



Universidad Nacional de Tucumán
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 – 2016

PUBLICACIÓN CONMEMORATIVA

Ed. Jorge R. Toll Vera

2016

Toll Vera, Jorge Raúl

Grama Rhodes : centenario de su liberación en Argentina, 1916 - 2016 : publicación conmemorativa / Jorge Raúl Toll Vera ; editor literario Jorge Raúl Toll Vera. - 1a edición para el alumno - San Miguel de Tucumán : Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia, 2016.

CD-ROM, PDF

ISBN 978-987-754-011-6

1. Plantas Forrajeras. I. Toll Vera, Jorge Raúl, ed. Lit. II. Título.
CDD 636.086



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

BREVE HISTORIA DE LA GRAMA RHODES EN ARGENTINA.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera.
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

El Ing. Agr. Enrique F. Schultz (1919) en los albores del Siglo XX describe la problemática forrajera y productiva pecuaria del Noroeste Argentino en *“el problema de los pastos en Tucumán”* donde cita que *“la escasez de pasto para los animales durante ciertas épocas del año constituye un problema que afecta tanto a los agricultores como a estancieros de Tucumán....que pierden anualmente un porcentaje elevado de animales por falta de pastos en sus campos. Entre los pastos naturales de Tucumán, las gramíneas son las más abundantes y las más variadas. En su mayor parte son gramas cuyo período vegetativo cae en el verano. Comienzan su desarrollo en los meses de septiembre y octubre, pero su crecimiento más rápido se produce en los meses más húmedos y calurosos del año. Así, los pastos abundan en el verano, desde diciembre hasta fines de marzo, alcanzando en los años normales hasta julio, y dejan sentir su mayor escasez en agosto, septiembre y principalmente en octubre”*.

Los factores negativos que limitan la ganadería regional son: la garrapata, el vampiro mordedor (al Norte), enfermedades del ganado, insuficiente mestización, carencia de forraje durante el periodo invernal y especies tóxicas vegetales como el romerillo, duraznillo negro; chucho, hediondilla, chamuco, sunchillo, revienta caballos, etc.

El periodo crítico, de mayor escases de alimento, ocurre en julio, agosto, septiembre, hasta noviembre, puesto que la mayor cantidad de lluvias, se produce en el semestre cálido y a medida que se avanza hacia el oeste se concentra sobre el solsticio de verano, es decir, tenemos veranos lluviosos y cálidos. Pero al hacer cálculos del balance hídrico se observa el caso curioso que la época más lluviosa del año presenta uno de los más altos déficits hídricos.

En el periodo favorable (noviembre - abril), los vacunos se alimentan con pastos naturales que crecen en abras y montes malos. En mayo y junio se les echa a los montes donde comen frutos y ramonean brotes tiernos de árboles y arbustos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Por ello es conveniente clausurar estos montes en noviembre-diciembre para permitirles empastarse y reponer sus árboles y arbustos con semillas o frutos, hasta junio, en que serán aprovechados.

El otoño se caracteriza por numerosos días nublados con lloviznas que significan poco en cuanto a volumen de agua aportada al suelo, pero que mantienen la humedad debido a la escasa evaporación provocada por la progresiva disminución de la temperatura y la ausencia de vientos. Es decir, el otoño es la estación más húmeda del año.

El invierno se caracteriza por la ausencia casi total de lluvias, con cielo diáfano, lo que trae gasto de agua.

La primavera se divide en tres etapas: la primera abarca el mes de Septiembre y comienzos de octubre; se mantiene semejante al Invierno, sin lluvias y temperaturas mínimas bajas. La segunda etapa, está representada por el mes de octubre, de típica primavera y ofrece una rápida elevación de temperatura, sin lluvias, es decir, la primavera suele ser la estación más seca del año y es por ello que la vegetación permanece inactiva.

La etapa final de primavera, señala una elevación térmica hasta niveles de verano, pero a mediados de noviembre se inician las lluvias que aumentan hasta diciembre.

Sir Cecil Rhodes, colonizador inglés, hacia finales del Siglo XIX la observó en su lugar de origen (Zambia y Zimbabwe) y la recomendó como forrajera resistente a sequía para países cálidos y templados-cálidos. La Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), llega a América mediante una partida que en 1902 fue exportada por primera vez desde África del Sur a los Estados Unidos, cuyo Departamento de Agricultura se encargó del estudio de la especie y su difusión. Pasa en 1912 a Méjico y el mismo año al Brasil.

Desde sus inicios, la Estación Experimental Agrícola de Tucumán (**EEAT**, 27/07/1909 a 1994), actualmente Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (**EEAOC**, 28/10/1994 a la fecha) fomentó la introducción de nuevas

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

especies forrajeras que fortalecieran la ganadería. Durante el año 1916 se iniciaron una serie de experimentos con plantas forrajeras a secano, cuyo objetivo era encontrar un pasto productivo y de buenas cualidades que se adaptara a las condiciones climáticas de Tucumán. Entre las numerosas plantas forrajeras introducidas se encontraban las Gramas Sudán, Guinea y Rhodes (*Chloris gayana*); y las especies leguminosas Desmodium y Mucuna.

La Grama Rhodes fue introducida en la Argentina por primera vez en el año 1916, por la EEAT (Schultz, 1916). Esta especie fue una de las tantas forrajeras que se incorporaron desde el extranjero en aquella época, con el propósito de conseguir un pasto perenne para las grandes extensiones sin riego y con lluvias limitadas en el norte del país.

El Ing. Enrique F. Schultz, fue quien personalmente la introdujo en 1916; había tenido la oportunidad de realizar estudios experimentales en Florida (EE.UU.), poco después de haberse iniciado su cultivo en aquel Estado de la Unión Norteamericana, donde en 1904, se hizo la primera distribución de semilla entre Colonos de ese Estado y otros adyacentes al Golfo de México.

La Grama Rhodes se destacó desde el comienzo, y hasta la actualidad resulta una de las especies más estudiadas y mejoradas ya que presenta diversos cultivares y goza de gran popularidad en el norte del país.

Mientras que la mayor parte de aquellas forrajeras fracasaron o fueron descartadas por diferentes razones, la Grama Rhodes supo combinar las cualidades deseadas en un pasto ideal de secano para Tucumán y el norte del país: perenne, con abundante producción de pasto de alta calidad, apto para el pastoreo, resistente tanto a los prolongados períodos de calor y sequía como a las heladas de la región.

La Grama Rhodes tuvo además otra ventaja: la facilidad para una producción abundante de semilla de alto poder germinativo.

Frente a estos resultados, la Estación Experimental la consideró habilitada para su recomendación en el año 1918 (Schultz, 1918-19, 1920). La sugerencia fue tan bien recibida por los productores que resultó necesario efectuar, por cuenta de ellos, una compra aproximada de mil seiscientos kilos de semilla, importándola de Australia, único país del mundo que estaba en condiciones de suministrarla. El entusiasmo por el pasto

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

creció de forma continua y en los años 1920 – 1921, la Estación debió importar de Australia dos remesas más de semilla (Schultz, 1921).

Señala especialmente que en 1922, facilitó semilla suficiente para implantar 6 has. distribuídas entre Totoral y Pascanas, Córdoba. Al poco tiempo desde Totoral (Villa Gral. Mitre), precisamente el lugar donde la cultivó con resultados muy buenos, el señor Natal R. Crespo informó a la Estación Experimental de Tucumán que: “La Grama alcanzó una altura de 1,5 m. He podido constatar, dice, “que todos los animales comen con muchísimo gusto la Grama Rhodes” (Cross, 1922, 1923, 1924).

Mientras tanto, la Estación Experimental continuó los ensayos, investigando su valor tanto para pastoreo como para cortar, henificar, ensilar, etc. La institución llegó a determinar los mejores métodos de siembra y cultivo (Cross, 1929, 1939; Schultz, 1931, 1932), su adaptabilidad a las variadas condiciones de suelo y clima, sus cualidades nutritivas y sus ventajas en general (Cross, 1926, 1928-29), llegándose incluso a descubrir nuevas aplicaciones, como por ejemplo: su cualidad para “limpiar” malas hierbas, mantener limpios los callejones y prologar la vida de los alfalfares, protegiéndolos contra la invasión de la grama Bermuda, Pasto Ruso y otras plagas (Cross, 1928-29; Schultz, 1929, 1931 a y b).

El avance del cultivo también mostró la problemática del decaimiento productivo y se implementaron las primeras estrategias de solución (Schultz, 1931).

La Estanduela en el Uruguay, obtuvo gracias a la amabilidad de E.W. Cross, entonces Director Técnico, una muestra proveniente de la Estación Experimental de Tucumán en 1922, con la que instalaron, según A. Boerger (1943), en octubre de aquel año, un pequeño cultivo. Cuenta que una vez arraigadas las matas obtuvieron en 1923/24 tres cortes, dos de aproximadamente 40 ton.ha⁻¹ de materia verde cada uno y un tercero estimado en 20 ton. La cifra total de materia verde obtenida desde noviembre de 1923 hasta abril de 1924, fue así de 100 toneladas, producción, dice, excepcionalmente elevada debida a las condiciones meteorológicas del año y a la fertilidad del terreno, húmifero arcilloso, que durante años había sido sometido a cultivos hortícolas. En 1924/25, se efectuó un solo corte al fin de la vegetación, registrándose 64,2 toneladas de materia verde, por hectárea.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En el año 1932, la ví por primera vez sembrada en una dilatada extensión de campos de Hersilia, norte de la provincia de Santa Fe. Cultivo magnifico, parejo, denso y de gran desarrollo pastoreado con hacienda Hereford cuyo estado no podía ser mejor (Pous Peña, 1975).

En 1942, el Ingeniero Parodi L., mencionaba en una información sobre la agricultura en la República Argentina a la Grama Rhodes, en conexión directa con el Sudan Grass, “la gramínea cultivada más importante del presente” decía el Ingeniero Parodi ya que la Grama Rhodes se había ya difundido con éxito en la zona Subtropical de la Argentina.

La búsqueda para el NO Argentino de nuevas variedades de Grama Rhodes que pudiesen ampliar el horizonte, es una actividad constante y así en 1957 se introdujo el cv. Katambora, recomendado y caracterizado en la década de 1960 (Díaz, 1963; Díaz y Lagomarsino, 1969).

La década de 1970 marca el inicio del gran avance de la frontera agropecuaria a nivel país. En el Noroeste Argentino los altos precios internacionales de los granos, muy en especial soja y porotos secos, junto al bajo valor relativo de las tierras con bosques llevaron al desmonte irracional con niveles de 50.000 has.año⁻¹ de deforestación. Así, la ganadería fue desplazada hacia condiciones de mayor marginalidad y establecimientos ganaderos de superficie se dividieron en unidades agrícolas. En ese entonces, la Grama Rhodes era la forrajera subtropical por excelencia en la región cálida argentina ocupando cientos de miles de hectáreas.

Así en Santa Fé, para suelos con problemas de salinidad de estudia y recomienda difundir Grama Rhodes como distintas técnicas de manejo (intersiembra, fertilización, etc.) (Bruno 1982; Bruno *et al.*, 1981, 1982 a y b; 1983) Fosatti y Bruno, 1982; Fosatti *et al.*, 1979).

En 1977 la entonces Sección Producción Animal de la EEAT, recibió un conjunto de 44 introducciones de Grama Rhodes, de las que 15 fueron evaluadas completamente y 29 no lograron una evaluación final (Guzmán *et al.*, 1988). Rodríguez Rey *et al.* (1982, 1985) aconsejaron difundir el uso *Chloris gayana* cv. Masaba (4n), 147 BMT (4n) (posteriormente TUC La Oriental), Callide (4n) y Samford (4n). Estas constituyen las primeras recomendaciones de cultivares tetraploides para el NOA.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Guzmán *et al.* (1988) resaltaron la adaptación por producción, persistencia y cobertura de Grama Rhodes cvs. Callide, Samford, 147 BMT y 148 BMT.

En la década de 1990, sectores que habían sido desmontados y habilitados con técnicas pampeanas para la producción de granos comienzan a sufrir un marcado deterioro y a la vez, el problema de la salinización secundaria se manifiesta en amplias regiones. Junto con la salinización, el ascenso de la napa freática por la recarga y falta de cobertura vegetal hacen que se abandonen actividades agrícolas. Estas tierras como alternativa productiva tienen la reconversión forrajera y es así como resurgen los trabajos sobre Grama Rhodes.

En 1997 la empresa Oscar Peman importó cantidades limitadas de materiales comerciales de Grama Rhodes de origen australiano (Selected Seeds Ltd.) que fueron sembradas en diversos ambientes de Argentina. Dentro de las evaluaciones fueron implantadas en distintos ambientes y suelos del Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero. Como consecuencia de los promisorios resultados obtenidos en la campaña 1999/2000 la firma VILUCO S.A. propietaria de Estancia Rancho Grande, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero, importó desde la firma Selected Seeds Ltd. de Australia, a través de su representante argentino Oscar Peman, semillas de Grama Rhodes cv. Fine Cut para implantar 350 has; cv. Top Cut para 50 has y cv. Katambora para 30 has. Se pasaba así de las parcelas de evaluación a la producción comercial bajo manejo empresarial.

Tal importación conformó los mayores lotes implantados a nivel país de los cvs. Fine Cut y Top Cut con lo que se consideró liberados al gran cultivo productivo y comercial (Foto 1).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 1: Evaluación de Cultivares Fine Cut y Top Cut de Grama Rhodes (*Chloris gayana*), Floración, Finca Rancho Grande, Depto. Jiménez, Santiago del Estero. Diciembre 1999. Foto: JRTV.

Los trabajos presentados en el XXIII° Congreso Argentino de Producción Animal “La producción animal en el MERCOSUR”, Corrientes, 05 al 07 de Octubre 2000 y publicados en revistas científicas fueron las primeras referencias nacionales de los cultivares Fine Cut y Top Cut (Toll Vera *et al.*, 2000 a y b).

En el INTA, más precisamente en el IFRGV-CIAP (ex IIFIVE), se lleva a cabo el mejoramiento genético de gramíneas subtropicales, con el objetivo principal de la obtención de variedades sintéticas con tolerancia incrementada a la salinidad. Fruto de ello es Grama Rhodes cv. **Épica INTA-PEMAN** (cultivar tetraploide $4n=40$), producto de una selección (variedad sintética) a partir de semilla comercial del cv. Boma. La variedad tiene mayor tolerancia a salinidad con matas de crecimiento denso erecto, alta foliosidad y floración uniforme. Su alta producción de estolones (57 estolones.m²), la longitud (55,27 cm) y la tasa de elongación (0,50 cm.día⁻¹), le confieren aspectos agronómicos sobresalientes, para lograr una rápida cobertura del suelo aún en

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

condiciones salinas, contribuyendo a la persistencia de la pastura (Taleisnik *et al.*, 1997; de Luca *et al.*, 2000; Ribotta *et al.*, 2000).

Los trabajos de selección de clones de Grama Rhodes diploides llevaron a la liberación del cv. **Santana INTA-PEMAN** material diploide (2n) (2011) que se caracteriza por su tolerancia a salinidad, floración temprana, buena producción de materia seca, buena relación hoja/tallo, alta digestibilidad (Ribotta *et al.*, 2005; Ribotta, 2011; Ribotta *et al.*, 2013).

Junto a ello, los nuevos materiales de procedencia australiana diploides Gulfcut, Salcut, Tolga y tetraploides Sabre, Toro, Mariner, (Loch y Zorin, 2010; PVJ 2009), (Bollati *et al.*, 2013) y otros por venir, abren un promisorio horizonte para los suelos afectados con distintos grados de salinidad.

Re (2013) y Romero y Mattera (2013) brindan información sobre el comportamiento Grama Rhodes en distintos tipos de suelos en Santa Fe destacando su buen desempeño en suelos salinos y adecuada respuesta a la fertilización nitrogenada.

En Argentina, en la empresa Neogram desarrollaron una pastura forrajera mejorada a través de mutagénesis inducida y transgénesis: **GRAMAX**.

GRAMAX surge del mejoramiento molecular de la pastura Grama Rhodes cv. Katambora logrando aumentar su calidad forrajera. Sus atributos principales son una mayor digestibilidad y mayor contenido de azúcares. Esto permite aumentar la eficiencia de alimentación de los animales, impactando positivamente en la productividad y al mismo tiempo reduciendo las emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) por kilo de carne o leche producido, obteniéndose así un doble beneficio para el sistema producción. Concretamente, GRAMAX logra una mayor productividad y un menor impacto ambiental de la siguiente manera: La mayor digestibilidad posibilita un mayor aprovechamiento de los nutrientes contenidos en el pasto que consume el animal y por lo tanto una mayor eficiencia de conversión de pasto a carne/leche (mayor tasa de conversión de pasto por kilogramo producido). Un mayor contenido de azúcares permite tener más nutrientes y energía disponible para asimilar por el animal,

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

lo que lleva a aumentar la carga ganadera por hectárea (mayor número de animales que se alimentan por hectárea).

“El evento GRAMAX que hemos obtenido en Neogram presenta como mínimo un 6% más de digestibilidad. Esto implica un incremento mínimo del 20% en aumento de peso por día del animal (la relación entre digestibilidad y ganancia en peso/día está dada por un factor de 3,2)” (Fassiano, 2016).

El desplazamiento de la ganadería implicó también el renovado interés y la búsqueda de alternativas productivas para ambientes hidromórficos y halomórficos, donde se destaca la introducción de forrajeras megatérmicas para potenciar la oferta estival, entre ellas Grama Rhodes diploides, en ambientes como la Cuenca del Río Salado en el sur bonaerense. Ello significó tanto los trabajos de campo (Olivera *et al.*, 2015) como de trabajos de Tesis que destacan el desempeño productivo y su positivo impacto ambiental (Imaz, 2009; Otondo, 2011)

De similar manera, los trabajos de fisiología en distintas facetas de tolerancia y adaptación a eventos de salinidad (Pérez *et al.*, 2014 a y b), sequía, napa freática (Chiacchiera *et al.*, 2014), inundación (Imaz, 2008; Imaz *et al.*, 2011) y sumergencia (Cifaldi *et al.*, 2014) sientan bases teóricas y recomendaciones prácticas para su manejo tendiente a elevar los rindes y mejorar los retornos económicos de ambientes difíciles.

También en el norte patagónico con el apoyo del riego en el Valle Inferior del Río Negro (Miñón *et al.*, 2011, 2015), se evalúa su factibilidad productiva con ventajas adaptativas de los materiales diploides.

Haciendo propias palabras ya vertidas se puede afirmar que: con el correr de los años se vuelve cada vez más evidente la enorme importancia de la Grama Rhodes para la ganadería de todo el norte y zonas de expansión del país. La importación, experimentación y recomendación de esta Grama representa para la Estación Experimental un éxito rotundo. Como anticipara su creador, Don Alfredo Guzmán: “*Los resultados obtenidos con esta forrajera son tan satisfactorios para la ganadería en el Norte, que pueden ser equiparados al impacto que tuvo la caña de Java para la industria azucarera*”.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La Grama Rhodes permitió que los terrenos de vastas zonas del norte de la República, carentes de aplicación económica, se convirtieran en praderas permanentes y productivas que formaron la base de una nueva industria ganadera de importantes proporciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Boertger, A. 1943.** Investigaciones Agronómicas Vol. 2. Bamiro y Ramos S. A. Montevideo. 1043 págs.
2. **Bollati, G. P.; E. C. B. Hick; J. J. Sardo y M. E. Vázquez Novoa. 2013.** Evaluación de cultivares de Grama Rhodes en el noreste de la Provincia de Córdoba. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 33 Supl. 1: 286.
3. **Bruno, O. A. 1982.** Intersiembrá de Trébol de olor de flor blanca sobre Grama Rhodes en los bajos submeridionales de Santa Fé. INTA.
4. **Bruno, O. A. y J. L. Fossati. 1981.** Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de grama Rhodes (*Chloris gayana*). Publicación Técnica Nº 16 INTA EEA Rafaela.
5. **Bruno, O. A.; J. L. Fossati y O. R. Quaino. 1981.** Fertilización nitrogenada fraccionada en grama rhodes. Publicación Técnica Nº 15 INTA EEA Rafaela.
6. **Bruno, O. A.; J. L. Fossati y O. R. Quaino. 1982a.** Fertilización nitrogenada fraccionada en grama Rhodes. *Producción Animal* 9: 147-153.
7. **Bruno, O. A.; J. L. Fossati y O. R. Quaino. 1983.** Incorporación de trébol de olor de flor blanca en grama Rhodes. *Producción Animal* 10: 333-341.
8. **Bruno, O. A.; J. L. Fossati; J. L. Panigatti; S. Gambaudo; H. F. Fenoglio y O. R. Quaino. 1982b.** Fertilización de grama Rhodes (*Chloris gayana*, Kunth.) en los bajos submeridionales: 1. Nitrógeno y fósforo. INTA EEA Rafaela. Publicación TÉCNICA Nº 19: 19 PÁGS.
9. **Cifaldi, J. N. A.; A. A. Grimoldi y C. G. Striker. 2014.** Tolerancia diferencial a la sumersión completa de siete cultivares de *Chloris gayana* Kunth en estadio de plántula. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 100.
10. **Chiacchiera, S.; N. A. Bertram; E. Taleisnik y E. G. Jobbágy. 2015.** Efecto de la profundidad de napa freática y la salinidad sobre la dinámica de crecimiento de Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *II Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos*. Santa Rosa, La Pampa.
11. **Cross, W. E. 1922.** El Rhodes Grass en la Argentina. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 13 (3-4): 66-72.
12. **Cross, W. E. 1923.** Noticias sobre la Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 14 (5-6): 73-75.
13. **Cross, W. E. 1924.** La Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Est. Exp. Agríc. Tuc. Bol.* 2: 1-23.
14. **Cross, W. E. 1924.** La Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 15 (3-4): 41-64.
15. **Cross, W. E. 1925.** La langosta y la Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 16 (3-4): 54-55.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

