

Suelos



Su uso debe hacerse racionalmente y con criterios técnicos de calibración, dosificación y oportunidad para evitar fitotoxicidad al cultivo y disminuir el riesgo de resistencia.

Evaluación de alternativas para el control químico de arvenses gramíneas de interferencia alta en el cultivo del café. SUE103009

Evaluación de alternativas para el control químico de arvenses de hoja ancha de interferencia alta en el cultivo del café. SUE103008

El uso de algunos herbicidas químicos en la caficultura presenta restricciones debido al desarrollo de resistencia de las arvenses y posibles impactos en la salud humana y el medioambiente. Se evaluaron diferentes alternativas de herbicidas al glifosato en dosis comercial para el control de arvenses de hoja ancha, sin afectar la producción del café. La investigación se llevó a cabo en las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas) y Paraguaicito (Quindío), en siembras nuevas de café y renovaciones por zoca, respectivamente. Los tratamientos consistieron en mezclas de glifosato (720 y 1.080 g ha⁻¹ de i.a.) con metsulfurón-metilo (15 g ha⁻¹ de i.a.), bensulfurón-metilo (50 g ha⁻¹ de i.a.) o carfentrazona-etilo (30 g ha⁻¹ de i.a.). Las dosis reducidas y comerciales de glifosato (1.080 y 1.440 g ha⁻¹ de i.a., respectivamente) y manejo manual-mecánico. Se realizaron entre cinco a seis aplicaciones por localidad hasta los 24 meses del cultivo. Se evaluó el porcentaje de cobertura de arvenses entre siete y 63 días después de la aplicación (dda), la fitotoxicidad en el café y la producción de café cereza del primer año. Los resultados mostraron que la mezcla de glifosato con carfentrazona-etilo alcanzó un control de arvenses efectivo a los siete y 21 dda. En tanto, las mezclas de glifosato con metsulfurón-metilo y bensulfurón-metilo fueron eficaces entre los 21 y 63 dda, superando a la dosis comercial de glifosato. La mezcla de glifosato con metsulfurón-metilo causó leve fitotoxicidad en el café en siembras nuevas. No se encontraron diferencias significativas en la producción de café cereza entre los tratamientos con herbicidas. Estas alternativas permiten reducir las dosis de glifosato entre 25% y 50% y mejoran el control de arvenses, sin afectar la productividad del café.

Esta investigación se realiza en Naranjal y Paraguaicito, en lotes de variedad Cenicafé 1 en etapa de levante. Para el control de arvenses gramíneas se evalúan nueve tratamientos (g ha⁻¹ de ingrediente activo) así: **1.** cletodim-180, **2.** cialofop-butil-360, **3.** cletodim-180+quizalofop-P-etil- 90, **4.** glifosato-1.080+cletodim-120, **5.** glifosato-1.080+cialofop-butil-270, **6.** glifosato- 1.080+[cletodim 120+quizalofop-P-etil 60], **7.** glifosato-1.080, **8.** glifosato-1.440 y **9.** guadañadora. Inicialmente predominaron las arvenses: *Panicum laxum* en Naranjal y *Paspalum conjugatum* en Paraguaicito, con poblaciones tolerantes y susceptibles a glifosato, respectivamente. Las aplicaciones se realizan 15 días después del corte con guadañadora, con equipo de aspersión manual, boquilla Teejet 80-01, a 0,14 MPa, y 250 L ha⁻¹ de volumen. Después de 28 días de la aplicación, se evalúa el porcentaje de cobertura de gramíneas (CG) y arvenses nobles (AN). Se presentan los resultados de la segunda aplicación, bajo el análisis de varianza y pruebas de comparación Dunnett y de contrastes al 5%. En Naranjal se lograron los valores menores de CG (<3%), con los tratamientos 1, 2 y 3. Estos fueron iguales entre sí y diferentes a los tratamientos 8 y 9 (CG de 39% y 34%). Los tratamientos 4 y 5 no disminuyeron la CG, mientras el tratamiento 6 lo redujo al 17% (Figura 74). En Paraguaicito todos los tratamientos que utilizaron glifosato, continuaron obteniendo los menores valores de CG (<1,9%); sin embargo, en los tratamientos 1 y 3 se registraron niveles de CG promisorios (<3%) y en el tratamiento 2 niveles favorables (10,5%) frente al tratamiento 9 con CG de 81,5% (Figura 75). En Naranjal y Paraguaicito, los graminicidas aplicados individualmente favorecieron la cobertura de AN en niveles de 65% y 43%, respectivamente (Figuras 74 y 75). Los resultados son promisorios para sustituir al glifosato en el control de arvenses gramíneas, favoreciendo las AN. Su uso debe hacerse racionalmente para disminuir el riesgo de resistencia.

