie	Mediciones			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	0.2411	0.0300	0.0419	0.0308
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	0.5161	0.0528	0.0399	0.1091
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	0.2593	0.0005	0.0300	0.0308
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	0.1626	0.0059		0.3987
<i>Penstemon gentianoides</i> (HBK.) Poir.	0.3987	0.0348	0.0348	0.0187
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC.	0.2593	0.1091	0.0031	0.2253
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	0.0133	0.0016	0.0002	0.0201

Bacharis conferta HBK., *Cerastium nutans* Raf., *Cirsium ehrenbergii* Sch. Bip., *Gnaphalium inornatum* DC., Helecho, *Selloa plantaginea* HBK., *Lupinus aschenbornis* Schauer., *Calamagrostis tolucensis* (HBK.) Trin., *Luzula denticulata* Liebm., *Peperomia campylotropa* Hill., *Potentilla ranunculoides*

Humb. & Bompl., *Draba jorullensis* HBK., *Hieracium fendleri* Sch. Bip., *Senecio cinerarioides* HBK., *Stenanthium gramineum*, *Senecio toluccanus* DC., *Senecio vulgaris* L., *Stevia hirsuta* DC., *Eryngium monocephalum* Cav., *Festuca tolucensis* HBK., *Senecio angulifolius* DC., *Senecio reticulatus* DC., *Ribes affine* HBK., son especies cosmopolitas, su presencia es independiente de la presencia del fuego (Cuadro 34), cuando se considera época e intensidad de las llamas.

Cuadro 34. Significancia de la prueba de χ^2 . Especies cosmopolitas, considerando época e intensidad de aplicación del fuego.

Especie	Mediciones			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Bacharis conferta</i> HBK.				0.3987
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin.	0.3987			0.3987
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	0.5161			
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.			0.3987	0.3987
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		0.4408	0.3444	0.6580
<i>Eryngyium monocephalum</i> Cav.	0.1774	0.6977	0.4408	0.6580
<i>Festuca tolucensis</i> HBK.	0.1774	0.0602	0.3444	0.5161
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.		0.1774	0.2062	0.2411
<i>Hieracium fendleri</i> Sch. Bip.			0.3987	
Helecho		0.5161	0.3987	0.3987
<i>Lupinus aschenbornis</i> Schauer.	0.3987	0.0874	0.0936	0.2253
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.			0.3987	
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill.		0.3987		
<i>Potentilla ranunculoides</i> Humb. & Bompl.	0.5569	0.3444	0.3444	0.1774
<i>Ribes affine</i> H.B.K.		0.5569	0.5569	0.8136
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.	0.1774	0.3987		
<i>Senecio angulifolius</i> DC.		0.3987	0.5161	0.5161
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	0.1774	0.4408	0.4296	0.2154
<i>Senecio reticulatus</i> DC.	0.3987	0.3987		
<i>Senecio toluccanus</i> DC.			0.3987	0.3987
<i>Senecio vulgaris</i> L.	0.3987			
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.	0.5569	0.1774		0.5161
<i>Stevia hirsuta</i> DC.		0.3987		0.3987
<i>Ribes affine</i> H.B.K.		0.5569	0.5569	0.8136

De manera adicional, se realizó la prueba no paramétrica, sin tomar en cuenta época ni intensidad de fuego, es decir, simplemente si se había quemado o no. *Alchemilla procumbens* Rose, *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Lupinus aschenbornis* Schauer., *Penstemon gentianoides* (HBK.) Poir., *Pernettya postrata* (Cav.) DC., *Draba jorullensis* HBK., *Senecio callosus* Sch. Bip. y *Senecio cinerarioides* HBK., son las especies que aparecen preferentemente en áreas quemadas ($p \leq 0.05$), por lo que pueden considerarse como indicadoras (Cuadro 35).

Senecio angulifolius DC. es la especie que se observa predominantemente en áreas no quemadas (Cuadro 36).

Bacharis conferta HBK., *Cerastium nutans* Raf., *Cirsium ehrenbergii* Sch. Bip., *Eupatorium schaffneri* Sch. Bip., *Gnaphalium inornatum* DC., Helecho, *Selloa plantaginea* HBK., *Oxalis jacquiniana* HBK., *Calamagrostis toluensis* (HBK.) Trin., *Luzula denticulata* Liebm., *Peperomia campylotropa* Hill., *Potentilla ranunculoides* Humb. & Bompl., *Hieracium fendleri* Sch. Bip., *Stenanthium gramineum*, *Senecio reticulatus* DC., *Senecio toluccanus* DC., *Senecio vulgaris* L., *Stevia hirsuta* DC., *Eryngium monocephalum* Cav., *Festuca toluensis* HBK., *Ribes affine* HBK., son especies cosmopolitas, su presencia es independiente de la presencia del fuego (Cuadro 36).

Cuadro 35. Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas quemadas, considerando área quemada y no quemada.

Especie	Mediciones			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	0.0171	0.0027	0.0011	0.0007
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	0.3035	0.0233	0.0049	0.0244
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		0.0578	0.7333	0.2008
<i>Lupinus aschenbornis</i> Schauer.	0.4733	0.0578	0.0085	0.0407
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K.) Poir.	0.4733	0.1025	0.1025	0.0531
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC.	0.1515	0.0244	0.0884	0.2008
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.	0.8125	0.0038	<0.0001	0.0041
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	0.2008	0.3428	0.1025	0.0233

Cuadro 36. Significancia de la prueba de χ^2 . Especies características de áreas no quemadas, considerando área quemada y no quemada.

Especies	Mediciones			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Senecio angulifolius</i> DC.		0.1515	0.0396	0.0396

Cuadro 37. Significancia de la prueba de χ^2 . Especies cosmopolitas, considerando área quemada y no quemada.

Especie	Mediciones			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.				0.4733
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin	0.4733			0.4733
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	0.3035			
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.			0.4733	0.4733
<i>Eryngyium monocephalum</i> Cav.	1.0000	0.1365	0.2008	0.2008
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	0.1515	0.0906	0.0884	0.0884
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	0.2008	0.3035	0.1336	0.3035
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.		0.2008	0.0884	0.0884
Helecho		0.3035	0.4733	0.4733
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip			0.4733	
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.			0.4733	
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	0.4733	0.2008		0.4733
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill		0.4733		
<i>Potentilla ranunculoides</i> Humb & Bomp.	0.0884	0.1336	0.1336	0.2008
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K	0.2008	0.4733		
<i>Senecio tolucanus</i> DC			0.4733	0.4733
<i>Senecio reticulatus</i> D.C.	0.1515	0.1515		
<i>Senecio vulgaris</i> L.	0.4733			
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.	0.7333	0.2008		0.3035
<i>Stevia hirsuta</i> DC		0.4733		0.4733
<i>Ribes affine</i> H.B.K.		0.7333	0.7333	0.4533

El comportamiento de *Alchemilla procumbens* y *Senecio callosus*, es muy similar en los diferentes tratamientos de aplicación de fuego, no se observa una predominancia para alguno en particular.

Arenaria lanuginosa, se observa predominantemente en el incendio confinado de alta intensidad en marzo y mayo.

Eupatorium schaffneri, es predominante en la quema prescrita de baja intensidad de marzo y mayo.

Oxalis jacquiniana, se observa con mayor frecuencia en el incendio confinado de alta intensidad de marzo.

Penstemon gentianoides, es predominante en el incendio de alta intensidad de marzo y mayo.

Pernettya postrata, en los primeros seis meses después de la aplicación de fuego, predomina en el incendio confinado de alta intensidad y quema prescrita de marzo, posteriormente se observa en el incendio confinado de alta intensidad y quema prescrita de mayo.

Lupinus aschenbornis, predomina en el incendio confinado de alta intensidad de marzo y mayo, y en la quema prescrita de marzo.

Draba jorullensis, se observa con mayor predominancia en el incendio confinado de alta intensidad de marzo y en la quema prescrita de mayo.

Senecio cinerarioides, es predominante en el incendio confinado de alta intensidad y quema prescrita de baja intensidad de mayo.

Calamagrostis tolucensis, *Festuca tolucensis* y *Senecio angulifolius*, predominan en el testigo (área no quemada), si bien debe considerarse el efecto del pastoreo sobre los dos primeros.

Se observaron un total de 30 especies diferentes, de las cuales 10 pueden considerarse como indicadoras de áreas quemadas, una de área no quemada, y el resto son cosmopolitas ($p \leq 0.05$).

El fuego induce la germinación de semillas con dormición física de algunas especies, como podría ser *Lupinus aschenbornis*.

6. 3. Valor de importancia por tratamiento con fuego, considerando cobertura arbórea

6.3.1 Estrato herbáceo

6.3.1.1 Incendio confinado en marzo

El valor de importancia de las especies existentes en el incendio confinado de alta intensidad en marzo, *Festuca tolucensis* H.B.K., y *Alchemilla procumbens* Rose son las especies que aportan la mayor parte del valor de importancia y que se encontraron durante el tiempo de estudio. Generalmente los valores de *Alchemilla procumbens* son superiores al pasto. En el caso de *Alchemilla procumbens*, el valor es mayor en condición cerrada, durante el lapso de tiempo estudiado. *Arenaria lanuginosa*, presenta valores menores, pero es más o menos constante en todas las mediciones. Otras especies aparecen en una época de medición, pero posteriormente ya no. Esto probablemente se deba a que concluye su ciclo fenológico y también a la fecha en que se realizó la medición. En este tratamiento se observan un total de 16 especies diferente, 14 de las cuales presentan valores de importancia que van de 2.2 -15.4 %, en las diferentes mediciones (Cuadro 38).

Cuadro 38. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del incendio confinado de alta intensidad en marzo (AMr), en las diferentes mediciones.

Especies	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AMr								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	22.9	36.1	41.3	36.8	47.3	58.1	44.0	57.9
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb		4.3	5.6	3.2	6.0	6.3	10.8	10.6
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin	2.2							
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	2.3							
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		5.1	2.6	3.0				
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.		2.6	2.6					
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	7.4	11.1			9.2	7.4		
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	27.2	31.5	34.5	38.0	31.7	14.9	45.2	24.2
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.			7.3	7.6				
Helecho		2.4	3.3	3.7				
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.			2.7					
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	14.0	2.2				2.8		
<i>Peperomia campylotropia</i> Hill		2.3						
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	15.4	2.3		4.7	5.8	7.4		7.4
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompl	3.7							
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth	4.9			3.0		3.1		

6.3.1.2 Quema prescrita en marzo

Festuca tolucensis H.B.K. y *Alchemilla procumbens*, aportan la mayor parte del valor de importancia, más del 50% en cada medición, en la quema prescrita de baja intensidad de marzo. *Alchemilla procumbens* presenta valores superiores en condición de dosel cerrado. El resto de las especies son

infrecuentes. Otras de las especies que obtienen valores considerables son *Pernettya postrata*, *Eupatorium schaffneri* y *Oxalis jacquiniana* (2.67-18.73%). El resto de las especies presentan valores que van de 2.6-6.8%. *Eupatorium schaffneri*, no aparece en las dos últimas mediciones (Diciembre-Marzo) (Cuadro 39).

Cuadro 39. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área de la quema prescrita de baja intensidad en marzo (BMr), en las diferentes mediciones.

Especies	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
BMr								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	16.5	35.7	30.1	33.3	39.1	53.0	58.5	54.3
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb			5.2	2.7				
<i>Cerastium nutans</i> Raf.					5.1			
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip				3.1				
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		2.6						
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.	5.3	4.0	6.8	3.9				
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	8.4	10.4			4.2	10.8	17.1	
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	36.2	28.7	44.0	36.6	37.5	16.1	24.4	27.0
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.			6.5	5.4				
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	11.1					2.7		
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	11.2	10.9		9.1	14.1	10.2		18.7
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompf	2.4	4.4	4.4	3.2				
<i>Selloa plantaginea</i> HBK.	3.3							
<i>Senecio toluccanus</i> DC			3.0	2.6				
<i>Senecio vulgaris</i> L	2.0							
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth	3.5	3.2				7.2		

6.3.1.3 Testigo de marzo

En el testigo (área no quemada) de marzo, el valor de importancia lo aporta, *Festuca tolucensis* H.B.K. (44.9 – 77.2%) y *Alchemilla procumbens* (7.6-27.6%); en este caso, el pasto aporta generalmente más del 50%. *Pernettya postrata*, *Eupatorium schaffneri* y *Eryngyum monocephalum* aparecen algunas veces, con valores de 4.5-19.3%.

Stenanthium frigidum kunth. y *Senecio tolucanus* DC., sólo se observaron en dos ocasiones, en la primera y segunda mediciones respectivamente. El valor de importancia fue de 5 y 7.5% (Cuadro 40). El total de especies presentes es de siete.

Cuadro 40. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del testigo (área no quemada) para marzo (CMr), en las diferentes mediciones.

Especies	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
CMr								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	27.5	27.6	12.2	7.6	7.3	21.7	24.7	24.0
<i>Eryngyum monocephalum</i> Cav.		6.6	10.6	11.8		4.5	6.9	
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.		15.4			6.0	16.6		
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	53.3	44.9	77.2	73.0	64.4	52.1	68.4	76.0
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	19.3	5.4		7.5	14.8			
<i>Senecio reticulatus</i> DC						5.0		
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth					7.5			

6.3.1.4 Incendio confinado en mayo

Alchemilla procumbens presenta el valor de importancia máximo en cada medición, y en condición cerrada es mayor a la condición abierta. *Festuca tolucensis* H.B.K. presenta valores altos en la condición abierta, pero en la condición cerrada, se observan menores valores (20.6-40.2%), *Calamagrostis tolucensis* (H.B.K.) Trin sólo se observa en la condición cerrada con valores de 7.9- 23.3%. *Arenaria lanuginosa*, es otra de las especies frecuentes en este tratamiento, pero con valores de 6.5-11.5%. Las 10 especies restantes son infrecuentes, con valores de 2.4 – 25.6%. (Cuadro 41).

Cuadro 41. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del incendio confinado de alta intensidad en mayo (AMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AMy								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	27.0	52.9	40.3	45.7	51.6	64.2	58.3	40.5
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb	6.5	8.0	11.5	8.7			10.8	10.9
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin					7.90	12.1	14.6	23.3
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		2.9	3.4	2.8				
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.		2.8						
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	18.5	3.1		6.7				
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	40.2	20.6	32.5	24.2	14.8	6.0	5.6	15.3
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.						5.8		
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip			2.9					
Helecho		2.6						
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	3.5			2.4	25.6			
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC						11.8	10.4	9.8
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompf	4.0	6.7	9.1	6.7				
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth				2.5				

6.3.1.5 Quema prescrita en mayo.

Festuca tolucensis H.B.K y *Alchemilla procumbens*, aportan la mayor parte del valor de importancia, en cada medición, en la quema prescrita de baja intensidad de mayo. *Festuca tolucensis* H.B.K presenta valores ligeramente mayores en condición abierta (18.9-43.9%). En *Alchemilla procumbens* se observan valores de 16.8 – 54.3%. *Eupatorium schaffneri* es otra de las especies frecuentes en el tratamiento (3.0-14%).

Arenaria lanuginosa, *Cirsium ehrenbergii* y *Stevia hirsuta* DC, sólo se observan en condición cerrada con valores de importancia que fluctúan de 2.7 a 14.2%. *Potentilla ranunculoides*, se observa sólo en condición abierta (3.0-4.5%). El resto de las especies sólo aparecen en algunas mediciones (Cuadro 42).

Cuadro 42. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas) en el área de quema prescrita a baja intensidad en mayo (BMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Densidad de dosel							
	Abierto				Cerrado			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
BMy								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	16.8	54.3	37.1	43.1	38.7	46.3	44.0	36.8
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb						5.6	11.4	14.2
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin			5.3					
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch Bip						4.5	4.7	3.4
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.		6.3	3.1	4.3			3.0	
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	14.6	6.4			5.5	12.0	3.0	9.8
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	41.0	18.9	40.9	43.9	35.4	19.1	21.0	23.3
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC.		3.2	3.8			3.3	3.5	3.0
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	14.7				15.8			
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	4.8	3.8	6.6	8.6	4.6	6.6	9.5	4.1
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompl	3.0	4.5	3.1					
<i>Selloa plantaginea</i> HBK.	5.2	2.6						
<i>Senecio vulgaris</i> L								
<i>Stevia hirsuta</i> DC						2.7		5.4

6.3.1.6 Testigo de mayo

En el testigo (área no quemada) de mayo, el valor de importancia lo aporta, *Festuca tolucensis* H.B.K (14.5 – 83.3%) y *Alchemilla procumbens* (10.9-31.1%); *Festuca tolucensis* H.B.K aporta generalmente más del 50%. *Eryngium monocephalum* Cav. aparece algunas veces, con valores de 5.9-16.1%. Las seis especies restantes presentan valores de 3.1 - 25 .2%.

Oxalis jacquiniana y *Eryngium monocephalum* Cav., sólo se observaron en la primera medición en las dos condiciones (Agosto 2002): (Cuadro 43).

Lo que se puede, observar, es que en el área no quemada, existen una predominancia de pastos en el sotobosque, la existencia de otras especies es mínima. El pasto cubre casi la totalidad del terreno, no permitiendo la entrada de luz en el suelo, lo que tal vez ocasione que aun cuando exista un banco de semillas de otras especies, difícilmente germinará. El total de especies presentes es de nueve.

Cuadro 43. Porcentaje de valor de importancia de las especies herbáceas en el área del testigo (área no quemada) para mayo (CMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
CMy								
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	31.1	12.2	16.7	27.3	10.9	24.7	24.1	16.2
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb				11.1				
<i>Eryngyium monocephalum</i> Cav.	16.1	10.6				6.9	7.4	5.9
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	15.1				9.4			
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	14.5	77.2	83.3	61.6	44.2	68.4	68.5	60.7
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	12.4				25.2			
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	10.7				3.9			17.2
<i>Senecio reticulatus</i> DC					3.1			
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth					3.3			

6.3.2 Estrato arbustivo

6.3.2.1 Incendio confinado en marzo

El estrato arbustivo está constituido por siete especies, de las cuales *Senecio callosus* y *Penstemon gentianoides* son las que poseen los valores más altos, aunque mayor en la primera.

Senecio callosus es la especie que aporta el mayor valor de importancia, siendo superior en condición abierta, excepto en la primer medición, donde no se observa; a diferencia de la condición cerrada, donde presenta el 100% en la primera medición. *Penstemon gentianoides* es otra especie frecuente que

aparece a partir de la segunda medición en las dos condiciones, con valores superiores en la condición cerrada (29.9-33.7%). *Lupinus mexicanus* y *Senecio cinerarioides*, sólo se observaron en la condición cerrada. (Cuadro 44). En este tratamiento se registraron un total de cuatro especies.

Cuadro 44. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas) en el área del incendio confinado de alta intensidad en marzo (AMr), en las diferentes mediciones.

AMr	Especies	Densidad de dosel							
		Abierto				Cerrado			
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
	<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv						16.0	23	30.4
	<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir		9.3	11.8	13.6		32.7	33.7	29.9
	<i>Senecio callosus</i> Sch Bip		90.7	88.2	86.4	100.0	40.4	28.2	24.9
	<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.						10.9	14.9	14.8

6.3.2.2 Quema prescrita en marzo

Senecio callosus en la condición abierta, es la única especie observada, por lo tanto le corresponde un valor de 100%, excepto en la segunda medición, donde se observa además *Penstemon gentianoides*. *Lupinus mexicanus* y *Senecio callosus* son las especies predominantes en la condición cerrada, a partir de la segunda medición (Septiembre 2002), con valores de importancia de 9.2- 66%. *Senecio cinerarioides* se presenta en la tercera (Febrero 2003) y cuarta medición (Abril 2003) (10.9 y 16.3%) (Cuadro 45).

Cuadro 45. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de quema prescrita de baja intensidad en marzo (BMr), en las diferentes mediciones.

Especies	Densidad de dosel							
	Abierto				Cerrado			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
BMr								
<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv						34.0	46.8	74.5
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir		10.6						
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	100.0	89.4	100.0	100.0		66.0	42.3	9.2
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.							10.9	16.3

6.3.2.3 Testigo de marzo

En el testigo (área no quemada) de marzo, *Senecio callosus* presenta un valor de importancia de 100% en la primera y segunda mediciones (Junio-septiembre 2002) en condición abierta. En la condición cerrada se observa únicamente en la segunda medición (87.2%). *Penstemon gentianoides* presenta un valor de 100% en la tercer medición; en la cuarta medición el valor disminuye con la presencia de *Lupinus mexicanus*, en condición abierta. En condición cerrada, las especies frecuentes son *Ribes affine* y *Senecio angulifolius*, con valores de 12.8 a 66.6% (Cuadro 46). Se observan un total de seis especies.

Cuadro 46. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas) en el área testigo (área no quemada) de marzo (CMr), en las diferentes mediciones.