16. **Cross, W. E.** 1925-1926. La germinación de la Grama Rhodes sembrada en seco. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 16 (7-8): 112-114.
17. **Cross, W. E.** 1925-1926. Prueba germinativa de la Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 16 (7-8): 120.
18. **Cross, W. E.** 1926. Las últimas noticias sobre la Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 17 (3-4): 51-54.
19. **Cross, W. E.** 1928-1929. Alfalfa y Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 19 (7-8): 202-203.
20. **Cross, W. E.** 1928-1929. Formas de establecer la mezcla de alfalfa con Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 19 (7-8): 204-205.
21. **Cross, W. E.** 1928-1929. Las aplicaciones de la Grama en los terrenos de su ingenio. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 19 (7-8): 205-206.
22. **Cross, W. E.** 1939. Siembra de forrajeras estivales. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 30 (10-12): 213-215.
23. **de Luca, M.; C. Luna; L. García Seffino; A. Córdoba y E. Taleisnik.** 2000. Caracterización de la respuesta a la salinidad de dos clones tetraploides de *Chloris gayana* con tolerancia diferencial a este estrés. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl. 1: 237-238.
24. **Fassiano, A. V.** 2016. Biotecnología en el mejoramiento de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth). En:
25. **Fosatti, J. L. y O. A. Bruno.** 1982. Comportamiento de especies forrajeras de clima templado y subtropical en el centro oeste de la Provincia de Santa Fe. Publicación Técnica N° 21 INTA EEA Rafaela.
26. **Fosatti, J. L.; O. A. Bruno; J. L. Panigatti y S. P. Gambaudo.** 1979. Comportamiento de forrajeras estivales en los bajos submeridionales. Convenio Fundación José María Aragón-INTA- Gobierno de la Pcia. de Santa Fé. Estación Experimental Regional Agropecuaria Rafaela. Informe Técnico N°1: 36 págs.
27. **Guzmán, L. P.; A. S. R. de Ortega; V. P. Juárez y J. A. Sortheix.** 1988. Adaptación de forrajeras perennes introducidas en Tucumán (Argentina). *R.I.A.T.* 65 (1-2): 195-212.
28. **Imaz, J. A.** 2008. Sobreviviencia y crecimiento de matas de Grama Rhodes después de períodos de inundación. Congreso Argentino de Fisiología Vegetal 2008. Rosario. Argentina.
29. **Imaz, J. A.** 2009. Tolerancia a la Inundación de Especies Gramíneas Forrajeras Megatérmicas: Bases Ecofisiológicas Relacionadas con su Instalación y Producción. Tesis presentada para optar al título de Magister Scientiae de la Universidad de Buenos Aires, Área de Producción Vegetal. 110 págs
30. **Imaz, J. A.; D. O. Giménez; A. A. Grimoldi y G. G. Striker.** 2011. Tolerancia de plántulas de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* frente a intensidades crecientes de inundación. XXXIII Jornadas Argentinas de Botánica. Posadas, Misiones.
31. **Loch, D. S. y M. Zorin.** 2010. Development of new tetraploid *Chloris gayana* cultivars with improved salt tolerance from 'Callide' and 'Samford'. En: Smith G. R.; G. W. Evers y L. R. Nelson (Eds.) *Proceedings of the 7th International Herbage Seed Conference*, pp. 190-194. Texas A & M University, Dallas, United States.
32. **Olivera, M. E.; L. Ferrari; E. B. Postulka; N. Delboy; L. Montenegro y C. De Magistra.** 2014. Implantación de dos cultivares de grama rhodes (*Chloris gayana*



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

- Kunt) en suelo halohidromórfico de la Pampa Deprimida. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl.1: 137.
33. **Miñón, D. P.; J. J. Gallego; R. A. Barbarossa y F. Neira Zilli.** 2011. Comportamiento de gramíneas megatérmicas introducidas en condiciones de riego en el norte patagónico. INTA. Valle Inferior Informa Año 6 N° 47: 4 págs.
 34. **Miñón, D. P.; J. J. Gallego; R. A. Barbarossa y F. Neira Zilli.** 2014. Comportamiento de cultivares de "Grama Rhodes" (*Chloris gayana*) irrigados en norpatagonia (40°48'LS, 63°05'W). *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 190.
 35. **Otondo, J.** 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis de M.Sc., Escuela para Graduados Alberto Soriano. FAUBA, Argentina, 58 págs.
 36. **Parodi, L.** 1942. Viaje a la provincia de Catamarca. *Rev. del Museo de La Plata. Sección Oficial*: 64-77.
 37. **Pérez H. E.; J. Luchina; L. Martínez Calsina; E. L. Taleisnik; L. Errazú y J. Lara.** 2014a. Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv Finecut en ambientes salinos: 1. Efecto del tipo de labranza. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 144.
 38. **Pérez H. E.; J. Luchina; L. Martínez Calsina; E. L. Taleisnik; L. Errazú y J. Lara.** 2014b. Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv Finecut en ambientes salinos: 2. Frecuencia de defoliación. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 145.
 39. **Plant Variety Journal.** 2009. Official Journal of Plant Breeder's. Rights Office, IPAustralia Vol 2:3: 98-100 y 262-279.
 40. **Pous Peña, E.** 1975. Algunas consideraciones sobre explotación bovina en el norte de Córdoba. La Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) en la misma zona. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria* Tomo XXIX N°5: 1-23.
 41. **Re, A.** 2013. Forrajeras megatérmicas: alternativas de uso en la provincia de Entre Ríos. En: Jornada Forrajeras Tropicales 2013. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Informe Técnico 58: 1-10.
 42. **Ribotta, A. N.** 2011. "Selección y caracterización de clones parentales diploides para la obtención de nuevo germoplasma con tolerancia incrementada a la salinidad en grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), Tesis Magíster, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 142 págs.
 43. **Ribotta, A. N.; G. Bollati; S. M. Griffa; E. López Colomba; E. J. Carloni; M. Quiroga y K. A. Grunberg.** 2013. Mejoramiento genético para tolerancia a la salinidad en grama Rhodes diploide. En: Jornada Forrajeras Tropicales 2013, Ediciones INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela: 49-55.
 44. **Ribotta, A. N.; P. Castellano y E. Biderbost.** 2000. Determinación del nivel de autoincompatibilidad en clones diploides de Grama Rhodes. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl 1: 246-247.
 45. **Ribotta, A. N.; P. Castellano; S. M. Griffa; E. López Colomba; M. Salgado; K. A. Grunberg; D. Díaz y E. Biderbost.** 2005. Diploid parental clone selection of Grama Rhodes to obtain enhanced salt tolerant synthetic variety. *Biocell* 29 (1): 64.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

46. **Rodríguez Rey, J. C.; P. V. Juárez; L. P. Guzmán; J. R. Toll Vera y A. S. Rovati.** 1982. Gramíneas forrajeras perennes estivales, aptas para la zona de cría de Tucumán. *Avance Agroind.* Año 3 (11): 17-18.
47. **Rodríguez Rey, J. C.; J. R. Toll Vera; P. V. Juárez y L. P. Guzmán.** 1985. Evaluación de gramíneas perennes estivales tropicales y subtropicales para la zona Este de la Provincia de Tucumán. *R.I.A.T.* 62 (1): 73-104.
48. **Romero, L. y J. Matera.** 2013. Alternativas de producción y conservación de forrajeras megatérmicas en el centro de Santa Fé. 20-41. En: INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela Informe Técnico N° 58 JORNADA FORRAJERAS TROPICALES 2013: 20-41.
49. **Schultz, E. F.** 1916. Algunas Gramas y otras plantas forrajeras como pastos suplementarios en los campos naturales. *R.I.A.T.* 8: 126-202.
50. **Schultz, E. F.** 1918-1919. La Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 9 (5-6): 85-88.
51. **Schultz, E. F.** 1920. Notas adicionales sobre la Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 11 (3-4): 45-54.
52. **Schultz, E. F.** 1921. Notas adicionales sobre la Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 11 (3-4): 45-54.
53. **Schultz, E. F.** 1929. El empleo de la Grama Rhodes para combatir el “sorgo o pasto ruso” (*Sorghum halepense*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 20 (3-4): 66-67.
54. **Schultz, E. F.** 1931. Recomendaciones referentes a la siembra próxima de la Grama Rhodes. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 21 (9-10): 195-196.
55. **Schultz, E. F.** 1931. La Grama Rhodes (*Chloris gayana*). *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 21 (9-10): 157-168.
56. **Schultz, E. F.** 1931. Merma de producción de Grama Rhodes por cansancio del terreno. *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 21 (7-8): 143-144.
57. **Schultz, E. F.** 1931. La Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth). *Est. Exp. Agríc. Tuc. Bol.* 14: 1-9.
58. **Schultz, E. F.** 1932. La siembra de la Grama Rhodes- *Rev. Ind. y Agríc. Tuc.* 22 (1-2): 51-53.
59. **Taleisnik, E. L.; H. Pérez; A. Castagnaro; D. Díaz; L. García Seffino; C. Arias; K. Grunberg; A. Córdoba; S. Bravo; D. Orellana; G. Vellice; V. Ongaro y E. Maíz.** 1997. Variabilidad intraespecífica para tolerancia a salinidad en Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth). *Rev Arg. Prod. Animal* Vol 17 Supl. 1: 118-119.
60. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2000 b. Evaluación de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), en distintos tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero. I- Implantación y dinámica de los diferidos. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl. 1: 195- 196.
61. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2000 b. Evaluación de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), en distintos tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero. 2- Disponibilidad y rebrote primaveral. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl. 1: 196- 198.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

REVISIÓN TAXONOMÓMICA Y ANATÓMICA DE *Chloris* *gayana* Kunth

De Marco, Nora y J. R. Toll Vera

Dra. En Ciencias Biológica Prof. Asociada Cátedra Botánica Especial.
Facultad de Agronomía y Zootecnia UNT. ronqui@arnet.com.ar

El género *Chloris* Sw. (*Poaceae*: *Chloridoideae*: *Chlorideae*), comprende alrededor de 60 especies, propias de regiones tropicales, subtropicales y templado cálidas de ambos hemisferios. En América el género *Chloris* está representado por 40 taxones (Peterson, 2001) distribuidas desde el Sur de Estados Unidos de América, Mesoamérica hasta América del Sur. En Argentina han sido reconocidos 18 taxones (Zuloaga *et al.* 1994). Algunas de ellas son malezas tropicales y una, *Chloris gayana* grama Rhodes de África Tropical, es una planta forrajera importante cultivada, naturalizada o adventicia en áreas tropicales y templadas.

Etimología: Nombre dedicado a Chloris, diosa griega de las flores

Familia *Gramineae* A. L.

Familia *Poaceae* Barnh

La familia de las Poáceas es considerada como una de las más importantes, por la extraordinaria riqueza de especies, la importancia económica de las mismas y por su distribución universal. A nivel mundial comprende unas 10.000 especies correspondiente a unos 700 géneros (Clayton, W .D. y S. A Renvoize, 1986). La República Argentina aproximadamente con 3.000.000 Km de extensión cuenta con 200 géneros y alrededor de 1300 especies, nativas, naturalizas y cultivadas. Son plantas en general cosmopolitas que se encuentran presentes en todas las latitudes, habitan desde el nivel del mar hasta las altas montañas, regiones frías o tropicales e intermedias, desarrollándose en lugares húmedos o secos y crecen en todo tipo de suelos. Las variadas regiones que habitan, explican la versatilidad morfológica que presentan adaptándose a los diferentes medios en que viven.

La importancia económica de esta familia, se debe a que pertenecen los cuatro principales alimentos para el hombre más cultivados en el mundo, trigo, arroz, maíz y

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

la caña de azúcar, a los cuales debe agregarse centeno, cebada, avena y los sorgos. Numerosas Poáceas son cultivadas por el valor alimenticio de sus granos, por ser importantes forrajeras naturales o cultivadas en praderas permanentes, constituyendo el alimento básico para el desarrollo de la ganadería. Otras tienen aplicaciones industriales como la caña de azúcar, la cebada cervecera y el maíz. También hay especies que son utilizadas en perfumería, para la fabricación de instrumentos musicales, medicinales, ornamentales y malezas.

Caracterización Botánica de la Familia *Poáceas*=*Gramíneas*

Las plantas son anuales, perennes y longevas. La raíz primaria es de origen embrional se desarrolla durante la germinación de la semilla y esta protegida por la coleoriza, que cumple funciones de protección y absorción. La duración de la raíz primaria fluctúa entre varias semanas y varios meses, luego cesa su actividad y es reemplazada por raíces adventicias. Estas raíces se desarrollan a partir de los nudos inferiores de la caña, formando un sistema radicular fasciculado. En algunas especies (*Zea mays*, *Sacharum officinarum*) desarrollan raíces en los nudos inferiores de las cañas que sirven de anclaje, raíces fulcrantes. Cañas herbáceas o leñosas con nudos y entrenudos, simples o ramificadas. En la mayor parte de las especies son huecos pero en algunas son macizos (maíz, caña de azúcar, diversos sorgos). El nudo ocupa toda la sección del tallo manifestándose exteriormente por una zona más abultada o algo contraída, donde se originan 1 o varias yemas laterales y corresponde a la inserción de la vaina de la hoja. Se puede diferenciar dos tipos de nudos, el caulinar o verdadero nudo y el vaginal que es el engrosamiento de la base de la vaina de la hoja. Por arriba del nudo caulinar funciona un meristema en forma de anillo que determina el crecimiento en largo del tallo. La unidad de propagación vegetativa es el fitómero que esta formado por el nudo con una porción del entrenudo superior e inferior. Los tallos de las Poáceas pueden ser aéreos o subterráneos, los aéreos pueden ser erectos, decumbentes o rastreros, los decumbentes crecen recostados sobre el suelo pudiendo arraigar en los nudos inferiores y solamente la inflorescencia es erguida. Ej. *Digitaria sanguinalis*, rastreros crecen horizontalmente sobre el suelo y arraigan en los nudos, si en cada nudo se desarrolla una nueva planta se lo denomina estolón, Ej. *Chloris gayana*. Los tallos subterráneos son rizomas de crecimiento indefinido (se

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

ramifican en forma monopodial, la yema apical continua con el crecimiento y las yemas laterales originan nuevos rizomas y vástagos aéreos Ej. *Sorghum halepense*), de crecimiento definido (se ramifican en forma simpodial, la yema apical origina un vástago aéreo y las yemas laterales continúan el crecimiento del rizoma Ej. *Arundo donax*). Las ramificaciones que se desarrollan en la base de las cañas a partir de las yemas de los nudos inferiores se denominan innovaciones, brotes, renuevos o macollas, están formadas por un tallo corto con entrenudos breves y se desarrollan a nivel del suelo o levemente enterradas. El conjunto de innovaciones nacidas en la base de un mismo tallo constituye el macollaje de las Poáceas. Las hojas son de disposición dística, presentan tres zonas: vaina, lígula y lámina, la lígula y la lámina pueden faltar o estar reducidas. La vaina se inserta en el nudo, pudiendo ser de menor o mayor longitud que el entrenudo que cubre, sus márgenes pueden estar sobrepuestos o juntos en este caso la vaina es abierta o hendida, o pueden estar unidos y constituir una vaina cerrada o entera. La lígula es un apéndice que se ubica en la cara ventral de la hoja, membranacea, ciliada y pilosa. La morfología de la lígula aporta caracteres de valor taxonómico que contribuyen a identificar especies en estado vegetativo. Las aurículas son apéndices que por lo general pueden abrazar a la caña, importantes por su aspecto, tamaño, para identificar los cereales al estado vegetativo. La lámina normalmente es linear, acintada, puede tener la base mas ensanchada hasta cordiforme, la nerviación es paralelinervada. En las Bambúseas la lámina se encuentra unida a la vaina por un breve pecíolo, que persiste junto a la vaina al desprenderse la lámina.

Las Inflorescencias son terminales o axilares en panoja, espiga o racimo, con flores dispuestas en espiguillas, 1- pluriflora. La espiguilla: es la inflorescencia elemental, está formada por un eje articulado que es la raquilla y sobre el cual se disponen en forma dística una serie de órganos de origen foliar, dos brácteas estériles, las glumas, la inferior y la superior que pueden ser de igual longitud, o no, oval, lanceolada, linear, múticas, o con aristas, de consistencia membranacea, papirácea y coriacea, dos brácteas, la inferior que es la lemma y la superior la pálea ambas constituyen el antecio, la lemma se caracteriza por ser mútica o aristada, la pálea generalmente se dispone con el dorso contra la raquilla, membranacea, hialina,

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

coriácea o puede estar reducida o ausente. Las espiguilla pueden ser pediceladas, sésiles, bastionas y acrótonas. En la axila de la lemma se desarrolla la ramificación que lleva la flor hermafrodita o unisexual y está formada por un eje floral corto que lleva las lodículas 2 o 3 como en las Bambúseas o pueden estar ausentes como en las flores femeninas del maíz, pequeñas, menores de 1 mm, membranáceas, carnosas, durante la antesis, las lodículas están turgentes y contribuyen a la apertura del antecio, permitiendo la salida de los estambres y estigmas. El Androceo formado por un ciclo de 3 estambres pero pueden desarrollarse 6 estambres (Bambusoideas, Orizoideas), las anteras son mesifijas, dehiscencia longitudinal, pero puede realizarse por un poro apical de la teca Ej. *Zea mays*. El Gineceo comprende un ovario súpero, bicarpelar, unilocular y uniseminado, posee dos estilos libres o soldados con sus respectivos estigmas.

El Fruto es un cariopsis con el pericarpio soldado a la semilla, mácula embrional breve o casi tan larga como el fruto, hilo punctiforme, oval o linear, endosperma seco amiláceo o blando. Se pueden presentar otros tipos de frutos aquenio y utrículo.

Descripción de la Subfamilia *Chloridoideae*:

Las especies pertenecientes a esta subfamilia se desarrollan principalmente en regiones tropicales y en zonas áridas a nivel de los trópicos de Cáncer y Capricornio pero también se presentan en estepas templadas, llegando en la Argentina hasta el paralelo de 50° latitud sur.

Plantas monoicas o dioicas anuales o perennes, cespitosas, rizomatosas o estoloníferas. Hojas lanceoladas o lineares. Inflorescencia en panoja laxa o subespiciiforme, racimos unilaterales digitados o verticilados. Espiguillas 1- plurifloras con 1-2 a numerosas flores fértiles las superiores estériles. Raquilla articulada por arriba de las glumas. Glumas 2, 1-3 nervias mayores o menores que los antecios, místicas, mucronadas o aristadas, glabras, escabrosas o pilosas. Lemma 1-plurinervia mística, mucronada o aristada 1-3 o, más aristada. Pálea 2- nervia. Lodículas 2. Flores hermafroditas. Estambres 1,2 ó 3. Ovario con dos estilos con estigmas cortos y plumosos. Cariopsis ovoide, fusiforme o globoso o fruto utrículo.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Descripción de la Tribu *Chlorideae*

Las especies que comprende esta tribu se caracterizan por: Inflorescencia formada por 1-varias espigas o racimos espiciformes unilaterales, persistentes o caedizos alternos sobre un eje geminados o verticilados en el ápice de las cañas. Espiguillas sésiles o brevemente pediceladas dispuestas en una o dos series sobre un raquis cóncavo-convexo, cuadrangular, aplanado o subtrígono. Espiguillas 1-flora con antecios superiores estériles o sin ellos. Raquilla articulada por arriba de las grumas, éstas persistentes, excepcionalmente la superior caediza con el antecio. Glumas 2 subiguales o desiguales mucronadas o aristuladas. Lemma membranacea glabra o pilosa 3-nervia mútica mucronada o 1-3 aristadas. Pálea generalmente tan larga como la lemma. Lodículas 2 libres. Flor hermafroditas. Estambres 3. Ovario glabro, estilos 2 plumosos. Cariopsis libre entre la lemma y pálea, hilo basal punctiforme. Plantas anuales o perennes, cespitosas, rizomatosas o estoloníferas. Cañas erectas a veces radicantes en los nudos inferiores. Lígula generalmente pilosa rara membranacea. Láminas planas, convolutas o conduplicadas.

Clave de los géneros de la Tribu *Chlorideae* en el NOA

A-Inflorescencia formada por 1 a varios racimos espiciforme ubicados a lo largo de un eje erecto, orientados hacia un lado. Lígula pilosa.

B-Plantas anuales. Racimos espiciformes pectinados y curvados, persistentes.

Chondrosum Desv.

B'-Plantas perennes. Racimos espiciformes erectos, caducos a la madurez.

Boutelova Lagasca

A' Inflorescencia formada por varios racimos espiciforme unilaterales geminados o verticilados. Lígula membranacea o ciliada.

C-Cañas y vainas muy comprimidas, vainas conspicuamente dísticas y aquilladas

Eustachys Desv.

C' Cañas cilíndricas a subcilíndricas, vainas no aquilladas.

D-Espiguilla con un solo antecio raro 2

Cynodon Rich.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

D' Espiguillas con 1-2 antecios fértiles basales y 1-varios antecios estaminados a neutros apicales

E- Lemma 3-aristada, nervios prolongados en aristas rectas mayores que el cuerpo de la lemma, arista central más larga que las laterales

Trichloris Fourn.ex Benth

E' Lemma 1-arista, arista corta a varias veces el largo de su cuerpo.

Chloris Sw.

Caracteres morfológicos de valor taxonómico en el Género *Chloris*

Las especies son perennes o anuales, cespitosas, estoloníferas o rizomatosas.

La inflorescencia esta formada por racimos que pueden ser 1-2(-3) generalmente curvados o 4-35 racimos rectos, dispuestos en uno o dos verticilos.

Las espiguillas y la longitud de la arista del antecio inferior son caracteres de diferenciación: la longitud de la arista duplica la longitud de la lemma, o la arista tan larga o menor que el cuerpo de la lemma.

Las glumas son estrechamente lanceoladas o lanceoladas 1-nervia, ápice agudo o brevemente mucronato. El antecio inferior es fructífero y los superiores estériles excepcionalmente los antecios superiores pueden desarrollarse y ser fructífero como en *Chloris gayana*. El antecio inferior puede ser fusiforme o elíptico o anchamente elíptico. El ápice de la lemma es generalmente bidentado. La pálea del antecio inferior es 2-nervia casi tan larga como la lemma y generalmente de ápice mas o menos bidentado. Las lodículas son dos, soldadas o parcialmente a la base de la pálea. Cariopsis elipsoide o trígona, lisa y brillante, hilo oval.

Las especies del género *Chloris* que habitan la Provincia de Tucumán son: *Chloris affinis* Caro & E. A. Sanchez. *Chloris canterae* Arechav. *Chloris castilloniana* Lillo& Parodi. *Chloris ciliata* Sw. *Chloris elata* Desv. *Chloris gayana* Kunth. *Chloris halophila* Parodi. *Chloris parvispicula* Caro & E.A. Sanchez. *Chloris pycnothrix* Trin. Gram. *Chloris virgata* Sw.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Descripción del Taxón

***Chloris gayana* Kunth** Révis. Gramin.: 293.1830

Hierba perenne de 0,80-1,20 (-3) m de altura estolonífera. Cañas robustas ramificadas plurinodos, nudos oscuros, glabros. Vainas glabras escabrosas, a menudo ciliadas apicalmente. Lígula de 0,3-0,5 mm de longitud, formada por un arco de pelos. Láminas hasta de 40-45 cm de longitud por 3-1,5 cm de ancho conduplicadas, escabrosas (Figura 1).