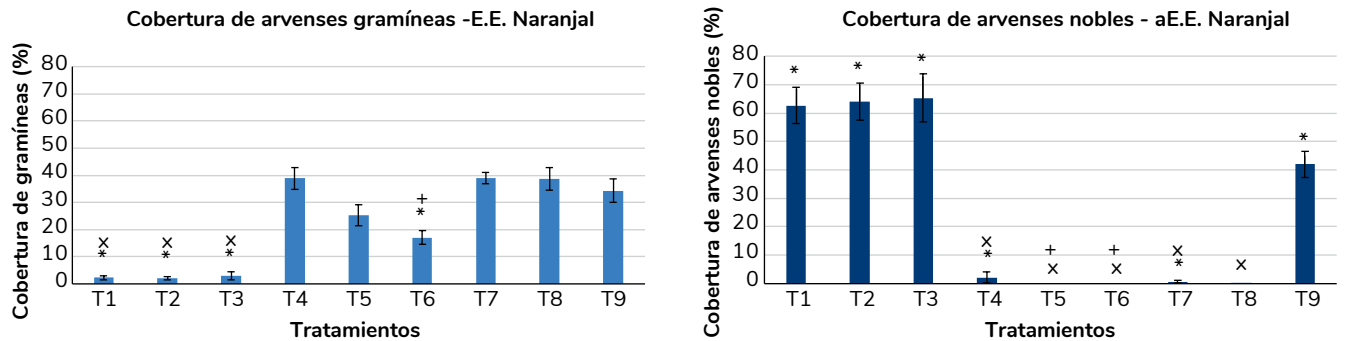


Figura 74. Valores promedio del porcentaje de cobertura de arvenses gramíneas de interferencia alta y de arvenses nobles, evaluada 28 días después de la segunda aplicación de diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental (E.E.) Naranjal. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. *Indica diferencias estadísticas frente a T8 según prueba Dunnett al 5%; x indica diferencias estadísticas frente a T9 según prueba Dunnett al 5%; + indica diferencias estadísticas al comparar T4, T5 y T6 frente a T7 según prueba Contrastes al 5%.

