



Foto: Angela Rocío Mora P.



RESULTADOS



Fase 1. Diagnóstico

Registro de especies asociadas al claro

Se registraron 943 individuos agrupados en 46 especies, 42 géneros y 21 familias (Anexo 1). Las familias con la mayor diversidad de especies y géneros fue *Poaceae* (14) con (13) géneros y *Asteraceae* (8) y (6) géneros, con menor diversidad se encuentran *Agavaceae*, *Amaranthaceae*, *Brassicaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Iridaceae*, seguidas de *Juncaceae*, *Orchidaceae*, *Oxalidaceae*, *Passifloraceae*, *Polygalaceae* y helechos como *Aspleniaceae* y *Polypodiaceae*. Los géneros más diversos encontrados fueron *Baccharis* con 3 especies, *Paspalum* 3 y *Polygala* 3, seguidos por *Peperomia* y *Tillandsia* cada uno con 2 especies, los otros géneros registraron una sola especie como *Aristida*, *Achyrochyne*, *Ageratina* y *Agrostis* (Fig. 11) (Mora & Galvis, 2018).

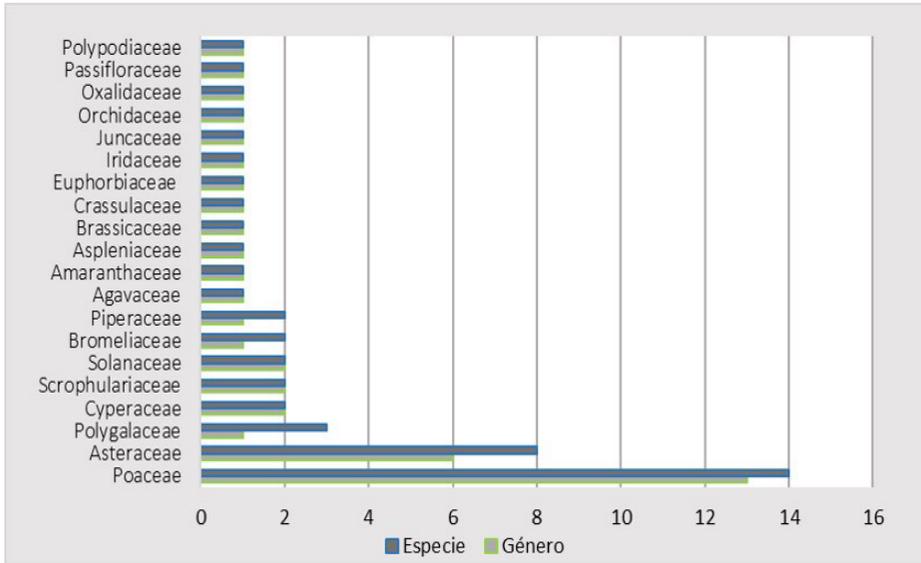


Figura 11. Diversidad de familias, géneros y especies asociadas a la plantación de *Cupressus lusitanica*. **Fuente:** (Mora & Galvis, 2018).

Las especies más abundantes fueron *Piptochaetium panicoides* (Lam.) E. Desv (60), *Achyrocline bogotensis* Kunth (DC) (56), *Juncus* sp1 (56), *Andropogon* sp (55), *Vulpia Myuros* (L.) C.C. Gmel (50) (Fig. 12), *Aristida* sp (40), *Kyllinga Odorata* (Vahl) (36), *Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeck (36), *Cortaderia nitida* (Kunth) Pilg (35), *Setaria parviflora* (Poir.) Kerguelen (33), *Jarava ichu* (Ruiz & Pav.) (28), *Sonchus oleraceus* (L.) (27), *Epidendrum secundum* (Jacq.) (25), seguida de *Sporobolus indicus* (L.) R. Br.) (20), *Tillandsia clavijera* (Mez) (20), *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. (20) y *Calamagrostis effusa*, *Baccharis boyacensis*, *Chromolaena scabra* con 18 (Fig.13); mientras que las menos abundantes 3 (Fig. 14) son *Peperomia* sp2 con 4, *Baccharis bogotensis* (Ruiz & Pav.) Pers (4), *Veronica pèrsica* (Poir.) (4), *Passiflora bogotensis* (Benth) (4) y *Croton funckianus* (Müll. Arg) con (Mora & Galvis, 2018).