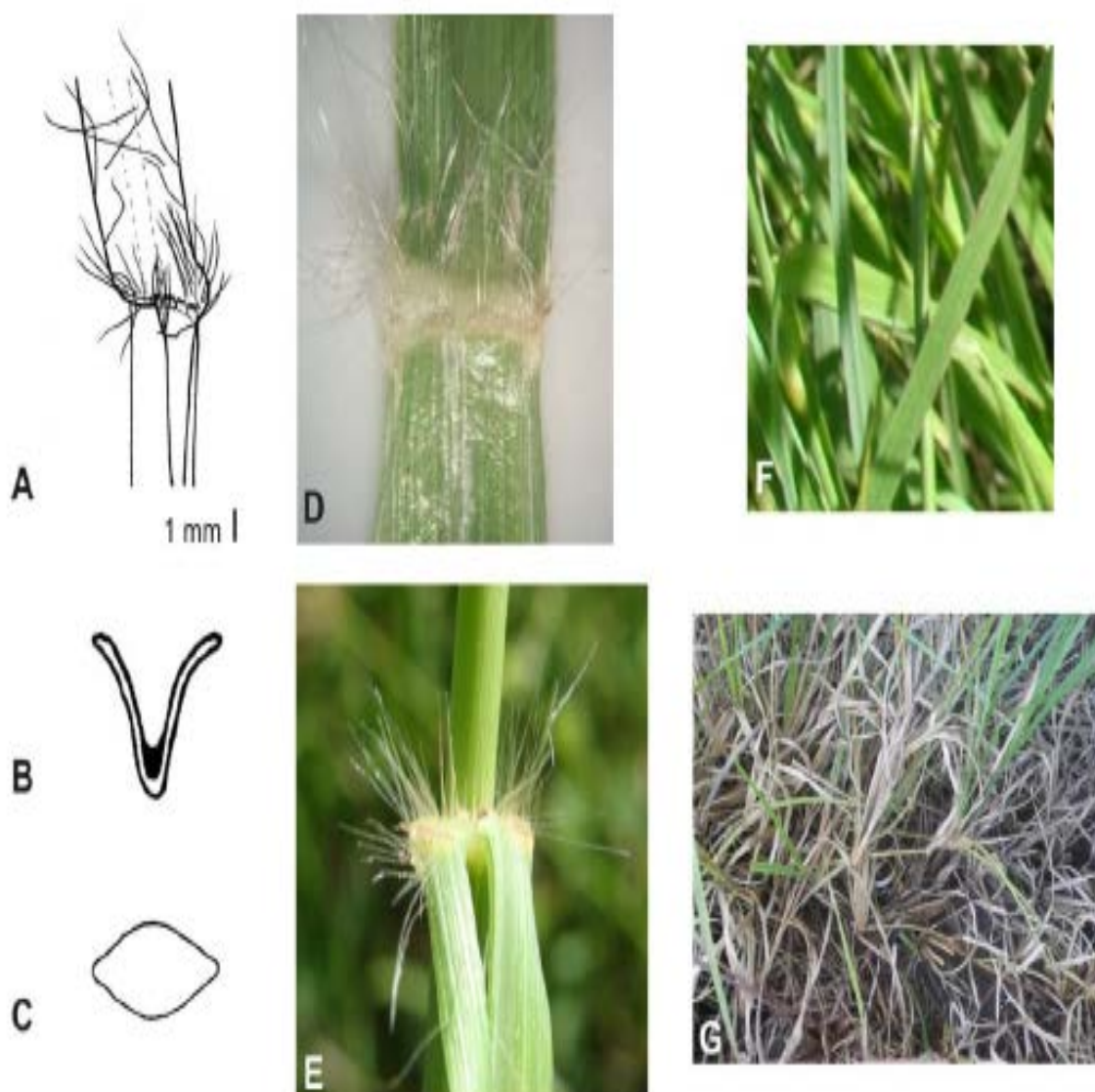


Figura 1: *Chloris gayana* Kunth. A: zona ligular; B: transcorte de lámina foliar; C: transcorte de tallo; D: lígula ciliada; E: mechón de pelos en zona de unión vaina-lámina; F: lámina con nervadura central suavemente marcada en la cara inferior; G: planta con estolones. (Martinat *et al.*, 2013).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Inflorescencia formada por 6-30 racimos de 5,5-15 cm de longitud, erguidos o poco flexuosas, pajizo, violáceos, verticilados apicalmente sobre la caña, raquis escabroso (Figura 2). Espiguillas 2-6 floras imbricadas. Glumas 2 persistentes sobre el raquis, lanceoladas glabras o escabrosas (áspero al tacto) en el dorso, nervio medio escabroso, la inferior de 1,4-2,8 mm de longitud por 0,3-0,4 mm de ancho, aguda o afistulada en el ápice, gluma superior de 2,2-3,5 mm de longitud por 0,3-0,6 mm de ancho menor que los antecios o casi igual, aguda o aristada en el ápice. Lemma inferior fértil de 2,5-4,2 mm de longitud, papirácea, aquillada, elipsoide, pilosidad variada, surco lateral evidente, márgenes pilosos, arista subapical de 1,5-6,5 (-10) mm de longitud. Pálea de 3 mm de longitud, lanceolada, glabra en el el dorso, carinas con escasos pelos. Callo barbado. Lódiculas 2 soldadas a la base de la pálea. Androceo con 3 estambres. Antecios estériles 2-4 con el ápice truncado el inferior de 2-3,2 mm de longitud, cilíndrico, lemma con arista de 0,8-3,2 mm de longitud, estaminado o estéril, antecios superiores reducidos mútricos a veces estaminados. Cariopsis de 1-8 mm de longitud, elipsoidal, dorado translúcida; la mácula embrional alcanza generalmente la mitad de su longitud (Figura 3).



Figura 2: *Chloris gayana* Kunth. Inflorescencia racimo espiciforme unilateral verticilado.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Figura 3: A: Planta; B: Hoja a nivel de la lígula; C: Inflorescencia; D: Espiguilla; E: Antecio inferior fértil y dos antecios superiores, vista lateral; F: Pálea vista dorsal; G: Pálea y lodículas, vista ventral; H: Estambres. (Molina *et al.*, 2004)

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Nombre vernáculo: grama Rhodes, pasto Rhodes, Rhodes grass, callide, pasto italiano, cosia.

Grama Rhodes fue descrita e identificada por Karl Sigismund Kunth en 1829 y 1930.

Especie originaria de África de distribución pantropical que fue introducida como forrajera tropical para regiones templado-calidas de América, también se encuentra en el S de Asia y en Australia. Habita desde el nivel del mar hasta 3500 m, desde el S de Estados Unidos de América hasta la Argentina. Se halla cultivada y escapada de cultivo, naturalizada ampliamente en la Argentina, Bolivia, Brasil, Chile (Isla de Pascua), Colombia, Paraguay y Uruguay. Crece en suelos altos, franco limosos, salino, arcillosos, fértiles o áridos, pesados, hidromórficos, formando manchones densos en matorrales de desmonte y chilcales. En ambientes antrópicamente modificados, en taludes artificiales, orillas de acequias, en los rastrojos, en las vías del ferrocarril, en banquina del camino o bien como adventicia en cultivos frutales o maleza de jardines

Estudios Anatómicos

La Anatomía de la lámina en las Poáceas ha aportado datos que han permitido caracterizar grupos de géneros reunidos en subfamilias, establecer relaciones filogenéticas y esclarecer la posición sistemática de ciertas especies. La clasificación anatómica se basa en el estudio de caracteres histológicos en una vista superficial de la epidermis y en el corte transversal de la lámina.

La tribu *Chlorideae* se caracteriza por el “tipo choridoide”. Se caracteriza por el chlorénquima radiado, de células dispuesta en una serie, vaina mestomática presente en los haces vasculares primarios y vaina parenquimática bien desarrollada con cloroplastos.

Ambas epidermis en superficie presentan estomas rómbicos de posición intercostal con células anexas triangulares. Células silíceas de posición costal generalmente en forma de doble hacha o hacha. Células suberosas abundantes por lo general asociadas con las células silíceas. Pueden presentar papilas, verrugas, aguijones y ganchos en una o en ambas epidermis o en ninguna. Pelos bicelulares en ambas epidermis. Las células buliforme se disponen en forma de abanico con gran

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

predominio en tamaño de la célula central que penetra profundamente en el mesófilo. La presencia de glándulas salinas en las epidermis foliares de grama Rhodes es una forma de excreción con gasto fisiológico y forma adaptativa de tolerancia a la salinidad.

Descripción Histofoliar de *Chloris gayana* Kunth

Transcorte en forma de V muy abierta con costilla central conspicua, ligeramente aquillada (quilla obtusa). Cara adaxial con surcos poco profundos, cara abaxial más o menos lisa o en parte algo sinuosa (Figura 4). Epidermis abaxial con papilas (excepto el margen). Células buliforme se disponen en forma de abanico con gran predominio en tamaño de la célula central que penetra profundamente en el mesófilo.

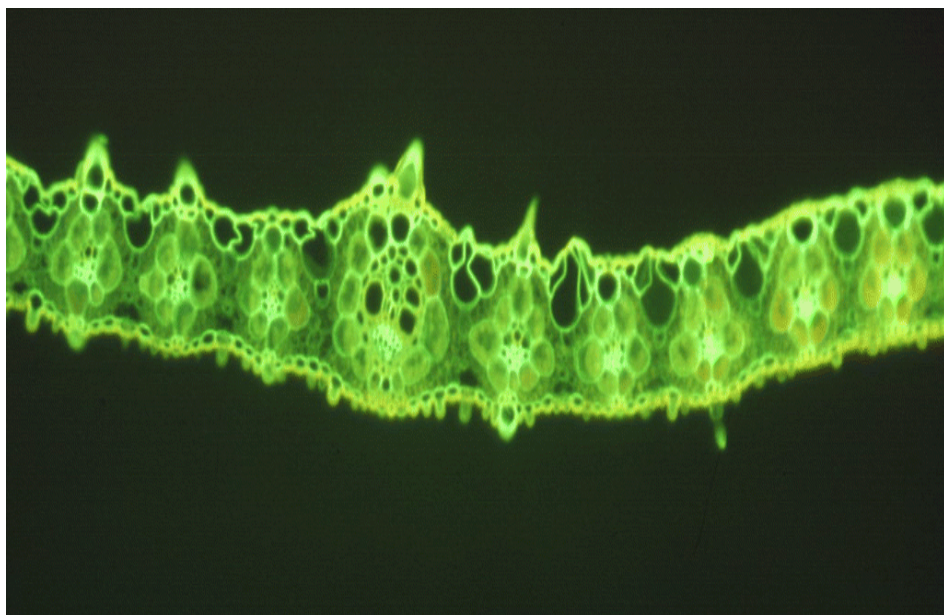


Figura 4: *Chloris gayana* Kunt. Transcorte de lámina

Costilla central con 3 haces vasculares primarios, primarios, 2 secundarios y 9-10 terciarios y numerosas células incoloras adaxiales. Total de haces vasculares 13 primarios y 59 terciarios, a veces además hay 2-4 secundarios; la vaina parenquimática de los haces terciarios es de contorno más o menos circular. El haz contiguo a la costilla central es terciario. Los haces vasculares terciarios están ubicados mas cerca de la epidermis abaxial. Los haces vasculares hacia el margen presentan abundante esclerénquima, generalmente confluyente. Parénquima incoloro en la mitad adaxial del

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

transporte excepto en la zona marginal. Son plantas C4, mega o mesotérmicas, de desarrollo estival, que viven principalmente en zonas semiáridas (Anderson, 1974; Molina y Rúgolo de Agrasar, 2004).

Una particularidad de la secreción de sales por intermedio de las glándulas de sales en las ***Chloridoideae*** es el fenómeno de selectividad de cationes. Esta se basa en la preferencia por la secreción del Na^+ sobre el K^+ (Kobayashi *et al.*, 2007; Rozema *et al.*, 1981). Donde el gradiente protónico electroquímico generado en el plasma de la membrana H^+ -ATPasa es eficientemente utilizado en la secreción de Na^+ .

La presencia de glándulas salinas en las epidermis foliares de Grama Rhodes es una forma de excreción con gasto fisiológico y forma adaptativa de tolerancia a la salinidad (Figuras 5 y 6) (Fonseca Chaves *et al.*, 2002). Sobre estas estructuras existe renovada atención (Céccoli *et al.*, 2015; Kobayashi *et al.*, 2010; Oi *et al.* 2013; Oi *et al.*, 2014) ya que constituyen uno de los caracteres sobre los cuales se basa la selección (de Luca *et al.*, 2001) y el mejoramiento para tolerancia a la salinidad.

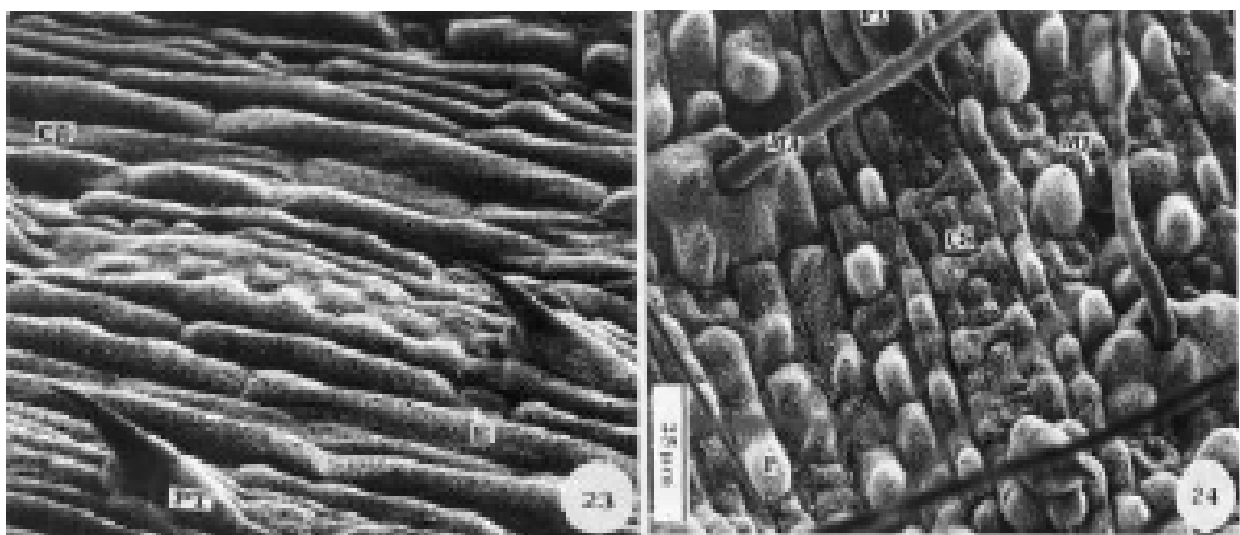


Figura 5: Izquierda Epidermis superficie adaxial Derecha: Epidermis superficie abaxial en *Chloris gayana* (Fonseca Chaves *et al.*, 2002).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

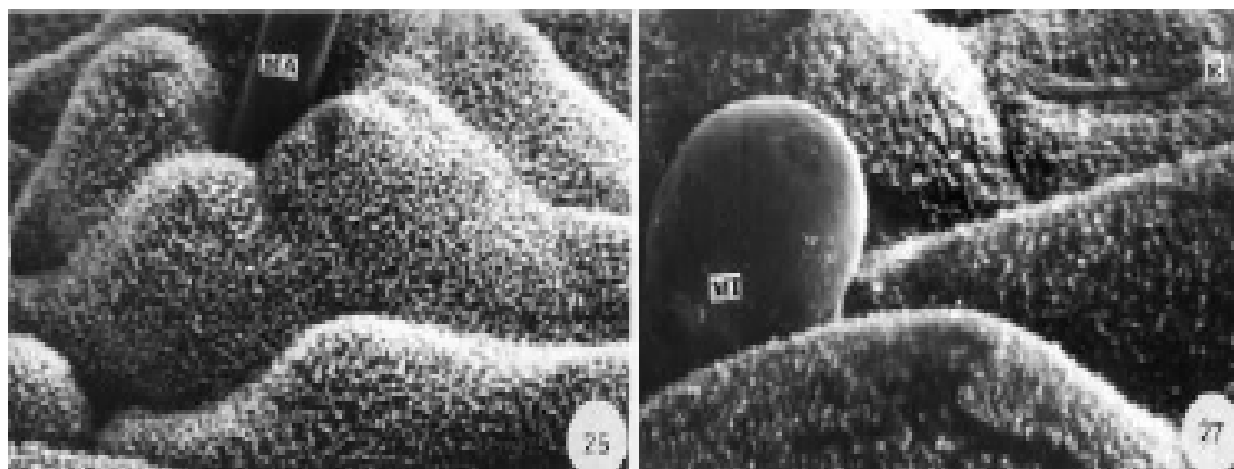


Figura 6: Izquierda Detalle de micropelo en epidermis superficie adaxial Derecha: Detalle de micropelo en epidermis superficie abaxial en *Chloris gayana* (Fonseca Chaves *et al.*, 2002).

BIBLIOGRAFÍA

1. **Anderson, D. E.** 1974. Taxonomy of the genus *Chloris* (Gramineae). *Brighan Young University Science Bulletin Biological Series* 19: 1-133.
2. **Burkart, A.** 1969. Gramíneae. Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina). *Colecc. Ci. Inst. Tecnol. Agropecu.* 6 (2): 1-551. Buenos Aires.
3. **Brown, W. V.** 1958. Leaf anatomy in grass systematics. *Botanical Gazette* 119: 170-178.
4. **Cabrera, A. L.** 1970. Gramineae. Flora de la Provincia de Buenos Aires. (Argentina). Tomo IV. Parte II. Colección Científica del INTA. Buenos Aires. 624 Págs.
5. **Céccoli, G.; J. Ramos; V. Pilatti; I. Dellaferrera; J. Tivano; E. Taleisnik y A. C. Vegetti.** 2015. Salt glands in the Poaceae family and their relationship to salinity tolerance. *The Botanical Review* 81: 162-178.
6. **Clayton, W. D. y S. A. Renvoize.** 1986. Genera Graminum Grasses of the World. *Kew Bull. addit. Ser.* 13:1-389.
7. **De Luca, M.; L. García Seffino; K. Grunberg; M. Salgado; A. Córdoba; C. Luna; L. Ortega; A. Rodríguez; A. Castagnaro y E. Taleisnik.** 2001. Physiological causes for decreased productivity under high salinity in Boma, a tetraploid *Chloris gayana* cultivar. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 903-910.
8. **Fonseca Chaves, A. L.; E. A. Monteiro da Silva; A. Alves Azevedo; M. A. Oliva Cano y K. Matsuoka.** 2002. Ação do flúor dissolvido em chuva simulada sobre *Panicum maximum* Jacq. e *Chloris gayana* Kunth. *Acta bot. bras.* 16 (4): 395-406.
9. **Kiesling, R.** 2009. Flora de San Juan. República Argentina. Volumen IV. Monocotiledóneas. Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 255 Págs.
10. **Kobayashi, H.; Y. Masaoka; Y. Takahashi; Y. Ide y S. Sato.** 2007. Ability of

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

salt glands in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) to secrete Na^+ and K^+ . *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53: 764–771.

11. **Kunth, K. S.** 1829. Révision des Graminées 1(6): 89.
12. **Kunth, K. S.** 1830. Révision des Graminées 1: 293, pl. 58.
13. **Loch, D. S.; N. F. G. Rethman y W. A. van Niekerk.** 2004. Rhodesgrass. En: Moser, L. E.; B. L. Burson y L. E. Sollenberger. (Eds.) Warm-Season (C4) Grasses. Agronomy Monograph No. 45, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, US: 833-872.
14. **Molina, A. M. y Z. E. Rugolo de Agrasar.** 2006. Flora Chaqueña (Argentina). Formosa, Chaco y Santiago del Estero. Gramíneas. Tomo I. Parte VIII. Colección Científica del INTA 23. Buenos Aires. 848 Págs.
15. **Molina, A. M. y Z. E. Rugolo de Agrasar.** 2004. Revisión Taxonómica de las Especies del Género *Chloris* (Poaceae: Chloridoideae) en Sudamérica. *Candollea* 59. Conservatoire Et Jardin Botaniques De Genève: 348-427
16. **Nicora E. G. y Z. E. Rugolo de Agrasar** .1987 Los Géneros de Gramíneas de América Austral. Ed. Hemisferio Sur .Bs As, Argentina, pp.611.
17. **Oi, T.; K. Hirunagi; M. Taniguchi y H. Miyake.** 2013. Salt excretion from the salt glands in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) as evidenced by low-vacuum scanning electron microscopy. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 208: 52-57.
18. **Oi, T.; H. Miyake y M. Taniguchi.** 2014. Salt excretion through the cuticle without disintegration of fine structures in the salt glands of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 209: 185-190.
19. **Sanchez, E.** 1971. Anatomía Foliar de las *Chlorideae* (Gramínea) Argentina. *Kurtziana* 6: 103-218. Córdoba. Argentina.
20. **Türpe, A. M.** 1975. Los Géneros de Gramíneas de la Prov. de Tucumán. (Argentina). *Op. Lilloana* XXIV. Tucumán. Argentina. 203 Pág.
21. **Zapater, M. A.; M. A. Quiroga y L. M. Califano.** 2005. Las Poáceas Silvestres y Cultivadas más Frecuentes en el Noroeste Argentino (Jujuy, Salta, Tucumán). Guía Práctica para la Determinación de Tribus y Géneros. Ed. Milor Salta. Argentina. 83 Págs.
22. **Zuloaga, F. O.; E. Nicora; Z. Rúgolo De Agrasar; O. Morrone; J. Pensiero y A. Ciadella.** 1994. Catálogo de la Familia Poaceae en la República Argentina. Missouri Botanical Garden. Buenos Aires. Argentina. 178 Págs.
23. **Watson, L. y M. J. Dallwitz.** 1922. The Grass Genera of the World. Cab. International, Wallingford. 1081 Págs.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

FOTOSÍNTESIS C3 Y C4

Dr. Agr. Juan A. Rodríguez Rey
Cátedra de Fisiología Vegetal, FAZ, UNT juanrrey@yahoo.com.ar

1. FOTOSÍNTESIS

1.1. Significación biológica y agronómica de la fotosíntesis

La fotosíntesis es muy importante para el hombre por una serie de razones: quizás la más llamativa (pero no la más importante) sea el hecho de que mediante la fotosíntesis se producen alimentos y oxígeno que son los productos finales.

La fotosíntesis es el proceso por el cual los vegetales superiores son capaces de capturar la energía lumínica y transformarla en energía química, almacenándola en compuestos orgánicos biogénicos (principalmente como hidratos de carbono, lípidos y aminoácidos) formados a partir de sustancias sencillas y de bajo contenido energético como agua y CO₂.

El paso más importante, desde el punto de vista químico en la fotosíntesis es la conversión de CO₂ y del H₂O en hidratos de carbono y oxígeno, en presencia de luz y cuya ecuación general es:



No toda la energía emitida por el sol (alrededor de 520. 10²² julios, correspondientes al 100 %), las capas superiores de la atmósfera absorben o reflejan cerca del 50 %. Las nubes reflejan entre el 20 a 25 %, las partículas atmosféricas (9 – 10 %) y, por lo tanto, es reflejada al espacio exterior. Entre un 19 – 21 % es absorbida por el vapor de agua atmosférico y las nubes; es decir, que únicamente entre un 45 a un 50 % llega a la superficie terrestre. De esta última magnitud la radiación comprendida entre 400 y 700 nm es fotosintéticamente activa (**PAR**) y comprende entre un 30 - 43 % (es decir, unos 100. 10²² julios), esto no es constante puesto que depende de varios factores como la latitud, de las superficies de reflexión, etc. lo cierto es que solamente el 60 % de este PAR es utilizado para la fotosíntesis en la producción de biomasa pero, al considerar la conversión de esta radiación en biomasa se ve que únicamente el 0.2 % del total es transformado, y la utilización en la alimentación humana es solo el 0.1 %.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La captación de la luz por parte de los vegetales depende del tipo de cultivo que se trate ya que la exposición de la hoja al sol puede ser del tipo erectófila (inserción cercana a la vertical) como en el caso del maíz donde el patrón de aprovechamiento es mayor como se muestra en la Figura 1.

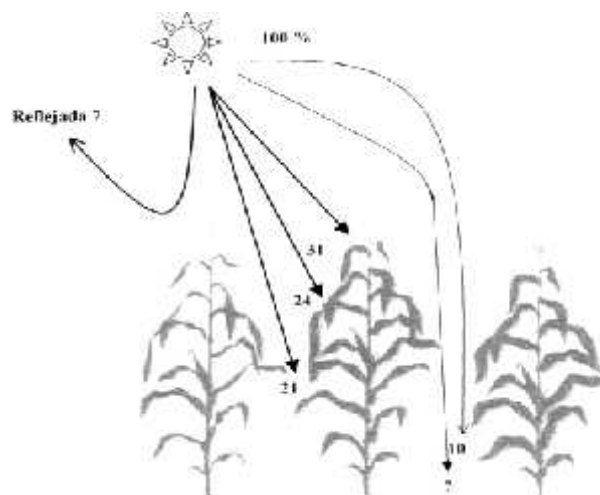


Figura 1: Absorción de luz de un cultivo con hojas erectófilas (Larcher, 1995).