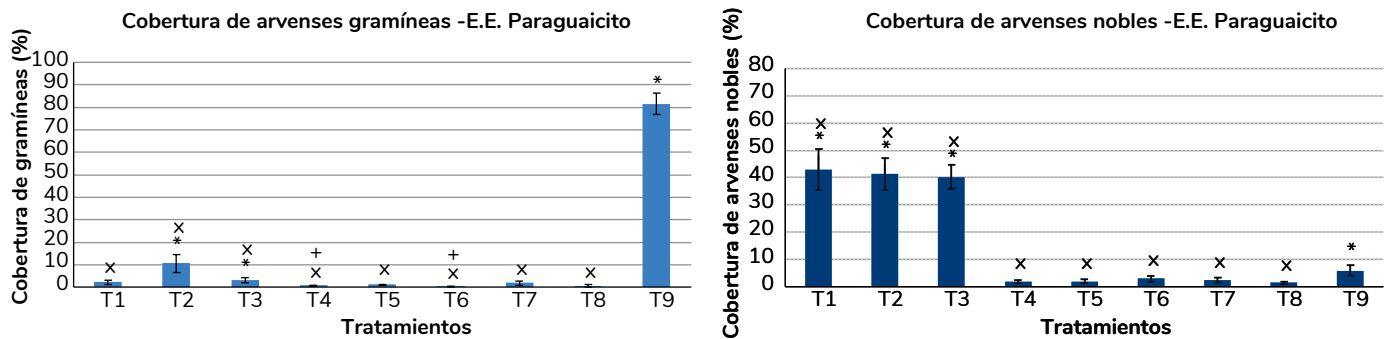


Figura 75. Valores promedio del porcentaje de cobertura de arvenses gramíneas de interferencia alta y de arvenses nobles, evaluada 28 días después de la segunda aplicación de diferentes tratamientos de control de arvenses en la estación experimental (E.E.) Paraguaicito. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. *Indica diferencias estadísticas frente a T8 según prueba Dunnett al 5%; x indica diferencias estadísticas frente a T9 según prueba Dunnett al 5%; + indica diferencias estadísticas al comparar T4, T5 y T6 frente a T7 según prueba Contrastes al 5%.

Identificación de estrategias para propagar arvenses nobles en el cultivo de café como práctica de Agricultura Regenerativa. SUE103010

La caficultura regenerativa promueve la productividad, vinculada al cuidado del medioambiente y a la acción climática, donde las coberturas del suelo son clave para su implementación. En algunas fincas cafeteras se dificulta el establecimiento de arvenses nobles (AN), dado que no siempre están disponibles. Por lo anterior, se inició esta investigación de tipo exploratorio con la cofinanciación de Starbucks FSC Colombia, con el objetivo de identificar estrategias de propagación de AN en el cultivo del café, que contribuya a su establecimiento efectivo en las fincas cafeteras. Se ha avanzado en forma simultánea en tres etapas: **1.** Selección de semillas y material vegetal propagativo de AN, en las Estaciones Experimentales La Trinidad (Tolima), Paraguaicito (Quindío) y Naranjal (Caldas), **2.** Evaluación de viabilidad de semillas de AN en laboratorio, **3.** Propagación de AN por semilla y propagación vegetativa en condiciones de vivero en Naranjal. En una cuarta etapa se proyecta en Naranjal, en un corto plazo, la propagación en parcelas de café de las AN

de mejor adaptación. En el vivero, durante dos meses, se han realizado 80 pruebas de propagación de 36 especies de AN, para un total de 249 unidades o submuestras; lo anterior, empleando los métodos de siembra de semillas, bulbos, estolones y plantas enteras. Las arvenses de mejor adaptación en vivero por propagación vegetativa han sido *Hyptis atrorubens*, *Drymaria cordata*, *Callisia gracilis*, *Dichondra repens*, *Hydrocotyle leucocephala*, *Tradescantia zebrina* y *Portulaca oleracea*, y por semilla *Peperomia pellucida*. Las pruebas de germinación en laboratorio de diez especies, muestran a *Drymaria cordata*, *Youngia japonica* y *Desmodium adscendens* con los mejores valores de germinación, de 48%, 55% y 70%, respectivamente. Con este proyecto se abre la posibilidad de propagar y multiplicar arvenses nobles para la caficultura.

Estimación del contenido de carbono orgánico del suelo en la zona cafetera colombiana. SUE105003.

Se avanzó en la investigación para estimar el contenido de carbono orgánico total del suelo (COS) en la zona cafetera colombiana. Con apoyo del Servicio de Extensión, se tomaron muestras de suelo en 141 lotes cafeteros