Piptochaetium panicoides

Juncus sp1

Andropogon sp



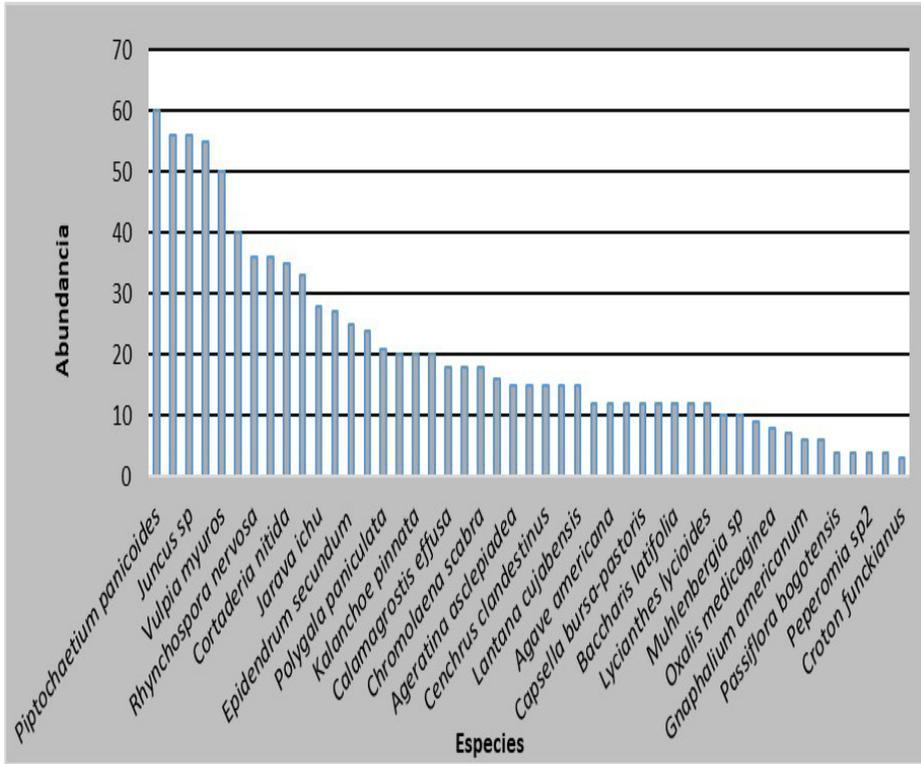
Vulpia Myuros



Achyrocline bogotensis



Figura 12. Especies más abundantes asociadas al claro: Izquierda a derecha *Piptochaetium panicoides*, *Juncus sp1*, *Andropogon sp*, *Vulpia Myuros* y *Achyrocline bogotensis*. **Fuente:** Manuel Galvis R.



 **Figura 13.** Registro de especies asociadas a la plantación de *Cupressus lusitanica* antes de la apertura del claro. **Fuente:** Mora & Galvis, 2018.

El hábito de crecimiento predominante fue el herbáceo con el 89.71% de los individuos y una cobertura de 49.61%, seguido por el arbustivo con el 10.07% y el 48.71% de cobertura, las lianas tuvieron un 0.21% y una cobertura de 1.6% (Mora & Galvis, 2018).



Baccharis bogotensis



Croton funckianus



Figura 14. Dos de las especies menos abundantes asociadas al claro: *Baccharis bogotensis* y *Croton funckianus*. **Fuente:** Ángela Rocío Mora P.

Fase 2. Sucesión temprana

Relación de especie-abundancia

En total se registraron 40 especies (Anexo 3) y se encontró que el tratamiento de remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) presentó el mayor número de especies (36) con un promedio de 23.7 ± 2.5 especies por parcela, seguido por los tratamientos de remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2) con (31) un promedio de 21 ± 4.0 y remoción superficial de escamas (T1) con (30) promedio de 21.7 ± 5.7 mientras que el control presentó el menor número de especies (20) con un promedio de 13.3 ± 1.5 durante todo el experimento (Fig. 15).

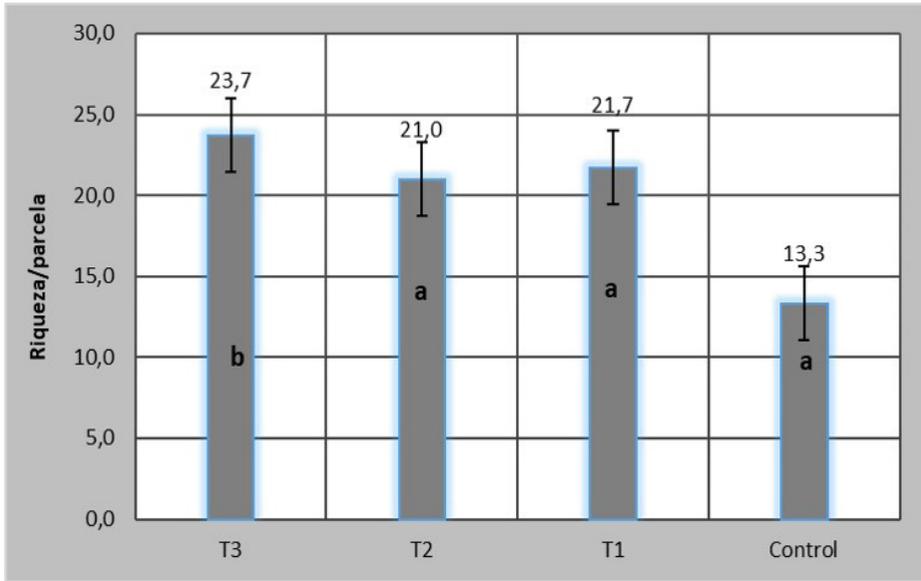


Figura 15. Número de especies por parcela en cada tratamiento: remoción superficial de escamas (T1); remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2); remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) y sin remoción de escamas (control).

Las especies más abundantes en las parcelas control fueron *Rhynchospora nervosa*, *Anthoxantum odoratum*, *Gnaphalium americanum*, *Calamagrostis effusa*; para T1. *Achyrocline bogotensis*, *Gnaphalium americanum*, *Anthoxantum odoratum*, *Rhynchospora nervosa*; para T2. *Gnaphalium americanum* y *Achyrocline bogotensis* para T3 *Gnaphalium americanum*, *Achyrocline bogotensis*, *Anthoxantum odoratum* (Tabla 3).