En cambio sí es del tipo planófilo (inserción cercana a la horizontal) como girasol el patrón de intercepción varía y el aprovechamiento es menor. No debemos dejar de lado el hecho que el cultivo en las primeras fases de su desarrollo se encuentra con gran parte del suelo descubierto y con poca cobertura vegetal y esto es válida para los dos tipos de plantación.

Si consideramos a una hoja aislada de una planta veremos la siguiente distribución de la energía hasta la formación de carbohidratos, en la Figura 2 se observa que únicamente el 5 % de la energía solar se transforma en fotoasimilados (hidratos de carbono).

La PAR que llega a la hoja no es totalmente absorbida por esta ya que en la región del verde los pigmentos que intervienen en la fotosíntesis no son tan eficientes, como se considerará más adelante. Asimismo al absorber la luz principalmente en la región del azul y rojo provoca efectos específicos en las hojas que se encuentran en la sombra o en los estratos inferiores del tallo.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

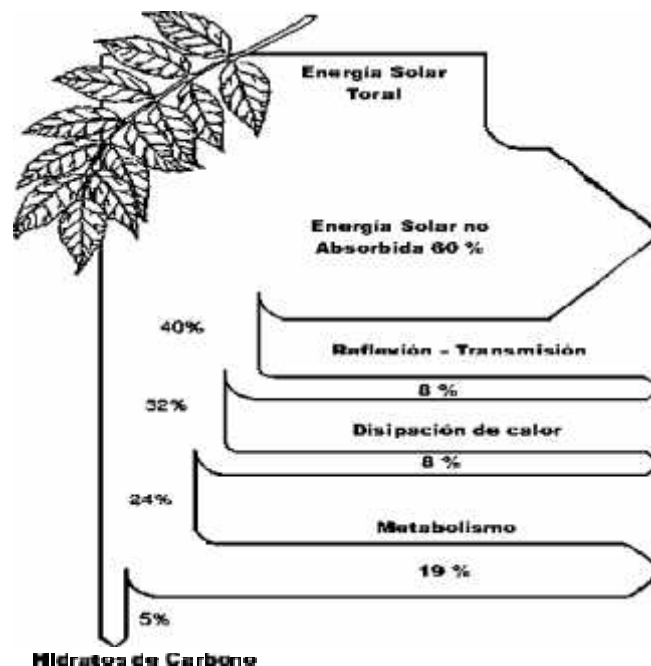


Figura 2: Conversión de la energía solar en una hoja aislada (Taiz y Zieger, 1991).

Se dijo al comienzo de este capítulo que la fotosíntesis constituye el proceso fundamental de la vida si consideramos este fenómeno en el aspecto:

❖ Biológico:

- Es un proceso mediante el cual se sintetizan compuestos orgánicos a partir de compuestos inorgánicos.
- Garantiza que la vida no llegue a su fin por falta de energía siendo el primer paso del vínculo energético que constituye la cadena trófica.

❖ Agronómico:

- Los productos de la fotosíntesis constituyen entre un 85 a 90% de la materia seca total producida por un cultivo distribuida en diferentes órganos, entre los cuales se debe considerar el de cosecha
- La agricultura es básicamente un sistema que aprovecha la energía solar a través de la fotosíntesis tratando de aumentar la captación de la luz a través de diferentes prácticas culturales (distancia de siembra, densidad de plantación, poda, entutorado, etc.).
- En la fotosíntesis ocurren procesos de interconversión de energía, de asimilación, transporte y almacenamiento de compuestos que se ven reflejados en los



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

productos cosechables. Por lo tanto la eficiencia fotosintética es de gran importancia para la producción agrícola para poder determinar el rendimiento de los cultivos.

➤ El mejoramiento genético se basa en conseguir plantas que sean más eficientes en la captación de luz, a la distribución de los fotoasimilados (productos orgánicos formados durante el proceso fotosintético) y a la partición (distribución de los fotoasimilados en el cuerpo de la planta).

1.2. Esquema general de la fotosíntesis

Esquemáticamente este complejo fenómeno de transformación de la energía radiante en química se puede resumir en:

- a. **Etapas Fotoquímica** (o Lumínica): ocurre en los tilacoides donde se encuentran pigmentos como clorofila a y b, xantofilas, carotenoides, los cuales son fotorreceptores, o sea, que absorben fotones, allí ocurre la absorción de luz y formación de NADPH_2 y ATP.
- b. **Etapas Difusiva**: que ocurre a través de los estomas, mesófilo, pared celular, etc. hasta asimilación del CO_2
- c. **Etapas Bioquímica**: ocurre en el estroma del cloroplasto ocurre la asimilación del CO_2 y en conjunto con el NADPH_2 y ATP, ocurre la formación de azúcares (triosas).

Los pigmentos están unidos a las proteínas de las membranas tilacoidales en forma no covalente formando un conjunto pigmento - proteína. La proteína cumple la función de conferir estabilidad a la molécula pigmentaria en el proceso de transferencia electrónica. Por otro lado los pigmentos accesorios, además, previenen la destrucción de la clorofila en presencia de luz y oxígeno en un proceso denominado foto oxidación Este fenómeno es debido a que los carotenoides no son capaces de emitir fluorescencia y, por consiguiente, al relajarse térmicamente la transferencia de energía hacia la clorofila no es eficiente.

La hoja entera presenta un espectro de absorción de la luz algo diferente debido a la conjunción de las clorofilas y pigmentos accesorios (carotenoides y xantofilas) que absorben en alrededor de 450 -500 nm.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Los pigmentos fotosintéticos, como se verá más adelante, se agrupan en forma de agregados multimoleculares que constituyendo los fotosistemas.

Con estos principios elementales de los pigmentos fotosintéticos estamos en condiciones de comprender lo que ocurre durante la etapa fotoquímica:

1.2.1. Etapa Fotoquímica:

Los cloroplastos constituyen el aparato fotosintético de las plantas como se señaló anteriormente. Están separados del citoplasma por una doble membrana separadas entre sí por unos 10 a 20 nm, presentan carotenoides que sirven como filtros de luz azul (Figura 3).

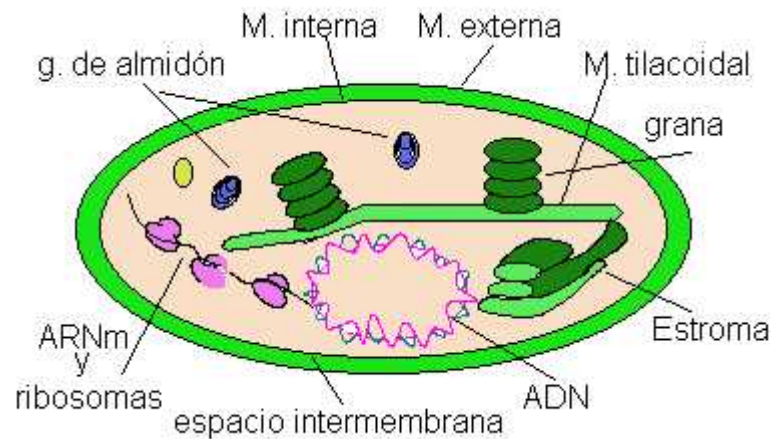


Figura 3: Esquema simplificado de un cloroplasto.

La membrana externa es muy permeable, la interna cuya permeabilidad es selectiva encierra un gran espacio central llamado estroma. En el interior de los cloroplastos se observa un tercer tipo de estructura membranosa dispuesta en forma de sacos aplanados llamados tilacoides; los tilacoides se apilan y constituyen estructuras mayores, las grana. El espacio interior o lumen de cada tilacoide se conecta en algunas zonas con el lumen de otros tilacoides, dando otro compartimiento: espacio intratilacoidal.

En los tilacoides tienen lugar las reacciones de la fase fotoquímica. Allí se encuentran los pigmentos que captan la energía solar, la cadena transportadora de electrones que participa en la obtención de NADPH y los del complejo ATPasa capaz de catalizar la formación de ATP a partir de ADP + Pi, además de proteínas especiales



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

que se encargan que los pigmentos fotosintéticos agrupados se puedan unir a la membrana tilacoidal.

La luz absorbida por los pigmentos fotosintéticos solamente puede ser utilizada en este proceso. Los fotones de luz son capturados en los cloroplastos en unidades fotosintéticas denominadas antenas (conjunto de pigmentos que colectan la energía) constituidas por clorofila *a* y *b* (unas 200 moléculas) y carotenoides, estos pigmentos al absorber la luz modifican su energía (adquiere energía vibracional) y, por consiguiente, sus electrones son capaces de pasar a niveles energéticos más elevados. La molécula excitada altera el campo eléctrico en su proximidad perturbando a los electrones del otro átomo que se encuentra cercano al primero. Estas clorofilas tienen un pico de absorción distinto lo cual hace posible la transferencia de energía de excitación de molécula a molécula de tal forma que pueda ser canalizada hacia una de menor energía de excitación. Cuando la energía disponible se encuentra en exceso en la molécula excitada y es igual a la energía que puede ser aceptada por la segunda molécula se dice que ambas se encuentran en resonancia. Cuando esto ocurre la energía se puede transmitir de una molécula a otra. Si vuelve a su estado normal genera una liberación de energía aprovechado por el sistema fotosintético o disipada como fluorescencia que es una forma de perder el exceso de energía recibido o como fosforescencia de acuerdo la velocidad en que este proceso ocurra.

Las antenas se denominan **LHCI** (Light Harvesting Complexes) están unidas al Fotosistema I cuya molécula de menor energía de activación se denomina **P700**, debido a que la máxima absorción se da a los 700 nm. Esquemáticamente se puede observar en la figura 10 el funcionamiento del Fotosistema I.

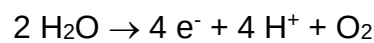
Las antenas **LHCII** están unidas al Fotosistema II a través del **P680** (su máxima absorción se registra a los 680 nm). Ambas moléculas actúan capturando el excitón. Estos fotosistemas funcionan en serie por lo que son cooperantes y en cada uno se realiza un fotoacto que es la incidencia de un fotón que excita su centro de reacción.

El fotosistema II cuyo centro activo es el P680 está constituido por dos dímeros, constituyendo así la unión de 4 moléculas de clorofila, recibe de su antena la energía de activación y se excita y transfiriendo su electrón (la transferencia es de $15 \cdot 10^{-3}$ s o menor) a la feofitina (Feo) que químicamente es una clorofila sin magnesio,



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

posteriormente pasa al sistema de quinonas (Q_A y Q_B) que son fija y móvil respectivamente. Entre estas se ha detectado la presencia de un átomo de Fe^{2+} no hémico que guía a los electrones entre ellas. El poder reductor pasa de esta forma a las plastoquinonas (PQ) que “viajan” a nivel de membrana tilacoidal. Estas plastoquinonas realizan la compartimentalización de H^+ en el interior del lumen pues están unidas a proteínas del tipo transversal y para su reducción necesitan el concurso de H^+ provenientes del estroma.



No solo el Mn es necesario para la fotólisis del agua también se ha visto que el Cl⁻ y el Ca^{2+} están involucrados en este proceso. Los electrones tomados del agua por el fotosistema II son conducidos hacia el fotosistema I mediante reacciones de oxidorreducción que tienen lugar entre los dadores y aceptores de electrones localizados asimétricamente en la membrana tilacoidal que constituyen la cadena fotosintética de transporte de electrones (Figura 4)

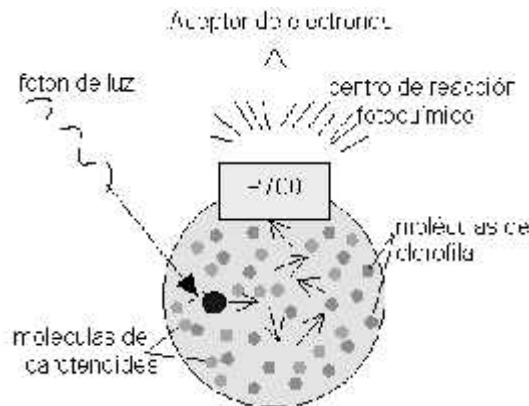
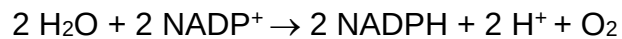


Figura 4: Esquema de antena-centro de reacción

En el pigmento P700 (que es un dímero de clorofilas a) se realiza el verdadero acto fotoquímico, en el cual la energía de excitación se utiliza para trasladar un electrón de P700 (que se oxida) a un aceptor A_o (que también es una clorofila del tipo a). El compuesto A_o reducido cede su electrón a la vitamina K1 (denominada A_1), la cual a su vez transfiere su poder reductor a A_2 , A_3 o A_4 desde allí los electrones pasan a la Fd (ferredoxina) y de ésta al NADP reduciéndolo, estequiométricamente:



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



La ubicación espacial de estos componentes se puede ver en la Figura 5.

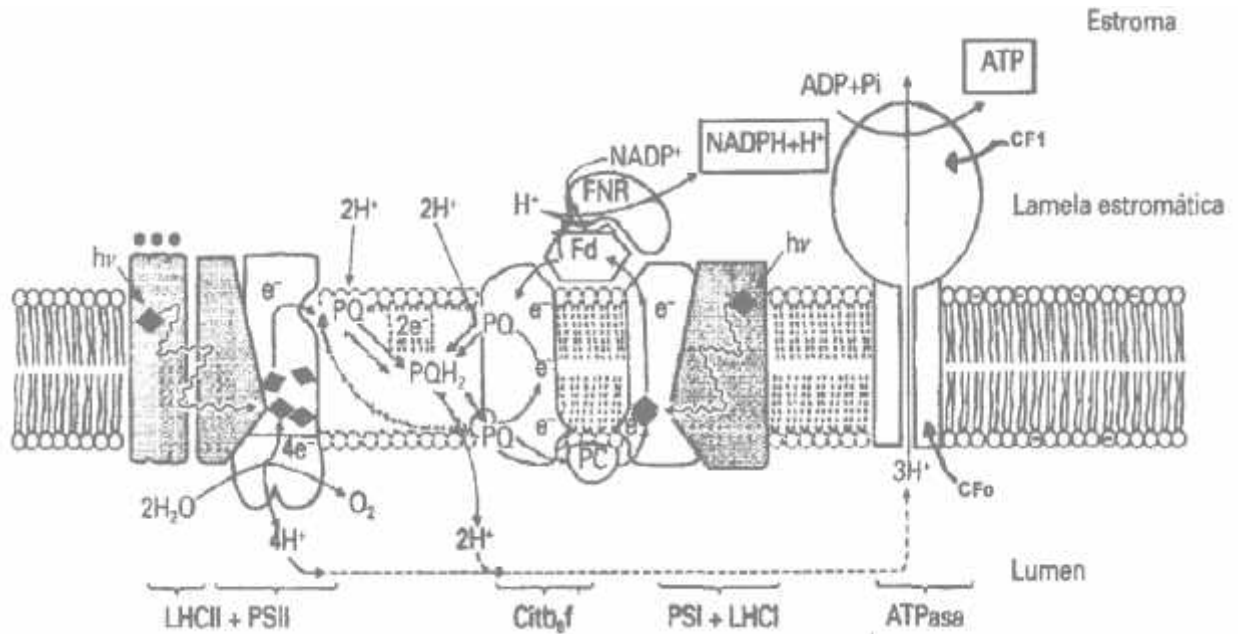
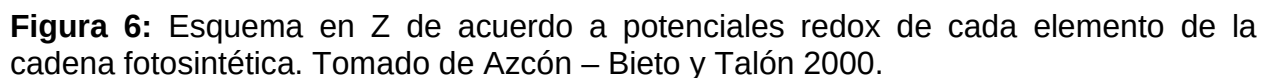
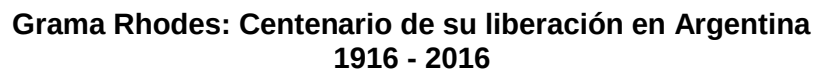


Figura 5: Ubicación de los Fotosistemas I y II en la membrana tilacoidal modificado de Azcón – Bieto y Talon, 2000.

Todos estos compuestos tienen potenciales redox definidos que permiten el pasaje de electrones formando la cadena transportadora de electrones. Si ordenáramos estos compuestos según su potencial redox obtendríamos el denominado esquema en Z (Figura 6).



De la Figura 6 se puede ver que existen dos tipos de caminos que pueden tomar los electrones el acíclico o lineal es aquel que abarca desde el agua al NADP^+ , no debemos olvidar que este compuesto necesita de 2e^- y un H^+ para poder reducirse a NADPH, además, por esta vía se forman 2 ATP. Aquí vale la pena detenerse un momento para considerar el papel de la FNR (ferredoxina nitrito reductasa) que está implicada, como se verá con posterioridad en el metabolismo del nitrógeno.

El camino cíclico es el que toman los electrones cuando la capacidad de transferencia de la Fd es superada y retorna al cit b_6 . Este último camino permite la obtención de ATP sin la necesaria generación de poder reductor bajo la forma de NADPH.

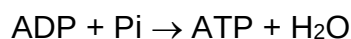
También se ha descrito una segunda vía cíclica a nivel del fotosistema II como se muestra en la Figura 6. El citocromo b_{559} está dispuesto como un componente transmembrana a nivel tilacoidal lo que podría estar involucrado también en el almacenaje de protones en lumen.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Hasta el momento se ha considerado únicamente la generación de poder reductor, ahora pasamos a examinar como ocurre la producción de ATP fenómeno conocido como fotofosforilación.

Como resultado de la reducción del sistema de quinonas $2H^+$ fueron incorporados al lumen del cloroplasto. Además, tenemos que sumar a estos $2H^+$ los cuatro generados durante la fotólisis del agua. Esto genera una gran diferencia de potencial electroquímico con el estroma lo cual aprovechado por la enzima ATP sintasa (ATPasa) para efectuar la reacción siguiente:



Para que esta reacción ocurra se requiere la salida de 3 H^+ ($\Delta G = -15.2 \text{ kcal. mol}^{-1}$) lo cual es superior a la necesaria para la síntesis de 1 ATP, $\Delta G = 13 \text{ kcal. mol}^{-1}$) a través de la ATPasa. La ATPasa se encuentra ubicada en la membrana tilacoidal, junto con los compuestos intermediarios del transporte de electrones. Está formada por un componente hidrofóbico intrínseco de la membrana tilacoidal (**CF₀**) que es un verdadero canal protónico y por un componente extrínseco, el factor acoplante es una proteína extrínseca (**CF₁**) orientado hacia el estroma en la zona de los tilacoides no apiladas es una porción muy afectada al frío. Este verdadero fenómeno de compartimentalización se ve acentuada por la impermeabilidad de las membranas tilacoidales a los protones. La eficiencia de este proceso según Gil Martínez (1994) determinado como acumulación de poder reductor (NADPH) y ATP es del 38 %.

Importancia Agronómica de los Estudios de la Reacción Lumínica.

Existe un tipo de herbicidas que actúan sobre el flujo de electrones ya sea como en el caso del Paraquat (metil violágeno) que interrumpe en el pasaje entre Fd y el $NADP^+$ (en realidad el Paraquat actúa aceptando los electrones y reacciona con el oxígeno para dar radicales superóxidos letales para el cloroplasto) y el DCMU (Dicloro Metil Urea) que actúa a nivel de las quinonas. El grupo de las triazinas como simazina y atrazina parecen actuar en el mismo paso.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Ciertos herbicidas a base de triazinas, como la simazina y atrazina bloquean el transporte de electrones entre Q_A y Q_B . El maíz y el sorgo son tolerantes a las triazinas, pero no así a los derivados de la urea; ya que contienen enzimas que detoxifican dichos compuestos. Los herbicidas como el diquat y paraquat (gramoxone), actúan inhibiendo el flujo de electrones entre la ferredoxina y el NADP, y reduce el oxígeno a un radical superóxido (O_2^-), que produce la pérdida de la actividad de los cloroplastos.

1.2.2. Etapa Difusiva

Las leyes de Fick expresan lo que ocurre en una difusión libre:

$$\frac{n_j}{t} = -D_j \frac{\Delta C_j}{\Delta x}$$

n_j es la cantidad de sustancia que difunde, t es el tiempo en que esta difusión ocurre, D_j es el coeficiente de difusión de la especie j , ΔC_j es el gradiente de concentración que ocurre al considerar la distancia Δx .

El flujo de una sustancia J_j es igual a n_j/t la ecuación anterior quedaría:

$$J_j = -D_j \frac{\Delta C_j}{\Delta x}$$

Se expresa en $\text{mol} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, al considerar un área diferente de 1 se deberá incorporar en la fórmula.

De esta misma fórmula se puede derivar la segunda ley de Fick que tiene en cuenta la ecuación de continuidad de la difusión, cuya complejidad matemática esta fuera del alcance de este libro. Pero, expresa que el tiempo para la difusión incrementa con el cuadrado de la distancia a atravesar:

$$x_e = \sqrt{4D_j t_e}$$

x_e es la distancia considerada y t_e es el tiempo.

La difusión que ocurre durante la incorporación del CO_2 , sustrato principal de la fotosíntesis, desde el medio externo hasta los sitios de carboxilación o fijación ubicados



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

en los cloroplastos o en las zonas de concentración como se verá más adelante, se podría decir que es una etapa principalmente física.

Se podría expresar este proceso con la siguiente ecuación:

$$J_{\text{int CO}_2} = \frac{[CO_2]_{\text{aire}} - [CO_2]_{\text{cloropl.}}}{r_a + r_m + r_{cl}}$$

r_a es la resistencia de la capa límite que es una capa fina de aire relativamente quieto que rodea a la hoja; r_m la del mesófilo y r_{cl} dada por el cloroplasto (que a su vez posee otros componentes). El flujo (J_{int}) de CO_2 hacia el interior se expresa en $\text{mol. cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. En esta ecuación no se considera la resistencia cuticular (r_c) porque es muy grande comparada con las otras.

La **capa límite de la hoja (r_a)** es una capa sin turbulencia, posee movimiento laminar dado por la adhesión del aire a la hoja. El aire, como se verá con posterioridad hace variar su espesor y, por consiguiente, los valores de la resistencia tienden a disminuir cuando la velocidad del viento aumenta hacia 3 a 5 m s^{-1} ; la temperatura de la hoja también puede hacerla variar al provocar turbulencias, el tamaño de las hojas también tiene importancia y por supuesto si son acanaladas o poseen pelos en su superficie. Matemáticamente se puede expresar el valor de la capa límite como:

$$r_a = 1,3\sqrt{l/v_v}$$

donde l es el ancho de la hoja y v_v es la velocidad del viento.

Resistencia estomática (r_e): está relacionada hiperbólicamente con el grado de apertura ostíolar, movimiento regulado fisiológicamente y asociado a la ocurrencia de condiciones ambientales e intrínsecas más o menos favorables, por consiguiente, estamos en presencia de una resistencia variable. Es mínima o nula cuando los estomas están completamente abiertos y máxima cuando los estomas están cerrados. Esto nos señalan que existe en estas dos situaciones gradientes de concentración diferentes, durante el día el gradiente de concentración por la carboxilación de la Ribulosa 1-5 difosfato es favorable al interior de la hoja, durante la noche esta condición desaparece y al acumularse el CO_2 del interior del mesófilo difunde a través de las células de la epidermis y de la cutícula. La apertura estomática está siempre



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

oscilando entre la apertura y el cierre y no todos los estomas tienen simultáneamente el mismo grado de apertura, esto es más evidente cuando las plantas por cualquier motivo están en situación de estrés. La resistencia estomática toma valores mínimos en las plantas que están sometidas a la luz directa que a la sombra. En las plantas C3 cuando los estomas están completamente abiertos su valor es más bajo que las resistencias del mesófilo. En las C4 las resistencias internas son pequeñas y la apertura ostíolar puede ser limitante a la difusión interna del CO₂.