de los departamentos de Risaralda, Quindío y Huila. En cada lote se tomaron cuatro muestras con cilindro de 30 cm de profundidad y 5 cm de diámetro. Por el método de calcinación, con una temperatura de 360°C por dos horas, se determinó el carbono orgánico total (COS_T), el asociado (COS_A) y el particulado (COS_P). En Huila el valor promedio de COS fue de 162,7 Mg ha⁻¹ con un coeficiente de variación (CV) del 50,3%, y contenidos promedio de COS_T , COS_P y COS_A de 5,0%, 2,8% y 2,0%, respectivamente, la densidad aparente (Da) promedio fue de 1,34 Mg m⁻³ con CV de 19,5% y el factor de corrección por pedregosidad (FP) promedio de 0,91 con CV de 16,8%. En Quindío el valor promedio de COS fue de 158,1 Mg ha⁻¹ con un CV del 29,3%, los contenidos promedio de COS_T , COS_P y COS_A fueron de 5,4%, 3,2% y 1,4%, respectivamente, la Da promedio de 1,06 Mg m⁻³ con CV de 21,9% y un FP promedio de 0,98 con CV de 9,1%. En Risaralda el valor promedio COS fue de 195,01 Mg ha⁻¹ con CV del 25,1%, contenidos promedio COS_T , COS_P y COS_A de 7,9%, 6,7% y 1,5%, respectivamente, la Da promedio fue de 0,87 Mg m⁻³ con CV de 22,5% y un FP promedio de 0,98 con CV de 5,4% (Tabla 36). Las reservas de carbono orgánico del suelo en el perfil superior (0–30 cm) de los agroecosistemas cafeteros son fundamentales para los objetivos de acción climática. Específicamente, en los departamentos de Huila, Quindío y Risaralda, estas reservas exhiben un rango promedio significativo, que oscila entre 158 y 195 Mg ha⁻¹.

Evaluación del efecto del yeso en la producción de café en suelos ácidos. SUE104039

Existen diferentes prácticas para afrontar los problemas de la acidez de los suelos, siendo la más común el uso de materiales encalantes, principalmente la dolomita. El mayor efecto de esta enmienda ocurre cuando la aplicación se realiza en los primeros 10 cm de profundidad del suelo. Una alternativa complementaria al encalado consiste en el uso del yeso agrícola (sulfato de calcio di-hidratado), el cual además de neutralizar el aluminio intercambiable en las capas más profundas del suelo, proporciona calcio y azufre. Esta investigación tiene como objetivo evaluar en suelos ácidos el efecto de la aplicación de yeso, como complemento del encalado, en la producción de café. Para esto, en el primer semestre del año 2021 se establecieron campos experimentales en las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y San Antonio (Santander) y, un año después, bajo el diseño de bloques completo al azar se aplicaron dosis de yeso equivalentes a 0, 1, 2, 3 y 4 t ha⁻¹. Hasta el momento, los resultados obtenidos en las Estaciones El Rosario y Paraguaicito no revelan efecto de la aplicación del yeso en la producción de café (Tabla 37). En San Antonio se observó un incremento en la cosecha del año 2024 cuando se usó

una dosis de 2 t ha⁻¹, resultando en un incremento de la producción acumulada. Durante el año 2025 se realizaron mediciones de algunas variables de crecimiento de las plantas, específicamente altura, longitud de la rama más larga y biomasa seca de una porción de raíces. En ningún tratamiento se encontró efecto de la aplicación del yeso.

Evaluación del efecto de diferentes proporciones de pulpa de café aplicadas en la siembra sobre la producción de café. SUE104040

En Colombia, la pulpa de café constituye la principal fuente de abono orgánico en las fincas cafeteras. Estudios recientes han demostrado que, en la etapa de almácigo, las proporciones de mezcla de suelo y pulpa cercanas a 9:1 pueden ser adecuadas; sin embargo, hace falta información acerca de estas proporciones durante la etapa del establecimiento del café. La siguiente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto sobre la producción de café de diferentes proporciones de la pulpa de café, incorporada al suelo antes de la siembra. Para esto, desde el año 2021 se evalúan el efecto de seis tratamientos, con diferentes proporciones de mezcla de suelo y pulpa (3:1, 4:1, 6:1, 9:1, 19:1 y 1:0) en la producción de café en las Estaciones Experimentales: Naranjal (Caldas), Paraguaicito (Quindío), La Trinidad (Tolima) y San Antonio (Santander). En las cuatro localidades, a excepción de San Antonio, las evaluaciones finalizaron luego de dos cosechas. Se presentó efecto de los tratamientos en dos Estaciones. En Naranjal, la producción obtenida en el tratamiento sin pulpa durante el año 2023 fue menor que la obtenida con el tratamiento 3:1 de suelo y pulpa. En San Antonio, para la cosecha del año 2024 el promedio de la producción del Testigo sin pulpa fue menor que las relaciones de suelo y pulpa 6:1 y 3:1. Durante el año 2025 (enero a junio), la producción obtenida en el Testigo fue inferior al tratamiento suelo-pulpa 3:1 y, para el acumulado de la producción el Testigo mostró menores producciones que los tratamientos mezcla de suelo y pulpa: 3:1, 4:1 y 6:1 (Tabla 38). Estos resultados indican que la respuesta a la incorporación de la pulpa de café al suelo del hoyo antes de la siembra del café depende de las condiciones predominantes del sitio, principalmente de las características del suelo.