La especie más dominante fue *Gnaphalium americanum*, la cual se registró en los tratamientos T2, T3 y T1 seguida de *Achyrocline bogotensis* que se encontró en el tratamiento T1, T2 y T3 y para control *Anthoxantum odoratum* y *Rhynchospora nervosa* (Fig. 16). En general, se observa que las especies presentes son arvenses propias de sistemas de producción agrícola o de pastizales.



Gnaphalium americanum

Achyrocline bogotensis

Rhynchospora nervosa



Figura 16. Especies más dominantes en los tratamientos T1, T2, T3: *Gnaphalium americanum*, *Achyrocline bogotensis* y para control: *Rhynchospora nervosa*.
Fuente: Ángela Rocío Mora P. y Manuel Galvis R.



Tabla 3. Número de plántulas presentes por especie en cada tratamiento: remoción superficial de escamas (T1), remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2), remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) y sin remoción de escamas (control).

ESPECIE	TS	O	T1	T2	T3	CONTROL
<i>Pfaffia iresinoides</i>	HT	N	11		1	
<i>Achyrocline bogotensis</i>	HP	N	458	335	347	86
<i>Artemisia absinthium</i>	HT	N	41	26	22	
<i>Baccharis bogotensis</i>	ARP	N		1	2	
<i>Baccharis latifolia</i>	ARP	N		8	17	
<i>Chromolaena scabra</i>	ARP	N	2	1		
<i>Conyza sumatrensis</i>	HP	N	23	48	87	
<i>Chaptalia excapa</i>	HT	I	60	28	35	
<i>Gnaphalium Americanum</i>	HP	N	416	735	440	104
<i>Hypochaeris radicata</i>	HT	I	3	4	4	1
<i>Silybum marianum</i>	HT	I				1
<i>Sonchus asper</i>	HT	I	47	52	84	28

ESPECIE	TS	O	T1	T2	T3	CONTROL
<i>Taraxacum officinale</i>	HT	I	1	3	3	2
<i>Brassica rapa</i>	HP	I	5	2	4	
<i>Tradescantia</i> sp	HT	N		4	1	
<i>Kalanchoe</i> sp	HP	I	3		2	
<i>Carex</i> sp	HT	N	21	9	11	47
<i>Rhynchospora nervosa</i>	HP	N	234	71	129	215
<i>Sisyrinchium Angustifolium</i>	HP	N	17	27	27	
<i>Juncus effusus</i>	HP	N	98	12	18	
<i>Hyptis obtusiflora</i>	HT	N	3	2		
<i>Hyptis brevipes</i>	HT	N			16	
<i>Oxalis latifolia</i>	HT	N			4	
<i>Oxalis medicaginea</i>	HP	N	51	180	161	
<i>Phytolacca bogotensis</i>	ARP	N	11	1	6	
<i>Plantago linearis</i>	HT	N	2	4	17	1
<i>Agrostis boyacensis</i>	GP	N	32	26	38	32
<i>Anthoxantum Odoratum</i>	GP	I	301	159	199	132
<i>Calamagrostis effusa</i>	GP	N	184	20	95	103
<i>Chloris</i> sp	GP	I	18	10	6	1
<i>Jarava Ichu</i>	GT	N	2			
<i>Sporobolus indicus</i>	GP	I	2		1	8
<i>Polypodium murorum</i>	HP	N		2	2	6
<i>Anagallis arvensis</i>	HP	I	30	142	102	
<i>Lachemilla</i> sp	HP	N	20	96	35	
<i>Alonsoa serrata</i>	HP	N			9	
<i>Gratiola</i> sp	HP	I		8	10	
<i>Physalis peruviana</i>	ARP	N			2	
<i>Solanum nigrum</i>	ARP	N	1	2		
<i>Verbena litoralis</i>	HP	N	18	4	2	
Total			2115	2022	1939	802

Tipo de sucesión (TS): **HP**: Hierba pionera; **HT**: hierba temprana; **ARP**: arbusto pionero; **GP**: gramínea pionera; Origen (**O**): **N**: Nativo, **I**: Introducido.

Análisis de Diversidad

La diversidad (Tabla 4) en cada uno de los tratamientos se determinó con los índices de Shannon, Simpson y Margalef, donde Shannon (H'), tuvo un valor comparable con la escala de Magurran (1988) donde valores menores a 1.5 indican poca diversidad y entre 1.5 a 3.5 son diversos. Los valores de los tratamientos fueron menores de 1.5, por lo que se puede inferir que son poco diversos, se compara con el valor máximo donde se obtiene el valor de Equidad de Pielou (J') con una escala de 0 a 1, donde valores cercanos a 1 indican que la cantidad de individuos de todas las especies es similar; los tratamientos tienen una equidad de 0.63 a 0.72, la más baja para T2 (0.63) y la más alta para grupo control (0.72).



Tabla 4. índices de diversidad de los diferentes tratamientos.