La resistencia estomática es preponderante sobre las otras, debido a su característica de ser variable por lo que su determinación es compleja y se prefiere entonces expresar el flujo de CO₂ hacia el interior englobando todas las resistencias de la siguiente manera:

$$J_{CO_2} = -D_j \frac{\Phi_{C_j}}{\Phi_X}$$

Aplicando la ley de Fick teniendo en cuenta el número de estomas (***n***), el área media del ostíolo (***a_{os}***), el espesor de la hoja (***Φ_{es}***) tendríamos:

$$J_{CO_2} = \frac{D_j \Delta C_{jes}}{\Phi_{es} n a_{es}}$$

esto indica la movilidad del CO₂ por unidad de área foliar.

Otra derivación de la ley de Fick sería:

$$J_j = \frac{(C_{j1} - C_{j2})x}{D_j} \quad \text{o sea:} \quad J_j = \frac{\Delta C_j}{r}$$

si consideramos que al coeficiente de difusión ***D*** en una distancia ***x*** es una resistencia a la difusión.

Si nosotros tenemos en cuenta la conductancia estomática (***1/r_e***) y la del mesófilo de la hoja (como se verá más adelante) su determinación se hace más fácil ya que el flujo de CO₂ hacia el interior es directamente proporcional a la tasa fotosintética (***A***), siempre y cuando la irradiancia no sature al sistema fotosintético, de tal forma que :

$$J_{CO_2} = A = g_{CO_2} \cdot (C_2 - C_1)$$

Resistencia del mesófilo de la hoja (*r_m*): en realidad esta resistencia posee varios componentes. Está dada por la resistencia a la difusión que imponen los espacios



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

intercelulares, las paredes celulares (r_w), las membranas celulares (r_{pl}), el citoplasma (r_{cit}) y la resistencia a la fijación de CO_2 por acción enzimática (denominada resistencia la carboxilación r_{cx}), también puede ocurrir la resistencia a la excitación (r_{exc}) como consecuencia de la carencia de energía y poder reductor en las primeras etapas de la fijación del CO_2 . Hasta las paredes celulares el CO_2 se transporta en forma gaseosa. A partir de la pared de las células mesofílicas el CO_2 se disuelve en agua y se transporta como HCO_3^- .

La relación $CO_{2\text{ int}} / CO_{2\text{ ext}}$ en condiciones normales de fotosíntesis es de 0,7 lo que asegura la difusión hacia el interior de la hoja.

1.2.3. Etapa Bioquímica

1.2.3.1. Asimilación del CO_2 en Plantas C3: Ciclo de Calvin y Benson

El CO_2 que vence el sistema de resistencias se encuentra, como se dijo anteriormente, bajo la forma de HCO_3^- , de esta manera no puede ser utilizado por la enzima Ribulosa 1-5 bífosfato carboxilasa / oxigenasa (Rubisco) encargada de su asimilación, que se encuentra localizada en el estroma del cloroplasto y únicamente acepta como sustrato al CO_2 . El HCO_3^- por acción de una enzima, la anhidrasa carbónica, es catalizado hasta CO_2 de tal manera que pueda ser tomado por la Rubisco.



En las plantas superiores puede actuar en forma dual (plantas C4) como es el caso de *Chloris*. La formación de HCO_3^- a nivel de cloroplasto es una forma rudimentaria de almacenamiento de CO_2 .

La única ruta metabólica que poseen las plantas para la fijación neta (asimilación) de CO_2 y que conduce a la incorporación del carbono en hexosas se conoce como el ciclo de Calvin – Benson o bien como el ciclo fotosintético de reducción del CO_2 (CFRC), no solamente es un ciclo para la síntesis de glúcidos sino es el punto de partida para la de lípidos y aminoácidos. Este ciclo es autocatalítico, es decir, que a medida que funciona incrementan sus intermediarios y por ende la asimilación de CO_2 . Es un ciclo con una alta eficiencia termodinámica (alrededor del 90 %). Para una mejor comprensión de la sucesión de reacciones de la etapa bioquímica se prefiere



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

ordenarlas en las siguientes fases: a- Carboxilación, b- Reducción, c- Regeneración del aceptor y d- Síntesis de productos (Figura 7)

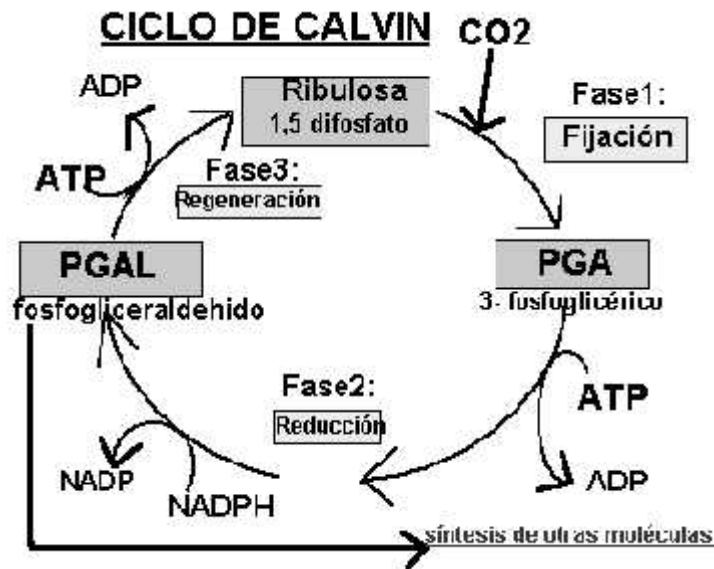


Figura 7: Esquema simplificado del ciclo de Calvin - Benson (CFRC).

a) Fijación o Carboxilación

El aceptor primario del CO_2 es un azúcar de 5 átomos de carbono: Ribulosa 1~5 bifosfato, reacción catalizada por la Ribulosa 1-5 difosfato carboxilasa / oxigenasa (**Rubisco**). Es la enzima más importante en la naturaleza y constituye alrededor del 50 % de la proteína total del cloroplasto. Es importante, por lo que veremos más adelante señalar que el K_m para el CO_2 es del orden de $12 \mu\text{M}$, en cambio para el oxígeno es de $250 \mu\text{M}$, lo que demuestra una mayor afinidad por el CO_2 (en condiciones normales su actividad carboxilativa es 3 a 5 veces mayor). El compuesto de 6 átomos de carbono formado, rápidamente se hidroliza en dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico. Este compuesto de 3 átomos de carbono es el primer compuesto donde se detecta la fijación de CO_2 , de allí que a este tipo de plantas se las conozca como plantas C_3 . En el caso que la Rubisco actúe como oxigenasa dará lugar al fenómeno de fotorrespiración (Figura 8).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

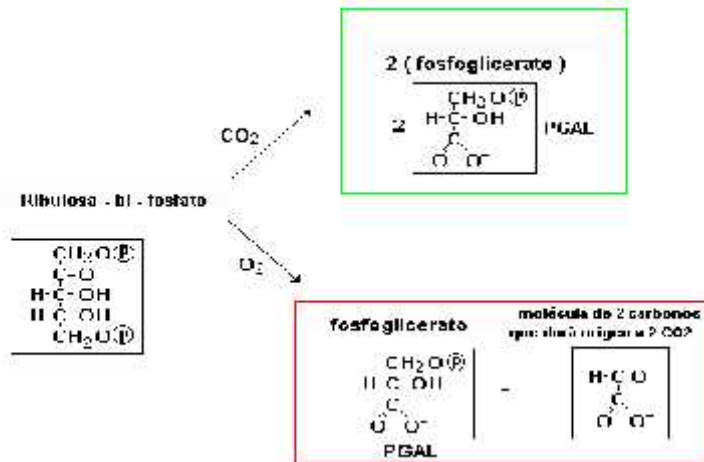


Figura 8: Reacción de Rubisco según actúa como carboxilasa u oxigenasa

b) Reducción:

Luego el ácido 3-fosfo-glicérico pasa a ácido 1-3 difosfo-glicérico por medio del consumo de una molécula de ATP y luego es reducido por el NADPH hasta el nivel de gliceraldehído-3 fosfato.

c) Regeneración del aceptor de CO₂:

En la fase de regeneración los átomos de carbono de las triosas fosfato se reagrupan para regenerar al aceptor del CO₂, la Ribulosa 1-5-difosfato (Ribulosa 5 fosfato a través del consumo de una molécula de ATP pasa a Ribulosa 1-5-difosfato, para de esta manera recomenzar el ciclo. Algunas enzimas de esta parte del ciclo necesitan Mg²⁺ y tienen su óptimo a un pH alcalino.

d) Síntesis de nuevos compuestos:

Las triosas fosfato participan en la obtención de los productos de la fotosíntesis para la producción hexafosfato u otros productos biogénicos tales como aminoácidos (valina, isoleucina, leucina y lisina), ácidos grasos, hormonas (ácido abscísico y giberelinas). La mayor parte de los productos dejan los cloroplastos para incorporarse a los sitios de demanda. Este ciclo al ser autocatalítico produce más intermediarios que los necesarios para su funcionamiento.

Todo el ciclo de Calvin se encuentra coordinado perfectamente de acuerdo al esquema que se muestra en la Figura 7. Además de la reacción catalizada por la Rubisco, las que son catalizadas por fosfatasa con la liberación de Pi, y la



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

correspondiente a la de la Ribulosa 5 P quinasa son las enzimas que permiten que el ciclo este se desplace hacia la síntesis del aceptor.

La luz ejerce un poder regulador sobre el ciclo de Calvin, es así que la reacción catalizada por la Rubisco es activada indirectamente por la luz; en cambio las enzimas gliceraldehído 3 fosfato deshidrogenasa, fructosa 1-6 difosfatasa (aunque también se ha postulado un mecanismo indirecto), sedoheptulosa 1-7 difosfato y la Ribulosa 5 fosfo quinasa son activadas en forma directa, estas enzimas tienen la particularidad de poseer en su centro activo un grupo SH provenientes de la cisteína que de acuerdo al siguiente mecanismo LEM (Mediador del Efecto Lumínico) que transfieren electrones desde el agua para efectuar la reducción de acuerdo al esquema de la Figura 9.

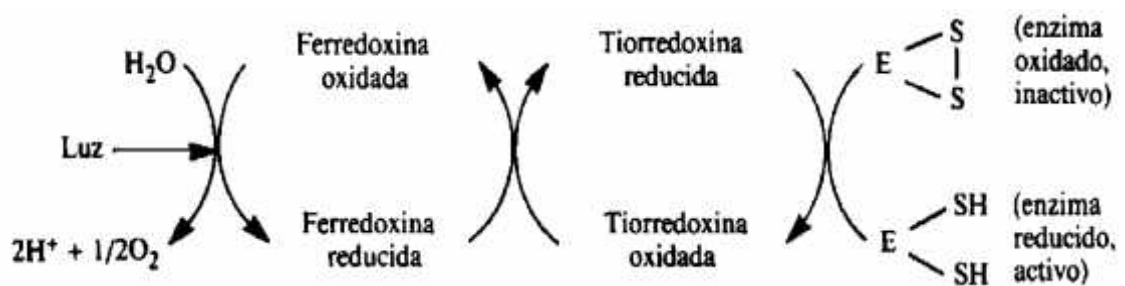


Figura 9: Mecanismo de activación enzimática a través de la luz por el mecanismo LEM. Modificada de Azcón-Bieto y Talón (2000).

Otro sistema regulatorio empleado en el ciclo de Calvin es el CO_2 y el Mg^{++} , nos estamos refiriendo al CO_2 que no es sustrato de la enzima. Ocurre durante la activación de la enzima Rubisco por una proteína cloroplástica la Rubisco activasa en la formación del complejo Rubisco - RuDp.

No solamente las enzimas mencionadas son fotomoduladas en el ciclo de Calvin sino también en forma indirecta por los llamados efectores ATP y NADPH que son producidos en la luz, tal es el caso de la enzima fosfo gliceraldehído deshidrogenasa.

Un esquema del sistema de activación – inactivación producido por la luz – oscuridad se puede ver en la Figura 10. Por consiguiente, la antigua denominación de reacción oscura es hoy a la vista de los conocimientos actuales es inconsistente. Este fenómeno de activación - inactivación enzimática nos manifiesta una determinada



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

estrategia que desarrollan los vegetales a fin de “economizar” energía en la síntesis enzimática.

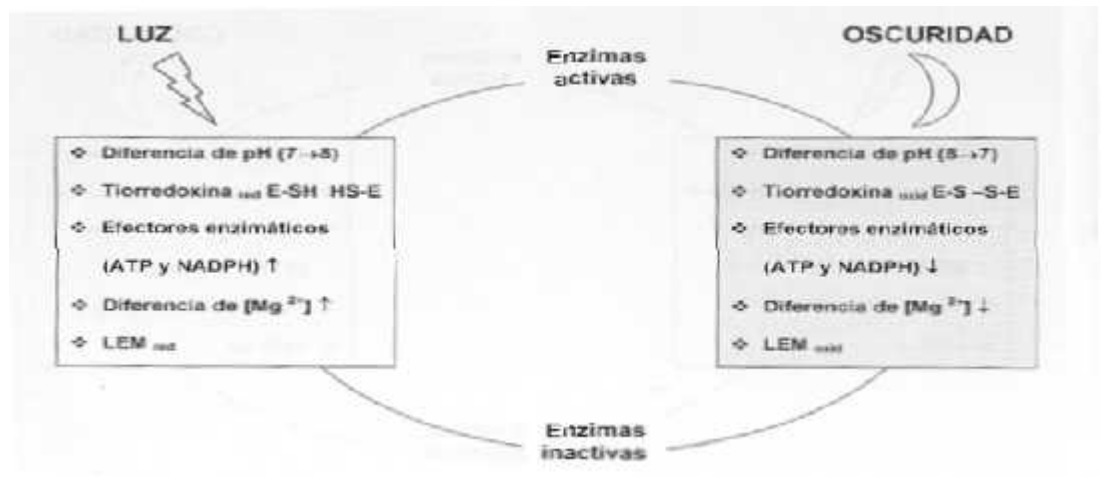


Figura 10: Activación - Inactivación por la luz en enzimas del ciclo de Calvin.

También es importante la relación CO_2/O_2 , debido a la diferencia de solubilidad de estos gases, la relación decrece con la temperatura de tal forma que a temperaturas altas la capacidad oxigenasa sea más eficiente a temperaturas mayores. Por consiguiente, la fotorrespiración será mayor a temperaturas elevadas.

El balance energético de la asimilación del CO_2 en las plantas C_3 se desprende del análisis del ciclo de Calvin y se puede resumir en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Balance energético en las plantas C_3 . Modificada de Taiz y Zieger, 1991.



Asimilación de CO_2 en Plantas C_4 : Ciclo de Hatch-Slack

Este tipo de plantas tienen como primer producto de la fijación del CO_2 (carboxilación) un compuesto de cuatro átomos de carbono (ácido oxalacético).

A nivel de citoplasma de las células del mesófilo ocurre un primer ciclo acumulador de CO_2 que es el ciclo de Hatch y Slack en el cual realiza una fijación transitoria del CO_2 sintetizándose ácidos de cuatro carbono que le da el nombre a la vía (C_4). Luego en el ciclo del Calvin Benson que ocurre en el estroma de los cloroplastos



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

de las células de la vaina previa descarboxilación de los compuestos formados en el ciclo de Hatch y Slack, se realiza la asimilación del CO_2 . Esto está relacionado con las diferencias anatómicas que existen en este tipo de plantas que son denominadas estructura Kranz (corona) lo cual se puede ver en la Figura 11.

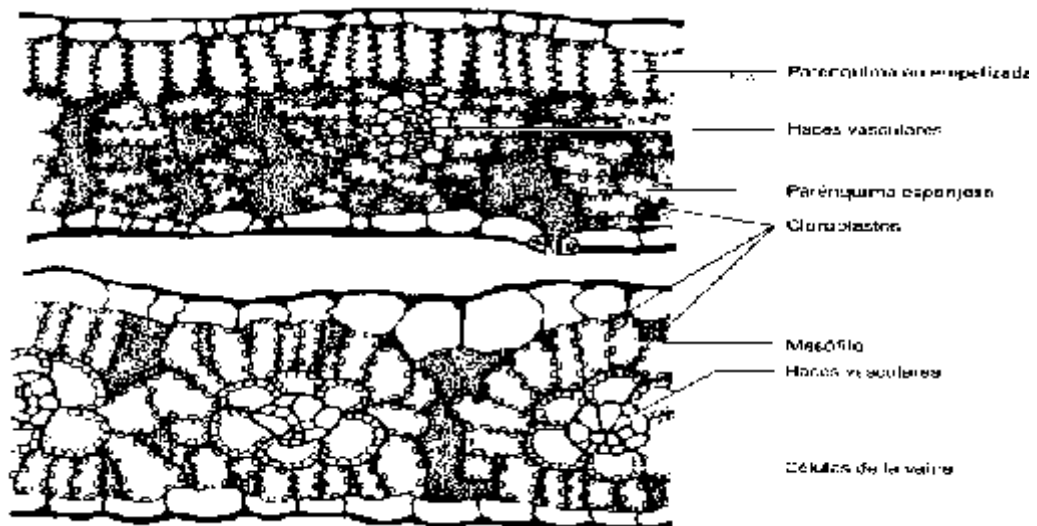


Figura 21: Diferencias anatómicas entre plantas C3 (diagrama superior) y C4

Las plantas C4 como se puede visualizar en el esquema anterior tienen dos tipos de células que poseen cloroplastos, las del mesófilo y las de la banda perivascular. Esto conlleva la existencia de dos tipos de cloroplastos, el mesofílico que es el típico cloroplasto con abundantes grana no contiene almidón, una característica importante en estos cloroplastos es que no se ha podido demostrar la presencia de la enzima ribulosa difosfato carboxilasa. En cambio los de la vaina perivascular tienen grandes granulos de almidon y pocas grana y tiene la característica de ser deficiente en Fotosistema II, pero si poseen la enzima Rubisco. Esto significa que a la luz el desprendimiento de O_2 es nulo (Figura 12)

En el citoplasma el fosfoenolpiruvato (PEP) fija el CO_2 por medio de una enzima de fijación en el carbono β llamada PEP carboxilasa y tiene como sustrato el HCO_3^- . Paso seguido el oxalacetato se reduce a malato por acción del NADPH citoplasmático. O por acción del glutamato forma aspartato.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

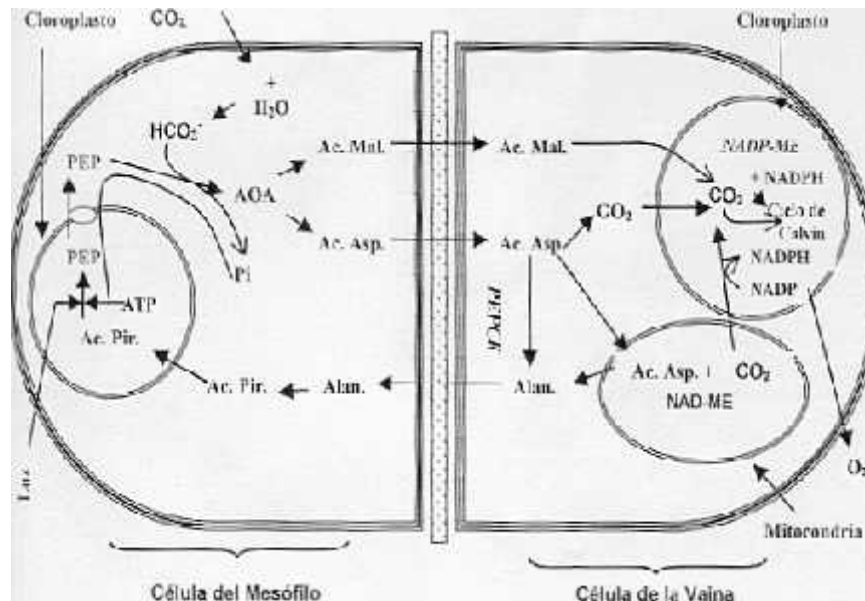


Figura 12: Esquema simplificado de la vía C4 entre las células del mesófilo y de la vaina.

Estos compuestos se dirigen por los plasmodesmos hacia las células de la vaina en donde ocurrirá la descarboxilación. Esta descarboxilación puede llevarse a cabo en los cloroplastos por acción de la enzima málica NADP+ dependiente (**NADP-ME**); en las mitocondrias por la enzima málica NAD dependiente (**NAD-ME**) o bien en el citoplasma por la PEP carboxiquinasa (PEPCK).

En las plantas del tipo **NADP-ME** el ácido málico al sufrir la descarboxilación produce NADPH. Esto provoca como consecuencia los siguientes fenómenos fundamentales:

- La concentración de CO_2 a nivel de Rubisco implica una mayor actividad carboxilasa en desmedro de la actividad oxigenasa (fotorrespiración).
- Además, subsana parcialmente la deficiencia de FOTOSISTEMA II.
- El HCO_3^- inhibe esta reacción, por lo tanto ejerce un poder regulador de la concentración de CO_2 en la vaina.
- El piruvato retorna al mesófilo para completar su ciclo.

Los otros dos tipos de plantas en donde no hay transferencia de poder reductor hay generación de O_2 lo que supone una menor eficiencia de Rubisco en el proceso de carboxilación. Estas plantas utilizan al ácido aspártico como proveedor de CO_2 realizan



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

la reacción inversa, es decir, metabolizan el ácido aspártico nuevamente hacia oxalacético y es último compuesto es descarboxilado y su porción de tres carbonos retorna bajo la forma de alanina, en cambio en las NADP-ME lo hace como piruvato regenerándose en las células el mesófilo el aceptor de CO₂ (Cuadro 2).

Cuadro 2: Plantas C₄, enzimas y actividad fisiológica-

Enzima actuante	Sustrato	Lugar de descarboxilación	Compuesto que regresa al citoplasma	Especie tipo
PEPCK	Ac. Aspártico	Citoplasma	Alanina/Piruvato	Eriochloa sanguinalis
NAD-ME	Ac. Aspártico	Mitocondrias	Alanina	Mijo
NADP-ME	Ac. Málico	Cloroplasto	Piruvato	Maíz, caña de azúcar, sorgo.

Es importante destacar que ninguna especie C₄ realiza solamente una vía de las descritas pero si hay una que predomina sobre las demás.

Al considerar los diferentes compartimientos implicados en la descarboxilación en cada tipo de plantas se debe tener en cuenta las diferencias internas que actúan, es así que la resistencia en una planta cuya descarboxilación ocurre en el cloroplasto mismo (NADP-ME) no es igual a la que ocurre en las mitocondrias o en citosol donde el CO₂ debe ingresar al ciclo de Calvin, esto por supuesto también influye en la eficiencia fotosintética de cada tipo de planta.

Al examinar la diferencia espacial en las plantas C₄ entre los compartimientos en los que se realiza este tipo de fotosíntesis debemos tener en cuenta los mecanismos de transporte que se ponen de manifiesto. En el cloroplasto del mesófilo se ha sugerido un transportador de intercambio PEP / Pi que regularía la formación del compuesto aceptor. El transporte entre las células del mesófilo y de la vaina (una distancia aproximada de 55 μ) se considera que el mecanismo predominante es la difusión a través de los plasmodesmos que son muy abundantes entre estos dos tipos de células. Debido a la cantidad de ácidos actuantes se debe considerar los potenciales electroquímicos de ambas células como mecanismo diferencial para el transporte. El



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

transporte desde las células de la vaina hasta el floema se supone que sería del mismo tipo que en las C3.