Modelación del balance de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática. SUE105007

El balance de nutrientes busca determinar la cantidad de macro y micro elementos esenciales que ingresan y salen en un sistema agrícola. Esta investigación, enmarcada en el proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible y

financiado por el Fondo Verde del Clima y el Gobierno Nacional, tiene como objetivo modelar el balance de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática. Durante este período se midió la biomasa seca de café en cinco Estaciones Experimentales, así como la fijación de carbono y extracción de nutrientes por los cultivos de maíz y fríjol intercalados con el café en las Estaciones Naranjal (Caldas) y La Trinidad (Tolima). Los mayores promedios de la materia seca de las plantas de café de 60 meses de edad se registraron en la Estación Naranjal (74 t ha⁻¹) y los menores en El Tambo (23 t ha⁻¹). Para el cultivo de maíz, la cantidad total de carbono (C) fijado por el cultivo en Naranjal (8 t ha⁻¹) fue menor que en La Trinidad (10 t ha⁻¹). En este caso, el contenido más alto de C estuvo en las semillas, representando entre 34% y 44%, y el menor contenido en las raíces, con una representación del 5% al 8%. En las dos localidades se presentó el siguiente orden en la extracción de nutrientes: nitrógeno N=K>P>Ca=Mg=S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Para el cultivo de fríjol, la cantidad total de carbono (C) fijado por el cultivo en Naranjal (2 t ha⁻¹), fue menor que en

La Trinidad (4 t ha⁻¹); al respecto, el mayor contenido de C estuvo en las semillas, representando entre 43% y 50%, y el menor contenido en las raíces, con una representación del 3% y 4%. Para este cultivo se encontró el siguiente orden en la extracción de nutrientes: N>K>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. En general, se detectó una mayor acumulación de todos nutrientes en la Estación La Trinidad.

Evaluación del efecto de la aplicación de leguminosas como abono verde durante la fase de levante del cultivo del café, en la producción. SUE104041

Se evaluó el efecto de abonos verdes (AV) en la producción de café en Naranjal, Paraguaicito y El Tambo. Los tratamientos (Tabla 39), consistieron en la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0%, 50% y 100%) según el análisis de suelos, complementadas con el suministro de la biomasa de AV de las leguminosas guandul o tefrosia,

Tabla 36. Valores descriptivos del contenido de carbono orgánico del suelo.

	Carbono orgánico total (%)	Carbono particulado (%)	Carbono asociado (%)	Densidad aparente (Mg kg ⁻¹)	Factor de Corrección pedregosidad	Stock de Carbono Orgánico (Mg ha ⁻¹)
Huila n= 95						
Promedio	5,01	2,86	2,04	1,30	0,92	162,69
Máx.	16,71	12,50	4,88	1,81	1,00	388,53
Min.	1,44	0,27	0,35	0,45	0,30	39,11
Mediana	4,19	2,07	1,80	1,29	1,00	148,83
CV. (%)	83,16	192,49	28,08	19,96	16,85	50,31
Quindío n= 14						
Promedio	5,42	3,26	1,37	1,06	0,98	158,16
Máx.	10,04	7,07	2,42	1,47	1,00	238,60
Min.	2,66	1,22	0,43	0,69	0,67	97,85
Mediana	4,54	2,43	1,34	1,04	1,00	159,39
CV. (%)	41,29	55,05	42,37	21,98	9,13	29,32
Risaralda n= 32						
Promedio	7,90	6,69	1,50	0,87	0,98	195,01
Máx.	12,73	11,52	3,15	1,34	1,00	348,80
Min.	3,83	3,02	0,35	0,62	0,74	123,78
Mediana	8,39	7,11	1,55	0,82	1,00	196,50
CV. (%)	29,35	29,63	45,69	22,51	5,48	25,16

Tabla 37. Valores promedio con errores estándar de la producción de café (kg/parcela), años 2024 y 2025 (enero a junio), y producción acumulada de 2022 a 2025, en respuesta a dosis de yeso en las tres localidades.