Indice	C	T1	T2	T3
Riqueza (S)	20	30	31	36
Shannon (H')	0.9560	1.0304	0.9611	1.1174
Máximo H' (log S)	1.3222	1.4914	1.5051	1.5682
Equidad de Pielou (J' : 0 a 1))	0.7231	0.6909	0.6385	0.7125
Simpson: 1-D	0.8571	0.8674	0.8158	0.8851
Margalef (DMg)	2.9782	4.1217	4.0731	4.7540
Máximo de Margalef	6.5692	7.8887	6.5692	9.9698

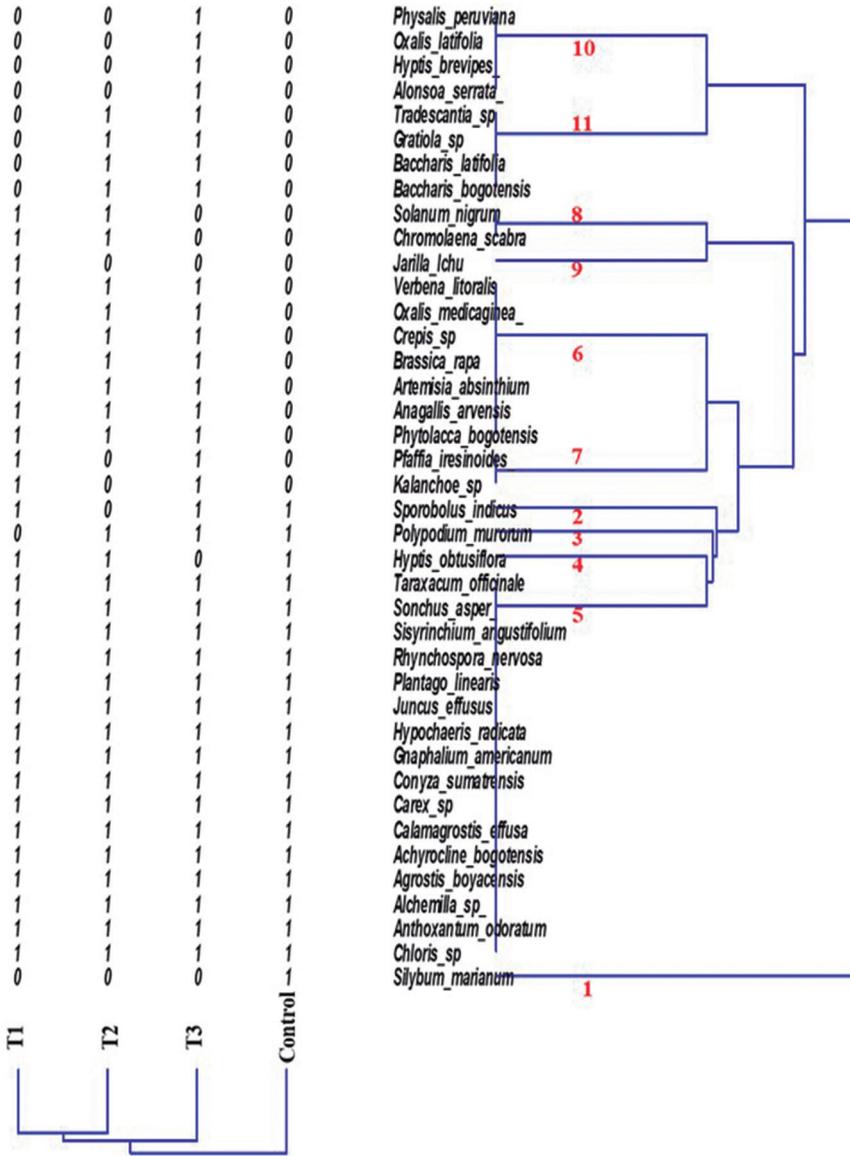
Durante el desarrollo del experimento no se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos y el control; sin embargo, es evidente un ligero aumento en el tratamiento T3, mostrándose como el de mayor diversidad.

Con base en el coeficiente de similitud de Jaccard para determinar, la presencia-ausencia de las especies por tratamiento en el último tiempo, se pudo identificar que los tratamientos más semejantes

fueron el T1 y T2 ($S_j=0.75$), y estos a la vez los más parecidos a T3, mientras que el control es el tratamiento más heterogéneo. Se observó que *Silybum marianum* (Fig. 17), es tolerante a las escamas y solo se registró en control (grupo 1); *Sporobolus indicus* solo en T1, T2 y control (grupo 2); *Polypodium murorum* en T2, T3 y control (grupo 3); *Hyptis obtusiflora* solo en T1, T2 y control (grupo 4); las especies más comunes en todos los tratamientos fueron: *Taraxacum officinale*, *Sonchus asper*, *Sisyrinchium angustifolium*, *Rhynchospora nervosa*, *Plantago linearis*, *Juncus effusus*, *Hypochaeris radicata*, *Gnaphalium americanum*, *Conyza sumatrensis*, *Carex* sp, *Calamagrostis effusa*, *Agrostis boyacensis*, *Achyrocline bogotensis*, *Alchemilla* sp, *Anthoxantum odoratum*, *Chloris* sp (grupo 5); *Verbena litoralis*, *Oxalis medicaginea*, *Chaptalia exscapa*, *Brassica rapa*, *Artemisia absinthium*, *Anagallis arvensis*, *Phytolacca bogotensis* solo en T1, T2 y T3 (grupo 6); *Pfaffia iresinoides*, *Kalanchoe* sp en T1 y T3 (grupo 7); *Solanum nigrum*, *Chromolaena scabra* solo en remoción de escamas T1 y banco superficial de semillas T2 (grupo 8); *Jarilla ichu* solo en T1 (grupo 9); *Oxalis latifolia*, *Hyptis brevipes*, *Alonsoa serrata* y *Physalis peruviana* solo en banco profundo de semillas T3 (grupo 10); *Tradescantia* sp, *Gratiola* sp, *Baccharis latifolia*, *Baccharis bogotensis* solo en T2 y T3 (grupo 11) (Fig. 18).