Especies	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
CMr	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv				48.0				
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir			100.0	52.0				
<i>Ribes affine</i> H.B.K.						12.8	20.3	66.6
<i>Senecio angulifolius</i> DC							58.5	33.4
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	100.0	100.0				87.2		
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.							21.2	

6.3.2.4 Incendio confinado de mayo

Penstemon gentianoides es la especie que aporta el mayor valor de importancia, siendo superior en condición abierta (27.5-64.8%), donde aparece en las cuatro mediciones. En la condición cerrada, se observa partir de la segunda medición (Noviembre 2002). *Senecio callosus* se observa en las dos condiciones, pero en la primera medición (Agosto 2002) en condición cerrada, es la única especie presente con un valor de importancia del 100%.

Lupinus mexicanus sólo se observa en condición abierta con valores 9.5-21.4%. *Ribes affine* presenta valores de 11.8 a 16.6 a partir de la segunda medición en condición cerrada. La presencia de *Senecio cinerarioides*, no es continua en la condición abierta, y en la condición cerrada se observa partir de la segunda medición (Noviembre-Mayo 2003). En este tratamiento se observan un total de cinco especies (Cuadro 47).

Cuadro 47. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de incendio confinado de alta intensidad en mayo (AMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
AMy	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv	9.5	12.8	20.2	21.4				
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir	27.5	49.7	64.8	46.0		49.9	58.6	53.8
<i>Ribes affine</i> H.B.K.						11.8	16.6	13.8
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	27.3	37.5	10.5	32.7	100.0	25.4	13.2	25.6
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	35.8		4.6			12.8	11.5	6.7

6.3.2.5 Quema prescrita en mayo

Durante las tres primeras mediciones *Senecio callosus* es la única especie que se observa en la condición abierta, con un porcentaje de valor de importancia de 100%. En la cuarta medición (Mayo 2003) presenta un valor de 85.4% y *Penstemon gentianoides* de 14.6%. En la condición cerrada se observa un total de seis especies. Sólo en la primera medición *Senecio callosus* tiene el máximo valor de importancia 89.0%; a partir de la segunda medición el porcentaje está distribuido entre *Ribes affine*, *Senecio cinerarioides* y *Senecio callosus*, principalmente. *Penstemon gentianoides*, *Lupinus mexicanus* y *Bacharis conferta* aportan un porcentaje menor de 6.27- 11.4. (Cuadro 48).

Cuadro 48. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área de quema prescrita de baja intensidad en mayo (BMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
BMy	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.								6.27
<i>Lupinus mexicanus</i> Cerv							7.0	6.3
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir				14.6			11.4	8.4
<i>Ribes affine</i> H.B.K.						24.8	24.7	11.4
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	100.0	100.0	100.0	85.4	89.0	30.0	32.2	38.0
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.					11.0	45.3	24.7	29.7

6.3.2.6 Testigo de mayo

En el testigo (área no quemada) de mayo, *Senecio callosus* presenta un valor de importancia de 100% en la primera medición (Agosto 2002) en las dos condiciones. En la segunda medición (Noviembre-Febrero 2003) *Penstemon gentianoides* presenta 100% en valor de importancia. En la cuarta medición se observan estas dos especies con valores similares.

En condición cerrada, a partir de la segunda medición, el porcentaje de valor de importancia se distribuye entre *Ribes affine* y *Senecio angulifolius*, principalmente. *Senecio cinerarioides*, se observa únicamente en la segunda medición con valor de 21.2% (Cuadro 49). Se observan un total de cinco especies en el tratamiento.

Cuadro 49. Porcentaje de valor de importancia de las especies arbustivas en el área testigo (Área no quemada) de mayo (CMy), en las diferentes mediciones.

Especie	Dosel/Medición							
	Abierto				Cerrado			
CMy	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir		100.0		41.9				
<i>Ribes affine</i> H.B.K.						20.3	46.4	17.8
<i>Senecio angulifolius</i> DC						58.5	53.6	50.5
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	100.0			58.1	100.0			31.7
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.						21.2		

Generalmente en la primera medición de cada tratamiento, la cantidad de especies es mínima; el tiempo transcurrido es corto y las especies están en proceso de germinar, aproximadamente a los 6 meses después de la aplicación del fuego, se puede observar una mayor cantidad; la presencia del fuego permitió la germinación de especies que antes no se observaban, en el área no quemada el número de especies es menor. Existe una predominancia de pastos. Otro elemento importante que influye es el periodo de lluvias que queda incluido en este lapso de tiempo. La presencia del fuego permitió la disponibilidad de espacio para la existencia de otras especies vegetales que generalmente no ocurren por la predominancia de pastos amacollados en el sotobosque.

Los tratamientos de baja intensidad en condición abierta manifiestan en menor tiempo la diversidad vegetal en el sotobosque (aproximadamente a los 3 meses de la aplicación del fuego). Aun cuando el fuego de baja intensidad en el

tratamiento de mayo haya sido mas intenso que el de marzo por las condiciones que prevalecían al momento de su aplicación.

En el área no quemada, el mayor número de especies ocurre en la primera medición de mayo (agosto-septiembre) este suceso esta influenciado por la humedad debido a que coincide con la época de lluvias, que es cuando algunas especies anuales se manifiestan.

En esta área los pastos predominan en el sotobosque, lo cual impide la presencia de otras especies y si llegan a existir son pocos.

La discontinuidad de las especies en el tiempo estudiado, tal vez se deba a que el estado fenológico de las especies ha concluido, y lo único que generalmente se observa es la presencia de pastos.

6.4 Principales tendencias con respecto al tiempo

Se realizó un análisis del comportamiento de las variables dependientes (por tratamiento, con fuego y condición) con respecto al tiempo (tres, seis, nueve y 12 meses).

6.4.1 Estrato herbáceo

El comportamiento de las variables respuesta en el lapso de tiempo estudiado, se muestra a continuación.

6.4.1.1 Número de especies

Los valores promedio de número de especies, generalmente fueron mayores en los tratamientos en condición abierta, excepto para el testigo de marzo y mayo. El valor más alto se observó en la quema prescrita a baja intensidad en marzo en condición abierta, a los tres meses posteriores a la aplicación del fuego. La tendencia para casi todos los tratamientos en ambas condiciones es la presencia de un valor máximo a los seis meses; a los nueve meses se presenta una declinación y al año se presenta un ligero aumento, como se muestra en el Cuadro 50, Figuras 1 y 2.

Cuadro 50. Valores medios del número de especies herbáceas en los diferentes tiempos de medición.

No. de sp TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	3.000	3.667	1.667	2.000
BMra	6.333	5.000	4.333	5.000
AMra	6.000	6.000	4.667	4.333
CMya	4.000	1.667	1.333	2.000
BMya	5.333	4.667	4.000	3.000
AMya	3.667	4.667	4.333	5.333
CMrc	2.333	3.000	2.000	1.667
BMrc	3.000	4.333	2.667	2.667
AMrc	3.333	4.333	2.000	2.667
CMyc	4.000	2.000	2.000	2.333
BMyc	3.000	5.333	4.667	5.000
AMyc	2.000	2.667	2.333	2.667

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

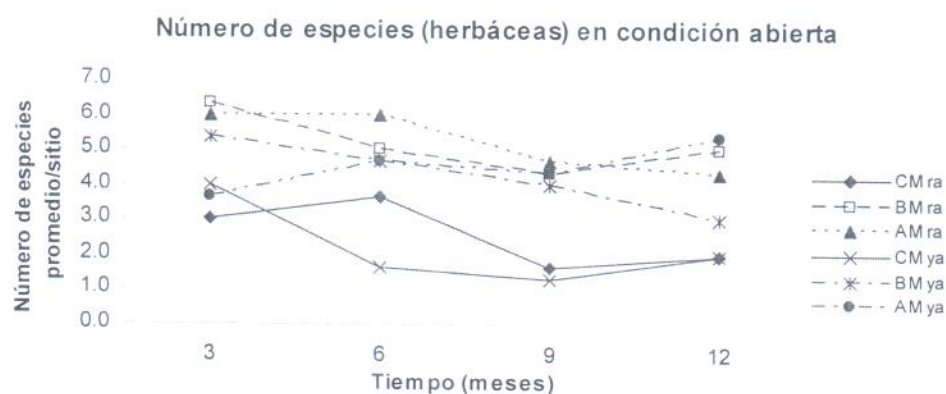


Figura 1. Número de especies promedio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

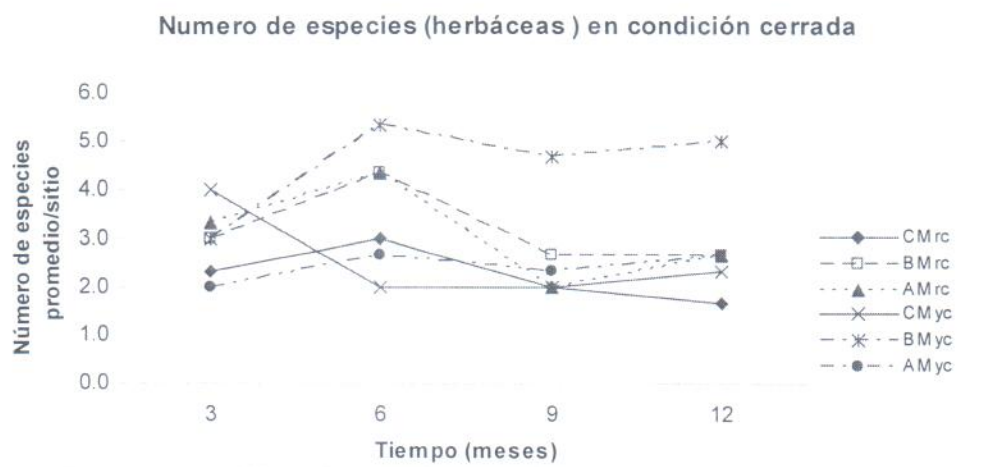


Figura 2. Número de especies promedio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.1.2 Densidad

Los valores promedio de número de individuos, tiende a ser mayor en condición abierta, excepto para los testigos de marzo y mayo. El incendio confinado de alta intensidad en marzo en ambas condiciones presenta los máximos valores a los tres, seis, nueve y 12 meses posteriores a la aplicación del fuego, siendo ligeramente mayor en condición cerrada.

La tendencia general es la presencia de un mayor número de individuos a los seis meses posteriores a la aplicación del fuego, una ligera disminución a los nueve meses, y nuevamente un aumento a los 12, como se observa en el Cuadro 51, Figuras 3 y 4.

Cuadro 51. Valores promedio de densidad por sitio ($/m^2$) en los diferentes tiempos de medición.

Densidad	Tiempo (meses)			
TRATAMIENTO	3	6	9	12
CMra	15.333	29.000	6.333	5.667
BMra	43.000	63.000	33.667	40.333
AMra	105.333	231.333	55.333	40.667
CMya	31.333	6.333	6.667	10.000
BMya	29.667	64.667	46.000	21.000
AMya	49.667	100.667	39.333	32.667
CMrc	9.333	22.333	8.667	7.667
BMrc	34.333	99.333	25.667	39.667
AMrc	47.000	132.333	17.000	33.000
CMyc	42.333	8.667	7.333	11.000
BMyc	24.667	37.000	22.667	21.333
AMyc	13.333	12.667	14.333	8.333

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

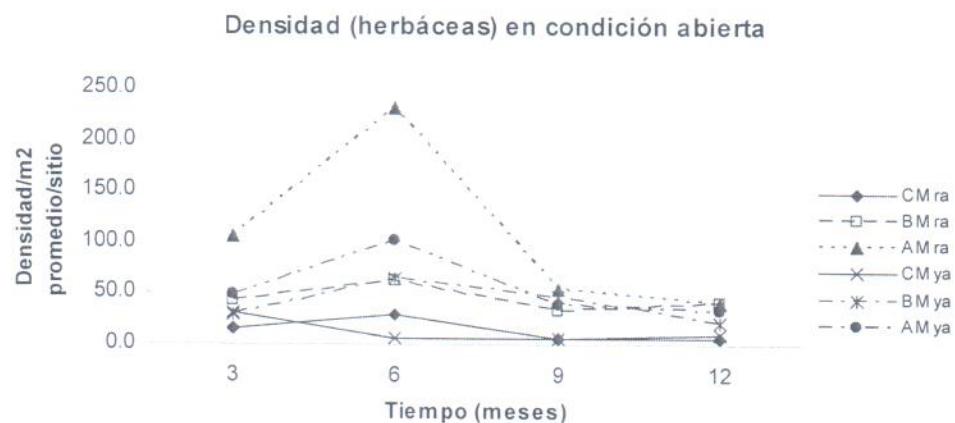


Figura 3. Número de individuos promedio por sitio/ m^2 , en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta

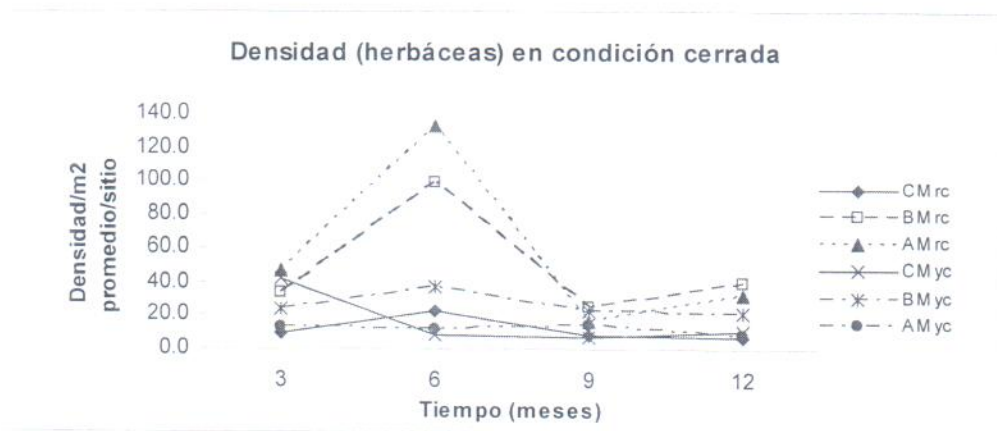


Figura 4. Número de individuos promedio por sitio /m², en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.1.3 Cobertura

Los valores promedio de cobertura tiende a ser mayor en condición abierta, excepto para los tratamientos de mayo. La tendencia general es una mayor cobertura a los seis meses de la aplicación del fuego, excepto para el incendio confinado de alta intensidad en mayo en condición abierta, donde esto ocurre a los nueve meses y en el testigo de mayo en condición cerrada se observa a los tres meses (Figura 5 y 6, Cuadro 52).

Cuadro 52. Valores medios de de cobertura promedio por sitio (cm^2/m^2) en los diferentes tiempos de medición.

Cobertura TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	2822.990	12245.270	10740.04	17316.433
BMra	1396.440	8060.250	6930.50	5664.607
AMra	982.730	7689.920	15222.12	6174.260
CMya	13825.360	15065.033	4999.40	6200.570
BMya	2553.043	3368.267	2960.26	3875.917
AMya	1522.907	2616.363	1942.92	3784.157
CMrc	940.780	2986.500	5020.73	10577.373
BMrc	322.147	2764.477	4402.35	3879.487
AMrc	326.467	3437.077	3413.53	3534.070
CMyc	6974.680	5020.733	1191.22	5554.413
BMyc	190.903	604.347	990.25	1878.463
AMyc	93.073	508.790	442.16	1211.410

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

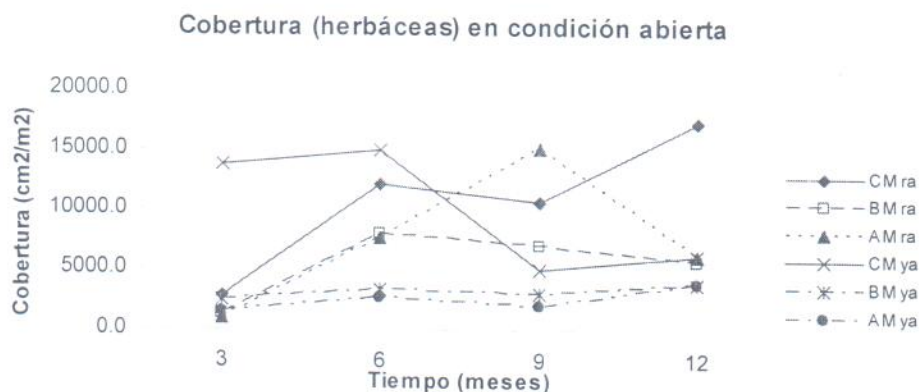


Figura 5. Cobertura promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados, en condición abierta.

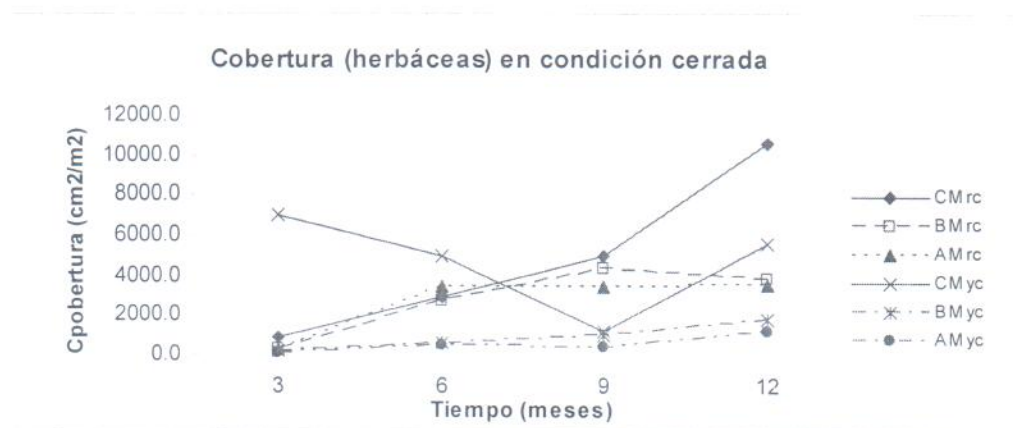


Figura 6. Cobertura promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados, en condición cerrada.

6.4.1.4 Equitatividad

Para los testigos de marzo en condición abierta y mayo en condición cerrada, y la quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, los valores de equitatividad tienden a disminuir a través del tiempo. Para el testigo de mayo en condición cerrada ocurre lo contrario, el valor de equitatividad aumenta. Para el resto de tratamientos el comportamiento es discontinuo. Otra característica que se observó es que el valor de equitatividad que se observa a los tres meses, al año es menor para la mayoría de los tratamientos, excepto para el incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición cerrada y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada donde ocurre lo contrario (Figura 7 y 8, Cuadro 53).

Cuadro 53. Valores de equitatividad en los diferentes tiempos de medición.

Equitatividad TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	0.912	0.812	0.604	0.592
BMra	0.886	0.783	0.717	0.650
AMra	0.794	0.426	0.697	0.693
CMya	0.926	0.604	0.318	0.561
BMya	0.881	0.650	0.668	0.649
AMya	0.832	0.451	0.728	0.647
CMrc	0.846	0.886	0.609	0.574
BMrc	0.661	0.567	0.619	0.631
AMrc	0.558	0.433	0.443	0.655
CMyc	0.739	0.609	0.578	0.575
BMyc	0.618	0.575	0.735	0.713
AMyc	0.507	0.746	0.869	0.867

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

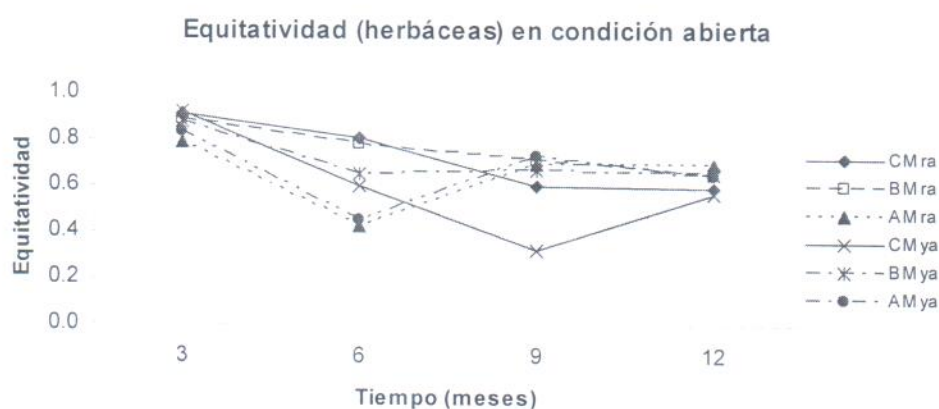


Figura 7. Equitatividad en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta

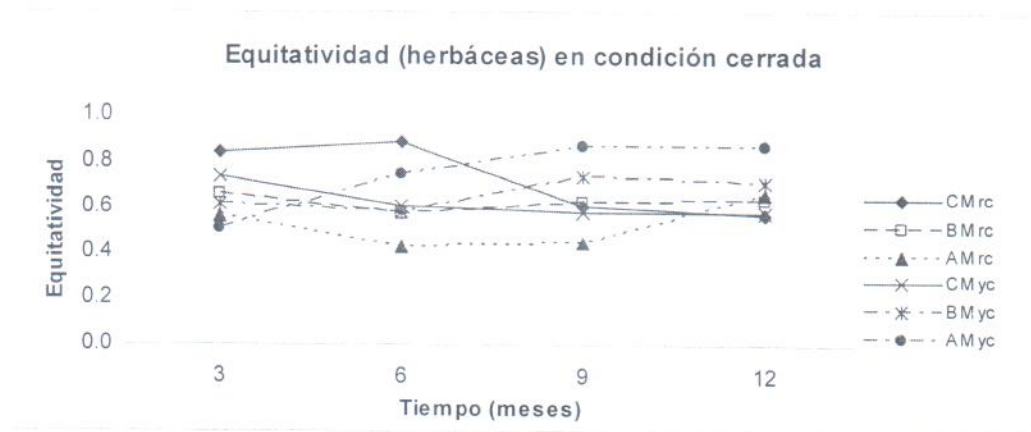


Figura 8. Equitatividad en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.1.5 Índice de diversidad

A los tres meses de establecido el experimento, los valores de Índice de diversidad son mayores en condición abierta. La tendencia que se observa, es que a medida que pasa el tiempo, este valor disminuye hasta los nueve meses a partir de cual presenta un ligero incremento. En el control de marzo en condición cerrada el máximo índice se observó a los seis meses y con el tiempo disminuye (Figura 9 y 10, Cuadro 54).