Año	Dosis de yeso (kg ha ⁻¹)				
	0	1	2	3	4
	Estación Experimental Paraguaicito				
2024	31,2±2,6	34,7±2,8	34,8±1,8	36,2±1,8	39,8±1,9
2025*	18±1,6	18,4±0,9	16,7±1,7	17,5±1,8	17,3±1,1
Total**	72,4±5,1	77±4,6	75,3±4,4	77,5±2,3	81,2±4,4
Estación Experimental El Rosario					
2024	44,6±1,9	46,6±0,9	45,7±1,9	44,3±2,1	45,6±1,5
2025*	4,7±0,7	6,3±0,6	7,1±0,8	6,3±1,2	6,4±0,8
Total	74,5±3,6	80,9±2,7	78,2±2,8	76,6±3,6	78,3±2,1
Estación Experimental San Antonio					
2024	29,5±1,9	32,4±1,2	35,2±2	30±1,4	34,5±2,5
2025*	1,1±0,2	1±0,2	1,2±0,3	1,6±0,3	0,8±0,2
Total	55,9±4,4	58,1±4,6	69,7±4,1	55,4±3,8	57,8±4,2

* Producción obtenida durante el primer semestre del año.

Total** producciones acumuladas obtenidas entre los años 2022 al 2025.

Tabla 38. Valores promedio de la producción de café cereza durante los años 2023 y 2025 en cuatro localidades, en respuesta a los tratamientos.

Año	Proporción de mezcla de suelo:pulpa					
	1:0	3:1	4:1	6:1	9:1	19:1
	E.E. La Trinidad					
2024	30,2 a	33,4 a	34,1 a	36,0 a	34,5 a	34,8 a
Total*	34,1 a	37,6 a	39,4 a	40,8 a	39,2 a	39,2 a
E. E. Naranjal						
2024	29,3 a	31,1 a	28,7 a	30,5 a	31,2 a	28,4 a
Total	52,3 a	57,6 a	56,7 a	55,9 a	60,8 a	60,2 a
E. E. Paraguaicito						
2024	32,8 a	37,2 a	35,6 a	37,9 a	37,4 a	37,5 a
Total	43,8 a	48,7 a	49,2 a	51,1 a	50,2 a	51,1 a
E. E. San Antonio						
2024	2,1 b	3,8 ab	4,5 ab	7,0 a	5,2 ab	5,7 a
2025	0,6 b	2,0 ab	1,8 ab	1,4 ab	2,0 ab	2,5 a
Total	2,8 b	5,8 ab	6,4 ab	8,6 a	7,4 a	8,4 a

* Incluye las producciones obtenidas entre los años 2023 y 2025.

plantadas entre los surcos de café durante su crecimiento. Se evaluó la descomposición del AV y su aporte de nutrientes, adicionalmente, mediante un convenio con la universidad de Purdue, se estudió el microbioma endófito (hongos y bacterias) de la rizosfera del café al inicio de su fase reproductiva. A partir de los 18 meses, se retiró el sombrío y el café se fertilizó según el análisis de suelos, sin AV. La mayor magnitud de descomposición de AV ocurrida a los 60 días (Tabla 40), liberó nitrógeno y potasio en cantidades que pueden llegar a cubrir los requerimientos del café durante su establecimiento (Figura 76). En ninguna de las localidades y años de evaluación, hubo interacción dosis nitrógeno x AV, ni efecto de las dosis de nitrógeno. Respuesta que puede

asociarse con las cantidades del nutriente suministradas para cubrir los requerimientos de fósforo a través del DAP. El sombrío transitorio de ambas leguminosas, redujo significativamente la producción de café en el primer año, entre 23% y 49% (Figura 778), mientras que para el segundo año y el acumulado (2 años), la producción con AV fue igual a los tratamientos sin aplicación (Tabla 41). En la rizosfera del café que creció con guandul, se destacó abundancia de hongos descomponedores (ciclaje de nutrientes) y micorrizas arbusculares, mientras que en el café asociado con tefrosia, abundancia de hongos micorrizales. Para todos los sistemas de fertilización evaluados, predominaron las comunidades bacterianas involucradas en el ciclo del N (Figura 78).

