

Cultivos de servicios y maíz tardío: producción de materia seca, dinámica del agua, respuesta a la fertilización nitrogenada y rendimiento

Pagnan, Luis¹; Bertram, Juan²; Sánchez, Martín²

¹INTA AER Justiniano Posse

²MAS Agroconsultores

Palabras clave: cultivos de servicios – maíz – fertilización

Introducción

La definición de la fecha de siembra en maíz modifica significativamente las condiciones ambientales a las que estará expuesto el cultivo durante el ciclo de desarrollo, los rendimientos alcanzables y su estabilidad. En una condición climática normal, en ambientes de alto potencial, con baja probabilidad de sufrir estrés hídrico y térmico, las fechas de siembra tempranas permiten alcanzar mayores techos de rendimiento. Sin embargo, en un escenario de lluvias limitado y/o ambientes de bajo potencial, las fechas de siembra tardías permiten contar con un perfil más recargado al momento de la siembra y posicionar el período crítico del cultivo en una condición ambiental con menores probabilidades de estrés hídrico y térmico.

El atraso en la fecha de siembra determina un período de barbecho extenso entre la cosecha del cultivo antecesor, generalmente soja, y la siembra del maíz tardío que en general en la provincia de Córdoba se realiza durante el mes de diciembre. En este punto, los cultivos de servicios aparecen como una herramienta muy interesante para el aporte de materia orgánica al suelo y la mejora en las condiciones físicas, la protección contra procesos de erosión hídrica y eólica, la competencia contra malezas, la fijación de nitrógeno (N) atmosférico, etc.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de materia seca del cultivo de *Vicia villosa* (Vv), y de este consociado con gramíneas (Vv+G) y los efectos sobre la dinámica del agua, respuesta a la fertilización nitrogenada y el rendimiento del cultivo de maíz tardío.

Materiales y métodos

Se realizaron tres experimentos a campo en las localidades de Ausonia, La Laguna e Idiazábal, provincia de Córdoba, Argentina, durante las campañas 2020/2021, 2021/2022 y 2022/2023 (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Sitios experimentales.

Campaña	Sitio	Localidad	Ubicación		Serie de suelo	Cap. de uso
2020/2021	Sona	Ausonia	32°44'39.50"S	63°14'51.03"O	Ot 3	IIIsc
2021/2022	Pogliotti	La Laguna	32°51'44.96"S	63° 8'53.44"O	Ot	IIIc
2022/2023	El Nito	Idiazábal	32°51'59.24"S	63° 7'43.71"O	Ot	IIIc

El diseño utilizado fue en parcelas divididas con dos repeticiones por tratamiento. El factor principal fue el antecesor, con tres niveles, Vv, Vv consociada con una gramínea (trigo o centeno) y barbecho sin cultivo de cobertura (Cuadro 3) y el secundario la fertilización nitrogenada a la siembra de maíz con cuatro niveles de disponibilidad N (Cuadro 4). La unidad experimental empleada fue una parcela de 16 surcos a una distancia entre hileras de 0.525 m y de un largo de 200 m.

Cuadro 2. Parámetros de fertilidad química al momento de la siembra de los cultivos de cobertura.

Sitio	Materia orgánica	pH (en agua 1:2,5)	P (Bray I, ppm)	N total	Azufre (ppm)
Sona	2,49 %	5,78	21,8	0,12	29,4
Pogliotti	1,64 %	6,43	13	0,08	20,6
El Nito	2,65 %	6,21	8	0,19	19,6

En todos los casos, previo a la siembra de los cultivos de servicios se realizó un barbecho químico. Las densidades de siembra fueron definidas con objetivo de lograr al menos 30 pl m⁻² de Vv, utilizando en todos los casos la variedad Forratec Masa (Cuadro 3).

La interrupción de los cultivos de servicio se realizó mediante tratamientos químicos a base de glifosato y herbicidas hormonales (dicamba, fluroxipir).

Cuadro 3. Prácticas de manejo de los cultivos de cobertura y del maíz tardío.