Cuadro 54. Valores del índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición.

Indice TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	0.600	0.583	0.292	0.330
BMra	0.775	0.626	0.561	0.548
AMra	0.714	0.324	0.582	0.568
CMya	0.684	0.292	0.156	0.314
BMya	0.732	0.503	0.513	0.414
AMya	0.566	0.342	0.560	0.514
CMrc	0.450	0.571	0.354	0.273
BMrc	0.412	0.414	0.355	0.404
AMrc	0.390	0.321	0.235	0.418
CMyc	0.539	0.354	0.325	0.353
BMyc	0.366	0.448	0.574	0.572
AMyc	0.280	0.441	0.464	0.510

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

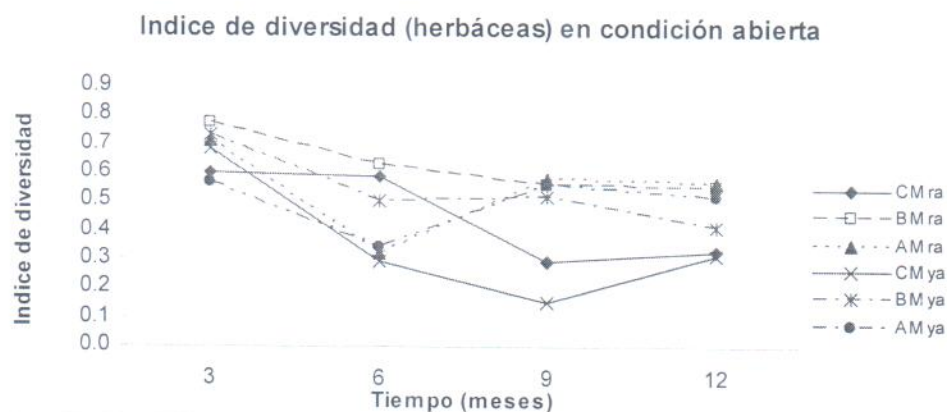


Figura 9. Índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

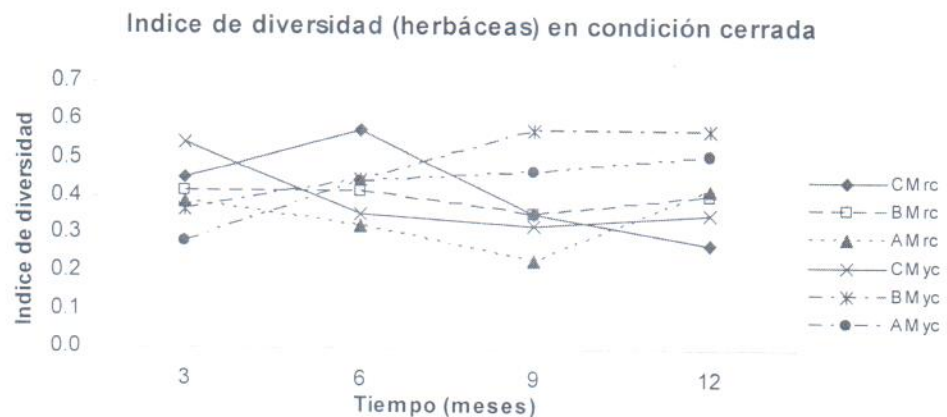


Figura 10. Índice de diversidad de Simpson en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.2 Estrato arbustivo

El comportamiento de las variables respuesta en el lapso de tiempo estudiado, se muestra en los siguientes párrafos, cuadros y figuras.

6.4.2.1 Número de especies

En el incendio de alta intensidad, quema prescrita de baja intensidad y el testigo de mayo en condición abierta y testigo de mayo en condición cerrada, el mayor valor promedio de número de especies arbustivas se observa un año después de la aplicación del fuego. En el incendio confinado de alta intensidad de mayo en condición cerrada ocurre a los seis meses y al año. En el incendio confinado de alta intensidad en condición abierta y el testigo de marzo en condición cerrada esto ocurre a los seis y nueve meses. En la quema prescrita

de baja intensidad de marzo en condición abierta y cerrada sucede a los seis y nueve meses respectivamente. En el caso de incendio confinado de alta intensidad de marzo en condición cerrada y la quema prescrita de baja intensidad de mayo en condición cerrada el valor promedio tiene una tendencia a aumentar a través del tiempo (Figura 11 y 12, Cuadro 55).

Cuadro 55. Valores promedio del número de especies arbustivas por sitio en los diferentes tiempos de medición.

Nes arb TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	0.020	0.060	0.020	0.040
BMra	0.020	0.083	0.060	0.040
AMra	0.000	0.083	0.083	0.063
CMya	0.040	0.020	0.000	0.063
BMya	0.060	0.060	0.040	0.083
AMya	0.130	0.127	0.170	0.170
CMrc	0.000	0.060	0.060	0.040
BMrc	0.000	0.107	0.170	0.130
AMrc	0.020	0.187	0.230	0.250
CMyc	0.040	0.060	0.040	0.063
BMyc	0.083	0.103	0.147	0.190
AMyc	0.020	0.147	0.107	0.147

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

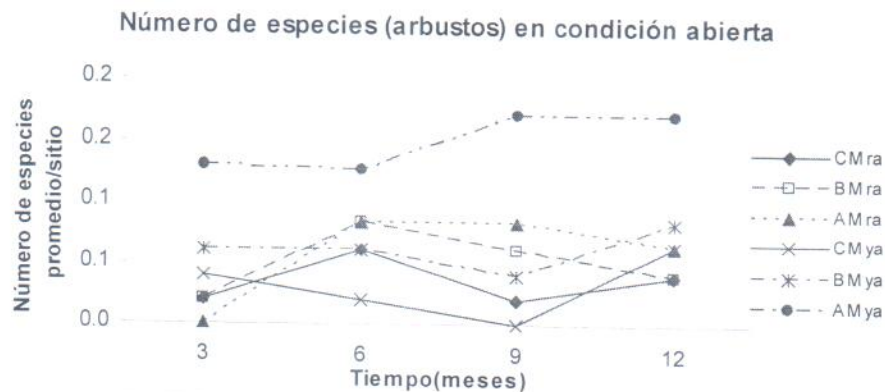


Figura 11. Número de especies promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

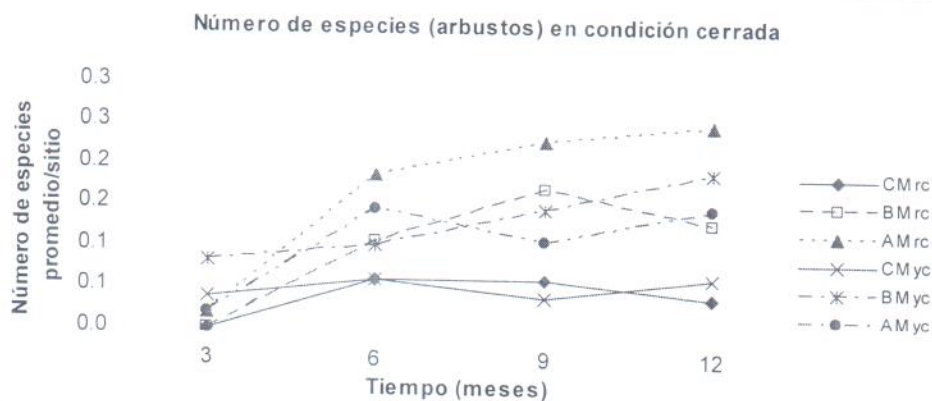


Figura 12. Número de especies promedio por sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.2.2 Densidad

Los valores promedio de número de individuos, tienden a ser mayores a los seis meses, excepto para el incendio confinado de alta intensidad de mayo en condición abierta, donde se observa a los tres meses y a los seis sufre una ligera disminución. Para el incendio confinado de alta intensidad y quema

prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada el máximo valor promedio ocurre a los nueve meses (Figura 13 y 14, Cuadro 56).

Cuadro 56. Densidad promedio de arbustos (/m²) en los diferentes tiempos de medición.

Dens. arb	Tiempo (meses)			
TRATAMIENTO	3	6	9	12
CMra	0.020	0.877	0.230	0.147
BMra	0.020	1.023	0.253	0.170
AMra	0.000	1.500	0.460	0.480
CMya	0.397	0.230	0.000	0.147
BMya	0.647	0.460	0.127	0.647
AMya	3.187	1.750	2.480	1.480
CMrc	0.000	0.523	0.083	0.040
BMrc	0.000	0.417	1.293	0.937
AMrc	0.377	1.210	2.003	1.793
CMyc	0.460	0.083	0.040	0.103
BMyc	0.273	0.377	0.377	0.333
AMyc	0.083	1.687	1.230	0.857

- A = Incendio confinado a alta intensidad
- B = Quema prescrita a baja intensidad
- C = Testigo
- Mr = Aplicación de fuego en marzo
- My = Aplicación de fuego en mayo
- a = Sitios ubicados en área sin arbolado
- c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

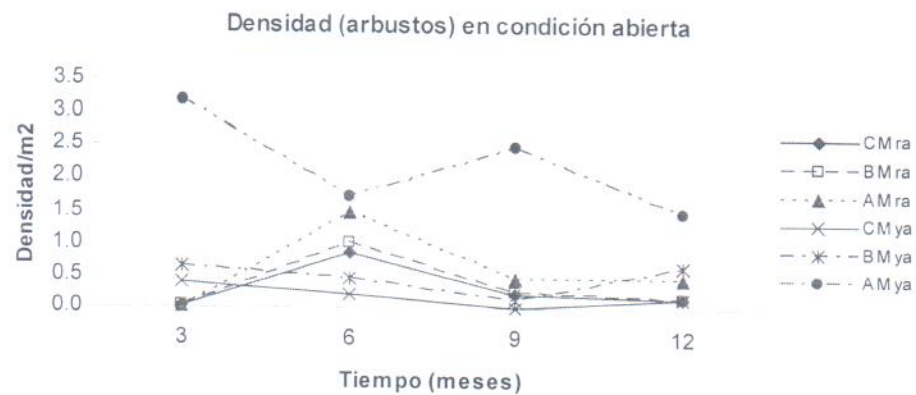


Figura 13. Número de individuos arbustivos promedio por sitio/m², en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

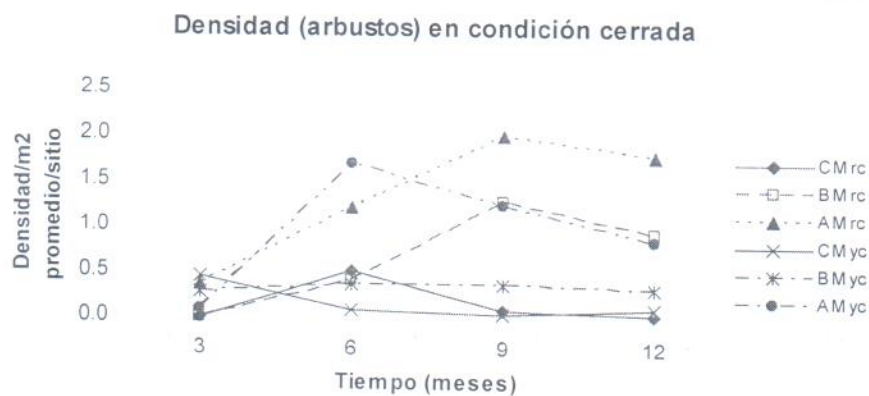


Figura 14. Número de individuos arbustivos promedio/sitio, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.2.3 Cobertura

Los valores son mayores en condición abierta, excepto para la quema prescrita de baja intensidad y testigo de mayo. Los valores promedio de cobertura tiende a ser mayor a los seis meses de la aplicación del fuego excepto para la quema prescrita de baja intensidad y el incendio confinado de alta

intensidad de mayo en condición abierta donde esto ocurre a los tres y 12 meses respectivamente (Figura 15 y 16, Cuadro 57).

Cuadro 57. Valores medios del número de especies herbáceas en los diferentes tiempos de medición.

Cobertura arbs.		Tiempo (meses)			
TRATAMIENTO		3	6	9	12
CMra		0.493	434.650	29.750	32.237
BMra		1.047	324.417	41.487	15.367
AMra		0.000	802.173	66.363	26.007
CMya		160.630	29.750	0.000	14.180
BMya		264.303	59.077	4.310	64.560
AMya		463.403	433.870	354.483	641.670
CMrc		0.000	262.767	131.093	177.190
BMrc		0.000	148.000	156.367	75.323
AMrc		18.080	359.857	343.827	298.720
CMyc		133.060	131.093	37.703	98.343
BMyc		149.943	58.003	23.780	57.297
AMyc		25.853	99.973	53.390	197.277

A	=	Incendio confinado a alta intensidad
B	=	Quema prescrita a baja intensidad
C	=	Testigo
Mr	=	Aplicación de fuego en marzo
My	=	Aplicación de fuego en mayo
a	=	Sitios ubicados en área sin arbolado
c	=	Sitios ubicados en área bajo arbolado

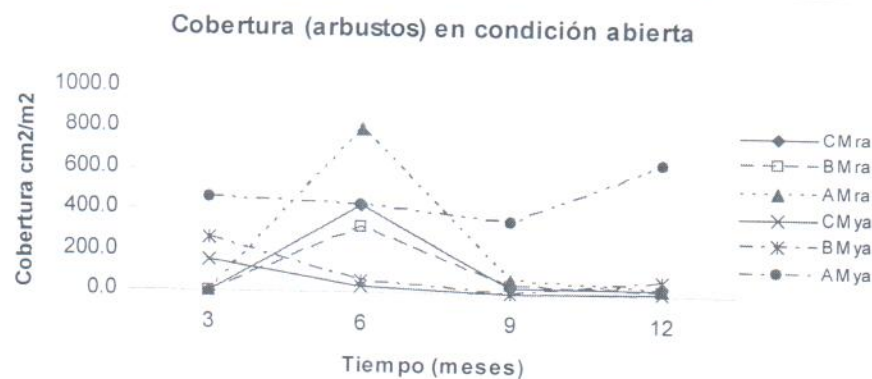


Figura 15. Cobertura promedio de arbustos, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

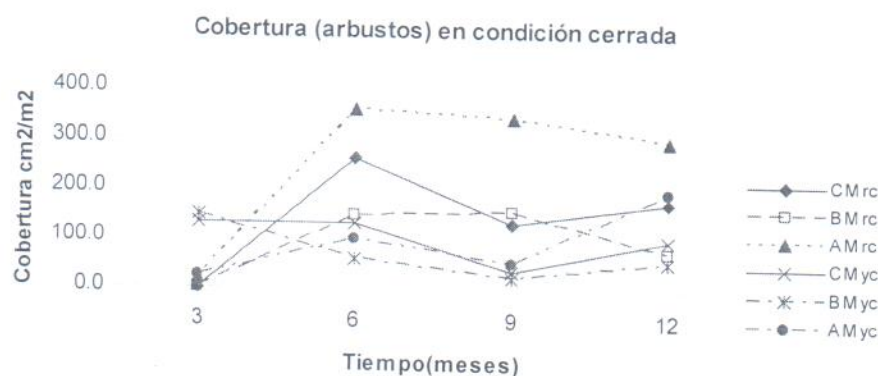


Figura 16. Cobertura promedio de arbustos, en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.2.4 Equitatividad

Los valores promedio de equitatividad tienden a ser mayores al año de la aplicación del fuego para la mayoría de los tratamientos. Excepto para el incendio confinado de alta intensidad de mayo en condición abierta se observa a los tres meses, y la quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición abierta a los seis meses (Figuras 17 y 18, Cuadro 58).

Cuadro 58. Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición.

Equit arb TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	0.000	0.000	0.000	0.000
BMra	0.000	0.324	0.000	0.000
AMra	0.000	0.156	0.288	0.146
CMya	0.000	0.000	0.000	0.306
BMya	0.000	0.000	0.000	0.255
AMya	0.749	0.532	0.602	0.727
CMrc	0.000	0.000	0.000	0.000
BMrc	0.000	0.633	0.759	0.500
AMrc	0.000	0.531	0.647	0.668
CMyc	0.000	0.000	0.000	0.270
BMyc	0.306	0.281	0.603	0.826
AMyc	0.000	0.468	0.435	0.392

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

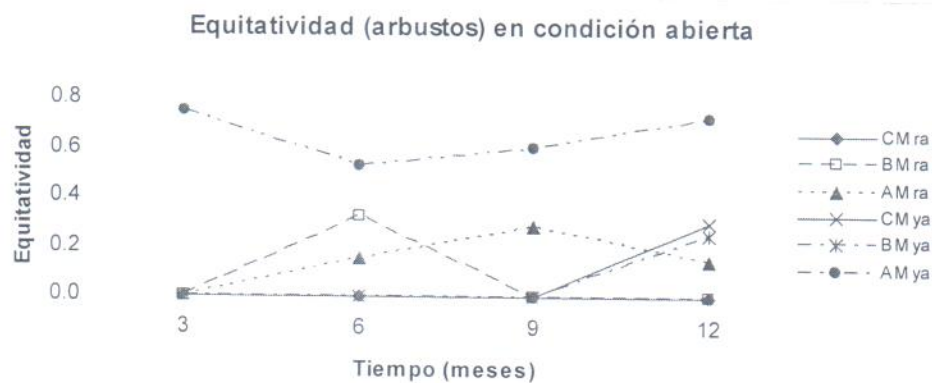


Figura 17. Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

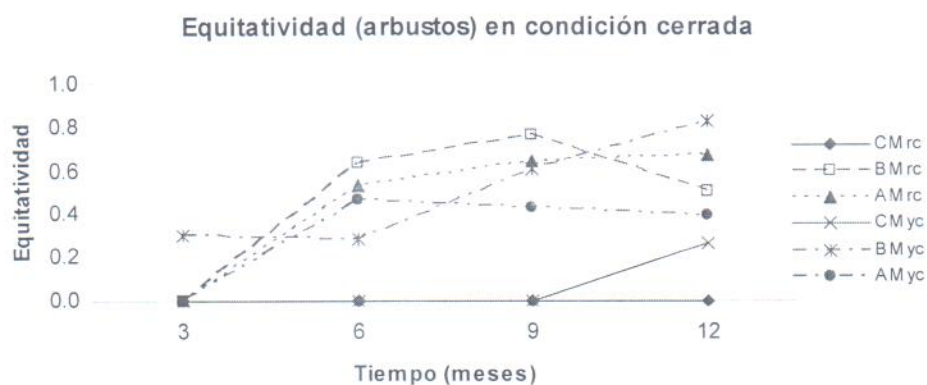


Figura 18. Equitatividad de arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.4.2.5 Índice de diversidad

La tendencia del índice de diversidad es mayor al año de aplicación del fuego, excepto para el incendio confinado de alta intensidad en condición abierta y quema prescrita de baja intensidad de marzo en condición cerrada, donde ocurre a los nueve meses, y la quema prescrita a baja intensidad de marzo en condición abierta a los seis meses (Figuras 19 y 20, Cuadro 59).

Cuadro 59. Índice de diversidad para arbustos en los diferentes tiempos de medición.