Figura 17. Ejemplar de *Silybum marianum* presente únicamente en parcelas de control. **Fuente:** Ángela Rocío Mora P.



 **Figura 18.** Clúster coeficiente de Jaccard presencia-ausencia de especies por tratamiento: remoción superficial de escamas (T1); remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2); remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) y sin remoción de escamas (control), en el último tiempo.

Los once grupos formados en el clúster de coeficiente de Jaccard se compararon con el análisis de correspondencia, donde se muestra que se encuentran dispersos según presencia-ausencia de especies en cada tratamiento. Si las especies se encuentran más cercanas al centro se encontrarán en todos los tratamientos, pero si se encuentran hacia el extremo de un tratamiento solo se encontrarán en este (Fig. 19); para cada especie se le asignó un código (Anexo 2). Este análisis de correspondencia explica la variación de la presencia-ausencia en los tratamientos y el control en un 47.4% en el eje 1 y 32.9% en el eje 2.

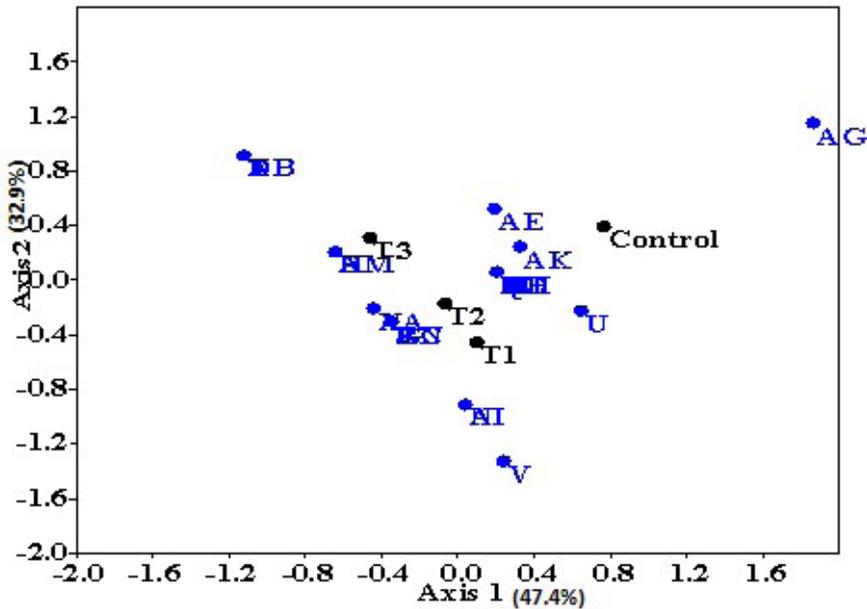


Figura 19. Análisis de correspondencia presencia-ausencia de especies en cada tratamiento: remoción superficial de escamas (T1), remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2), remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) y sin remoción de escamas (control).

Composición, riqueza y densidad

Se registraron 6878 individuos distribuidos en 20 familias, 39 géneros y 40 especies (Anexo. 3), siendo *Asteraceae* (3567), *Poaceae* (1369), *Cyperaceae* (737) y *Oxalidaceae* (396) las familias más representativas.

Los cambios en la riqueza de especies a través del tiempo se evidenciaron en todos los tratamientos, donde se presentó un crecimiento lento en los dos primeros meses (abril y mayo); sin embargo, se observó un pico de germinación en los meses de junio y julio para todos los tratamientos, el cual se mantuvo para los tratamientos T1, T2 y T3 en agosto y septiembre, excepto para el control, que descendió su crecimiento desde el mes de agosto y se mantuvo constante hasta diciembre.

Se observó un notorio pico de decrecimiento de especies para el resto de los tratamientos en el mes de octubre, en noviembre volvió a tener un crecimiento leve, y descendió nuevamente en diciembre; estos datos, comparados con los valores de temperatura y precipitación, sugieren que el aumento en la germinación se debe a la alta precipitación que se presentó en el mes de mayo y junio y a la disminución de la temperatura que se dio en julio y agosto (Fig. 20). Esta situación generó un ambiente óptimo para la expresión de las semillas, ya que estas requieren de humedad y baja temperatura.

La expresión del banco de semillas se dio en los meses de abril a junio, como se observa en la Figura 20, lo anterior, debido a que el control no tuvo ningún tipo de cambio en cuanto a la expresión de semillas, mientras que en el mes de junio y julio, hubo germinación de especies tanto para el control como para el resto de los tratamientos, lo que permitió evidenciar que las especies germinadas provinieron de lluvia de semillas en esos meses.