Especies	Sona		Pogliotti		El Nito	
	Vicia Villosa	Vicia Villosa + centeno	Vicia Villosa	Vicia Villosa + trigo	Vicia Villosa	Vicia Villosa + trigo
Variedades	Forratec Masa	Forratec Masa/Don Edwald	Forratec Masa	Forratec Masa/Baguette 750	Forratec Masa	Forratec Masa/Baguette 750
Densidad (kg/ha)	12,8	12,8 / 7	11	11 / 7	15	15 / 4,2
Inoculante				Rilegum top		
Fecha de siembra	1/5/2020		28/4/2021		13/4/2022	
Fertilización			No			
Fecha de secado	17/10/2020		1/10/2021		24/9/2022	
Fecha de siembra del maíz	28/11/2020		2/12/2021		2/12/2022	
Híbrido	DK7220VT3P		DK7270VT3P		NS7921VIP3CL	
Densidad (pl/ha)	68750		65000		60600	

Se determinó el contenido de agua útil hasta los dos metros de profundidad al momento de la siembra y secado de los cultivos de cobertura y previo a la siembra del maíz.

La fuente de N utilizada a la siembra fue urea (46-0-0) incorporada en líneas en el entre surco con la sembradora (Cuadro 2).

Cuadro 4. Dosis de N (kg ha⁻¹) aplicada a la siembra en cada tratamiento y sitio experimental.

	Sona	Pogliotti	El Nito
T0	0	0	0
T1	55.2	45.1	39
T2	101.2	106.3	117
T3	133.4	133.6	140

La cosecha de cada parcela se realizó con una cosechadora automotriz, se determinó rendimiento en grano y posteriormente fue corregido según la humedad de comercialización (14,5 %).

Las variables se analizaron mediante análisis de la varianza utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo, 2016). Cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos se realizaron las comparaciones mediante el test LSD de Fisher.

Resultados y discusión

Las tres campañas en que se realizaron estos experimentos estuvieron caracterizadas por el desarrollo del fenómeno Niña, correspondiente a un enfriamiento de las aguas superficiales del Pacífico ecuatorial, provocando cambios en la circulación atmosférica que determinan, entre otras cosas, la ocurrencia de precipitaciones inferiores a lo normal en la región pampeana argentina. En este sentido, las precipitaciones ocurridas durante el desarrollo de los cultivos de servicios y el maíz posterior presentaron registros acumulados de mayo-abril de 651, 541 y 552 mm para las campañas 20/21, 21/22 y 22/23 respectivamente (cuadro 5, gráfico 1). Estos valores resultan 14,4; 29 y 27,4 % inferiores respectivamente a la media zonal (Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3363-15 Etruria, 1988).

Cuadro 5. Precipitaciones (mm) en cada sitio experimental.

Sitio	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Tot
Sona 20/21	0	0	0	0	26	100	34	111	166	87	90	37	651
Pogliotti 21/22	13	5	0	0	13	64	170	57	24	68	71	56	541
El Nito 22/23	0	0	0	25	13	49	65	45	148	64	143	0	552