Tabla 39. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento		% N según dosis recomendada	AV (biomasa fresca)
			g/planta/año
1	Sin N	0	3.000
2	50% N	50	
3	100% N	100	
4	Sin N y con tefrosia	0	
5	50% N + tefrosia	50	
6	100% N + tefrosia	100	
7	Sin N y con guandul	0	
8	50% N + guandul	50	
9	100% N + guandul	100	

Tabla 40. Parámetros de regresión estimados y su nivel de significancia en la dinámica de descomposición a través del tiempo guandul y tefrosia aplicados como abono verde.

Abono verde	Parámetro		*EE	Pr>F	R ²
guandul	alfa	75,50	3,6841	<0,0001	0,94
	beta	0,014	0,0016		
tefrosia	alfa	68,70	1,2987		0,95
	beta	0,033	0,026		

*Error estándar

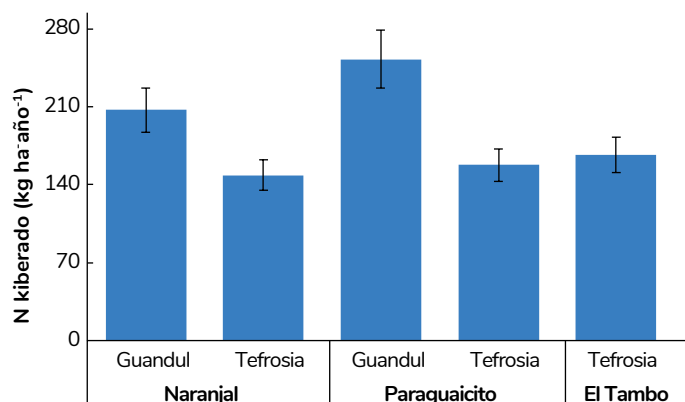


Figura 76. Aporte anual de N y K (K₂O) por las leguminosas objeto de estudio en función de la dosis de abono verde suministrada por planta de café. Barras indican error estándar.