Hay un aspecto importante a considerar y es la activación lumínica de la enzima piruvato - fosfoquinasa, además, la PEPcase y la NADP malato deshidrogenasa (esta última por medio de un sistema tiorredoxina) también lo son. Pero además de la regulación lumínica existe otro tipo de regulación la cual es realizada por sus propios productos derivados de la reacción que ellas catalizan (feedback) entre las cuales tenemos la PEPcase (inhibida por AOA), la piruvato - fosfodiquinasa (inhibida por PEP). Asimismo la enzima PEPcase tiene asociada una proteina - quinasa (activada en la oscuridad) por lo que a la noche degrada a la PEPcase lo que significa la existencia de un sistema de activación luz / oscuridad por medio de la síntesis o degradación de la enzima. El ácido abscísico (una hormona vegetal relacionada al estrés) también activa a la PEPcase sin que exista una explicación concluyente de su accionar.

Como se vio, que por cada molécula de CO_2 que es fijada en el PEP son necesarias, 2 moléculas de ATP. Como se vio anteriormente el balance energético en el ciclo de Calvin por triosa formada son necesarios 15 ATP, esto es si se considera en forma general, al considerar cada tipo de plantas vemos que las NADP-ME requieren 2 ATP y 1 NADPH; las del tipo NAD-ME y PEPCK necesitan únicamente 2 ATP. Se puede ver que energéticamente las plantas C4 son menos eficientes que la C3, pero su ventaja está en la reducción de la fotorrespiración como se vio anteriormente.

La enzima PEP carboxilasa, la NADP-ME y la regeneración del PEP por la piruvato ortofosfato dikinasa son influida por la intensidad de luz. La NADP-ME es regulada por la el sistema de tiorredoxina ya descripto.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

1.2.3.1.1. Diferencias Entre Vías de Fijación C3 Y C4

Las principales diferencias entre plantas C3 y C4 se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Características sobresalientes diferenciales entre plantas C3 y C4.

Características	C ₃	C ₄
Especies típicas	Cebolla, trigo, tomate, papa, soja, arroz, tabaco, etc.	Maíz, Caña de azúcar, Sorgo, Chloris, Pasto ruso, Amarantos, Forrajeras tropicales y subtropicales
Estructura de la hoja	Mesófilo laminar	Mesófilo radial (Estructura Kranz)
Cloroplastos	Tilacoides apilados en granas	Mesófilo = grana Vaina perivasc. = granal o no (tilacoides lamelar)
Aceptor primario del CO ₂	RuBP (CO ₂)	PEP (HCO ₃ ⁻)
Primer producto de la fotosíntesis	C ₃ (PGA)	C ₄ (AOA, Malato, Aspartato)
Depresión por O ₂	Sí	No
Punto de compensación a temperatura optima	30 – 50 µl ⁻¹	<10 µl ⁻¹
Resistencia del mesófilo / resistencia estomática	4 - 5	0.5 – 1
Capacidad fotosintética neta	Baja a media	Media a alta
Velocidad de transporte de los asimilados	Lenta	Rápida
Temperatura óptima para la fotosíntesis	15 – 25 °C	30 – 35 °C
Producción de materia seca	Media	Alta
Eficiencia en el uso del agua (mg MS / gr de agua)	0.5 - 2.5	2.5 – 4.0
Apertura estomática a la luz	Máxima	Mediana
Intensidad fotosintética	20 – 40 mg/dm ⁻² / h ⁻¹	40 – 80 mg/dm ⁻² / h ⁻¹
Fotorrespiración	Alta (20 a 50 % de la fotosíntesis bruta)	Baja (o no aparente)

1.3. FOTORRESPIRACIÓN

Este fenómeno fue descripto por Warburg en 1920 cuando observó que la fotosíntesis disminuía con el aumento de la concentración de oxígeno. Es un proceso diferente a la respiración mitocondrial y su vía metabólica es diferente.



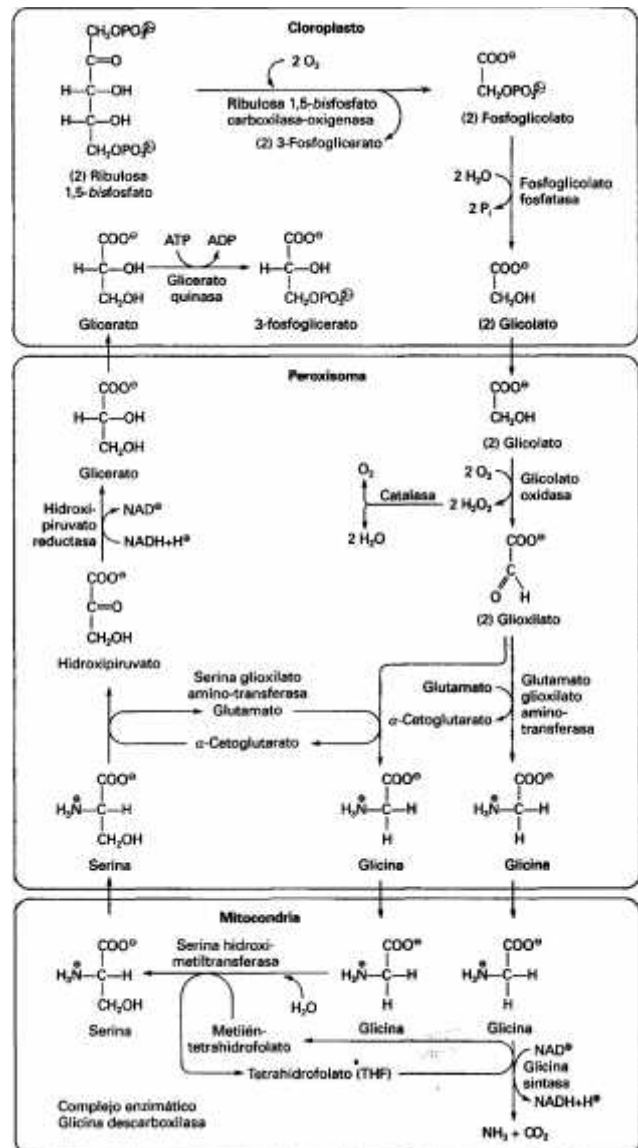
Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Posteriormente se notó que la Rubisco (enzima que cataliza la carboxilación de la Ribulosa 1-5 bifosfato) posee actividad carboxilasa / oxigenasa. Dicho de otra forma esta enzima puede aceptar O_2 o CO_2 en su sitio activo y el O_2 se comporta como un inhibidor competitivo del CO_2 . En condiciones atmosféricas normales la Rubisco actúa como oxigenasa entre un 25 a un 30 % de las veces. Es un proceso estimulado por concentraciones crecientes de oxígeno hasta el 100 %, en cambio la escotorrespiración lo hace a un 2 – 3 % (debido a la saturación de la citocromo oxidasa y la inercia en la utilización del ATP por el metabolismo)

Este proceso se lleva a cabo en los órganos verdes sometidos a la luz puesto que el sustrato de la fotorrespiración es la Ribulosa 1-5 bifosfato y por supuesto está ligado a la fotosíntesis. En este proceso existe la liberación de CO_2 y la absorción de O_2 por parte de los órganos verdes de las plantas C3 por lo que recibe el nombre de fotorrespiración o respiración clara, para diferenciarla de la respiración oscura o escotorrespiración.

En la Fotorrespiración intervienen otros orgánulos además de las mitocondrias y son los cloroplastos y los peroxisomas de acuerdo a la figura que se muestra en la izquierda.

El glicolato difunde hacia fuera del cloroplasto por la acción de un transportador específico difundiendo hacia el peroxisoma. Allí el glicolato es oxidado a glioxilato por





Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

medio de la glicolato oxidasa generándose H_2O_2 que es desdoblada hacia H_2O y O_2 por medio de la catalasa.

El glioxilato sufre una aminación transformándose en glicina que al llegar a la mitocondria sufre la acción de la glicina descarboxilasa liberándose amoniaco y CO_2 con la formación de $\text{NADH} + \text{H}$. Este $\text{NADH} + \text{H}$ mitocondrial puede ser reoxidado por la cadena transportadora de electrones de la misma mitocondria. El amonio se puede volver a fijar a la glutamina por la glutamina sintetasa. A través del THF (tetrahidrofolato) el resto se une a la otra molécula de glicina para dar serina.

La glicina y serina pueden, en la mitocondria, ser utilizada en la síntesis de proteínas. Pero generalmente el equilibrio se desplaza hacia la formación de 3 fosfo gliceraldehído. La serina pasa al peroxisoma en donde por medio de la enzima serina glioxilato transferasa pasa a ac. Hidroxipirúvico el cual por acción de una reductasa pasa a glicerato, también se ha detectado la salida de serina del peroxisoma hacia el citoplasma para ser transformada en cisteína (previa incorporación de SH) e incorporase a las proteínas. Este último compuesto ingresa a cloroplasto en donde es transformado a ácido 3 fosfo glicérico y puede incorporarse al ciclo de Calvin.

Se ha propuesto que la fotorrespiración inhibe la escotorrespiración no se ha encontrado evidencias experimentales que ello ocurra, si en cambio en que la glicólisis y el ciclo de las pentosas en el propio cloroplasto están inhibidas, posiblemente por una mayor relación ATP / ADP . Esto se manifiesta porque las cantidades de ATP producidas en hojas en la luz es la cuarta parte que la producida en la oscuridad.

Este proceso es muy importante en las plantas C3 pero es mínimo o inexistente en la C4. Veamos por qué:

- a. Como se vio con anterioridad las C4 realizan una concentración de CO_2 a nivel de cloroplasto de la vaina favoreciendo la presión parcial de CO_2 , por lo que la actividad oxigenasa disminuye. Además, cabe el proceso de refijación de CO_2 como se dijo anteriormente, ya que la estructura Kranz es una verdadera “trampa” para este gas, principalmente cuando los estomas están cerrados.
- b. En las plantas C3 la fotorrespiración aumenta con la temperatura debido a que la solubilidad del CO_2 en agua disminuye con la temperatura con relación al O_2 .



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

- c. El proceso descarboxilativo que ocurre a nivel mitocondrial libera CO_2 pero este tiene gran probabilidad de ser refijado por la PEPcase a nivel citoplasmático en las células del mesófilo.
- d. La fotorrespiración es una vía consumidora de energía, principalmente en el paso de hidroxipiruvato a glicerato ($\text{NADH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+$) y de glicerato a 3 fosfoglicerato (ATP). Debido a esto se ha propuesto que la fotorrespiración es un mecanismo de disipación de energía en condiciones de alta luminosidad, estrés hídrico (cierre de estomas) o altas temperaturas en donde el CO_2 es limitante y de esta manera la utilización de ATP y NADPH previene los daños a nivel de cloroplastos.

1.3.1. BALANCE ENERGÉTICO DE LA FOTORRESPIRACIÓN

Si recordamos que el costo energético para la fijación de una molécula de CO_2 era de 3 ATP y 2 NADPH según lo descrito en el Cuadro 1. Utilizando el mismo concepto podemos calcular el requerimiento energético para la fijación de un O_2 , lo que se puede ver en la Cuadro 4.

Cuadro 4: Costo energético de la actividad oxigenasa de la Rubisco. Modificada de Azcón-Bieto y Talón, 2000.

Gasto Energético Asociado a la Capacidad Oxigenasa de la Rubisco	
10 (RuP) + 10 ATP	10 (RUBP) + 10 ADP
10 (RUBP) + 10 O_2	10 (P-glicolato) + 10 (3-PGA)
10 (P-glicolato) + 10 glutamato	10 P_i + 10 glicina + 10 α -cetoglutarato
10 glicina + 15 ADP + 15 P_i	5 serina + 15 ATP + 5 NH_3 + 5 CO_2
5 serina + 5 α -cetoglutarato	5 hidroxipiruvato + 5 glutamato
5 hidroxipiruvato + 5 NADH	5 glicerato + 5 NAD
5 glicerato + 5 ATP	5 (3-PGA) + 5 ADP
5 NH_3 + 5 ATP + 5 glutamato	5 glutamina + 5 ADP + 5 P_i
5 glutamina + 5 α -cetoglutarato + 5 NADPH	10 glutamato + 5 NADP
15(3-PGA) + 15 ATP + 15 NADPH	15 triosa-P + 15 ADP + 15 P_i + 15 NADP
15 triosa-P	9 RuP + 6 P_i
Resumiendo:	
$\text{RuP} + \text{O}_2 + 2 \text{ATP} + 2.5 \text{NAD(P)H} \rightarrow 0.9 \text{RuP} + 0.5 \text{CO}_2 + 2 \text{ADP} + 2.5 \text{NAD(P)} + 2.1 \text{P}_i$	
Costo de la fijación de un O_2 = 2 ATP + 2.5 NAD(P)H	



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La regulación de la fotorrespiración para beneficio de la agrícola se puede realizar a nivel de invernáculos con una sobrealimentación de CO_2 de tal forma de favorecer la actividad carboxilasa sobre la oxigenasa. Durante la década de 1960 se intentó a través de inhibidores enzimáticos como los α - hidroxisulfónicos inhibir la fotorrespiración sin resultados es mas en algunos caso al bloquear la fotorrespiración la fotosíntesis neta disminuía. También se ha visto que la aplicación de urea puede favorecer la actividad oxigenásica.

1.3.2. FACTORES QUE AFECTAN LA FOTORRESPIRACIÓN:

a) **Luz:** este fenómeno por su complejidad en los dos tipos de plantas (C_3 y C_4) se tratará más adelante.

b) **Temperatura.** En las plantas C_3 a 25°C , 21 % de O_2 y 320 - 340 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$ la fotorrespiración es de alrededor del 40 % de la fotosíntesis neta. La Fotorrespiración aumenta progresivamente hasta aproximadamente los 40 – 50 $^\circ\text{C}$. La diferencia de concentración de CO_2 .

Hasta el presente se debate si el aumento de la fotorrespiración es por el problema de solubilidad del CO_2 respecto al O_2 en el agua celular o bien si hay un estímulo directo por aumento de sustrato.

c) Concentración de anhídrido carbónico.

d) **Concentración de oxígeno:**

Al ser el O_2 y el CO_2 inhibidores competitivos por el sitio de activo de la Rubisco como se puede visualizar en la figura. Donde al aumentar las concentraciones de oxígeno se observa una dependencia con el INC (Intercambio Neto de Carbono) de tal forma que tenemos diferente punto de compensación de acuerdo a la concentración de O_2

Maroco *et al.* (1998 *on line*) consideran que el requerimiento de oxígeno en plantas C_3 y C_4 (utilizando un mutante deficiente en PEPcase) demuestran que existe una inhibición de la fotosíntesis de las C_4 al aumentar la concentración de oxígeno debido a la fotorrespiración. Además, indican que el descenso de la presión parcial de O_2 en las C_3 puede llegar a incrementar la fijación neta de CO_2 hasta un 50 % como consecuencia de la disminución de la fotorrespiración, lo que no ocurre en las C_4 . Esto llevó a una conclusión apresurada que las plantas C_4 son insensibles al O_2 y que su



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

fotorrespiración es no aparente. Posteriormente se ha visto que las plantas C4 poseen fotorrespiración y que esta varía entre magnitudes de 3 a 7 % de la fijación de CO_2 . Por otro lado los niveles de O_2 pueden aumentar considerablemente en las células de la vaina en plantas que tienen mucha actividad en fotosistema II y la fotorrespiración puede aumentar. El fenómeno observado que el O_2 estimula la fijación del CO_2 tanto en especies C3 como C4, siendo estas últimas las que más requieren una mayor presión parcial de O_2 para su máxima fijación de CO_2 . Si bien esto no tiene una explicación experimental, se supone que es debido a que las C4 requieren una mayor cantidad de ATP (para la nueva síntesis de PEP). Las plantas C4 según estos autores cuando son deficientes en CO_2 hay un incremento en la fotorrespiración.

1.4. Factores que influyen en la fotosíntesis

1.4.1. Ley de Liebig y ley Blackman.

Existen conceptos fundamentales a tener en cuenta cuando se estudia la influencia de factores tanto en la fotosíntesis como en cualquier otro proceso, sean endógenos o exógenos tal es la ley del mínimo de Liebig que expresa:

Cuando un proceso es limitado en su intensidad por un grupo de factores separables, el acontecimiento es restringido por el factor más lento o más escaso.

Expresado bajo la forma de una curva lo podemos observar en la figura 15. Esto da lugar a que el factor limitante manifieste una acción mínima, óptima y máxima. Tanto por debajo del mínimo como por arriba del máximo no se registra el fenómeno considerado.

Blackman propuso una modificación a la ley de Liebig al considerar la constancia de los otros factores, y expresa que:

El factor variable influye en la intensidad del proceso desde un mínimo, determinando el óptimo como una meseta y a partir de allí el factor puede mostrarse toxico o perjudicial para el proceso.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Estas dos leyes son importantes para comprender el efecto de los distintos factores que influyen en la fotosíntesis como en otros procesos fisiológicos según lo expresado anteriormente.

La fotosíntesis se determina en los vegetales comúnmente por la medición del intercambio gaseoso en ambientes confinados, ya sea midiendo el descenso de los niveles de CO₂, como el incremento de la presión de O₂. Existen otros métodos, tales como la medida de la radioactividad incorporada al consumir CO₂ marcado (¹⁴CO₂). También es posible hacer determinaciones del incremento de peso seco de plantas por unidad de superficie foliar, pero a los fines experimentales este último método es menos frecuente, ya que no tiene en cuenta el transporte de asimilados.

Las determinaciones generalmente se expresan en medidas de volumen o peso del CO₂ por unidad de área foliar y de tiempo, como por ejemplo μmol o ml o mg de CO₂ / área foliar / tiempo, o bien mg o g de materia seca / área foliar o en unidades semejantes. Cuando una planta recibe luz, comienza el proceso fotosintético incorporando CO₂, pero simultáneamente pierde CO₂ a través de la respiración y fotorrespiración, por lo que se denomina **Fotosíntesis Total** o **Bruta** para diferenciarla de la **Fotosíntesis Neta** o **Intercambio Neto de CO₂ (INC)** lo cual se puede expresar como:

$$FN = FB - (R+Fr)$$

Si analizamos la curva de respuesta del INC respecto de algún factor ambiental considerando a los restantes constantes, a partir de la primera estabilización de la intensidad si se aumenta la cantidad del factor limitante, surgirá un segundo factor limitante (Figura 13).

En primer lugar se destaca una etapa de respuesta lineal al acrecentamiento del factor ambiental, lo que significa aumentos constantes del INC. Una segunda etapa de correspondencia curvilínea con incrementos decrecientes de INC y, una tercera etapa sin correlación de INC a variaciones del factor ambiental evaluado (plateau de saturación).

En la fase inicial es conveniente resaltar algunos aspectos: la zona **A**, en donde se observan tasas fotosintéticas negativas (liberación de CO₂) significa que en esos



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

niveles del factor, la respiración excede a la fotosíntesis bruta o bien no hay actividad fotosintética.

El punto de corte de la función lineal con el nivel **0** de INC indicado con la letra **B**, se denomina **Punto de Compensación de CO₂**, lo que implica que el anhídrido carbónico fijado por la fotosíntesis es igual al liberado por la actividad respiratoria, es decir:

$$FB = R + FR$$

Por lo que la **FN = 0** (la fotosíntesis neta es igual al INC) y recién a partir de ese punto se observará una asimilación efectiva de carbono.

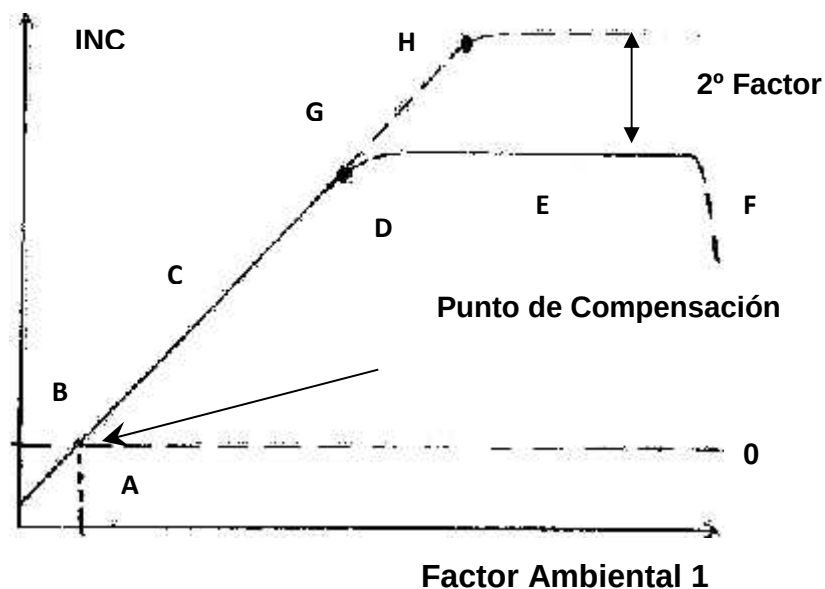


Figura 13: Impactos del Factor Ambiental y Puntos de Compensación

La letra **C** nos indica la pendiente de la curva, es decir, como incrementa el INC por cada unidad de aumento del factor ambiental. Este valor da idea de la eficiencia fotosintética en esas condiciones, lo que indica la cantidad de CO₂ que es fijado por unidad de superficie de hoja y de tiempo por la variación unitaria del factor evaluado. Además, señala que mientras la pendiente no varíe significativamente (fase lineal) el factor ambiental evaluado constituye el único limitante del proceso. Al ingresar en la fase curvilínea, en la que la pendiente comienza a modificarse, nos señala que un segundo factor comienza a ser el que restringe el proceso.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La letra **D** nos indica el punto de saturación del proceso al factor evaluado, momento en que un segundo factor se constituye en limitante de la tasa fotosintética. Este punto por lo general, también indica la máxima tasa fotosintética para esas condiciones. Si continuamos aumentando el factor primario, se puede observar (**F**) una zona de respuesta con pendiente negativa al factor, lo que indica que en esos niveles está provocando efectos deletéreos en la tasa fotosintética.

Si llegamos al punto **D** y aumentamos el factor crítico (**Factor 2**) al continuar incrementando el **Factor 1**, obtendremos una mayor tasa fotosintética a partir de un comportamiento similar a lo descrito (zona **G**) con una nueva fase lineal, curvilínea y de saturación, desplazándose el punto de saturación y de máxima tasa fotosintética hasta H, constituyéndose un tercer factor limitante.

Si procedemos de igual manera con éste y con el resto de los factores intervinientes de manera que cada uno se encuentre en su máxima disponibilidad, llegaremos a la tasa fotosintética potencial.

1.1.1 Factores Intrínsecos:

1.1.1.1 Edad de la Hoja: durante el curso de la ontogenia de la hoja su capacidad fotosintética varía. Al comienzo de su desarrollo presenta un modelo netamente importador de sustancias entre las cuales se pueden destacar los azúcares y el fósforo como se puede deducir de la Figura 14. A medida que la hoja crece su capacidad fotosintética llega a su máxima capacidad cuando la expansión foliar es cercana a su máximo, paralelamente la respiración decrece más lentamente.

Esto plantea que una hoja a lo largo de su ontogenia primero actúa como destino y luego como fuente. Cuando el suministro de nutrientes comienza a ser crítico las hojas adultas los exportan hacia las hojas más jóvenes. Este mismo proceso ocurre cuando las hojas llegan a senescencia pero agravado con el deterioro de las estructuras fotosintéticas. Esto nos permite afirmar que en la planta no existe ninguna hoja "parásita".