Índice arbs TRATAMIENTO	Tiempo (meses)			
	3	6	9	12
CMra	0.000	0.000	0.000	0.000
BMra	0.000	0.160	0.000	0.000
AMra	0.000	0.060	0.136	0.055
CMya	0.000	0.000	0.000	0.148
BMya	0.000	0.000	0.000	0.115
AMya	0.340	0.302	0.325	0.451
CMrc	0.000	0.000	0.000	0.000
BMrc	0.000	0.311	0.444	0.199
AMrc	0.000	0.414	0.471	0.490
CMyc	0.000	0.000	0.000	0.125
BMyc	0.148	0.181	0.375	0.530
AMyc	0.000	0.277	0.238	0.247

- A = Incendio confinado a alta intensidad
 B = Quema prescrita a baja intensidad
 C = Testigo
 Mr = Aplicación de fuego en marzo
 My = Aplicación de fuego en mayo
 a = Sitios ubicados en área sin arbolado
 c = Sitios ubicados en área bajo arbolado

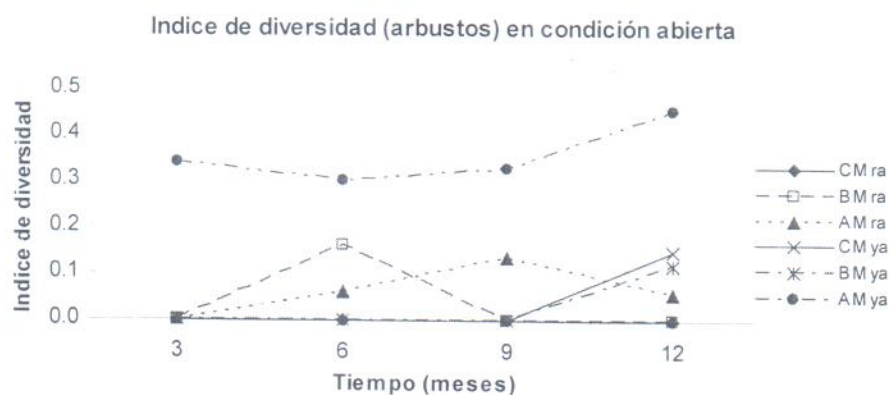


Figura 19. Índice de diversidad de Simpson para arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición abierta.

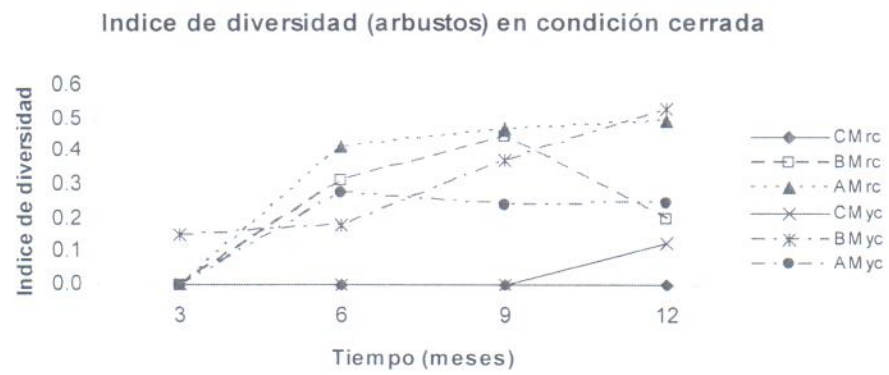


Figura 20. Índice de diversidad de Simpson para arbustos en los diferentes tiempos de medición, para los tratamientos aplicados en condición cerrada.

6.5 Periodo de floración

La fenología es el estudio de los fenómenos biológicos periódicos en relación al tiempo atmosférico y al clima. Específicamente trata con el momento de ocurrencia de los eventos en el ciclo de vida de las plantas y animales, en una cierta área geográfica. El estado reproductivo de una planta anual puede incluir fases como la floración, el amarre y maduración de frutos; y una fase floral puede subdividirse en la diferenciación floral, primordios florales, formación de yemas, hinchazón de yemas, aparición de yemas, floración primaria, floración media, floración media y caída de pétalos (Wang, 1987).

En el presente estudio, se comparó el tiempo de floración de las especies más comunes, entre los distintos tratamientos aplicados. La información se resume en los cuadros 60 a 64. Luego de los cuadros se hacen las comparaciones especies por especie.

Cabe señalar que en algunos casos no fue posible anotar la floración, lo que implicó la presencia de meses sin floración entre dos meses que si tienen, en algunas especies.

Cuadro 60. Periodo de floración en el área no quemada.

Año	2002								2003							
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	X	X										X			X	X
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb																
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.	X															
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin															X	X
<i>Cerastium nutans</i> Raf.																
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip																
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.																
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene																X
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.																
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.				X												X
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K.	X	X													X	X
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.																
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip.																
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher										X	X	X				
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.																
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.																
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir	X	X										X			X	X
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill																
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC																
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompl	X											X				
<i>Ribes affine</i> H.B.K.																
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.																
<i>Senecio angulifolius</i> DC									X							
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.				X	X			X								
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	X									X	X	X				
<i>Senecio reticulatus</i> DC																X
<i>Senecio tolucanus</i> DC										X	X					
<i>Senecio vulgaris</i> L.																
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.																
<i>Stevia hirsuta</i> DC.																

Cuadro 61. Periodo de floración en el tratamiento de quema prescrita de baja intensidad en marzo.

Año	2002							2003								
Especie	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.					X	X									X	X
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb	X										X	X				X
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.																
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin															X	X
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	X	X													X	X
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip																
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.															X	X
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene															X	
<i>Eryngyum monocephalum</i> Cav.																X
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.				X	X	X										X
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K															X	X
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.															X	
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip.															X	
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher															X	X
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.															X	X
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.															X	
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir											X				X	
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill																
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC											X					
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompl	X			X					X		X	X				
<i>Ribes affine</i> H.B.K.																
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K															X	
<i>Senecio angulifolius</i> DC *																
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.				X	X	X			X		X					X
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.										X	X					
<i>Senecio reticulatus</i> DC																
<i>Senecio tolucanus</i> DC									X	X						
<i>Senecio vulgaris</i> L.															X	X
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.	X															X
<i>Stevia hirsuta</i> DC																X

* No se registró en este tratamiento.

Cuadro 62. Periodo de floración en el tratamiento de incendio confinado de alta intensidad en marzo.

Año	2002								2003							
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.			X	X	X										X	X
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb										X	X	X				
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.																
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin																
<i>Cerastium nutans</i> Raf.											X					
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip																
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.															X	X
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene															X	
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.																X
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.				X	X											X
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K.															X	X
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.															X	
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip.															X	
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher															X	X
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.															X	X
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	X		X												X	
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir										X	X				X	X
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill																X
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC																
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompl												X				X
<i>Ribes affine</i> H.B.K.																
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.															X	
<i>Senecio angulifolius</i> DC *																
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.				X	X				X							X
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.										X	X					
<i>Senecio reticulatus</i> DC																
<i>Senecio tolucanus</i> DC									X	X	X					
<i>Senecio vulgaris</i> L.															X	X
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.																
<i>Stevia hirsuta</i> DC.																

* No se registró en este tratamiento.

Cuadro 63. Periodo de floración en el tratamiento de quema prescrita de baja intensidad en mayo.

Año	2002							2003								
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.								X							X	X
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb												X				
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.																
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin																
<i>Cerastium nutans</i> Raf.											X					
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch Bip												X				X
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.															X	X
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene												X			X	X
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav.																
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng.																X
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.								X								X
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K															X	
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.															X	
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip.															X	
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher															X	
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.																
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.															X	
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir															X	X
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill																
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC												X				
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompf								X				X				X
<i>Ribes affine</i> H.B.K.																
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K															X	
<i>Senecio angulifolius</i> DC *																
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.								X		X						X
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.								X								X
<i>Senecio reticulatus</i> DC																
<i>Senecio tolucanus</i> DC																
<i>Senecio vulgaris</i> L.															X	X
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.																
<i>Stevia hirsuta</i> DC								X							X	X

* No se registró en este tratamiento.

Cuadro 64. Periodo de floración en el tratamiento de incendio confinado de alta intensidad en mayo.

Año	2002							2003								
Especie	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.								X		X					X	X
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb												X				
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K.																
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin																
<i>Cerastium nutans</i> Raf.															X	
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip																
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.												X			X	X
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene																
<i>Eryngyum monocephalum</i> Cav.																
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng.																X
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.																
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K															X	
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.															X	
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip.															X	
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher															X	
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.																
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.												X				
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K) Poir															X	X
<i>Peperomia campylotropia</i> Hill																
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC																
<i>Potentilla ranunculoides</i> Hamb & Bompf								X		X		X				
<i>Ribes affine</i> H.B.K.																
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K															X	
<i>Senecio angulifolius</i> DC *																
<i>Senecio callosus</i> Sch. Bip.								X	X	X						
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.										X						
<i>Senecio reticulatus</i> DC																
<i>Senecio tolucanus</i> DC									X							
<i>Senecio vulgaris</i> L.															X	X
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.																
<i>Stevia hirsuta</i> DC															X	

* No se registró en este tratamiento.

Comportamiento fenológico de algunas de las especies existentes en los diferentes tratamientos (incendio confinado de alta intensidad y quema prescrita de baja intensidad en marzo y mayo) y el testigo (área no quemada).

Alchemilla procumbens Rose. En el área no incendiada se observó floración a partir del mes de junio hasta septiembre, en cambio en las áreas tratadas con fuego, la floración se presenta de agosto a enero. Lo que nos indica que en las áreas tratadas con fuego, la floración tuvo un retraso de dos meses, pero también una extensión de la misma duración.

Arenaria lanuginosa (Michx) Rohrb. El testigo presenta floración en mayo, mientras que los tratamientos de marzo la floración se observa de marzo a mayo.

Bacharis conferta H.B.K. se observaron individuos con flores en el testigo en el periodo de mayo a junio, pero no en los tratamientos con fuego.

Calamagrostis tolucensis (H.B.K.) Trin. La floración en el testigo, en las áreas de quema prescrita y en las incendiadas de marzo, coincide y comprende un periodo de agosto a septiembre. No hubo floración en los tratamientos de mayo.

Cerastium nutans Raf., En el control no se observaron individuos en floración, para las áreas tratadas con quemas prescritas de baja intensidad el

periodo de floración comprende de junio a septiembre. En el resto de los tratamientos la floración ocurre de en agosto.

Cirsium ehrenbergii Sch. Bip., En ningún caso se notaron individuos con flores, excepto en la quema prescrita a baja intensidad en mayo, la floración se observa a partir de mayo y hasta septiembre.

Draba jorullensis H.B.K. En las áreas no quemadas no se observaron individuos con flores, mientras que en todos los tratamientos con fuego la floración va de agosto a septiembre.

Erigeron galeottii (A Gray) Greene. En el testigo y en los diferentes tratamientos se observan individuos con flores en agosto y septiembre, además para la quema prescrita de baja intensidad mayo además se observan floración en mayo.

Eryngium monocephalum Cav. No se observan individuos con flores en el testigo ni en los tratamientos de mayo. En el incendio confinado a alta intensidad y la quema prescrita a baja intensidad de marzo la floración se dio en septiembre.

Eupatorium schaffneri Sch Bip, En el testigo la floración se presentó observo en septiembre, y en el área de quema prescrita de marzo el periodo va de septiembre a noviembre.

Eupatorium adenophorum Spreng., No se observaron individuos con flores en el testigo, y en las áreas incendiadas se observó floración en septiembre.

Festuca tolucensis H.B.K, en el testigo la floración comprende un periodo de junio a septiembre y en las áreas incendiadas la floración se presenta a partir de agosto y hasta septiembre.

Gnaphalium inornatum D.C., y *Selloa plantaginea* H.B.K. No se observaron individuos con flores en el testigo pero en todas las áreas donde se aplicó fuego, la floración se observa en agosto.

Hieracium fendleria Sch. Bip, No se observó floración en el testigo, pero en todas las áreas tratadas con fuego la floración ocurrió en agosto.

Lupinus aschenbornis Schauer. En el testigo la floración ocurrió de marzo a mayo y en las áreas tratadas con fuego se presentó de agosto a septiembre.

Luzula denticulata Liebm., No se observaron individuos con flores en el testigo, pero en las áreas de incendio y quema prescrita de marzo la floración comprende un periodo de agosto a septiembre. No hubo floración en los tratamientos de mayo.

Oxalis jacquiniana HBK., En el testigo no se observaron individuos con flores, pero en las áreas de quema prescrita de marzo y mayo si (agosto), al igual que en el incendio del mismo mes (julio-septiembre), aunque en el incendio de mayo la floración es en mayo del siguiente año.

Peperomia campylotropa Hill. No se observaron individuos con flores en el testigo y en las áreas quemadas se presentó floración en septiembre. En el único tratamiento donde se le apreciaron flores fue en el incendio en marzo, mostrándolas en el mes de septiembre.

Stevia hirsuta DC. En el testigo no se observan individuos con flores, y en las diferentes áreas incendiadas la floración se dio en diferentes momentos, va de agosto a enero, excepto para el área de incendio de marzo donde no se aprecio.

Pernettya postrata (Cav.) DC. No hubo individuos con flores en el testigo, ni en las áreas incendiadas en cambio en las áreas de quema prescrita de marzo los hubo en abril, y en la quema prescrita de mayo y en las áreas incendiadas la floración comprende un periodo de abril a mayo, florecieron en mayo.

Penstemon gentianoides (H.B.K.) Poir. En el testigo se observan individuos con flores en mayo, agosto y septiembre, y en las áreas tratadas con fuego en mayo hubo floración de agosto a septiembre. En el incendio confinado

de marzo ocurre en los meses de marzo, abril, agosto y septiembre. Para la quema prescrita de marzo este periodo comprende de abril y hasta septiembre.

Potentilla ranunculoides Humb & Bompl. En el testigo la floración se da de mayo a junio, y en las distintas áreas incendiadas comprende diferentes periodos de floración de septiembre a junio.

Senecio angulifolius DC. En el testigo se observó floración de enero a febrero, en las áreas tratadas con fuego no hubo presencia de esta especie.

Senecio callosus Sch Bip., en el testigo la floración ocurrió en febrero, en las áreas tratadas con fuego el periodo comprende de septiembre a abril, excepto para las incendiadas en mayo, donde aconteció entre enero y marzo.

Senecio cinerarioides H.B.K. en el área no quemada la floración ocurre de marzo a junio, más en los tratamientos de marzo comprende de marzo a abril. En la zona de quema prescrita de mayo la floración es en enero, y en el incendio confinado del mismo mes lo hizo en marzo.

Senecio reticulatus DC. En el testigo se observa floración en septiembre, y en las áreas incendiadas no se apreció.

Senecio toluccanus DC, en el testigo se observó floración en los meses de marzo a abril, y en el tratamiento de quema prescrita en marzo, el periodo

comprende de febrero a marzo; así como de febrero a abril en el incendio confinado del mismo mes. No hubo floración en el área de quema prescrita de mayo, y en el incendio de este último mes la floración ocurrió en febrero.

Senecio vulgaris L., No se observaron individuos con flores en el testigo, y en las diversas áreas donde se aplicó fuego se observó floración en agosto y septiembre.

Stenanthium frigidum Kunth., No se observan individuos con flores en el testigo y sólo se observaron flores en las áreas de quema prescrita de marzo, de junio a septiembre.

Stevia hirsuta DC. En el testigo no se observan individuos con flores, y en las diferentes áreas incendiadas la floración se dio en diferentes momentos, va de agosto a enero, excepto para el área de incendio de marzo donde no se aprecia.

A nivel cualitativo, se puede señalar lo siguiente:

6.5.1 Especies que no florecieron en el testigo pero si en áreas quemadas

Especies cuya presencia y floración se relaciona con la mayor disponibilidad de nutrientes y luz típicos de áreas quemadas. Su floración se ve estimulada por estas condiciones.

Cerastium nutans Raf.
Cirsium ehrenbergi Sch Bip
Draba jorullensis H.B.K.
Eryngium monocephalum Cav.
Gnaphalium inornatum D.C.
Hieracium fendleria Sch. Bip.
Luzula denticulata Liebm.
Oxalis jacquiniana HBK.
Peperomia campylotropa Hill
Pernettya postrata (Cav.) DC
Selloa plantaginea H.B.K
Senecio vulgaris L.
Stevia hirsuta DC

6.5.2 Especies que anticiparon su floración en áreas quemadas

La disponibilidad de nutrientes y la liberación de espacio para mayor entrada de luz, permite la presencia y floración en áreas quemadas. Su floración se ve estimulada por estas condiciones.

Arenaria lanuginosa (Michx) Rohrb
Erigeron galeottii (A Gray) Greene
Penstemon gentianoides (H.B.K) Poir

Senecio cinerarioides H.B.K.

Senecio toluccanus DC

6.5.3 Especies que prolongaron su paso de floración en áreas quemadas

Esta es otra manifestación de las condiciones favorables referidas

Alchemilla procumbens Rose.

Arenaria lanuginosa (Michx) Rohrb

Erigeron galeottii (A Gray) Greene

Eupatorium schaffneri Sch. Bip.

Lupinus aschenbornis Scher

Penstemon gentianoides (H.B.K) Poir

Potentilla ranunculoides Hamb & Bompl

Senecio callosus Sch. Bip.

Senecio cinerarioides H.B.K.

Senecio toluccanus DC

6.5.4 Especies que florecieron en el testigo, pero no en áreas quemadas

Una de las razones por las que esto pudo pasar es la juvenilidad de los individuos. Por ejemplo, *Baccharis conferta*, arbusto que están en este grupo, vive varios años y aparentemente no produce flores el primer año.

Bacharis conferta H.B.K.

Senecio angulifolius DC

Senecio reticulatus DC

Stenanthium frigidum Kunth.

Finalmente, en el cuadro 65 se hace una comparación de los meses en que se refiere floración en la literatura, para las especies estudiadas, y aquellas en los que se registró en el presente estudio, también áreas quemadas como no quemadas

Cuadro 65. Periodo de floración de las especies presentes en el área

Especie	Área quemada	Área no quemada	Literatura
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	Agosto –enero	Junio -septiembre	Julio-septiembre
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx) Rohrb	Marzo-junio	Mayo	
<i>Bacharis conferta</i> H.B.K		Mayo-junio	Marzo-junio
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin	Agosto-septiembre	Agosto-septiembre	
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	Junio-septiembre		Julio-septiembre
<i>Cirsium ehrenbergi</i> Sch Bip	Mayo-septiembre		Octubre-enero
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K.	Mayo-septiembre		
<i>Erigeron galeottii</i> (A Gray) Greene	Mayo- septiembre	Septiembre	Junio-septiembre
<i>Eryngyum monocephalum</i> Cav.	Septiembre		
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	Septiembre		
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch Bip	Septiembre-enero	Septiembre	
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K	Agosto-septiembre	Junio-septiembre	Agosto-septiembre
<i>Gnaphalium inornatum</i> D.C.	Agosto		
<i>Hieracium fendleria</i> Sch. Bip	Agosto		
<i>Lupinus aschenbornis</i> Schauer.	Agosto-septiembre	Marzo-mayo	
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.	Agosto-septiembre		
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	Mayo-agosto		
<i>Penstemon gentianoides</i> (H.B.K.) Poir	Marzo-septiembre	Mayo-septiembre	
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill	Septiembre		
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) DC	Abril-mayo		

Especie	Área quemada	Área no quemada	Literatura
<i>Potentilla ranunculoides</i> Homb & Bompl	Septiembre-junio	Mayo-junio	
<i>Ribes affine</i> H.B.K.			
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K	Agosto		
<i>Senecio angulifolius</i> DC		Enero-febrero	Noviembre-enero
<i>Senecio callosus</i> Sch Bip	Septiembre-abril	Febrero	Septiembre-enero
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	Enero-abril	Marzo-junio	Diciembre-marzo
<i>Senecio reticulatus</i> DC		Septiembre	Septiembre-enero
<i>Senecio toluccanus</i> DC	Febrero-abril	Marzo-abril	
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Agosto-septiembre		
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth	Junio-septiembre		
<i>Stevia hirsuta</i> DC	Agosto-enero		
Rzedowski, y Rzedowski (1979, 1985). Benítez, 1986			

Lo que se observó en el presente estudio, es que en el sotobosque predominan plantas con adaptaciones a regenerarse rápidamente luego de los incendios.

6.6 Listado florístico

Se registraron un total de 51 especies de sotobosque en la zona de estudio en las diferentes condiciones incluyendo sitios fuera del área experimental. En el Cuadro 59 se menciona su familia, la durabilidad (perennes, anuales o bianuales), y el hábito (herbácea o arbustiva), con base en revisión de literatura.