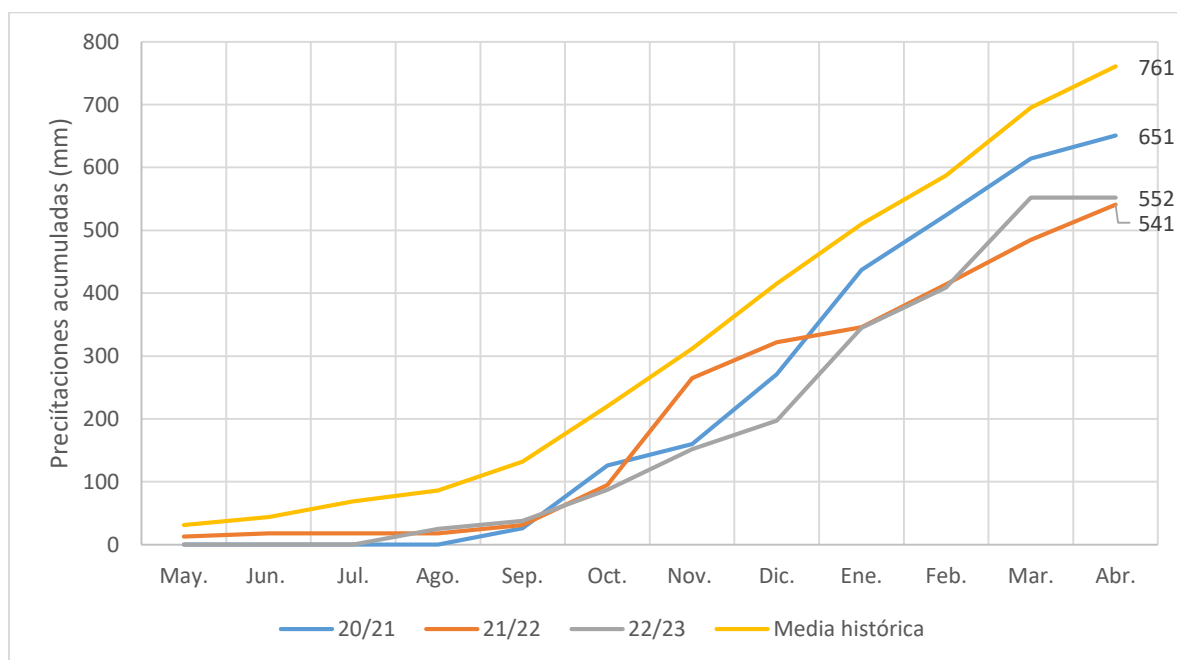


Gráfico 1. Precipitación media histórica acumulada de mayo/abril y en cada campaña de experimentación.

La producción de materia seca presentó valores comprendidos entre 3478 y 5963 kg ha⁻¹, siendo el promedio de todos los tratamientos y sitios de 4657 kg ha⁻¹ (Gráfico 2). En el sitio Sona, la combinación de Vv con centeno obtuvo una producción 877 kg ha⁻¹ menor a la

de Vv como única cobertura, mientras que en Pogliotti, la combinación de Vv con trigo permitió incrementar el aporte de materia seca en 922 kg ha⁻¹, en el caso de El Nito no se manifestaron diferencias significativas entre alternativas.