El mecanismo por el cual esto se lleva a cabo en el periodo de importación se realiza por vía simplasma y cesa con el engrosamiento.

Resistencia de la Hoja al Intercambio Gaseoso: Al analizar las los plasmodesmos y la exportación comienza con el llenado de los tubos cribosos.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

distintas fases de la fotosíntesis, vimos que la etapa difusional dependía del gradiente de concentraciones y de las resistencias que se interponen al paso del CO_2 .

En este sentido podemos considerar sobre la base de lo visto, que las plantas C_3 presentan un mayor grado de resistencias carboxilativas que las C_4 . Además, las distintas resistencias, que se encuentran en el mesófilo, a la difusión del CO_2 y también del vapor de agua (transpiración), determinan que un cierre parcial de estomas (mayor r_s) provoca un mayor efecto en la tasa transpiratoria que en el INC (Figura 14)

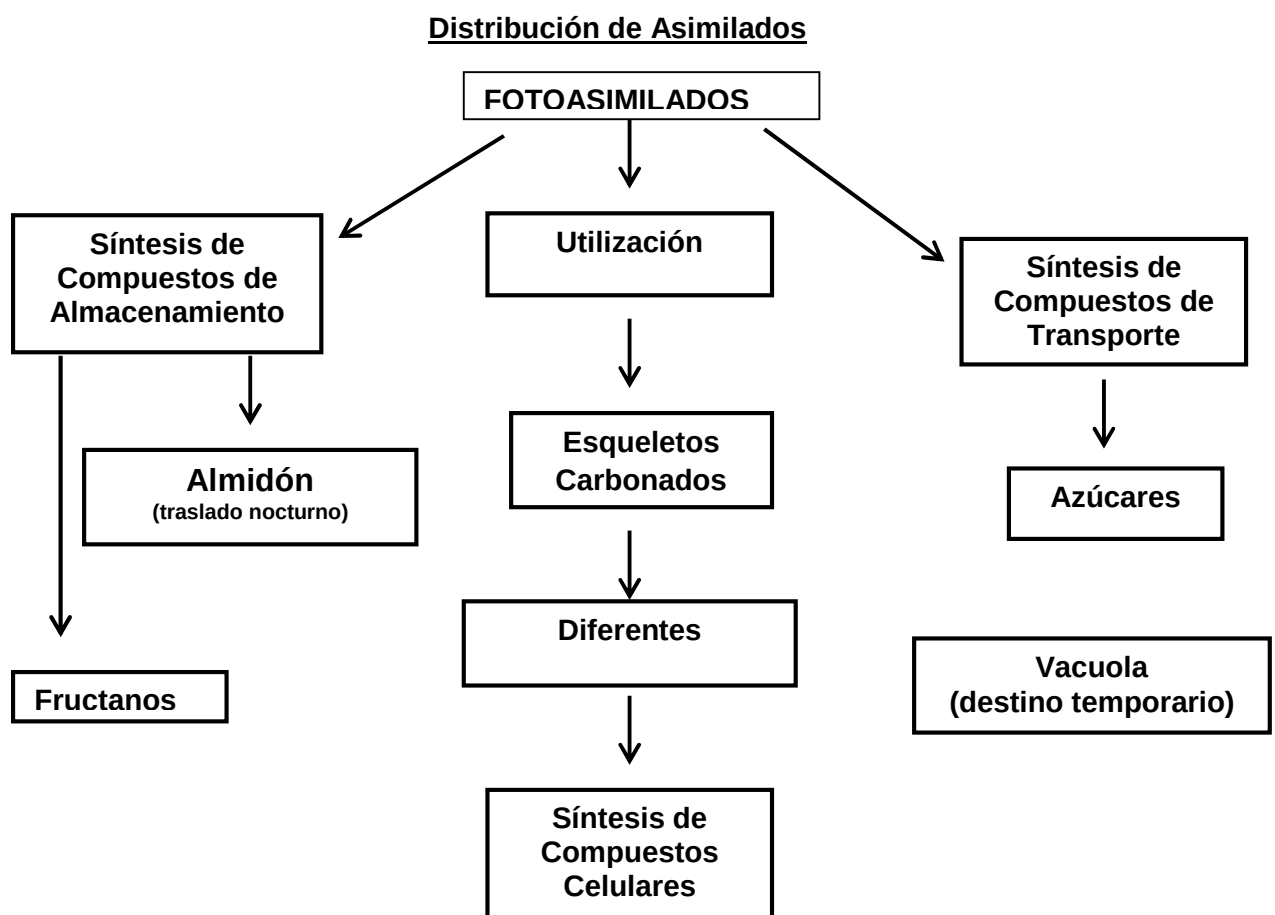


Figura 14: Distribución de asimilados

Es decir, que a medida que se van cerrando los estomas, progresivamente disminuye la cantidad de agua transpirada por unidad de materia seca asimilada; por lo tanto aumenta la eficiencia en el uso del agua. Las C_4 al tener menores resistencias carboxilativas que las C_3 , no requieren disponer de una apertura estomática elevada



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

para funcionar a pleno y, por consiguiente, gastan menos agua por gramo de materia seca producida.

Esta características, sumada a su mayor INC medio, menor tasa fotorrespiratoria, mayor adaptación para *funcionar* a temperaturas elevadas, etc., permiten que estas especies sean en general mejor adaptadas a condiciones de climas cálidos y más secos que las C3. Por último, es de interés destacar que la magnitud de las resistencias internas de las hojas se modifican con la edad, afectando este factor al INC.

1.1.1.2 Requerimiento de fotoasimilados:

Durante el periodo de fructificación de la planta se registran las más altas tasas fotosintéticas, lo cual se considerará más adelante. Si se considera una planta entera el crecimiento ocurre más rápidamente debido a que fotosintetiza más, o bien podría ser que fotosintetice más y más debido a una mayor demanda de asimilados por parte de los tejidos jóvenes.

Se debe considerar que los fotoasimilados como importantes fuentes de energía, que son requeridos por los órganos no fotosintetizantes (frutos, raíces, etc.) pero, también son requeridos dentro de los mismos órganos productores como las hojas, las cuales realizan una recomposición de sus estructuras a través del tiempo.

Se denomina distribución de asimilados a los destinos metabólicos a que están sometidos los fotoasimilados en los órganos fotosintizantes. Esto se esquematiza de la siguiente forma:

En cambio la partición de asimilados a través del traslado es la entrega a los diferentes destinos u órganos de la planta. Es una distribución diferencial de los fotoasimilados en el cuerpo de la planta.

Los fenómenos de distribución y partición de fotosintatos deben estar combinados perfectamente a los fines ya que el incremento de cualquiera de ellos no perjudique al otro con el consiguiente deterioro del rendimiento.

Existen evidencias de que un elevado INC de una planta se relacionan con incrementos en su ritmo de crecimiento. En algunos casos se ha logrado incrementar el INC por unidad de área de hoja cuando se reduce la superficie foliar de una planta, como también que la eliminación de una cierta proporción de destinos (por ejemplo



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

frutos en crecimiento) provoca una disminución del INC. Estos ejemplos destacan la influencia que ejerce la actividad de los principales centros de crecimientos en la regulación interna de la actividad fotosintética.

1.1.1.2.1 Control Hormonal: la regulación hormonal del INC es un aspecto demostrado, por ejemplo se conoce el efecto del ácido abscísico (fitohormona) en el mecanismo de apertura y cierre de estomas, y el incremento de sus niveles ante condiciones de estrés, provocando un aumento de la resistencia estomática y afectando la difusión del CO_2 como también el efecto de algunas hormonas en la actividad de las enzimas carboxiladoras a esto se agrega el efecto de estos reguladores naturales en el ritmo de crecimiento de la planta y su incidencia en el INC.

1.1.1.2.2 Carácter Genético: EL control genético de la capacidad fotosintética de los vegetales es indudable. Tanto la presión evolutiva, como la presión de selección realizada por el hombre, han permitido mejoras en cuanto a la captura y transformación de la energía radiante. La mejora genética se orienta actualmente en distintos aspectos básicos: mejorar la capacidad de interceptar la luz, aumentar el período de actividad fotosintética del follaje, mejorar la eficiencia de fijación, y mejorar la capacidad de transportar y distribuir los asimilados.

Factores Extrínsecos

a) **Luz:** al analizar este factor tendremos en cuenta:

i) **Calidad:** o longitud de onda incidente entre 400 y 700 nm la cual es fotosintéticamente activa (PAR). En un día despejado la PAR posee un valor aproximado de 400 a 500 W.m^{-2} . Aquí nos referiremos al rendimiento cuántico que ocurre en cada longitud de onda, como se puede ver en la figura. El espectro de la fotosíntesis, como se vio con anterioridad puede ser diferente debido a la composición pigmentaria individual de cada especie.

ii) **Cantidad de Luz:** o flujo fotónico fotosintético (PPF) o sea, la cantidad de luz efectiva en fotosíntesis (en condiciones normales es de alrededor de 1800 $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ se expresa como $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ o bien la intensidad de luz (energía radiante) en unidades de energía por unidad de área en watt. m^{-2} (donde 1 watt equivale a 1 J s^{-1}) como medida de irradiancia (el flujo de densidad de energía radiante por unidad de tiempo) y joules como medida de energía total.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

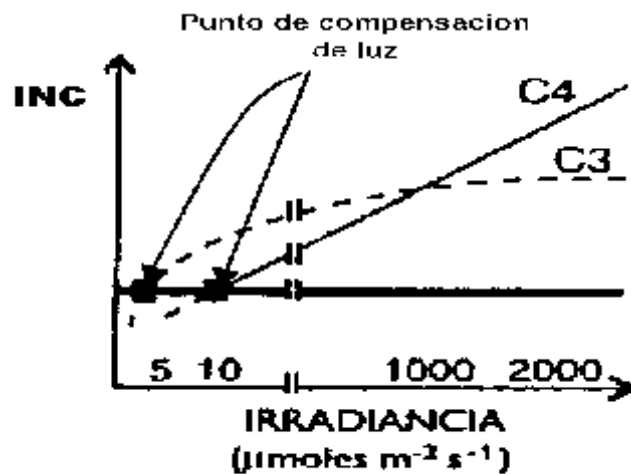


Figura 15: Efecto de la irradiancia lumínica sobre la fotosíntesis de plantas C3 y C4.

La acción de la luz sobre las plantas C3 y C4 se pueden ver en la Figura 15. Se puede observar que las plantas C4 no se saturan en el marco dimensional de la gráfica, pero si lo hacen por encima de los 2500 - 2700 $\mu\text{mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en cambio las C3 generalmente la logran a 600 – 800 $\mu\text{mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Se percibe en la misma gráfica que cuando el INC alcanza valores de 0 se produce el denominado Punto de Compensación de Luz y es aquella irradiancia o flujo fotónico en que el cual el intercambio de CO_2 es 0. Este punto de compensación no es fijo a lo largo del ciclo de crecimiento de la hoja y depende de las características ambientales en muchas ocasiones como ser si la hoja está en la sombra o expuesta al sol; por supuesto también varía de acuerdo a la especie. Generalmente las plantas C4 manifiestan su punto de compensación a aproximadamente 50 $\mu\text{mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en cambio las plantas C3 lo hacen a alrededor de 25 $\mu\text{mol. m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Sin embargo, el maní y el girasol son especies C3 que no se saturan hasta niveles tan elevados como los de la plena luz del sol y muestran tasas máximas fotosintéticas tan altas como la de los cultivos C4.

Cuando se considera la curva de respuesta del INC a la intensidad de luz a diferentes concentraciones de CO_2 lo cual se observa en la Figura 15 es la esperada de acuerdo a los factores limitantes de Blackman.

Pero la respuesta de las plantas C3 y C4 son diferentes y la figura anterior pone de manifiesto que las plantas C4, por su poder de concentración de CO_2 (ciclo de Hatch y Slack) solamente a irradiancias altas la fotosíntesis es capaz de aumentar, las



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

C3 carentes de este mecanismo son más sensibles a bajas irradiancias a las diferentes concentraciones de CO_2 .

Al respecto se puede decir que ambas no difieren significativamente en su actividad o eficiencia fotoquímica (pendientes semejantes cuando el factor limitante es la luz y que expresa la relación entre el número de moléculas de anhídrido carbónico fijadas por cada fotón absorbido), pero sí en cuanto a fijación de anhídrido carbónico (fase bioquímica). Esto se asocia a que las C3 presenta mayores resistencias internas a la carboxilación a causa del proceso fotorrespiratorio, que será posteriormente estudiado. En estas plantas, a medida que aumenta la intensidad lumínica por encima del punto de saturación, la fotosíntesis bruta aumenta, pero como también incrementa la pérdida de anhídrido carbónico por el proceso fotorrespiratorio, la fotosíntesis neta se mantiene igual o puede incluso disminuir. Este comportamiento es diferente al de las C4 al disponer de dos etapas de fijación, asegurando la primera, como vimos, una mayor concentración de anhídrido carbónico a nivel de los cloroplastos de la vaina vascular. También existen diferencias respecto de la tasa de fotosíntesis de una hoja aislada con relación a una planta entera esto se explica por el hecho de que una hoja aislada recibe la máxima intensidad de luz disponible, mientras que la de planta entera las hojas superiores reciben proporcionalmente más luz que las inferiores, las que están parcialmente sombreadas. Por lo tanto la hoja aislada mostrará una mayor eficiencia fotosintética a bajas intensidad, pero se saturan con intensidades menores de luz. Este aspecto se observa también en plantas enteras respecto de la inclinación de las hojas. Por ejemplo hojas superiores horizontales (paralelas al suelo) reciben el máximo de radiación y se saturan con menores niveles de radiación, pero a su vez sombrean a las hojas inferiores. En cambio hojas superiores erectófilas reciben una menor proporción de la radiación incidente y se saturan a mayores intensidades, pero, además, deja pasar más luz que será interceptada por las inferiores. De esta manera en general, se puede lograr una mayor intercepción de luz por toda la planta, mejorando la tasa fotosintética promedio de la misma. Por otra parte existen especies adaptadas a fotosintetizar a bajas intensidades de luz, es decir, a la sombra de otras plantas.

iii) **Duración de la luz:** Ha sido demostrado que la iluminación intermitente provoca



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

una mayor fotosíntesis neta que el sometimiento de la planta a luz continua, en donde se sometió las plantas a destellos menores de 1 s. Se puede observar que el rendimiento cuántico se duplica poniendo de manifiesto la inercia de las reacciones fotosintéticas en la faz bioquímica. Este fenómeno tiene importancia en las hojas que están sombreadas por hojas superiores y que por la acción del viento son expuestas a plena luz por cortos periodos de tiempo.

Si la duración del periodo oscuro es más prolongado la fotosíntesis decae, pero paralelamente se desarrolla un acostumbamiento a estas condiciones que no permite un descenso tan marcado en la fotosíntesis neta

b) **Concentración de CO₂:** La concentración atmosférica de CO₂ es bastante baja (0.003 %) y esto influye notablemente sobre el intercambio neto de carbónico (INC). La respuesta esperada del INC ante modificaciones de la concentración de este gas responde perfectamente a los conceptos vertidos anteriormente, como se destaca en la figura, observándose importantes incrementos del INC, tanto en plantas C3 y C4, al aumentar el contenido de CO₂ del aire. Sin embargo, este comportamiento tiene un límite, ya que al acercarnos a 1000 -1500 $\mu\text{mol. mol}^{-1}$ de dióxido, con variaciones entre especies, se observa una caída INC, e incluso se puede parar el proceso, aspecto asociado al efecto de estos niveles del CO₂ en el cierre de estomas. Conviene remarcar, si bien se observa esto en el cuadro, que los puntos de compensación de anhídrido carbónico (concentraciones de CO₂ en la que la FN es cero) son diferentes en plantas C3 y C4. Es posible llegar a una situación en que el INC se encuentra saturado simultáneamente por la luz y el CO₂, es decir, que aumentos de ambos factores no induzcan aumentos en el INC. En estas condiciones, un aumento de un tercer factor, como por ejemplo un aumento de 10°C en la temperatura produce un incremento significativo en el INC. Este comportamiento no puede deberse a un efecto de la temperatura sobre la difusión del CO₂ ya que al estar saturado el proceso por este factor, el ritmo de difusión del gas hasta el cloroplasto no se modifica sustancialmente. Por lo tanto este cambio debe atribuirse a un aumento de la velocidad de los procesos bioquímicos y en este caso el factor térmico es el limitante del proceso. Esto es importante tener en cuenta para tener éxito en la fertilización con CO₂, práctica limitada



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

a ambientes confinados, es decir, que los demás factores ambientales (luz, agua, temperatura, nutrientes, etc.) deben ser suministrados en cantidades óptimas.

También debe tenerse en cuenta a la apertura estomática ya que es la puerta de entrada del CO_2 al interior de la hoja se han realizado cálculos que por cada molécula de CO_2 fijada se pierden entre 100 y 1000 moléculas de agua. La deshidratación de las células oclusivas provoca el cierre de los estomas y por ende la resistencia estomática a la penetración del CO_2 aumenta.

Como así se ha descripto que el CO_2 tiene un efecto activador sobre la fotosíntesis. La concentración intracelular de CO_2 en las plantas C_3 provoca una disminución de la fotorrespiración ya que influye sobre la actividad carboxilasa de la Rubisco en desmedro de su capacidad oxigenasa por lo que la fotorrespiración disminuye. Esta particularidad de las plantas C_3 hace posible que se pueda incrementar con facilidad la fotosíntesis neta cuando se fertiliza con CO_2 en los invernáculos. En cambio las plantas C_4 no tienen una respuesta tan notoria porque la fijación de CO_2 que ellas realizan es más eficiente a concentraciones menores.

Azcón – Bieto y colaboradores hacen una interesante observación de la influencia del CO_2 en el espacio intercelular sobre la fotosíntesis neta. En donde se marca con claridad que en una primera etapa la fotosíntesis neta está limitada por la enzima Rubisco, lo que ocurre a niveles bajos de CO_2 hay un exceso de Ribulosa bifosfato producida por el ciclo de Calvin que, por falta de CO_2 no es “utilizada”. En una segunda fase cuando la concentración de CO_2 aumenta la utilización de este sustrato y pasa a ser decisivo, por lo que se logra una meseta en la curva.

c) **Temperatura:** si los otros factores (CO_2 por ejemplo no son limitantes) la acción que la temperatura ejerce sobre la fotosíntesis es fundamental.

Incrementos normales de temperatura ejercen muy poca influencia en la fotólisis del agua o en la difusión del CO_2 hacia el interior de la hoja, pero sí una marcada influencia en las reacciones bioquímicas de fijación y reducción del CO_2 . La fijación del CO_2 durante la etapa bioquímica incluye reacciones catalizadas por enzimas, las que son fuertemente influidas por la temperatura ($Q_{10}=2$).

Esto lo podemos observar si aplicamos la ley de Blackman para la acción de la temperatura, (con una concentración de CO_2 no limitante) vemos que esta actúa de dos



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

formas. En la primera parte de la curva, con pendiente casi rectilínea la fotosíntesis es independiente de la temperatura, al llegar a la meseta vemos que se hace temperatura dependiente

Como vimos en el Cuadro 1, se observan diferencias importantes de respuesta entre las plantas C3 y C4. Las C3 presentan su óptimo entre los 20 -25°C (con variaciones entre especies), ya que por encima de esos niveles aumenta marcadamente la respiración y la fotorrespiración, como se verá más adelante, afectando la FN. En las C4 incrementan el INC en forma proporcional hasta los 30 - 40 °C, disminuyendo a temperaturas mayores por el efecto térmico en la actividad enzimática. Esto también es debido a la diferencia de los óptimos térmicos de las enzimas fijadoras de CO₂ como la Rubisco y la PEPcase.

A bajas temperaturas se puede observar que la disminución de la fotosíntesis se puede estar relacionada con el transportador de intercambio de Pi ↔ Triosas fosfato en dos aspectos el primero es que las bajas temperaturas disminuyen su accionar y el segundo aspecto sería que la falta de utilización de las triosas fosfato en el citoplasma disminuya la disponibilidad de fosfato en el interior del cloroplasto.

La capacidad foto reductora de los cloroplastos resulta dañada por efecto de las bajas temperaturas y la magnitud de este daño ha sido usada para la determinación de la sensibilidad al frío. Además, se ha señalado que la foto inhibición observada en las especies sensibles al enfriamiento, se debe a que las bajas temperaturas afectan al Fotosistema II, con la consiguiente, disminución del rendimiento cuántico, especialmente en la C3, posiblemente es debido a la disminución de la fluidez de las membranas tilacoidales ya que al aumentar la temperatura también lo hace la fotorrespiración con el consiguiente cambio en el costo energético en las C4 en cambio la ser baja no ocurre esta variabilidad. A bajas temperaturas (baja fotorrespiración) el rendimiento cuántico en las C3 es superior a las C4.

Las monocotiledóneas C4 son especialmente sensibles a las bajas temperaturas.

Agronómicamente interesa conocer la relación entre la influencia de la temperatura sobre la fotosíntesis pero también sobre la respiración y fotorrespiración.

En las plantas C3 la respiración y fotorrespiración aumentan más rápidamente



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

que la fotosíntesis. También se debe considerar la diferencia de dilución del O_2 y del CO_2 en referencia al aumento de temperatura.

En plantas C_4 a temperaturas cercanas a 10 o 12 °C el INC es igual a cero, por consiguiente, estamos en presencia de un punto de compensación de calor. Este punto de compensación de calor es válido para temperaturas altas o bajas.

Las enzimas carboxiladoras tienen, además, óptimos térmicos característicos.

d) **Agua:** El déficit hídrico es el factor que limita, en condiciones naturales, la fotosíntesis en mayor cuantía si bien esta afirmación depende del tipo de planta que se trate.

Aunque el agua es un reactante del proceso fotosintético, la cantidad que se usa es ínfima (0.1 %) con relación al total de agua consumida por la planta. Por lo que los mayores efectos del déficit de agua se observa en la etapa difusional, al incrementar las resistencias que se oponen al flujo gaseoso, asociado al cierre de estomas, deshidratación de las paredes celulares, del protoplasma, etc. Es importante señalar que la fase difusional del CO_2 en la fase líquida de las células es catalizada por la enzima carbónico anhidrasa (CA), la conversión reversible de CO_2 a HCO_3^- a fin de que pueda disolverse más fácilmente. En plantas C_3 la actividad de CA se localiza principalmente en el cloroplasto del mesófilo, y en menor cantidad en el citosol por lo cual una disminución del contenido de agua altera la actividad de esta enzima.

Además, las deficiencias hídricas afectan la actividad de los centros de crecimiento (meristemas) y el transporte de asimilados, influyendo en la demanda y distribución de los fotoasimilados en los distintos órganos de la planta.

La ocurrencia de carencias de agua tiene un efecto más rápido y de mayor magnitud en la actividad fotosintética que en la actividad respiratoria, aspecto relacionado al efecto de este factor en el aumento de las resistencias foliares y su influencia en la fase difusional.

También puede verse el efecto de la carencia de agua sobre los diferentes componentes de la fotosíntesis.

Un efecto del déficit hídrico es el cierre de estomas, en estas condiciones, como ya se dijo, la difusión del CO_2 está limitada pero, se genera un potencial reductor como consecuencia de la luz aumenta la función del oxígeno y se forman compuestos



**Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

tóxicos.

e) Adaptación de la fotosíntesis a las condiciones ambientales de luz y sombra.