Cuadro 66. Listado florístico

Nombre científico	Familia	Durabilidad	Hábito
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	Caryophyllaceae	Perenne	
<i>Cerastium nutans</i> Raf.	Caryophyllaceae	Anual	Herbácea
<i>Commelina coelestis</i>	Commelinaceae**		
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K.	Compositae		Arbusto
<i>Bidens anthemoides</i> (DC.) Sherff	Compositae**	Anual o perenne	Herbácea
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. Bip.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Erigeron galeottii</i> (A.Gray) Greene	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Eupatorium adenophorum</i> Spreng	Compositae		Arbusto
<i>Eupatorium schaffneri</i> Sch. Bip.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	Compositae	Anual o bianual	Herbácea
<i>Gnaphalium inornatum</i> DC	Compositae	Anual o perenne	Herbácea
<i>Gnaphalium sphacilathum</i> H.B.K.	Compositae	Anual	Herbácea
<i>Helenium integrifolium</i> (H.B.K) Benth. & Hook.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Hieracium fendleri</i> Sch. Bip	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Selloa plantaginea</i> H.B.K.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Senecio angulifolius</i> DC.	Compositae		Arbusto
<i>Senecio callosus</i> Sch. & Bip.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Senecio cinerarioides</i> H.B.K.	Compositae		Arbusto
<i>Senecio reticulatus</i> DC.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Senecio sanguisorbae</i> DC	Compositae**	Perenne	Herbácea
<i>Senecio toluccanus</i> DC.	Compositae	Perenne	Herbácea
<i>Senecio vulgaris</i> L.	Compositae	Anual	Herbácea
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Compositae	Anual	
<i>Stevia hirsuta</i> DC.	Compositae		
<i>Draba jorullensis</i> H.B.K	Cruciferae		
<i>Pernettya postrata</i> (Cav.) D. C.	Ericaceae		
<i>Gentiana spathacea</i> H.B.K	Gentianaceae**		
<i>Geranium potentillaefolium</i> DC.	Geraniaceae	Perenne	Herbácea
<i>Agrostis tolucensis</i> H.B.K	Gramineae**		
<i>Brachypodium latifolium</i> Fourn	Gramineae**		
<i>Calamagrostis tolucensis</i> (H.B.K.) Trin	Gramineae		
<i>Cinna poaeformis</i> (H.B.K) Scribn. & Merr.	Gramineae**		
<i>Festuca tolucensis</i> H.B.K.	Gramineae		Herbácea
<i>Ribes affine</i> H. B. K	Grossulariaceae		Arbusto
<i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) Spreng	Hydrophyllaceae*	Perenne o anual	Herbácea
<i>Luzula denticulata</i> Liebm.	Juncaceae		
<i>Luzula racemosa</i> Desv.	Juncaceae		
<i>Lamium purpureum</i> L	Labiatae**	Anual	
<i>Salvia prunelloides</i> HBK.	Labiatae**	Perenne	Herbácea
<i>Stenanthium frigidum</i> Kunth.	Liliaceae		
<i>Astragalus micranthus</i> Desv.	Leguminosae**	Perenne	
<i>Lupinus aschenbornis</i> Scher	Leguminosae	Perenne (anual o bianual)	
<i>Oxalis jacquiniana</i> HBK.	Oxalidaceae		
<i>Peperomia campylotropa</i> Hill.	Piperaceae	Perenne	Herbácea
<i>Plantago linearis</i>	Plantaginaceae	Anual o perenne	Herbácea
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose.	Rosaceae	Perenne	Herbácea
<i>Potentilla ranunculoides</i> Humb. & Bompl.	Rosaceae	Perenne	Herbácea
<i>Salix paradoxa</i> H.B.K.	Salicaceae*		Arbusto
<i>Castilleja arvensis</i> Cham. & Schlecht.	Scrophulariaceae*	Perenne	Herbácea
<i>Penstemon gentianoides</i> (H. B. K.) Poir.	Scrophulariaceae		Herbácea
<i>Eryngium monocephalum</i> Cav	Umbelliferae	Perenne	

Rzedowski, y Rzedowski (1979, 1985). Benítez, 1986

** Se observan en el área, pero no se encontraron en los sitios de muestreo.

6.7 Especies que emiten rebrotes.

De las especies registradas, las siguientes son algunas de las que tienen la capacidad de emitir rebrotes.

Calamagrostis tolucensis (H.B.K.) Trin

Festuca tolucensis H.B.K

Lupinus aschenbornis Scher

Luzula denticulata Liebm.

Penstemon gentianoides (H.B.K) Poir

Potentilla ranunculoides Hamb & Bompl

Ribes affine H.B.K.

Senecio cinerarioides H.B.K.

Stenanthium frigidum Kunth.

7. DISCUSIÓN

7.1 Diferencias entre tratamientos

En primer término, se debe señalar que para los tratamientos de marzo, el primer muestreo se llevó a cabo en junio, cuando las lluvias comenzaban; el segundo fue hacia septiembre, con las lluvias ya regularizadas, el tercero diciembre y el cuarto en marzo, en periodo de sequía. En cambio, en el muestreo de mayo, el primer muestreo correspondió a lluvias en el primer caso y a sequía en el resto.

La tendencia de aumento en los valores de todas las variables dependientes estudiadas en condición abierta, particularmente hacia el primer y el último muestreo, se relaciona con la mayor disponibilidad de radiación solar directa, y menos competencia para las especies del sotobosque, y probablemente por otros factores limitativos como nutrientes y agua.

En el caso de la radiación fotosintéticamente activa, es reducida por lo menos en 85% por pino piñonero y enebro, en comparación con los pastizales adyacentes (Smith y Stubbendieck, 1990).

Respecto a la humedad disponible, McPherson (1997) sugiere que a reserva de varios factores complejos que potencialmente afectan la humedad

disponible en bosques abiertos, la evidencia empírica sugiere que la humedad del suelo bajo plantas leñosas no siempre difiere de la de los pastizales aledaños. Inclusive, ocasionalmente, son más secos los primeros, debido a la transpiración de las plantas leñosas y a la dormición de los zacates, como se ha observado con el *Juniperus occidentales* Hook. (Young y Evans, 1987).

Aparentemente la limitación de humedad es la principal forma de influencia sobre la composición de especies, en comparación con factores como propiedades químicas o físicas del suelo, cuando se comparan condiciones abiertas y cerradas (Parker y Muller, 1982).

En el caso de los nutrientes, tiende a haber mayor concentración bajo las copas en muchas condiciones (McPherson, 1997), tal como las islas de fertilidad que reportan García y McKell (1970).

Dadas las diferencias en factores limitativos que prevalecen entre las condiciones bajo copas de los árboles y en sitios abiertos, cabe esperar diferencias en las características del sotobosque. Por ejemplo, el ambiente bajo los árboles puede tener efectos negativos o positivos, incluso prácticamente ningún efecto, en la biomasa de especies herbáceas (McPherson, 1997). La primera tendencia ha sido observada en *Pinus ponderosa* por McPherson (1992).

En relación a la diversidad de especies, los efectos son diferenciales en distintos ecosistemas. En algunos la protección de las especies leñosas involucra micrositios e islas de fertilidad, que favorecen la diversidad bajo copas. En otras, la limitación de factores, como la humedad, reduce la diversidad (McPherson, 1997). Así, en un bosque abierto de *Juniperus pinchotii*, en Texas, la biomasa aérea de pastos con senda fotosintética C3 se redujo al aumentar la distancia al árbol, mientras que los pastos C4 exhibieron una tendencia contraria.

Análogamente en bosques de *Pinus palustris* del sureste de los Estados Unidos, la cobertura de herbáceas dicotiledóneas y pastos aumentó de bosque a claros pequeños (0.1 ha) y claros grandes (1.6 ha), con valores de 38, 47 y 54%, respectivamente (Rodríguez, 2000).

Por cuanto toca a los efectos del fuego, en el presente trabajo aumento variables como el número de especies, la densidad y el índice de diversidad cabo de un año. Existe una gran cantidad de evidencia experimental en muchos ecosistemas del planeta, que muestra una mayor diversidad de especies, densidad, cobertura y productividad del estrato herbáceo, en localidades incendiadas con respecto a las no quemadas. Lo anterior debido al aumento de la radiación solar directa, relacionada con la afectación de copas por el fuego, además de una mayor disponibilidad de nutrientes (Wright y Bailey, 1982; Whelan, 1997). A continuación se muestran diferentes ejemplos de lo referido en este párrafo.

En comunidades de *Pinus pungens* Lamb. y *Pinus rigida* Mill., en Carolina del Norte, se halló que la riqueza de especies en las áreas quemadas de manera prescrita, fue mayor a la de las áreas no quemadas (Randles *et al.*, 2002). Igualmente, en plantaciones de *Pinus resinosa* Ait. y *Pinus strobus* L., Neumann y Dickmann (2001) apuntan que la riqueza de especies fue hasta un 20% mayor en áreas quemadas que en las no quemadas.

Al respecto la cobertura, en un bosque de *Pinus ponderosa*, se halló que la cobertura de herbáceas, preponderantemente la de los pastos, fue menor (11%) en sitios quemados de manera prescrita a elevada intensidad, en comparación con sitios quemados a baja intensidad (20%) probablemente a causa de la combustión sin flama de la capa orgánica del suelo, que afecta raíces y rizomas (Armour *et al.*, 1984).

Sin embargo, las tendencias pueden variar en distintas condiciones. Lewis y Harshbarger (1976), apuntan que en áreas de *Pinus taeda* L., sometidas a quemas prescritas frecuentes, las especies herbáceas tienden a incrementar, aunque las arbustivas tienden a reducirse, en comparación con áreas control. Además, todas estas especies predominan los primeros años después del fuego, después, serán desplazadas por los pastos y especies leñosas, muy probablemente, hasta recuperar una estructura similar a la existente antes del incendio, como la del testigo.

7.2 Especies indicadoras

A nivel internacional, han sido estudiados diversos casos de especies indicadoras de áreas incendiadas. Sin embargo, aunque en México se han hecho observaciones informales, hasta donde se sabe no hay investigaciones formales sobre el particular.

Los géneros *Lupinus* y *Penstemon* han sido reportados como indicadores de disturbio por fuego en pinares mexicanos. *Lupinus* es referido por Rzedowski (1978) en áreas incendiadas, y en masas de *Pinus leiophylla* incendiadas en invierno en el Estado de México, Rodríguez y Sierra (1992) observaron una abundante presencia de *Penstemon*. En Chihuahua, también en sitios quemados en invierno, Sánchez y Dieterich (1983) apuntan la abundancia de *Pteridium aquilinum* y *Lupinus marshallianus*. Dependiendo del grado de perturbación de pinares, son frecuentes también *Alchemilla procumbens*, *Geranium potentillaefolium*, *Potentilla hematocrus*, *P. ranunculoides*, *Rumex acetosella*, *Lupinus montanus* y *Penstemon gentianoides* Rzedowski (1981).

Las leguminosas, como *Lupinus*, pueden ser una familia que en varios casos coloniza sitios quemados. En España, en un pinar, la contribución de las leguminosas al recubrimiento de un suelo incendiado fue muy importante, especialmente durante los dos primeros años; más del 50%, de la cobertura

vegetal pertenecía a esta familia. En el segundo año se alcanza la máxima cobertura de leguminosas, pero con el paso del tiempo, desciende, representado de un 23 a 16 % cinco años después del fuego. En el área no quemada la cobertura media de leguminosas fue muy baja, no sobrepasando 4% (Martínez-Sánchez *et al.*, 1999).

Mientras algunas especies mostraban tendencias a alcanzar el máximo tamaño de población inmediatamente después del fuego (*Scorpiurus muricatus* y *Psoralea bituminosa*), otras especies alcanzaron su máximo tamaño de población durante el segundo año post-incendio (*Trifolium arvense*, *T. campestre* y *Ornithopus compressus* entre las principales especies). La elevada presencia de *Psoralea bituminosa* (82.40% de cobertura) se redujo a un 7.34% de cobertura al tercer año, desapareciendo de esa parcela durante el quinto año. Un comportamiento similar mostró *Scorpiurus muricatus*, cuya germinación se produce abundantemente después del paso del fuego alcanzando el máximo tamaño poblacional durante el primer año después del fuego (entre 13 y un 28% de cobertura) para disminuir posteriormente e incluso llegar a desaparecer en alguna parcela y a partir del segundo o tercer año. Las especies de *Trifolium arvense* y *T. campestre*, presentes en todas las parcelas estudiadas, alcanzaron sus máximos de población dos años después del incendio. A partir del segundo año su germinación es cada vez menor e incluso nula, llegando a desaparecer de algunas parcelas a partir del cuarto año post-incendio. Otras especies de este mismo género (*T. glomeratum*, *T.*

angustifolium) mostraron un comportamiento similar, aunque fueran especies menos frecuentes en el área de estudio. Otra leguminosa anual con esta misma estrategia colonizadora fue *Ornithopus compressus*, presente en tres de las cinco parcelas estudiadas (Martínez-Sánchez *et al.*, 1999).

La elevada germinación de leguminosas herbáceas o leñosas, junto con la aparición de rebrotes de algunas de éstas últimas, hacen que sea la familia de plantas de mayor importancia en los cinco primeros años de sucesión post-incendio, tanto desde el punto de vista cualitativo (riqueza florística) como cuantitativo (cobertura) (Martínez-Sánchez *et al.*, 1999).

Cabe destacar que otra de las especies indicadoras de incendio en el presente estudio fue la compuesta (asterácea) *Eupatorium schafneri*. Las compuestas, entre ellas especies del género *Eupatorium*, también fueron más frecuentes en bosques de *Pinus taeda* L. quemado (Lewis y Harshbarger, 1976).

Un ejemplo de especies típicas de áreas quemadas a distintas intensidades y de áreas no quemadas en bosques de *Pinus ponderosa*, es el de Armour *et al.* (1984), *Berberis repens* estuvo ausente en sitios de alta intensidad, *Luzula campestris* fue siete veces más frecuente en sitios no quemados que en sitios quemados a alta intensidad. *Fragaria virginiana* fue el doble de común en sitios no quemados y quemados a baja intensidad en

comparación con los de alta intensidad. *Potentilla gracilis*, *Deum triflorum* y *Vicia americana* fueron más comunes en sitios de baja intensidad que en los otros sitios. *Ceanothus sanguineus* y *Apocynum androsaemifolium*, sólo se encontraron en sitios de alta intensidad. *Epilobium angustifolium* fue de dos a cinco veces más común en sitios de alta intensidad, que en los de baja intensidad, y fue extremadamente rara en sitios no quemados. *Collomia linearis* fue comúnmente encontrada en sitios quemados y no quemados, pero fue más común en sitios de alta intensidad.

7. 3. Valor de importancia por tratamiento con fuego, considerando cobertura arbórea

El elevado valor de importancia para *Alchemilla procumbens* en los tratamientos con fuego particularmente, remarca su carácter como indicadora de incendios. Lo mismo sucede con especies como *Arenaria lanuginosa* y *Eupatorium schaffneri* en los tratamientos con fuego

7.4 Principales tendencias con respecto al tiempo

Los aumentos en diversidad de especies y densidad que tendieron a observarse en este trabajo, pueden relacionarse con el arribo de las lluvias pero los tratamientos de marzo, y con la temporada de lluvias para los de mayo.

En el caso de la cobertura se observan patrones muy distintos en las diferentes condiciones, al parecer debido a la influencia del pastoreo.

7.5 Floración

Diversas especies del sotobosque sobreviven y florecen ó germinan y florecen en áreas recientemente quemadas. Éstas aumentan su esfuerzo reproductivo en tales ambientes (Kauffmeri, 1990). Martin (1966; citado por Kruger y Bigalke, 1984) clasifica a las plantas que aparecen después del incendio con base en su respuesta de floración: a) las que florecen inmediatamente después del fuego (al primer año), y no lo hacen en otras épocas; b) las que florecen inmediatamente después del incendio (primer año) y que posteriormente florecen poco; c) las que florecen en sitios quemados, pero que lo hacen años después del fuego; d) las que florecen poco luego del incendio, pero que florecen bien en años posteriores, y e) especies neutrales del fuego.

Las especies que se hallaron florecieron en localidades quemadas en la presente investigación, corresponde a las dos primeras categorías.

En relación al área no quemada, el área tratada con fuego tuvo un retraso de dos meses en la floración para *Festuca tolucensis* H.B.K. El periodo de áreas incendiadas coincide con lo que reportan Rzedowski *et al.*, (1979) y Benítez, (1986) para zonas no incendiadas.

Benítez (1987), menciona que en las áreas incendiadas hubo un adelanto en la floración con respecto a las áreas no incendiadas, pero en este caso ocurrió lo contrario, probablemente por la influencia del pastoreo, o por la época de aplicación del fuego, pues en el trabajo de Benítez correspondió a enero.

Como en el presente trabajo, el fuego incrementa la floración de herbáceas y arbustos dominantes en bosques *Pinus palustris* Mill. en la Florida (Platt *et al.*, 1988; citado por Miller, 2000), con los efectos más significativos resultado de los fuegos en la estación de crecimiento. Estos incendios incrementaron el número de plantas en floración, disminuyendo el promedio de la duración de la floración por especie, y en sincronía con el período de máxima floración de plantas herbáceas, particularmente la floración de otoño en las compuestas.

En respuesta a incendios tardíos de primavera, Henderson *et al.*, (1983); citados por Miller (2000), observaron mayor floración en *Andropogon gerardii* var. *gerardii*, *Andropogon scoparius*, *Bouteloua curtipendula* y el "indian grass" *Sorghastrum nutans*, en Wisconsin. El incremento se atribuye a altos niveles de producción de carbohidratos causados por mejores condiciones de crecimiento, y remoción de la hojarasca. En contraste, los pastos de estaciones frías, en crecimiento activo durante incendios experimentales tardíos en primavera, muestran una marcada reducción en la floración, posiblemente por que el crecimiento iniciado después del incendio agota las reservas de carbohidratos.

También el tejido meristemático puede haber tenido más daños, pues las plantas presentaban crecimiento activo al momento del la quema.

En otros trabajos se ha encontrado que la floración de los pastos, como *Calamagrostis rubescens* y *Aristida stricta* tiene un incremento significativo después del incendio (Brown y Debyle, 1989; Uchytíl, 1992; citados por Miller, 2000). Pero en el presente estudio la floración de pastos se vio afectada por el pastoreo.

En el presente estudio, se observó que existe una proliferación de herbáceas anuales y bianuales, cuyas semillas formaban parte del banco de semillas, o bien que arribaron al área luego del paso del fuego, el cual libera espacio de crecimiento y con la aparición de las primeras lluvias y temperaturas favorables permite su germinación y rápida floración.

Todas estas especies predominan los primeros años después del fuego, después serán desplazadas por los pastos y especies leñosas, hasta recuperar una estructura similar a la existente antes del incendio, como la del testigo.

8. CONCLUSIONES

El número de especies, la densidad, la cobertura, la equitatividad y el índice de diversidad de Simpson, fueron mayores en la condición abierta que en la condición cerrada, para todos los tratamientos con fuego, incluyendo sus testigos a un año del paso del fuego. La aplicación de fuego, particularmente como quema prescrita en marzo, permitió la disponibilidad de espacio de crecimiento para la existencia de otras especies vegetales que generalmente no ocurren por la predominancia de pastos amacollados en el sotobosque.

Alchemilla procumbens Rose, *Arenaria lanuginosa* (Michx.) Rohrb., *Eupatorium schaffneri* Sch. Bip., *Oxalis jacquiniana* HBK., *Penstemon gentianoides* (HBK.) Poir., *Pernettya postrata* (Cav.) DC. y *Senecio callosus* Sch. Bip., *Lupinus aschenbornis* Schauer., *Pernettya postrata* (Cav.) DC., *Draba jorullensis* HBK., y *Senecio cinerarioides* HBK., son las especies que aparecen preferentemente en áreas quemadas, por lo que pueden considerarse como indicadoras.

El estrato herbáceo es denso, aunque con muy pocas especies dominantes. El total de herbáceas observadas en el estudio fue de 23, de las cuales *Festuca tolucensis* H.B.K., y *Alchemilla procumbens* Rose presentaron mayor valor de importancia en la mayoría de los tratamientos.

El estrato arbustivo está constituido por siete especies, de las cuales *Senecio callosus* y *Penstemon gentianoides*, son las que poseen los valores más altos, aunque mayor en la primera.

La proliferación de herbáceas se generó del banco de semillas y del arribo de estas últimas luego de las quemadas. La liberación del espacio de crecimiento permitió su germinación y establecimiento con el aumento de temperaturas y el arribo de las lluvias.

9. RECOMENDACIONES

Realizar quemas prescritas de baja intensidad al inicio de la temporada de incendios en este tipo de bosques, para favorecer diversidad de especies. Sin embargo, la frecuencia de las quemas es aun tema de estudio. Tentativamente se recomienda no quemar con una mayor frecuencia de 5 años. Así mismo los sitios elegidos no deben tener renuevo, ni ser susceptibles a la erosión, ni tener una elevada carga de combustible.