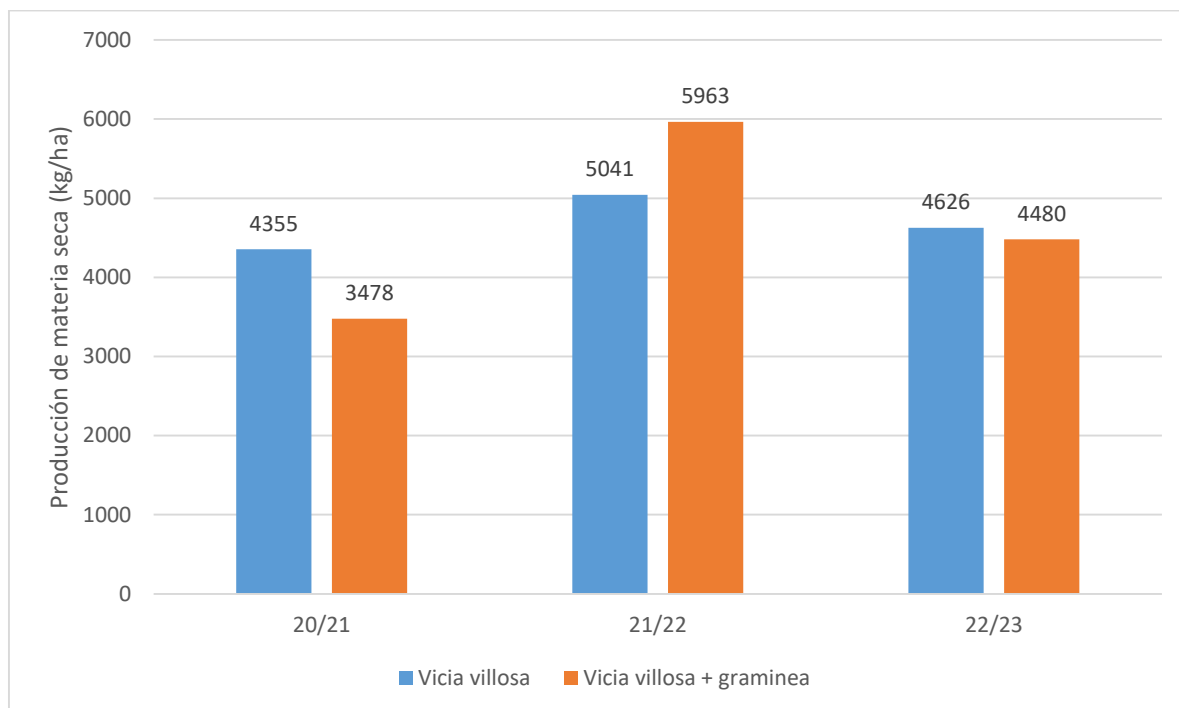


Gráfico 2. Producción de materia seca de los cultivos de servicios en cada sitio expresada en kg ha⁻¹.

La relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno total (C/N) de la materia seca producida presentó valores entre 12 a 1 y 17,6 a 1, siendo el promedio de 14,16 a 1. La combinación de Vv con gramíneas sólo mostró un incremento en la relación C/N en El Nito, siendo estable en los sitios restantes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Producción de materia seca (kg ha⁻¹) y relación C/N de los cultivos de servicio.

Especies	Sona		Pogliotti		El Nito	
	Vicia Villosa	Vicia Villosa + centeno	Vicia Villosa	Vicia Villosa + trigo	Vicia Villosa	Vicia Villosa + trigo
Producción de MS (kg/ha)	4355	3478	5041	5963	4626	4480
Relación C/N	12: 1	12: 1	14,5: 1	14: 1	14,9: 1	17,6: 1

El agua útil al momento de la siembra de los cultivos de servicio fue diferente en las tres campañas, disminuyendo desde 231 mm en la campaña 20/21 a 211 y 191 mm en las campañas 21/22 y 22/23 respectivamente (Cuadro 7).

El costo hídrico, determinado como la diferencia entre el agua disponible al momento del secado y a la siembra de los CC, considerando sólo los tratamientos con cultivos de servicios alcanzó valores de entre 56 y 137 mm, con un promedio de 97 mm. Mientras que, en el caso de los tratamientos de barbecho, sólo se presentó un incremento en el agua disponible de 33 mm en el sitio El Nito, disminuyendo 2 y 44 mm en los sitios Sona y Pogliotti respectivamente.

El agua disponible a la siembra del cultivo de maíz resultó diferente entre campañas y tratamientos, en un rango de entre 98 y 302 mm.

En los tres sitios, el agua útil al momento de la siembra del cultivo de maíz fue menor en los tratamientos con cultivos de servicios con respecto al tratamiento barbecho. En Sona las diferencias resultaron menores, siendo de 4 y 13 mm para los tratamientos de Vv y Vv +G, mientras que en Pogliotti fueron de 35 y 49 mm y en el Nito de 64 mm no diferenciándose en este caso el tipo de cultivo de servicios (Cuadro 7). Estos resultados son diferentes a los encontrados en estudios realizados en la misma zona en campañas anteriores (Pagnan et al.

2019) y a los reportados para la zona de Marcos Juárez (Bella 2015), ya que, en estos casos, después del secado, la recarga del perfil fue mayor, no diferenciándose los contenidos de agua disponible al momento de la siembra del maíz entre tratamientos de barbecho y con cultivos de servicios.

Cuadro 7. Agua útil (mm) a dos metros de profundidad en diferentes momentos.