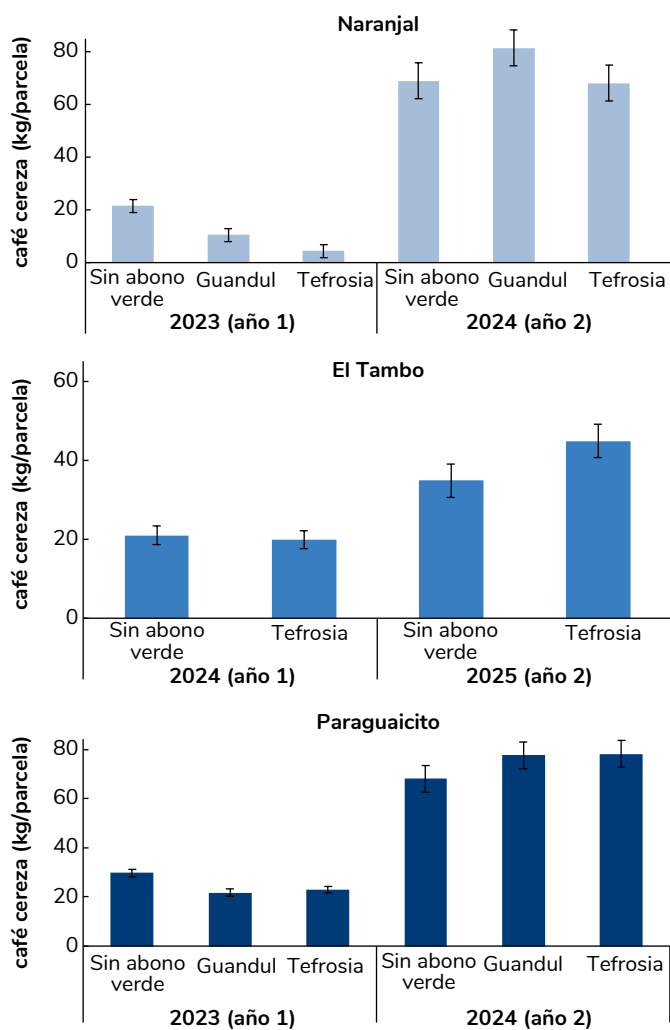


Figura 77. Producción anual de café cereza por efecto de los tratamientos en Naranjal, Paraguaicito y El Tambo.

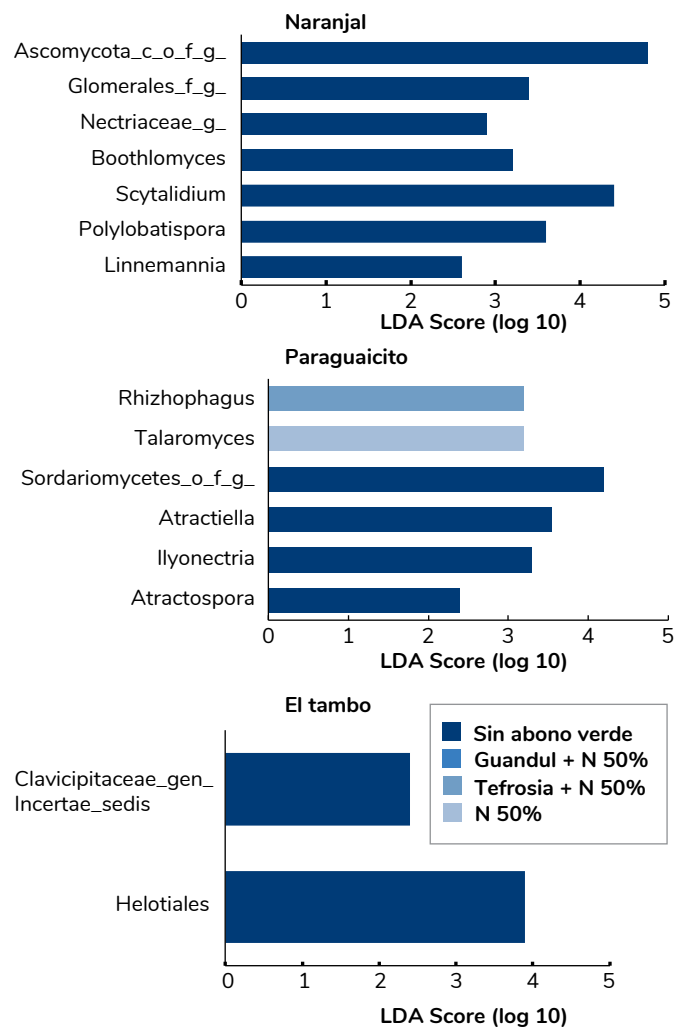


Figura 78. Abundancia relativa de taxones fúngicos en el café bajo los tratamientos evaluados en Naranjal, Paraguaicito y El Tambo.

Tabla 41. Producción acumulada (2 años) de café cereza por efecto de los tratamientos en Naranjal, Paraguaicito y El Tambo.

Localidad	Tratamiento	Producción acumulada (2 años)		Error estándar
		kg/parcela		
Naranjal	Sin abono verde	90,25	a	7,55
	guandul	91,67	a	3,55
	tefrosia	72,25	a	6,08
Paraguaicito	Sin abono verde	97,92	a	3,95
	guandul	99,39	a	3,70
	tefrosia	101,31	a	5,76
El Tambo	Sin abono verde	55,97	a	4,30
	tefrosia	64,77	a	5,63

Letras no comunes indican diferencia estadística entre los tratamientos para cada localidad, según prueba Tukey al 5%.