10. LITERATURA CITADA.

- AGUIRRE B. C. 1978. Efecto del fuego en algunas características y propiedades de suelos forestales. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 287p.
- ARANDA J. M., C. MARTINEZ DEL RIO, L. C. COLMENERO y V. M. MAGALLON. 1980. Los mamíferos de la sierra del Ajusco. Comisión coordinadora para el desarrollo Agropecuario del D.F. Gobierno del D.F. México, D.F.
- ARMOUR CH. D., BUNTING, S. C., NEUENSCHWANDER F. L. 1984. Fire intensity effects on the understory in ponderosa pine forests. Journal of range management. 37(1): 44-49.
- BARTOS D. L., MUEGGLER W. F. 1981. Early sucesión in aspen communities following fire in western Wyoming. Journal of range management. 34(4): 315-318-11.
- BENITEZ B., G. 1987. Efectos del fuego en la vegetación herbácea de un bosque de *P. hartwegii* Lind. en la sierra del Ajusco. In: Rapoport, E. H., MORENO, I. (eds). Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México. Limusa. México, D. F. pp 111-152.
- BENITEZ, G. 1986. Árboles y Flores del Ajusco. Instituto de Ecología, México.
- BROCKWAY D. G., GATEWOOD R. G., PARIS R. B. 2002. Restoring as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. Journal of environmental management 65, 135-152.
- CABALLERO D. M. 1967. Estudio comparativo de *P. rudis* End. Y *P. hartwegii* Lindl. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 139p.
- CAIN S. A. y CASTRO G. M. de O. 1959. Manual of vegetation análisis. New York. Harper and Row. 325p.
- CASTRO U. B. 2003. Supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en áreas quemadas en el Ajusco, D.F. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo Edo. de México. 130 p.

- CETENAL. 1976. Carta edafologica: E-14-A-49 Milpa Alta. Escala 1: 50 000
- CETENAL. 1984. Carta geológica: E-14-A-49 Milpa Alta. Escala 1: 50 000
- CONTRERAS M., J. 2002. El humo de los incendios forestales en el bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis de Maestría en Ciencias. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 106 p.
- CORENADER. 2003. Página en Internet: [http://www. Sma.df.gob.mx](http://www.Sma.df.gob.mx) Página consultada en Julio del 2003.
- EGUILUZ P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de licenciatura. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 571p.
- FRANCO M. y BURQUEZ A. 1981. Guía botánica-ecológica del parque Nacional Zoquiapan. Guías botánicas de excursiones en México. Soc. Bot. Méx. Vol.IV: 21-61
- GARCIA E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, U.N.A.M., México.
- GARCÍA, L. E. F. 1985. Efecto del fuego en la regeneración de *P. hartwegii* Lind. en Zoquiapan, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 53p.
- GARCIA-MOYA E., y McKELL C. M. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51:81-88.
- GONZALEZ R., A. 2001. Efecto del chamuscado de copa en el crecimiento en diámetro de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis de Maestría en Ciencias. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 98 p.
- GUZMAN G. J. G. 1999. Evaluación de riesgo de degradación en el Ajusco. Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Agroecología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 81p.

- HARRINGTON T. B. y EDWARDS M. B. 1999. Understory vegetation, resource availability, and litterfall responses to pine thinning and woody vegetation control in longleaf pine plantations. *Can. J. For. Res.* 29: 1055-1064.
- HAYWOOD J. D., MARTIN A. y NOVOSAD J. C. 1995. Response of understory vegetation on highly erosive Louisiana soils to prescribed burning in may. U.S. Department of agriculture, forest service, Southern forest experiment station. 8p.
- HAYWOOD J. D., HARRIS F. L., GRELEN H. E. y PEARSON H. A. 2001. Vegetative Response to 37 years of seasonal burning on a Louisiana longleaf pine site. *Southern journal of applied forestry.* 25(3): 122-30.
- KREBS J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Harla. México. 743 p.
- KRUGER F. J. y BIGALKE R.C. 1984. Fire in Fynbos. In BOOYSEN, P. DE V and N. M. TANTON (EDS.). *Ecological effect of fire in south african ecosystems.* Springer-Verlag. New York. pp. 67-114.
- LEWIS C. E. y HARSHBARGER T. J. 1976. Shurb and herbaceous vegetation after 20 years of prescribed burning in the South Carolina coastal plain. *Journal of range management* 29(1): 13-18.
- MAGURRAN E. 1988. Diversidad ecológica y su medición. Vedral. Barcelona. 197 p.
- MARGALEF R. 1980. Ecología. Omega. Barcelona. 937p.
- MARTINEZ-SANCHEZ J. J., y HERRANZ, J. M. 1996. Importancia de las leguminosas en las primeras etapas de sucesión vegetal en un pinar quemado de la provincia de Albacete(España). *Inv. Agr.: Sist. Rec. For.:* Serie No. 1-Diciembre 1996. Dpto. de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETS de Ingenieros Agrónomos.
- McPHERSON G.R. 1992. Comparison of linear and non-linear overstory-understory models for ponderosa pine: A conceptual framework. *Forest Ecology and Management* 55: 31-34.
- McPHERSON G.R. y WELTZIN J. F. 1997. Disturbance and Climate Change in US. /Mexico Borderland Plant Communities: A state-of-the Knowledge Review. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station General Technical Report. Fort Collins, Colo.

- MILLER M. 2000. Fire autoecology. In: Brown J. K. and Kapler Smith, J (eds.). Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora. USDA, FS. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.2 pp9-34.
- NEUMAN D.D. y DICKMANN D.I. 2001. Surface burning in mature of *Pinus strobus* in Michigan: effects on understory vegetation. International Journal of wildland fire. 10: 91-101.
- PARKER V. T., y MULLER C.H. 1982. Vegetational and environmental changes beneath isolated live oak trees (*Quercus agrifolia*) in a California annual grassland. American Midland Naturalist 107: 69-81
- PERRY Jr. J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber press: Pórtland, Oregon. 231p.
- RANDLES RUSSELL B. VAN LEAR DAVID H. WALDROP THOMAS A., DEAN, M. SIMÓN. 2002. Periodic burning in table mountain-pitch pine stands. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 109-113.
- RODRÍGUEZ T. D. A. 1984. Estudio sinecológico de la vegetación de la zona arida Poblano-Veracruzana ("Llanuras de Perote"). Tesis de Licenciatura. Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 139p.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 1996. Incendios forestales. Mundi-Prensa. México Universidad Autónoma Chapingo. México, D. F. 630p.
- RODRIGUEZ-TREJO D. A. 2000. Reforestation technology to restore longleaf pine forests. Tesis de doctorado. University of Florida. USA. 144p.
- RODRÍGUEZ, T. D. A. 2001. La ecología del fuego en el pinar de *Pinus hartwegii*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(2):145-151.
- RODRIGUEZ T. D. A. *et al* 2002. Educación e incendios forestales. 201p.
- RODRÍGUEZ T. D. A. y Fulé P. Z. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. Internacional Journal of Wildland Fire. 12(1):23-37.

- RZEDOWSKI J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432p.
- RZEDOWSKI J. y G. C. de RZEDOWSKI (editores). 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México, Vol. I Instituto de Ecología, México.
- RZEDOWSKI J. 1981. Guías botánicas de excursiones en México IV. Sociedad botánica de México. Publicación conmemorativa 1981. 61p.
- RZEDOWSKI J. y G. C. de RZEDOWSKI (editores). 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México, Vol. II Instituto de Ecología, México.
- SANTILLAN PEREZ J. 1991. Silvicultura de las coníferas de la Región Central. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo Edo. de México. 305 p.
- SCHEINER S. M. y GUREVITCH J. 1993. Design and analysis of ecological experiments. New York, N.Y. Charman y Hall. 445p.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos). 2001. Reporte de incendios forestales. Folleto. México, D. F.
- SMITH S. D. y STUBBENDIECK J. 1990. Production of tall-grass prairie herbs below eastern redcedar. *Prairie Naturalist* 22: 13-18.
- SOLIS P. M. A. 1994. Monografía de *P. hartwegii* Lindl. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 130p.
- SUSANO H. R. 1981. Efecto del pastoreo de bovinos sobre la dinámica de la vegetación herbácea en bosques de *P. hartwegii* Lind. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. 110p.
- YOUNG J. A., y EVANS, R. A. 1987. Stem flow on western juniper (*Juniperus occidentalis*) trees. Pp. 373-381 in Everett 1987.
- ZAVALA C. F. 1984. Sinecología de la vegetación de la Estación de Enseñanza e Investigación Forestal Zoquiapan, Estado de México y Puebla. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán México. 164p.

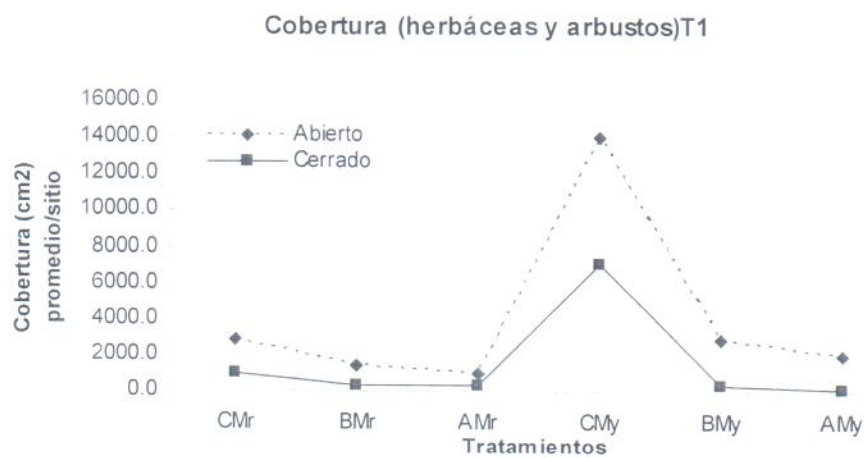
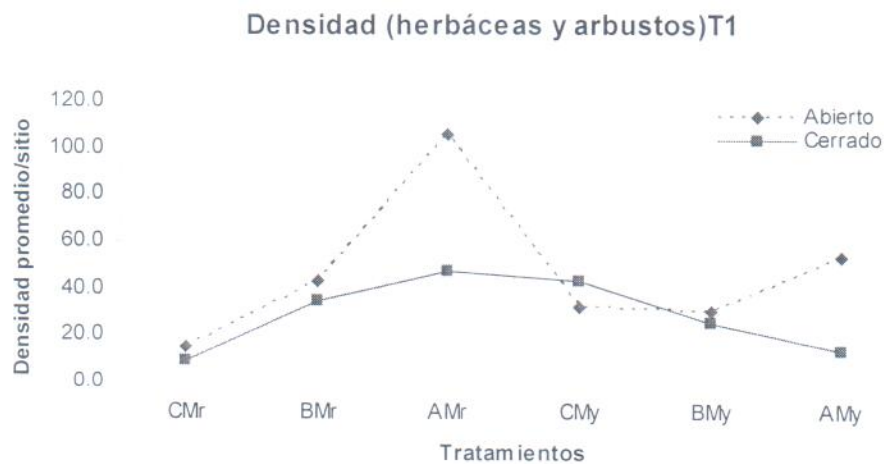
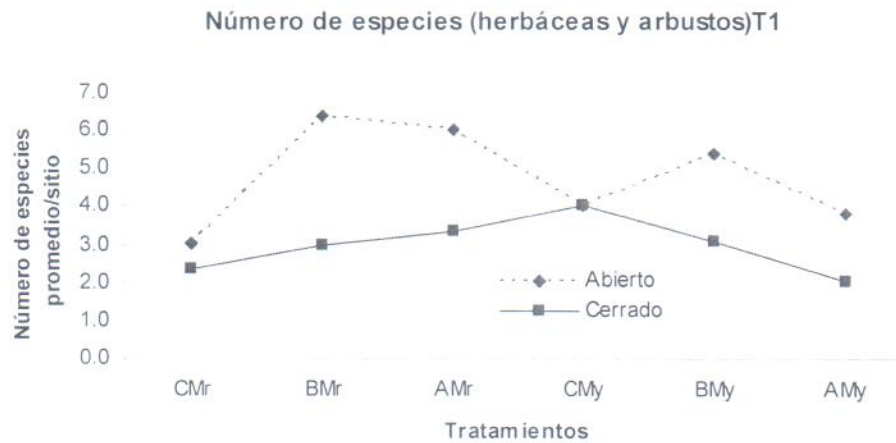
- WADE D. D., BROCK B. L., BROSE P. H., GRACE J. B., HOCH G. A. y PATTERSON W. A. 2000. Fire in Eastern Ecosystems. In: Brown, J. K. and Kapler Smith, J (eds.). Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on flora. USDA, FS. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.2 pp53-96.
- WANG J. H. 1987. Fenología y cambios estacionales. Universidad Autonoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo Edo. de México. 73p.
- WHITTAKER R.H. 1975. Communities and ecosystems. MacMillan Londres.
- WHELAN R. J. 1997. The ecology of fire. Cambridge University Press. 346p.
- WRIGHT H. A. y BAILEY, A. W. 1982. Fire ecology: United States and Southern Canada. John Wiley and Sons, Wiley -Interscience Publication. New York. 501 p.

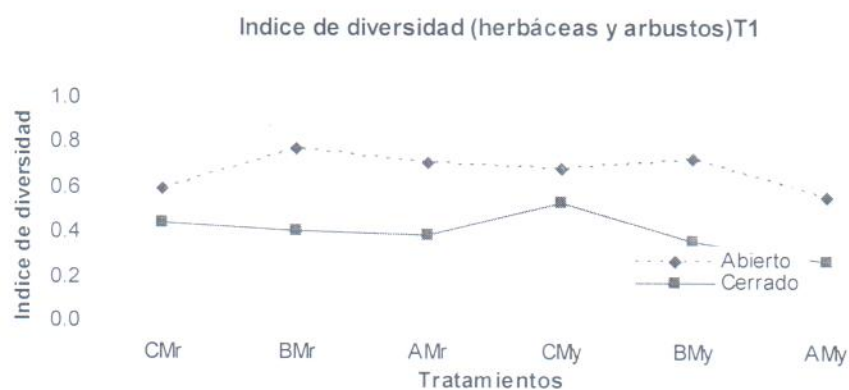
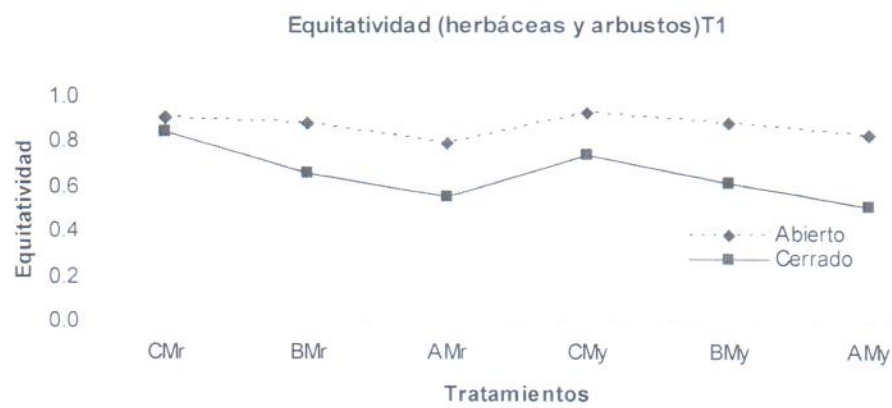
Anexo 1. Gráficas de las variables dependientes en los diferentes estratos (herbáceo y arbustivo, herbáceo, arbustivo) y tiempo de medición (T1=3 meses, T2 =6 meses, T3=9 meses y T4=12 meses despues de establecido el experimento).

En el título de cada gráfica se escribió una notación, que describe: la variable dependiente que esta representando, el estrato del que se trata y el tiempo de medición.

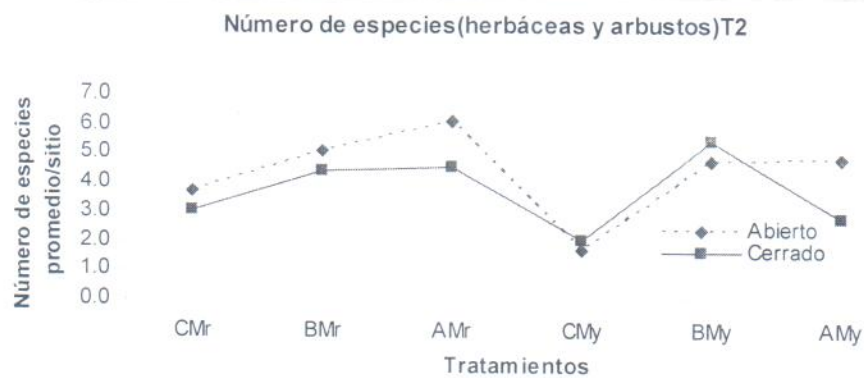


Herbáceas y arbustos, primera medición.

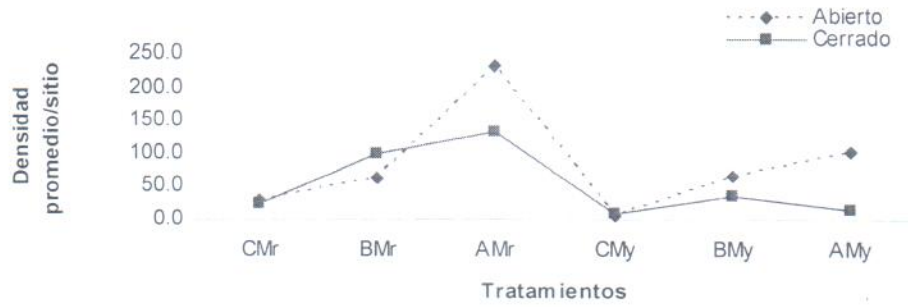




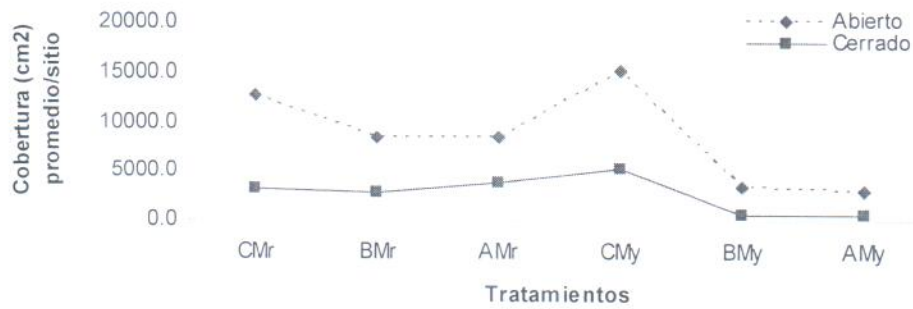
Herbáceas y arbustos, segunda medición.