		AU a la siembra de los CS	AU al secado	Costo hídrico	AU a la siembra del maíz
Sona	Barbecho		229	-2	302
	Vicia villosa	231	121	-110	298
	Vv + Centeno		130	-101	289
Pogliotti	Barbecho		167	-44	147
	Vicia villosa	211	88	-123	112
	Vv + trigo		74	-137	98
El Nito	Barbecho		224	+33	242
	Vicia villosa	191	135	-56	178
	Vv + trigo		135	-56	178

El rendimiento promedio de todos los tratamientos fue de 12.023, 8.050 y 2.523 kg ha⁻¹ en los sitios Sona, Pogliotti y El Nito respectivamente, evidenciando la disminución del rendimiento con la sucesión de fases ENSO niñas consecutivas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Rendimiento del cultivo de maíz tardío (kg ha⁻¹) en cada sitio en función del antecesor y tratamiento de N.

	Sona			Pogliotti			El Nito		
	Barb.	Vv	Vv+G	Barb.	Vv	Vv+G	Barb.	Vv	Vv+G
T0	12041	11181	10957	7980	7851	6886	3988	2257	2948
T1	12540	12003	11677	8527	7690	7015	3733	1330	2908
T2	12819	12812	11763	9460	8012	8527	2803	2058	2292
T3	12876	11755	11851	8656	7915	8076	2456	1320	2187
Prom.	12569	11938	11562	8656	7867	7626	3245	1741	2584

El análisis de la varianza determinó efectos significativos del antecesor y el nivel de N sobre el rendimiento del cultivo ($p < 0.05$), no siendo significativa la interacción entre ambos factores. Así, el rendimiento promedio de los tratamientos con antecesor barbecho resultó superior en 819, 909 y 1082 kg ha⁻¹ con respecto al promedio de los tratamientos con cultivos de servicios como antecesores, en Sona, Pogliotti y El Nito respectivamente. En este sentido, la inclusión de cultivos de servicios como antecesores, provocó una disminución promedio de 936,5 kg ha⁻¹ en el rendimiento del cultivo de maíz. No existiendo diferencias significativas ($p < 0.05$) de rendimiento según la composición del cultivo de servicio antecesor (Gráfico 3).

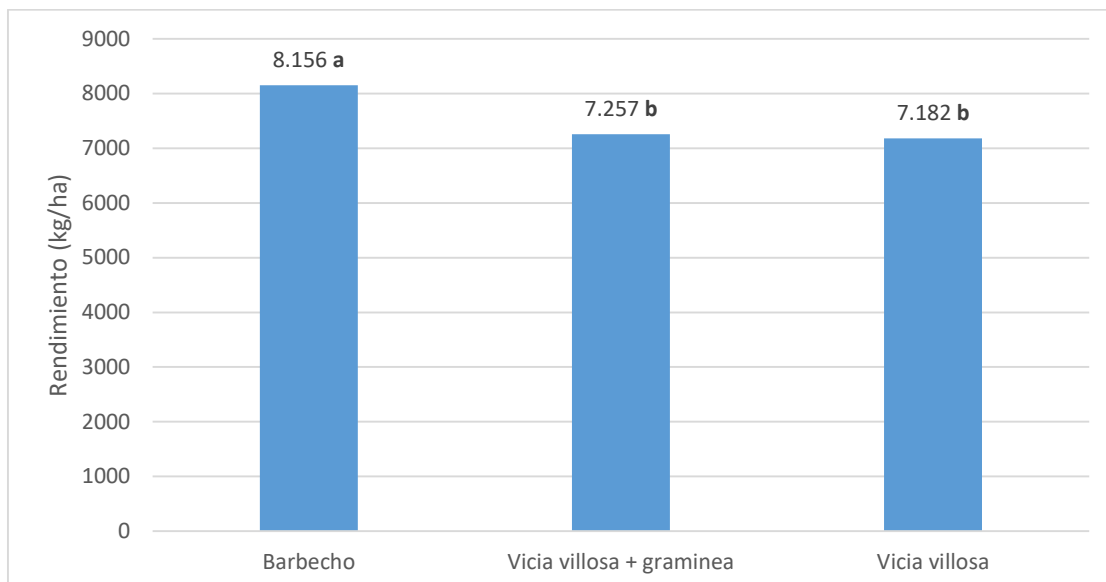


Gráfico 3. Rendimiento del cultivo de maíz de siembra tardía según el antecesor expresado en kg ha⁻¹.