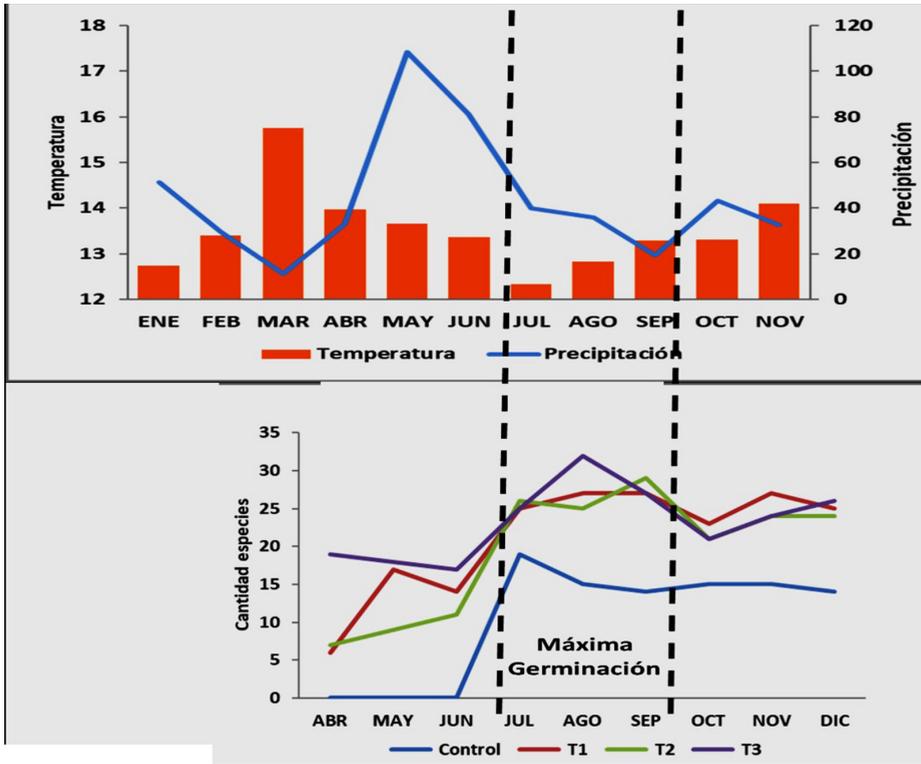


Figura 20. Régimen de precipitación y temperatura enero a noviembre de 2017 vs. Riqueza de especies por tratamiento: remoción superficial de escamas (T1); remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2); remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3) y sin remoción de escamas (control).

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre el número promedio de especies de los tratamientos. Se formuló como hipótesis nula la igualdad en el número de especies ($p > 0.05$). El p valor del ANOVA ($p = 0.0434$; $p < 0.05$; $F = 4.33$; $gl: 3.8$), indicó que, existen diferencias significativas en el número promedio de especies para por lo menos un tratamiento. Se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), en donde por su similitud se agruparon en (a) los promedios de los tratamientos T1 (21.7), T2 (21) y T3 (23.7) y (b) los promedios del promedio control estadísticamente diferente (13.3) (Fig. 15).

Patrones sucesionales

Para evaluar la dinámica sucesional, se observaron los cambios de la abundancia de las especies a través del tiempo (Fig. 21) donde el tratamiento T2 y T3 estuvieron dominados por *Gnaphalium americanum* seguidos por T1, posteriormente se encuentra la presencia de *Achyrocline bogotensis* en T1 y T3 seguida por T2 y control, las cuales se mantuvieron durante todos los meses del estudio.

Después de determinar el número de individuos por especie, se analizó la densidad (número de individuos por especie de cada tratamiento en cada mes), donde el T3 presentó mayor densidad en abril, mayo y junio; la densidad aumentó en T1, T2 y T3, y aparecieron los individuos de control en julio; T1 y T2 tuvieron mayor densidad que control y T3 en julio; disminuyó la densidad hasta octubre en todos los tratamientos y permanecieron más o menos constantes de octubre a diciembre.

Se aplicó un ANOVA multivariado para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas para tratamientos y bloques (pendiente del terreno), teniendo en cuenta el número de especies e individuos. Se formuló como hipótesis nula la igualdad ($p \geq 0.05$) en la cantidad de especies y de individuos. Anova para individuos el valor p es mayor de 0.05 ($p=0.2606$) para bloque, es decir, no hubo diferencias significativas en el número de especies para los bloques, en todos se presentó igual número de especies estadísticamente. Promedio de especies: B1= con un promedio de 15.1 ± 2.37 , B2= 20.4 ± 2.37 , B3= 21.7 ± 1.96 , B4= 22.3 ± 3.06 (Fig. 22a). El p valor fue menor para tratamiento ($p=0.0298$; $p < 0.05$; $F= 7.11$; $gl: 3$) es decir, si hubo diferencias significativas en el número de especies para los tratamientos, en por lo menos uno se presentó diferente número de especies estadísticamente. Se aplicó la prueba DMS: promedio de especies: T1= 22.8 ± 2.42 , T2= 23.5 ± 2.42 , T3= 23.2 ± 2.37 , control= 10.1 ± 2.37 (Fig. 22b).

Para individuos, el p valor fue mayor de 0.05 ($p=0.1266$) para bloque; es decir, no hubo diferencias significativas entre el número de individuos para los bloques, en todos se presentó igual número de individuos estadísticamente. Promedio de individuos: B1= promedio de 172 ± 186 , B2= 957 ± 186 , B3= 662 ± 154 , B4= 424 ± 240 (Fig. 22c). El p valor es mayor para cada tratamiento, lo cual indica que no hay diferencias significativas en el número de individuos para los tratamientos, en todos se presentan igual número de individuos estadísticamente. Promedio de individuos: T1= 656 ± 190 , T2= 704 ± 190 , T3= 707 ± 186 , control= 147 ± 186 (Fig. 22d).



Figura 21. Avance de la sucesión en el tiempo a) abril a junio; b) Julio a septiembre y c) octubre a diciembre.