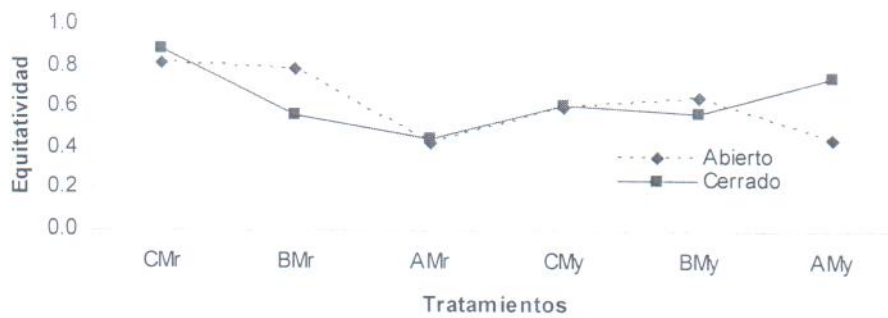
Densidad (herbáceas y arbustos)T2



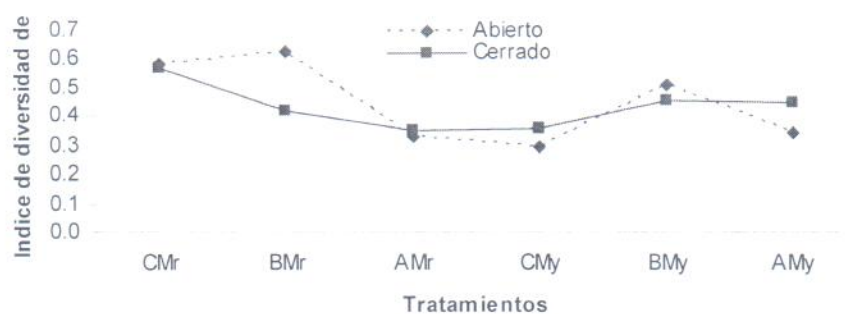
Cobertura(herbáceas y arbustos)T2



Equitatividad (herbáceas y arbustos)T2

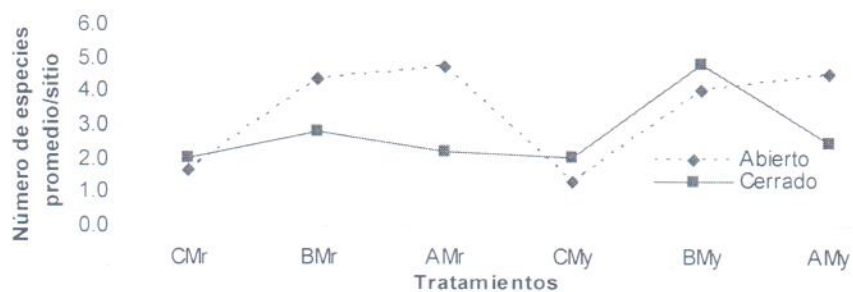


Indice de diversidad(herbáceas y arbustos)T2

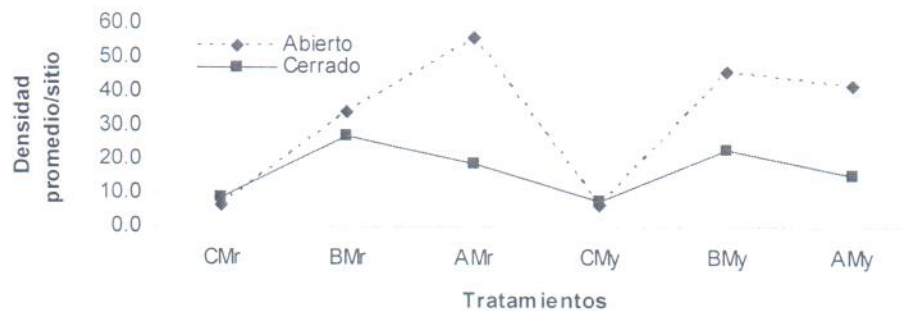


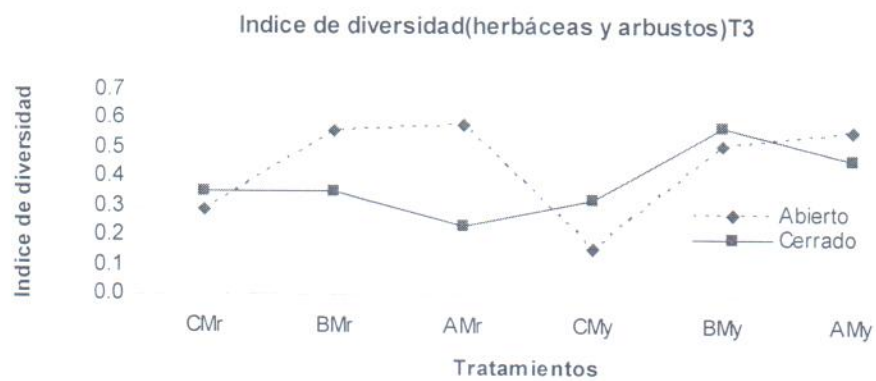
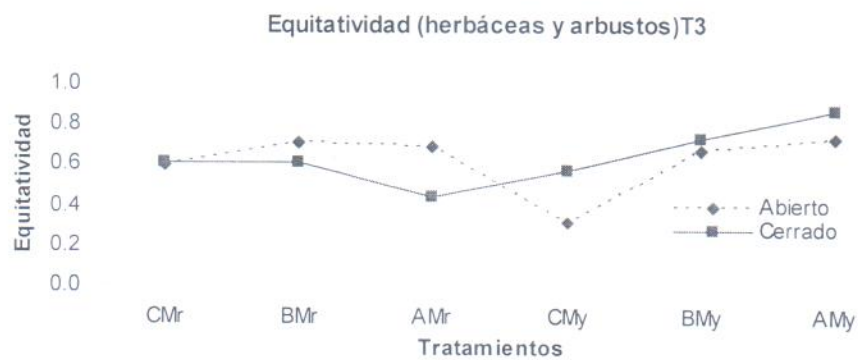
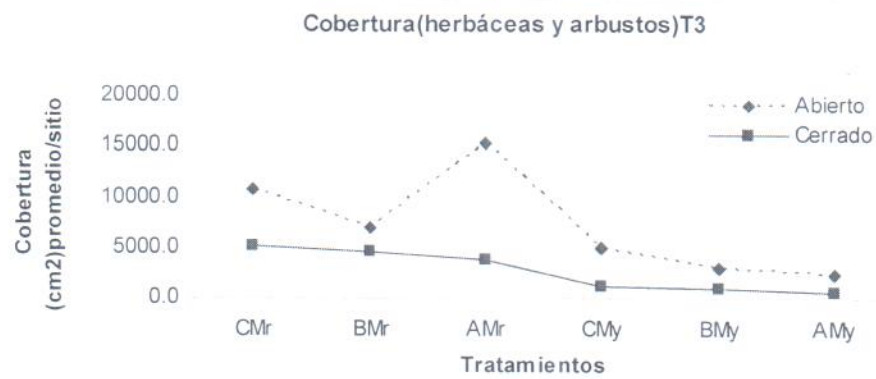
Herbáceas y arbustos, tercera medición.

Número de especies (herbáceas y arbustos)T3

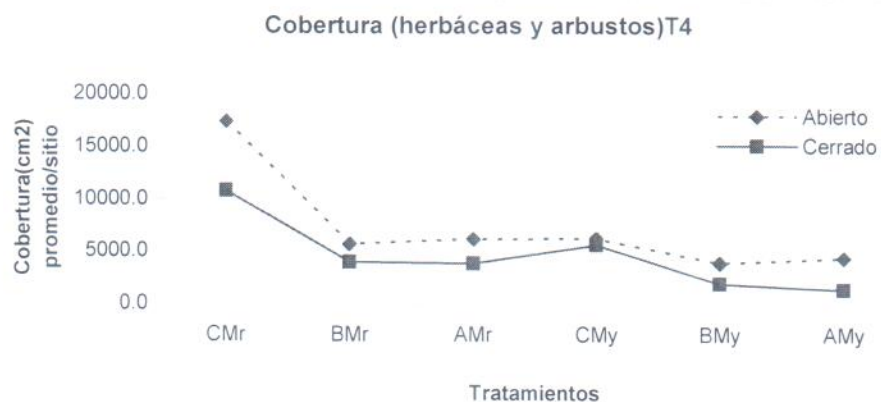
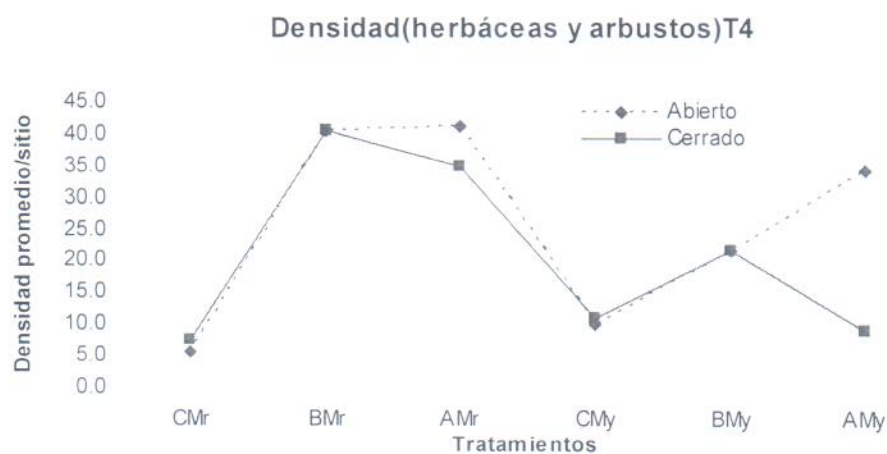


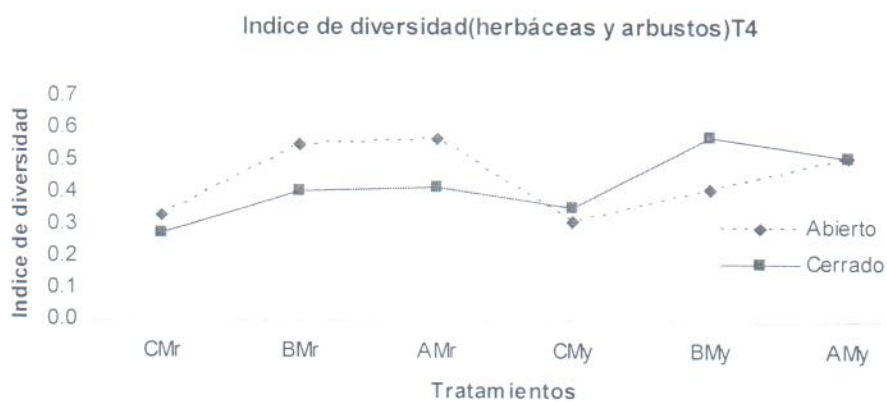
Densidad (herbáceas y arbustos)T3



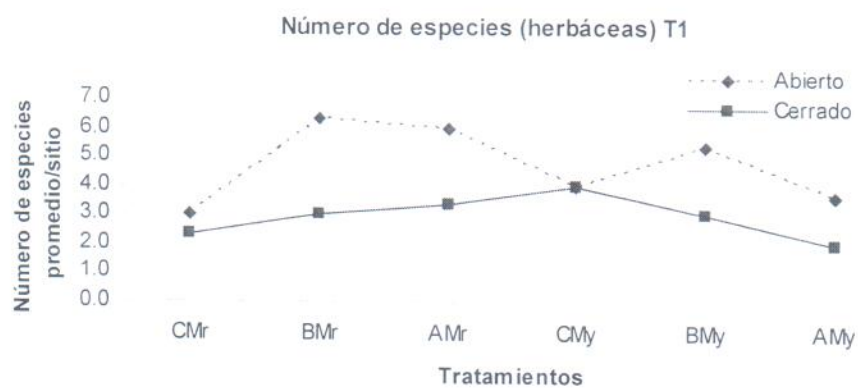


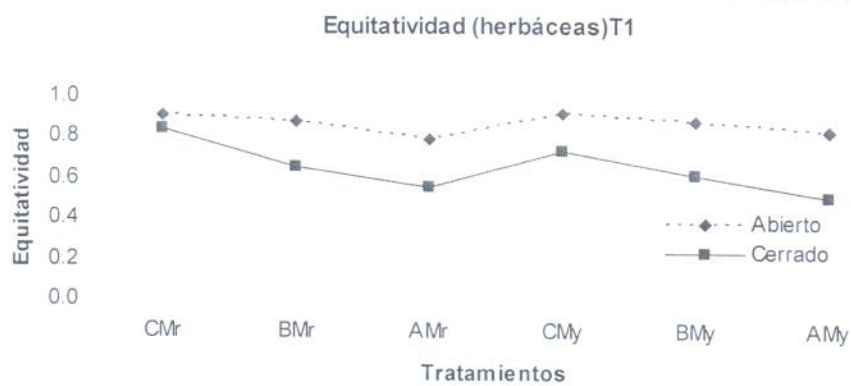
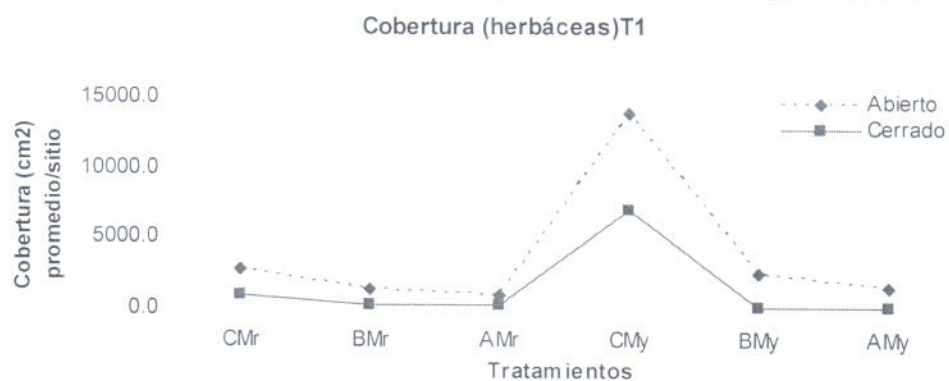
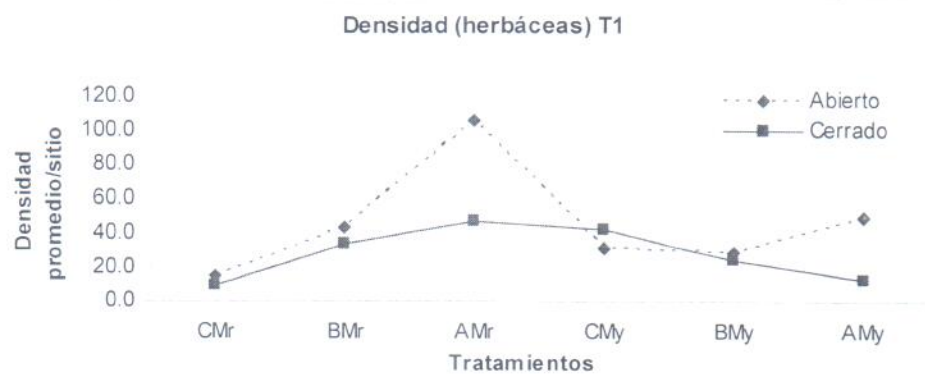
Herbáceas y arbustos, cuarta medición.





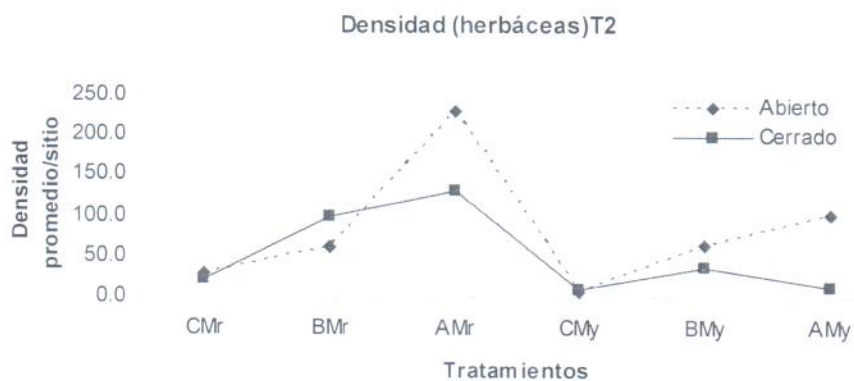
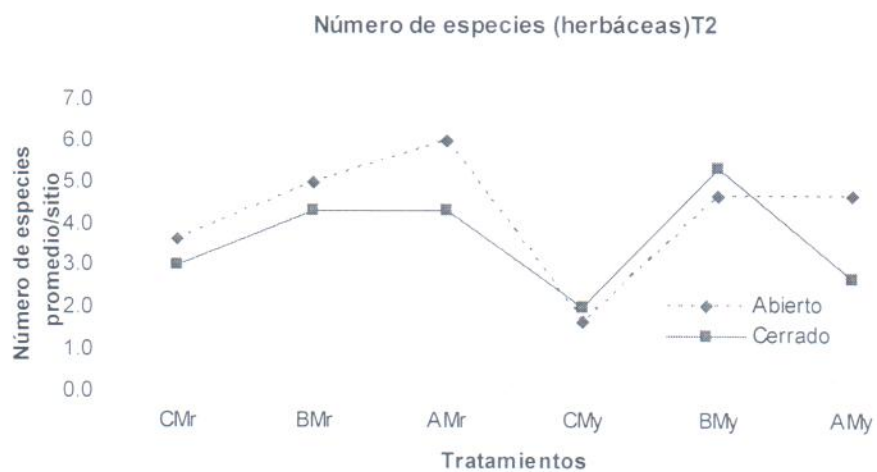
Estrato herbáceo, primera medición.

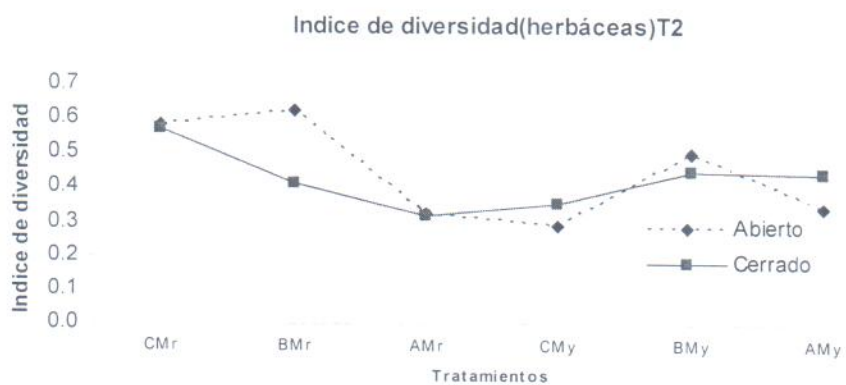
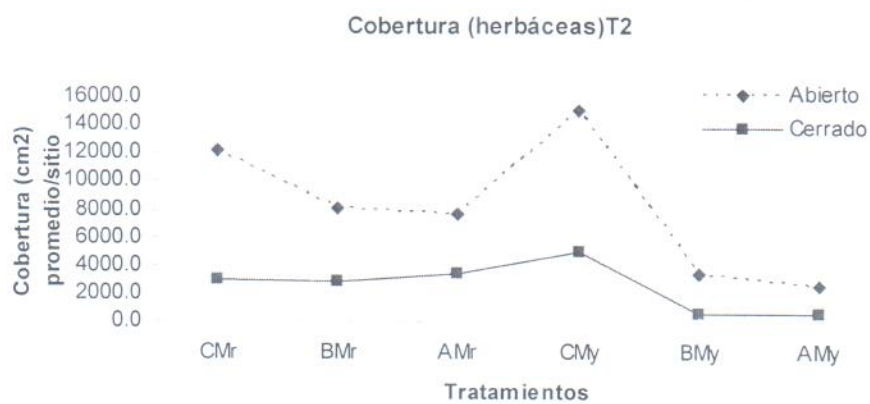




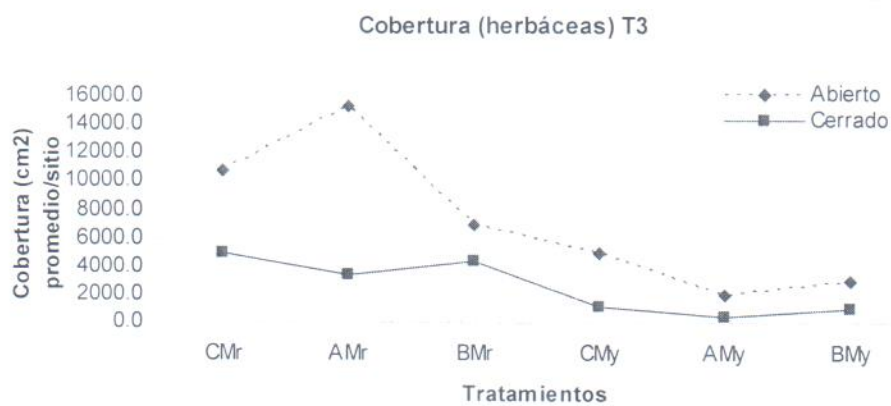
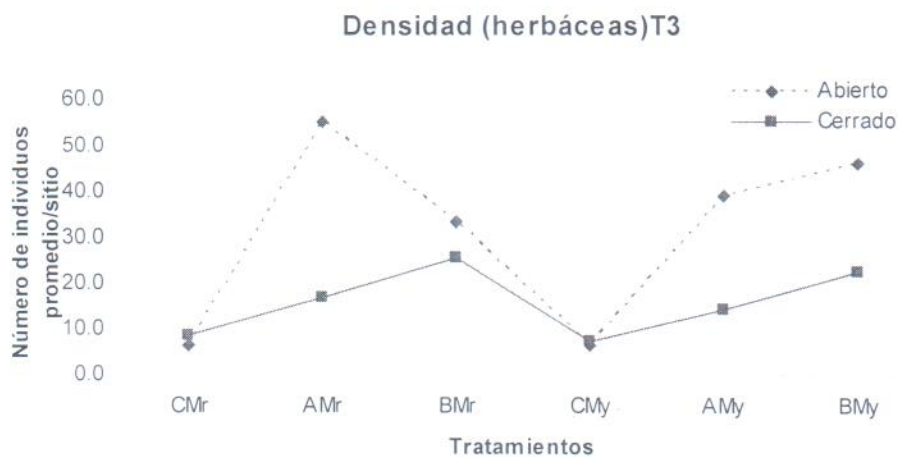


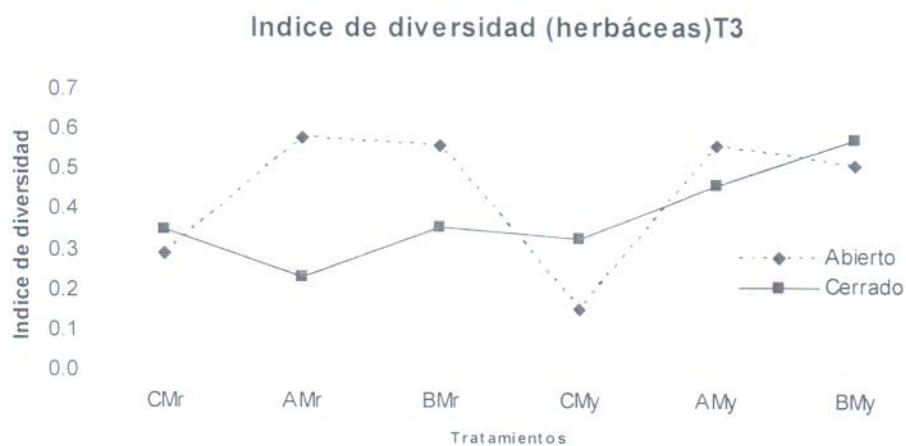
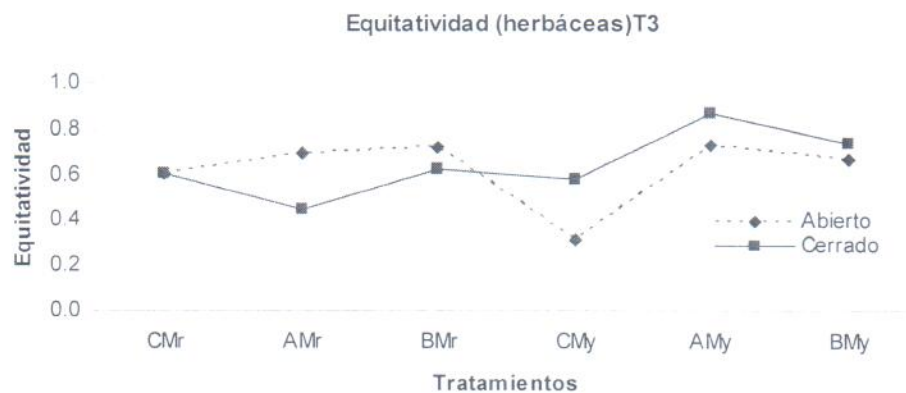
Estrato herbáceo, segunda medición.