El rendimiento del cultivo de maíz presentó una respuesta significativa ($p < 0.05$) a la fertilización nitrogenada, siendo T2 el tratamiento de mayor rendimiento, correspondiendo a aportes de N de 101,2; 106,3 y 117 kg ha⁻¹ en Sona, Pogliotti y el Nito respectivamente, mientras que los tratamientos T0, T1 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí (Gráfico 4).

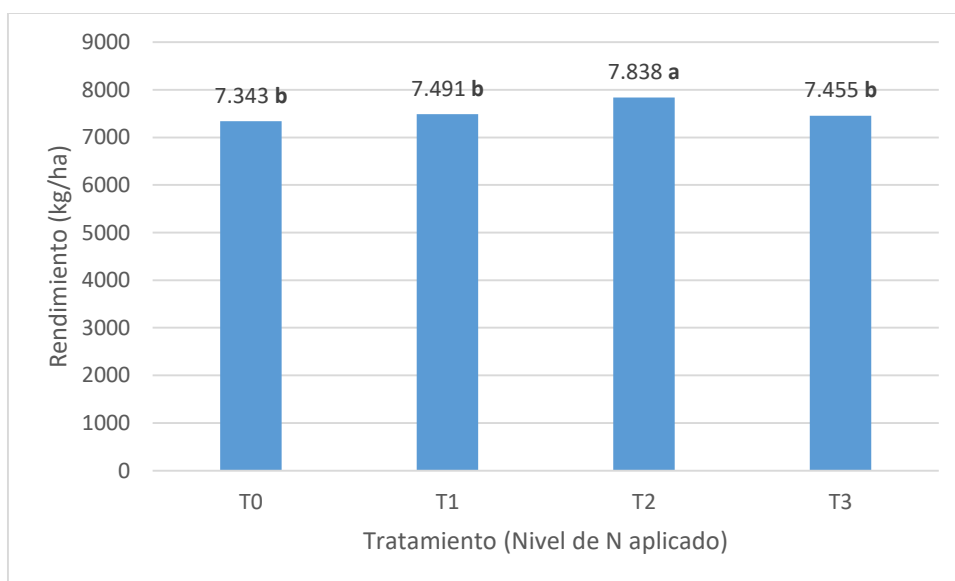


Gráfico 4. Rendimiento del cultivo de maíz de siembra tardía según el aporte de N expresado en kg ha⁻¹.

Conclusiones

En las condiciones ambientales en que se desarrollaron estos experimentos se logró una aceptable producción y aporte de materia seca al suelo con la inclusión Vicia villosa, como también en su consociación con trigo y centeno. Sin embargo, la ocurrencia de precipitaciones marcadamente inferiores a la media histórica zonal, determinó recargas en los perfiles de suelo insuficientes para compensar el consumo de agua de los cultivos de servicios y la consecuente merma en los rendimientos del cultivo de maíz tardío posterior, la que en promedio fue de 936,5 kg ha⁻¹.

Los cultivos de servicios constituyen una valiosa herramienta que complementa a los cultivos de renta mejorando la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola de la zona, por lo cual, el desafío consiste en establecer modelos de decisión que consideren las condiciones ambientales que nos permitan definir su inclusión o no, según el probable impacto sobre el rendimiento del cultivo de renta posterior.

Agradecimientos

Se agradece a los propietarios de la empresa Ortega Hnos. S.A. quienes permitieron realizar estos experimentos en sus establecimientos, facilitando las maquinarias, insumos y personal necesarios para la ejecución, también a Belén Conde de INTA EEA Marcos Juárez por la contribución en el análisis estadístico de la información.

Bibliografía

- Bella M. 2015. Evaluación de la inclusión de cultivos de cobertura como antecesor de maíz y soja en el sudeste de Córdoba, Argentina. Escuela para graduados, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1988. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-15 Etruria.
- Pagnan L., Bertram J., Sanchez M. 2019. Vicia villosa como cultivo antecesor de maíz tardío. Actualización técnica de maíz 2019. INTA EEA Marcos Juárez.