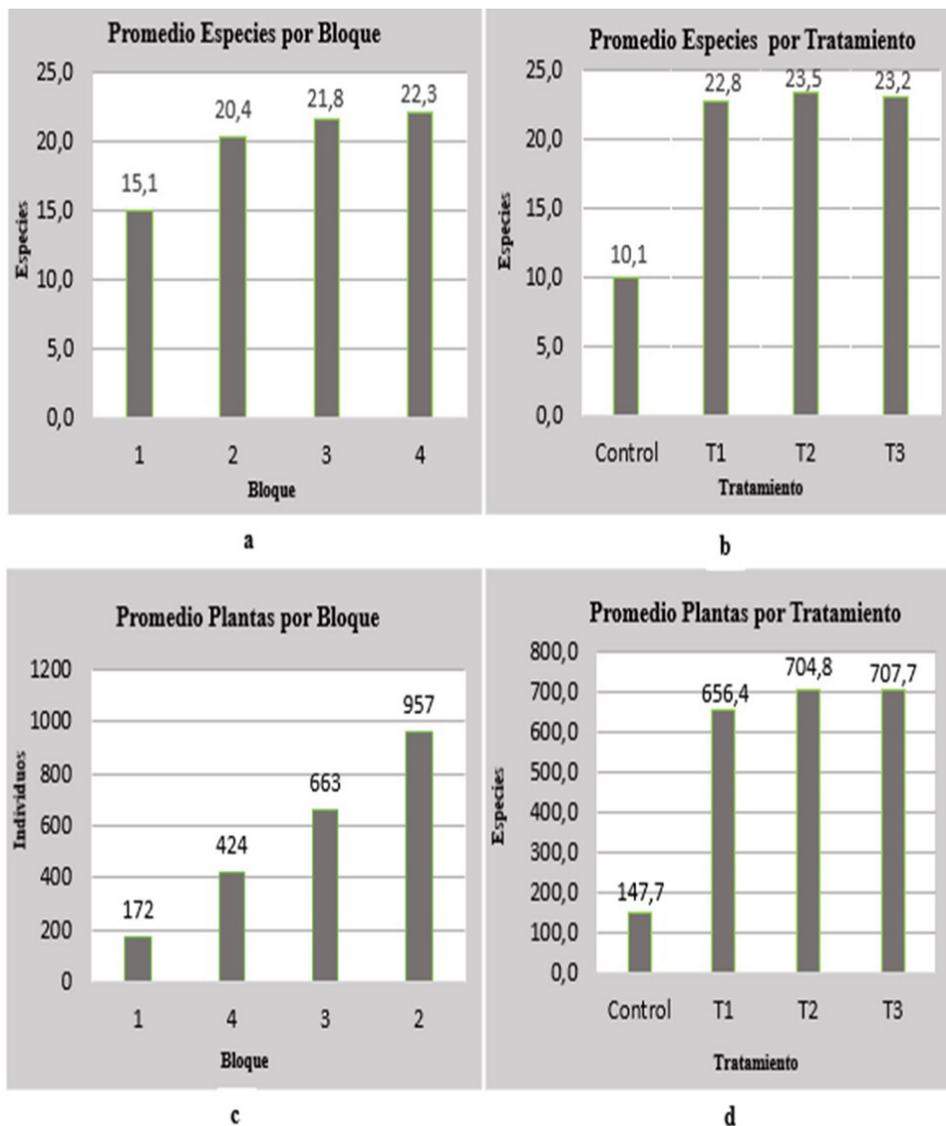


Figura 22. Promedio de especies e individuos presentes por bloques y tratamientos: **a)** Promedio especies por bloques; **b)** Promedio de especies por tratamientos; **c)** Promedio de individuos por bloques; **d)** Promedio de individuos por tratamientos.

Porcentaje de cobertura

Con base en las cuatro especies más representativas de cada tratamiento y el control, se evaluó el patrón de cobertura a través del tiempo, donde se observó que el control está dominado por cuatro especies, donde el porcentaje en cobertura estuvo representado por *Calamagrostis effusa* que cubrió el suelo en julio.

Posteriormente, la cobertura no aumentó y permaneció hasta septiembre; en octubre tuvo un incremento progresivo hasta diciembre, siendo *C. effusa* la especie con mayor porcentaje de cobertura a los nueve meses. Mientras que *Gnaphalium americanum*, presentó un bajo porcentaje de cobertura durante todo el tiempo; *Rhynchospora nervosa* presentó su más alta cobertura en julio y disminuyó progresivamente durante el transcurso del tiempo; *Anthoxantum odoratum* tuvo crecimiento en julio y mantuvo su porcentaje con un incremento en noviembre (Fig. 23a).

En el tratamiento T1, se observó un incremento del porcentaje de cobertura en abril para *Rhynchospora nervosa*, con un bajo incremento de mayo a julio, el cual se estabilizó hasta noviembre y descendió nuevamente en diciembre; de junio a agosto hubo un acrecentamiento alto para las especies *Achyrocline bogotensis* y *Gnaphalium americanum*, con una disminución en septiembre y se mantuvieron estables hasta el último mes, mientras que *Anthoxantum odoratum*, tuvo un mínimo aumento en su porcentaje de cobertura en julio pero con una ampliación de agosto a septiembre, se estabilizó en octubre y noviembre (Fig. 23b) (Fig. 24).