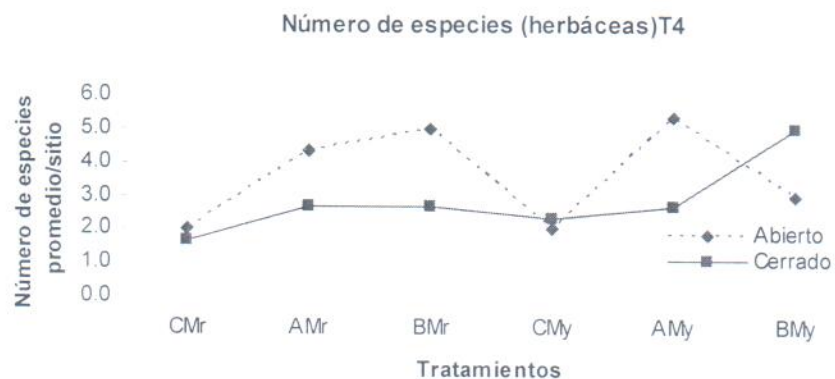


Estrato herbáceo, tercera medición

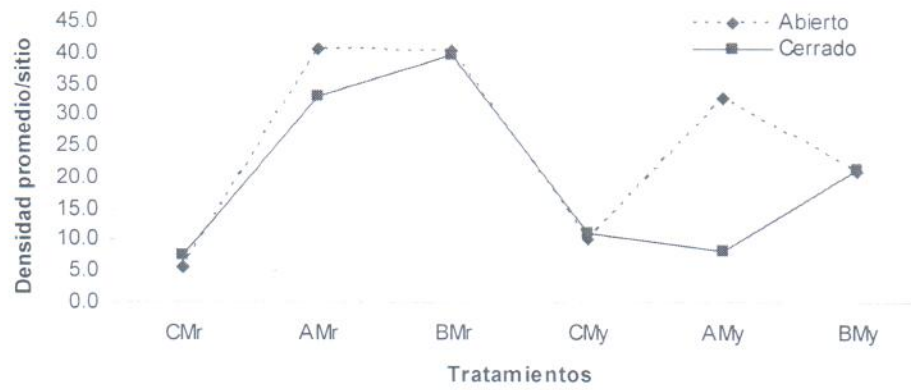




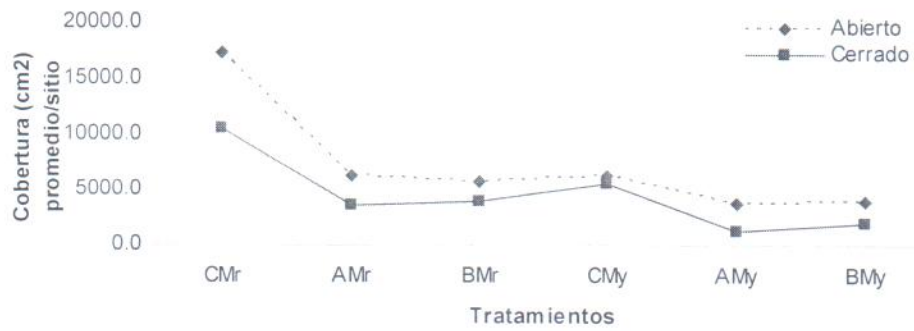
Estrato herbáceo, cuarta medición.



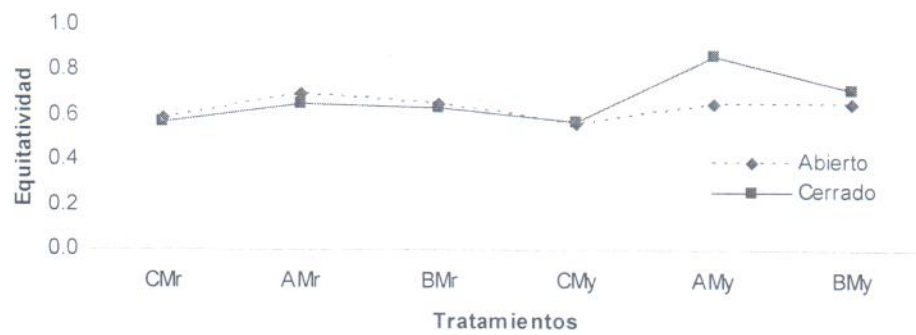
Densidad (herbáceas)T4

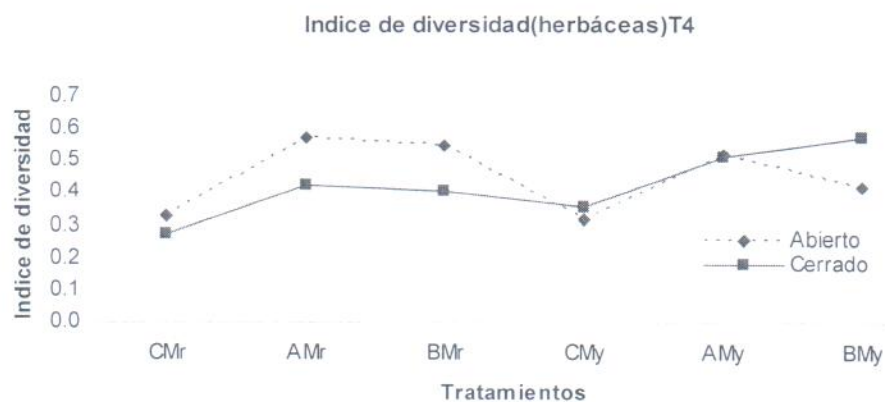


Cobertura (herbáceas)T4

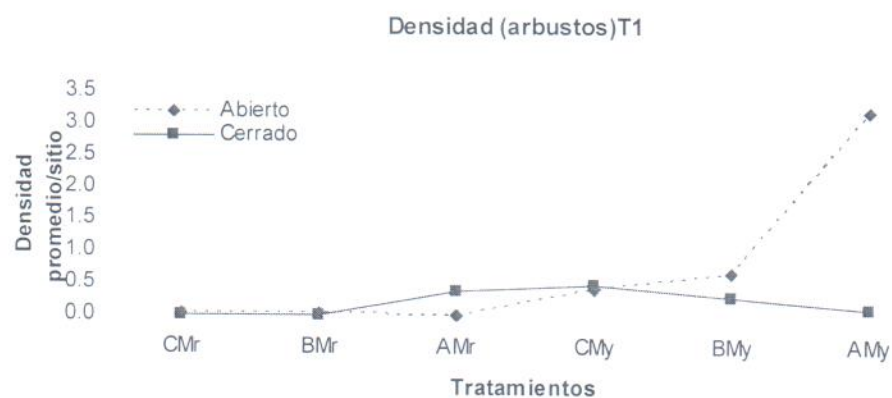
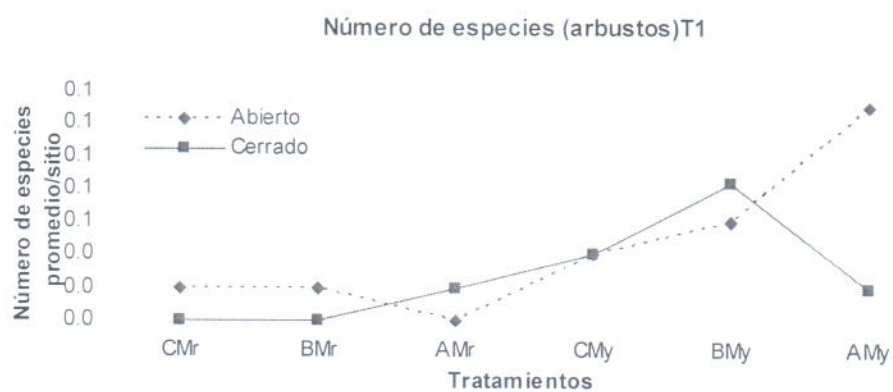


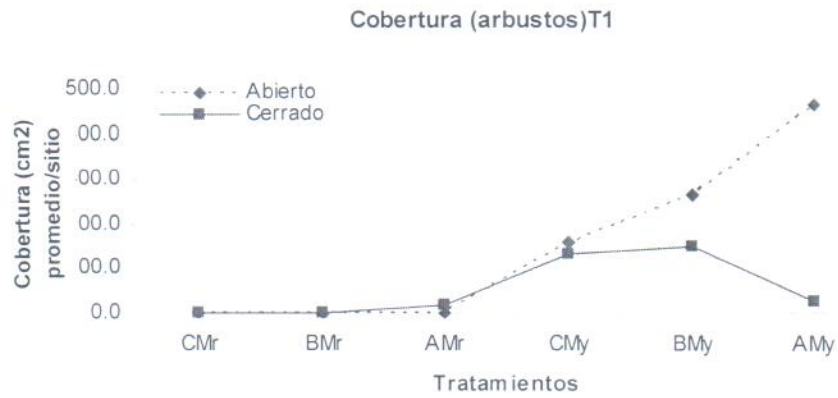
Equitatividad (herbáceas)T4





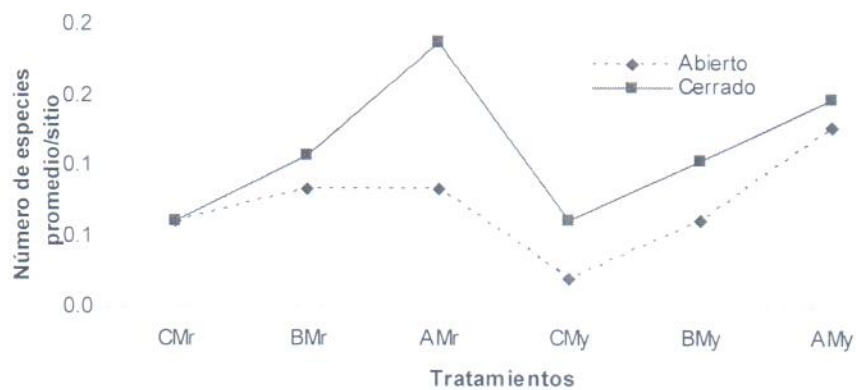
Estrato arbustivo, primera medición



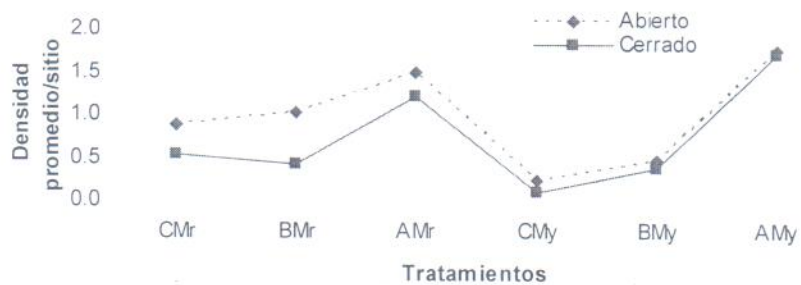


Estrato arbustivo, segunda medición

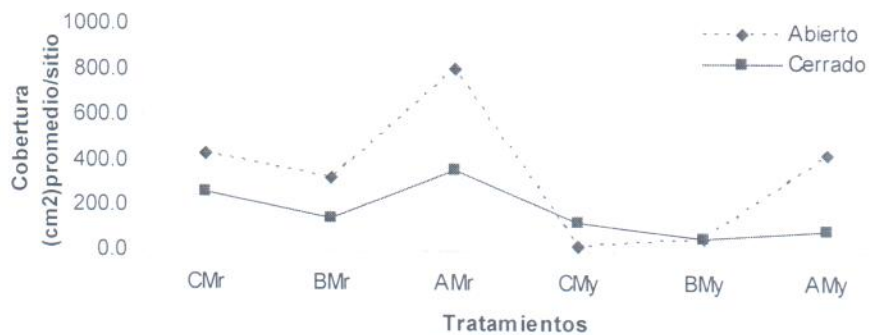
Número de especies (arbustos)T2

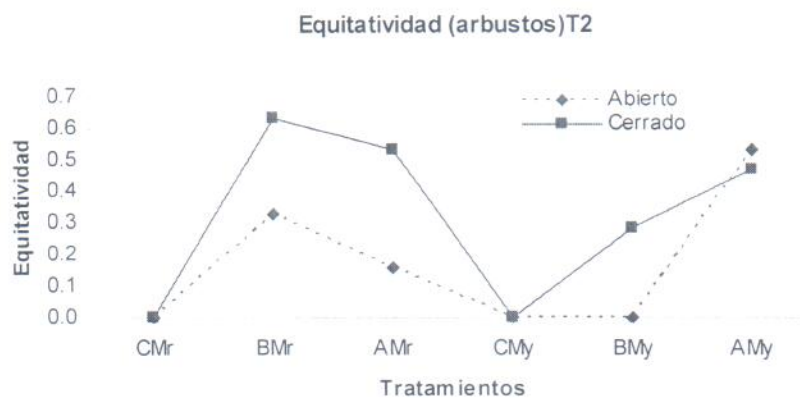


Densidad (arbustos)T2

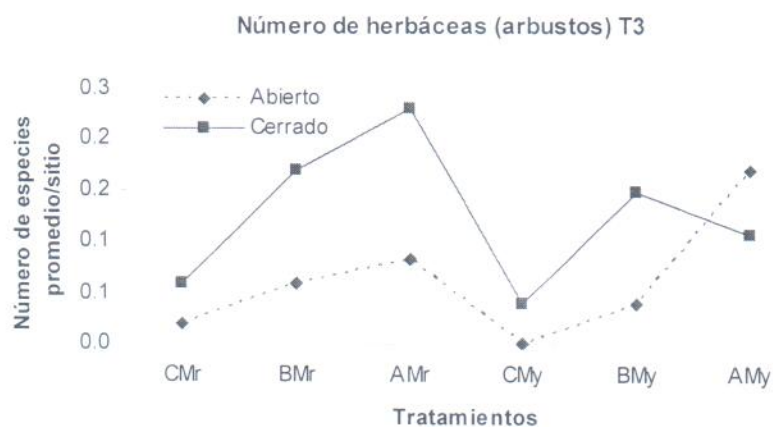


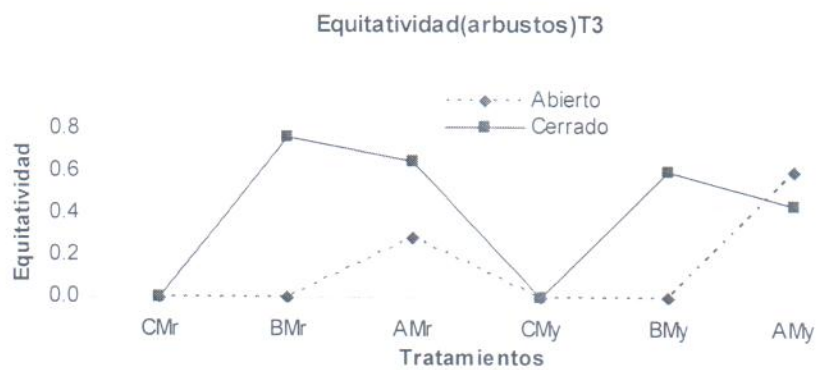
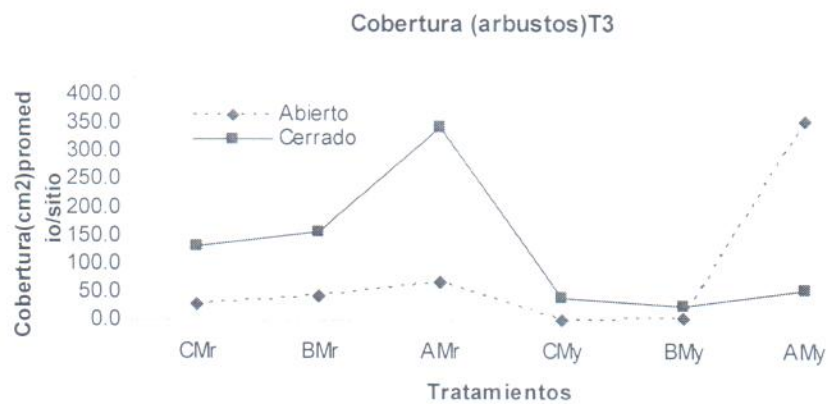
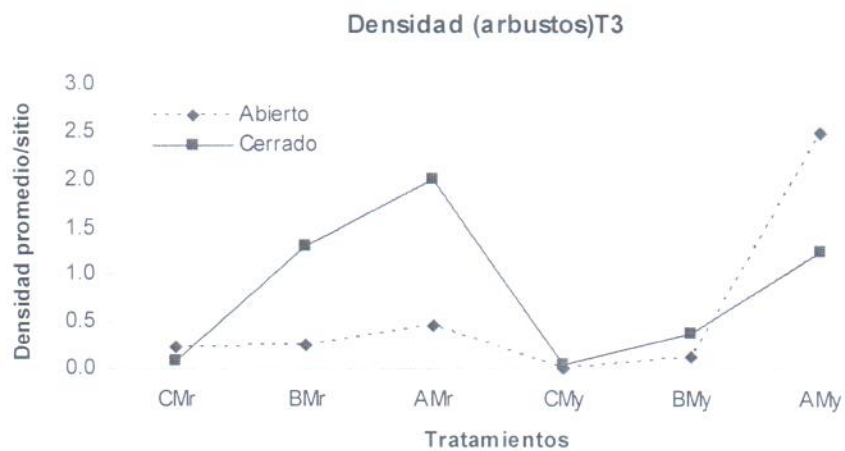
Cobertura (arbustos)T2

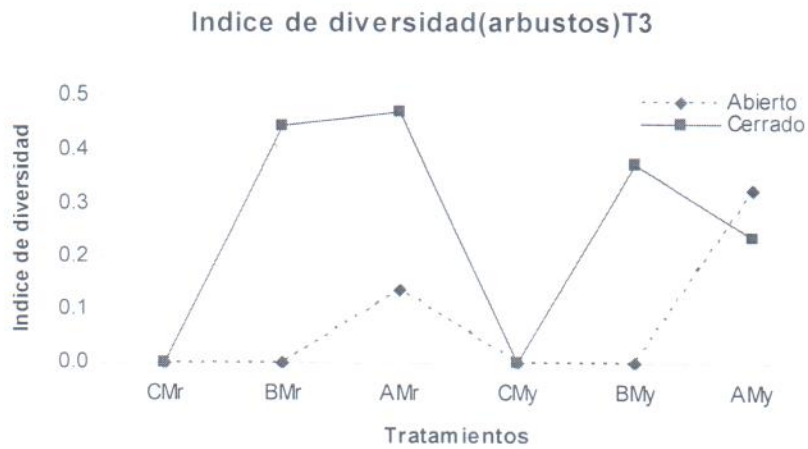




Estrato arbustivo, tercera medición







Estrato arbustivo, cuarta medición.