El T2 estuvo dominado por cinco especies, donde *Anagallis arvensis* y *Oxalis medicaginea* presentaron un incremento de abril a mayo, siendo más estable *Oxalis* (Fig. 24). Posteriormente, disminuyeron progresivamente hasta diciembre; *Gnaphalium americanum* fue la más representativa con un incremento de su porcentaje en junio y se mantuvo constante hasta octubre donde disminuyó hasta diciembre y *Achyrocline bogotensis* presentó un incremento en su porcentaje en julio y se mantuvo constante hasta el último mes (Fig.24) (Fig. 23c).

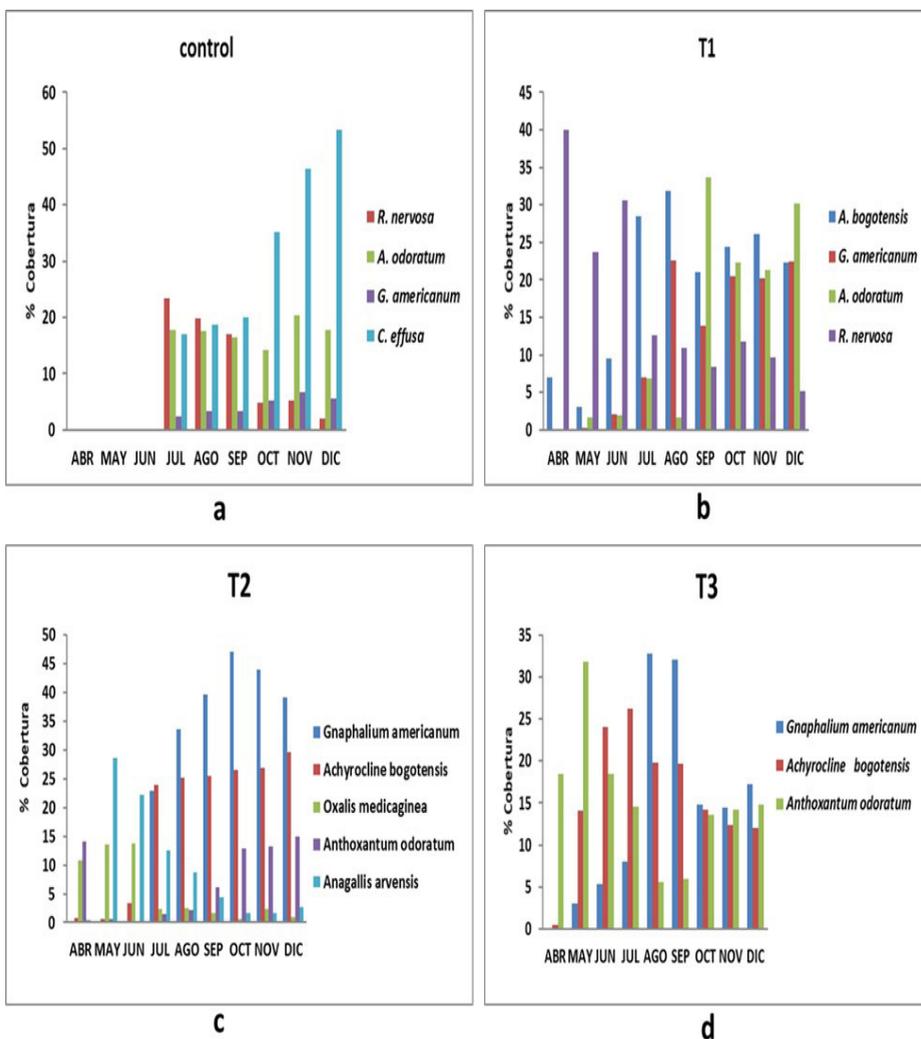


Figura 23. Porcentaje de Cobertura para de los tratamientos a través del tiempo. **a)** sin remoción de escamas (control), **b)** remoción superficial de escamas (T1), **c)** remoción de suelo de 0 a 5cm de profundidad (T2) y **d)** remoción de suelo de 0 a 10 cm de profundidad (T3).



Rhynchospora nervosa



Achyrocline bogotensis y
Gnaphalium americanum



Anthoxantum odoratum



Anagallis arvensis



Oxalis medicaginea



Figura 24. Especies con dominancia de coberturas en los diferentes tratamientos. **T1:** *Rhynchospora nervosa*, *Achyrocline bogotensis*, *Gnaphalium americanum* y *Anthoxantum odoratum*. **T2:** *Anagallis arvensis*, *Oxalis medicaginea* y *Gnaphalium americanum*. **T3:** *Gnaphalium americanum*, *Achyrocline bogotensis* y *Anthoxantum odoratum*. **Fuente:** Ángela Rocío Mora P.

Para el tratamiento T3, la especie *Gnaphalium americanum*, presentó un aumento constante a partir del mes de abril con un incremento alto en su porcentaje de cobertura de julio a septiembre. Luego, se observó una disminución notoria en octubre con una estabilización hasta diciembre; mientras que *Achyrocline bogotensis*, tuvo un incremento a partir de abril hasta julio y se mantuvo constante hasta diciembre; *Anthoxantum odoratum* evidenció el porcentaje más alto en mayo con un decrecimiento hasta agosto, posteriormente con un aumento en octubre y su estabilización hasta el último mes (Fig. 24) (Fig. 23d).