Cuadro 5: Diferencias entre plantas adaptadas a condiciones de sol o de sombra (tomada de Azcón Bieto y Talón, 2000)

Características	Fenómeno	Efecto	Sol	Sombra
De la hoja	Respuesta fotosintética a la luz	Tasa de saturación a la luz	Alta	Baja
		Irradiancia de saturación	Alta	Baja
		Irradiancia de compensación	Alta	Baja
	Bioquímica	Contenido de N, rubisco y proteína soluble / masa	Alto	Ligeramente inferior
		Clorofila a / clorofila b	Alto	Bajo
		Clorofila / proteína soluble	Bajo	Alto
	Anatomía y ultra estructura	Tamaño del cloroplasto	Pequeño	Grande
		Tilacoide / grana	Bajo	Alto
	Morfología	Masa de la hoja / área	Alto	Bajo
		Grosor de la hoja	Grande	Pequeño
		Tamaño de los estomas	Pequeño	Grande
		Densidad estomática	Elevada	Baja
		% mesófilo en empalizada / mesófilo esponjoso	Alto	Bajo
		% área del mesófilo / área foliar	Alto	Bajo
		Orientación de la hoja	Erecta	Horizontal
Del dosel	Índice de área foliar		De alto a bajo	Bajo
	Filotaxis		Espiral	Dística
	Orientación de las ramas		Erecta	± Horizontal
	Asimetría de la base foliar		Casi nunca	Infrecuente
De la planta	Partición fraccional en hojas		Baja	Alta
	Partición fraccional en raíces		Elevada	Baja
	Esfuerzo reproductivo		Elevado	Bajo

En un mismo individuo se encuentran hojas que están expuestas plenamente a la luz y otras que se encuentran expuestas a una luz débil, es decir, una baja irradiancia debido al sombreado producido por las otras hojas o bien por su ubicación



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

dentro de la planta, también puede ocurrir que la planta esté totalmente expuesta a una alta irradiancia o bien se encuentre sometida a bajas intensidades de luz, este fenómeno se lo denomina como plantas expuestas al sol o la asombra donde es posible diferenciar algunos aspectos (Cuadro 5).

Como se puede observar que en las plantas de sombra existe un ahorro energético ya sea para fijar el CO_2 o bien para la conservación del aparato fotosintético. Las hojas de sol y de sombra muestran diferencias en la capacidad fotosintética de hasta 5 veces.

Existen diferencias en cuanto al punto de compensación lumínico entre estos tipos de plantas u hojas. Esto se puede ver en la Figura 16. Para una planta C_3 de sombra su punto de compensación será de 1 W. m^{-2} en cambio para una de sol es de $2,2 \text{ W. m}^{-2}$.

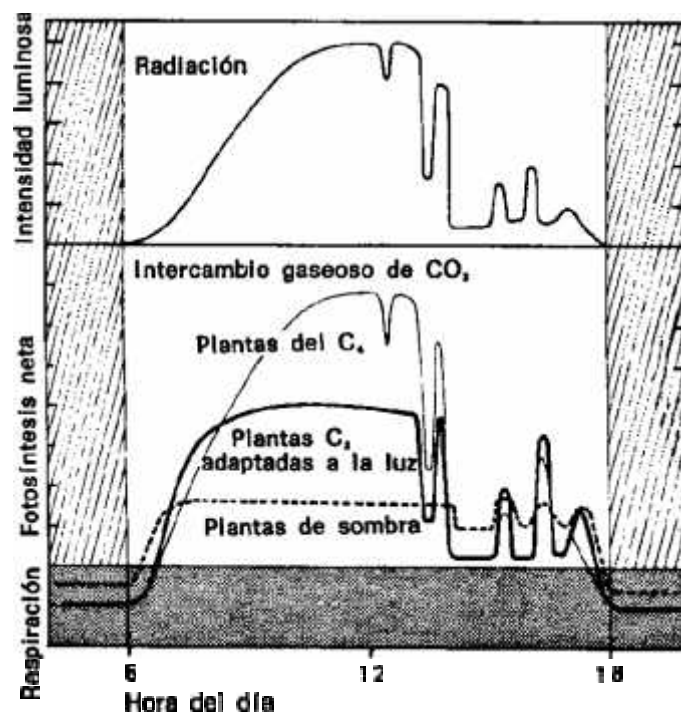


Figura 16: Punto de compensación lumínico entre estos tipos de plantas u hojas

El punto de saturación luminoso es menor en plantas de sombra que en plantas de sol como se ve en la Figura 16. Generalmente se dice que las plantas C_3 cultivadas lo alcanzan a $1000\text{-}1500 \mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, las C_4 a valores superiores a $1500 \mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Hay una diferencia notable también entre las especies C_3 y C_4 , en estas últimas



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

no se registra saturación, en cambio en las plantas C3 de sombra su saturación está en el orden del 25 %. Se debe hacer notar que en las plantas de sol la respiración y la fotosíntesis alcanzan valores más elevados.

Otros factores también contribuyen a la tolerancia a la sombra, siendo uno de ellos la habilidad para formar hojas anchas y delgadas a expensas de reducir el sistema radical, en dicotiledóneas, esto podría deberse a un cambio en la relación de transporte de los asimilados.

Otro factor a considerar es la variación diurna del INC en plantas C4, C3 adaptadas a la sombra y a la luz, en donde se observa en la Figura 16, en la curva superior el transcurrir de la radiación y como los diferentes tipos de plantas muestran su sensibilidad.

f) **Nutrientes:** la disponibilidad de nutrientes afecta el INC, al ser los mismos constituyentes de las estructuras, pigmentos y sistemas enzimáticos que participan en las fases luminosa y bioquímica, o que influyen en la fase difusional (mecanismo de apertura y cierre estomático). A continuación veremos brevemente los nutrientes más importantes implicados en la fotosíntesis, ya sea en forma directa o indirecta.

i) **Nitrógeno:** lógicamente interviene en la formación de las proteínas del cloroplasto, en la clorofila pero, en la fotosíntesis aparte su importancia radica en la constitución de la Rubisco en cuya composición interviene hasta un 50 % del nitrógeno presente en las hojas.

ii) **Fósforo:** una deficiencia de este elemento tiende a disminuir drásticamente la fotosíntesis. En primer lugar por su intervención en la transformación de energía y en segundo lugar porque el transportador de intercambio de la membrana del cloroplasto no permite la salida de triosas, por consiguiente, al quedar retenidas en el interior del mismo retroinhibe reacciones del ciclo de Calvin. También como se verá más adelante interviene en el transporte de asimilados.

iii) **Magnesio:** es importante en la constitución de la molécula de clorofila y es un importante activador de la Rubisco. Asimismo interviene en la transferencia de energía al intervenir en el metabolismo del fósforo.

iv) **Potasio:** interviene en la apertura y cierre de los estomas, por consiguiente, se modifican las resistencias estomáticas y las internas en la difusión del CO₂.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Ademases activador de sistemas enzimáticos

v) **Manganeso**: interviene en la fotólisis del agua al formar parte del complejo que transfiere los electrones desde el agua al Fotosistema II, además, confiere estabilidad a los tilacoides.

vi) **Cloruro**: interviene en la apertura y cierre de los estomas y en la fotólisis del agua en el Fotosistema II.

vii) **Cinc**: por su intervención como cofactor de la carbónico anhidrasa, por consiguiente, aumenta la resistencia de cinc transferencia desde la cripta estomática al sitio de fijación 2 o 3 veces. Posiblemente, ya que el nivel de mRNA para la CA decrece, su acción este localizada en la síntesis de esta enzima.

El agregado de nutrientes minerales trae como resultado un aumento de la fotosíntesis o rendimiento del cultivo pero en la práctica agrícola a veces son insuficientes para que la planta aproveche al máximo las condiciones ambientales. En este caso debemos considerar el abonado de fondo (el realizado a la siembra) que si bien puede arrojar una ventaja competitiva del cultivo con respecto a las malezas al estar el abono más localizado sobre el sembradío, por consiguiente, es capaz de alcanzar en menor tiempo un aprovechamiento mejor de las condiciones ambientales al establecer un área foliar más temprana, esta ventaja desaparece al pensar que las malezas son más "económicas" en el uso de los nutrientes, por lo que deberá aplicarse una cantidad suplementaria de fertilizantes.

Lo cierto es que la planta se encuentra en círculo de producción en donde la absorción de nutrientes está relacionada con la producción de fotosintatos y viceversa, también los fertilizantes prolongan la actividad fotosintética de hoja a través del tiempo

g) **Concentración de Oxígeno**: Este gas puede incidir en INC a través de su efecto en el proceso fotorrespiratorio. Este gas actúa en forma competitiva con el CO₂ sobre la actividad de la Ribulosa 1-5 difosfato carboxilasa, afectando la FN. En las plantas C₄, este problema es menor ya que el doble sistema de carboxilación permite incrementar la concentración relativa del CO₂ en los cloroplastos de la vaina perivasculare.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

1.1.2 Significación agrícola.

En un cultivo o comunidad vegetal no todas las hojas reciben luz en las mismas proporción pero, además, los otros factores están interaccionando entre sí.

Además, la posición de la hoja, no solamente con relación al perfil del cultivo sino su orientación con respecto al ángulo de inserción con respecto al tallo influye. Esto da lugar al concepto de hojas planófilas (cercana a la horizontal) y erectófilas (cercana a la vertical). Las hojas erectófilas son más eficientes en regiones u horas del día donde la irradiancia es alta impide la saturación de la fotosíntesis. Las hojas erectófilas son más eficientes en latitudes bajas. Existen otras especies no tan diferenciadas con relación a la inserción de la hoja en el tallo ya que las hojas se pueden orientar en diferentes inclinaciones o bien las propias ramificaciones permiten una mayor interceptación de luz

A ésto debemos agregar que las hojas inferiores no poseen, como se vio con anterioridad, una buena capacidad fotosintética por su edad y también por el sombreado ejercido por las hojas superiores y la disminución de la relación rojo / rojo lejano que llega al interior del canopeo pueden estar bajo el punto de compensación de luz (el caso típico son las hojas inferiores de un cañaveral adulto).

Una mayor exposición de captación lumínica del área foliar implica una mayor fotosíntesis. Es lógico suponer que las hojas superiores de un cultivo reciben la mayor irradiancia, esto trae como consecuencia una distribución desigual de la luz esto se denomina perfil de distribución lumínica, además, tenemos que tener en cuenta el flujo de CO₂ desde el medio circundante hasta el interior del cultivo que en las capas foliares inferiores puede actuar como limitante.

Muchas prácticas agronómicas se basan en cubrir rápidamente el suelo ya sea por la regulación de la densidad de plantación, distancia entre filas, o bien la combinación de ambas, fertilización de base, entutorado, etc.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

6. Partición de los Fotosintatos

En las plantas vasculares la fotosíntesis se realiza principalmente en las hojas y desde allí ocurre el transporte de los fotoasimilados hasta su lugar de utilización. Algunos quedan en la propia célula o en células vecinas (transporte a corta distancia), mientras que otros deben llegar hasta los órganos de utilización (frutos, raíces, etc.) o de almacenamiento (tallos, raíces reservantes, etc.) que se encuentran distantes (transporte a larga distancia) (Figura 17)

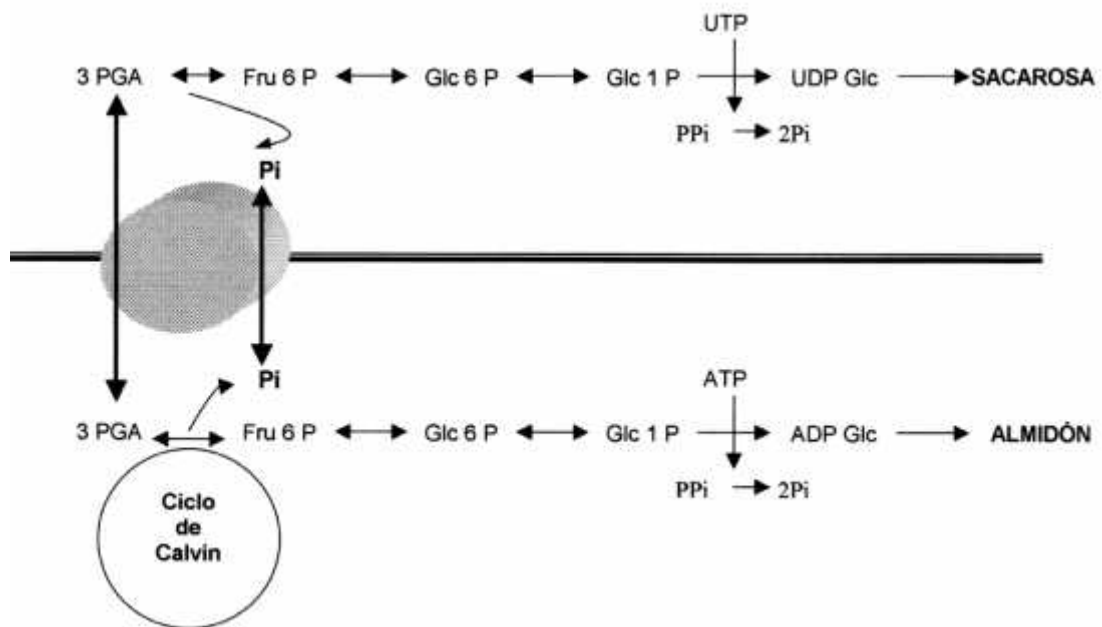


Figura 17: Transporte y destino de fotoasimilados.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

6.1. Vías de movimiento:

6.1.1. Migración de sustancias desde el cloroplasto.

La primera barrera que los fotoasimilados formados en el estroma deben vencer para salida desde su lugar de síntesis (cloroplasto) son las membranas de este. La síntesis de almidón ocurre en el interior del cloroplasto en cambio la síntesis de sacarosa ocurre en el citosol. Este proceso está regulado por un transportador de intercambio ubicado en la membrana interna del cloroplasto en donde el P_i proveniente del pasaje de 3 PGA a Fru 6 P al que se suma los 2 P_i provenientes de la reacción $ADP\ Glc$. Es importante recalcar que estos procesos son competitivos, por consiguiente, aquello que promueve a uno lo inhibe al otro. Una concentración baja de ortofosfato en el citoplasma impide la salida de las triosas desde el cloroplasto. La enzima $ADP\ Glc$ pirofosforilasa es inhibida por el ortofosfato y estimulada por la triosa fosfato, entonces comparativamente sí en el cloroplasto la concentración de triosa fosfato es alta y la de ortofosfato es baja el cloroplasto tiende a sintetizar almidón.

6.1.2. Transporte a corta distancia.

Principalmente es el que ocurre de célula a célula, es un transporte muy lento que se realiza por medio de la difusión de los fotoasimilados a través de los plasmodesmos, a este transporte lo llamamos por simplasma, no atraviesa las membranas celulares.

También puede darse un pequeño transporte a través del apoplasma (paredes celulares y espacios intercelulares) esto ocurre también por difusión y por un pequeño flujo masal (es el movimiento de agua y fotoasimilados que se encuentra disuelto en la masa líquida) que ocurre en el apoplasma.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

6.1.1. Transporte a larga distancia.

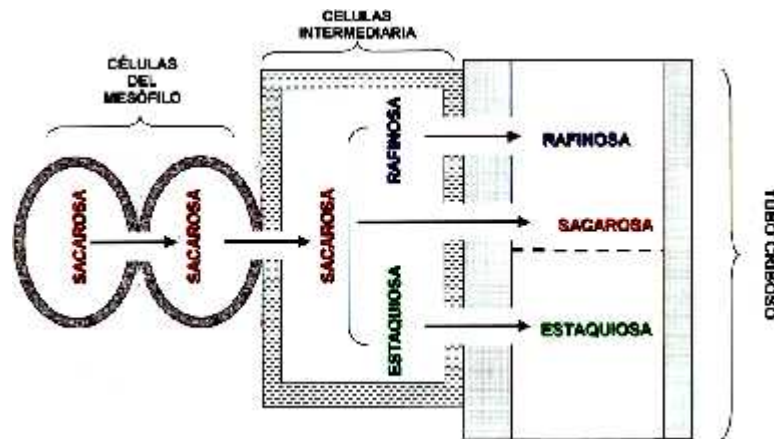


Figura 18: Esquema de transporte a larga distancia de fotoasimilados.

Este tipo de transporte es una consecuencia evolutiva funcional ya que al aparecer la especialización de los tejidos los fotoasimilados deben trasladarse en algunos casos hasta 100 o más metros, por consiguiente, las plantas deben contar con un sistema capaz de transportar sustancias en cantidades y velocidades relativamente altas hacia los centros de consumo.

El movimiento de la sacarosa hasta el parénquima floemático es por vía simplasma se realiza por los plasmodesmos cuyo esquema es el siguiente:

El mecanismo es difusivo a favor de un gradiente de difusión y, por consiguiente, pasivo.

La sacarosa que ingresa a la célula intermediaria de especies como las *Cucurbitáceas* son transformadas en rafinosa y estaquiosa y bajo las tres formas difunde hacia el tubo criboso a través de los plasmodesmos.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

En otras especies como remolacha, arveja y maíz la concentración de azúcares en el interior del tubo criboso es mayor y la acumulación se debe hacer en contra de un gradiente de concentración la sacarosa es liberada al apoplasta y desde allí incorporada al tubo criboso mediante un cotransporte con protones y el gradiente protónico necesarios es mantenido en forma activa. Esto implica que los azúcares debe atravesar dos veces la membrana celular, la primera al salir hacia el apoplasta y la segunda al incorporarse nuevamente tal como se puede apreciar en la Figura 19.

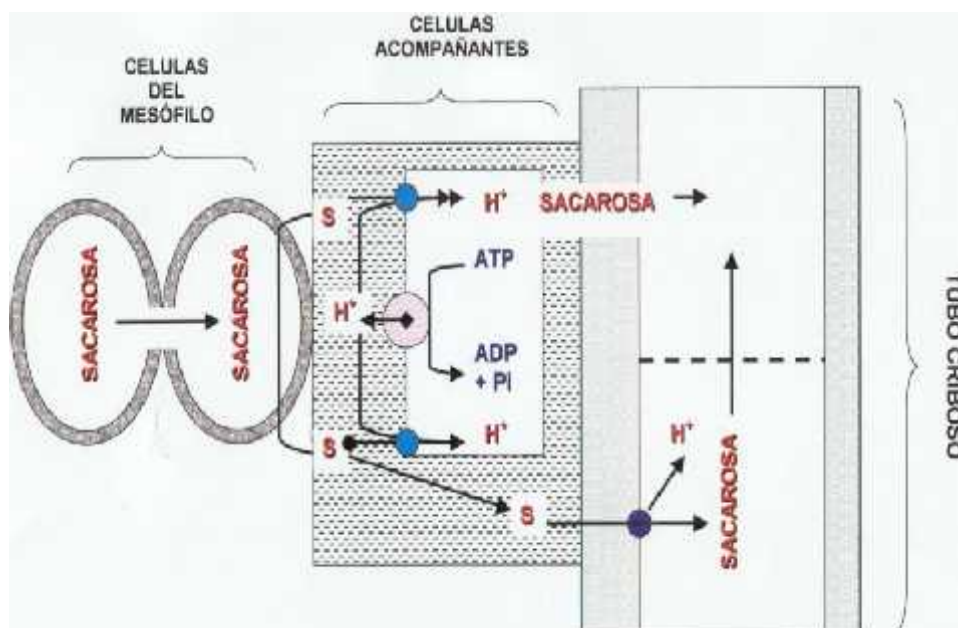


Figura 19: Movimiento de sacarosa y doble movilización.

Posteriormente estos azúcares se transportan a largas distancias hasta los lugares de utilización y allí comienza la descarga del floema. De acuerdo con el destino será la descarga puede ser por vía simplástica o apoplástica, veamos los casos posibles:

a) En órganos en crecimiento como las raíces y hojas jóvenes la descarga suele ser simplástica. Esto ocurre porque estos órganos tienen un metabolismo que le permite la rápida utilización de la sacarosa en la respiración.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

b) En algunas especies como caña de azúcar y remolacha azucarera la sacarosa se libera al apoplasto. En el caso de la remolacha azucarera esta se acumula en las vacuolas de las células parenquimáticas y no sufre cambios en el apoplasto. En cambio en caña de azúcar es hidrolizada por las enzimas invertasas de pared y desde allí la glucosa y fructosa resultante se incorporan a la célula donde nuevamente es sintetizada a sacarosa y almacenada en las vacuolas del parénquima sacarífero del tallo.

c) En los frutos la descarga suele ser simplástica hasta que son almacenados en las vacuolas.

d) En las semillas en formación la descarga a nivel de cubiertas seminales ocurre por la vía simplástica. El embrión no tiene conexiones plasmodémicas por lo que los azúcares que llegan por vía simplástica son liberados al apoplasto lo cual puede ser en forma activa como en el caso de la soja. Como en caso anterior pueden o no ser hidrolizados en el apoplasto, en soja no son hidrolizados y luego incorporados activamente al embrión, en cambio en maíz permanecen inalterables pero también son incorporados activamente al embrión.

7. Relación Fuente / Destino:

El transporte de asimilados muestra revela lo que se denomina relación fuente destino. Esta relación no debe interpretarse como absoluta puesto que coexisten varios caminos hacia un destino (sí bien son cuantitativamente menor) por lo que en determinadas circunstancias pueden pasar a ser preponderantes.

Las fuentes pueden exportar no solo carbohidratos (hojas) sino minerales (en el caso de la raíz) hacia un destino que puede ser transitorio (tallo) o bien definitivo (órganos de reservas, frutos y semillas).

En las etapas iniciales de formación todo órgano se comporta como destino y la cantidad de compuestos que reciba determinará su desarrollo, en el caso de las hojas son destinos transitorios ya que en la mitad de su expansión se vuelve exportadora (fuente), pero otros nunca se convierten por lo que se denominan destinos definitivos como los frutos y semillas.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Las fuentes generalmente nutren a los destinos más cercanos, esto es por un problema de resistencia al flujo floemático que en definitiva las conexiones vasculares determinarán la relación.

Los destinos compiten entre sí por lo fotoasimilados (esto es lo que después se verá como partición de fotosintatos). En el caso de tomate y pepino la raíz detiene el crecimiento cuando se encuentra en fructificación lo que hace que se tenga en cuenta la naturaleza hormonal del proceso. En el mismo tomate se puede observar que los frutos de la base del racimo son de mayor tamaño que los restantes, si están muy juntos se debe recurrir a la eliminación de frutos para evitar que la competencia se establezca en detrimento del tamaño y calidad).

La fuerza del destino viene determinada por:

$$\textbf{Intensidad del Destino = Tamaño x Actividad}$$

Entendiendo por intensidad a la capacidad de movilizar asimilados, la actividad es la capacidad de absorber asimilados por unidad de peso y el tamaño es el peso total del destino. Las prácticas agronómicas se basan en establecer una relación fuente destino apropiada para la producción (poda, raleo de flores y/o frutos, ruptura de la dominancia apical (melón), anillado de troncos).

Esta relación se encuentra comandada por factores hormonales (AIA, AG₃ y Citocininas estimulan a las fuentes en cambios una acumulación de ABA inhibe la carga del floema), también nutrientes como fósforo y potasio tienen influencia en esta relación. Pero también ocurre que al disminuir el contenido de sacarosa en la zona de descarga provoca una reducción de la turgencia y esto induciría a una mayor carga en las fuentes. También se ha determinado que los frutos en formación son muy ávidos de ABA por lo que la fuente se vería favorecida en el proceso de carga.

RESUMIENDO:

Todo cambio en esta relación se ve reflejado en el comportamiento de los órganos implicados, como puede verse en el esquema simplificado que se muestra a continuación en la Figura 20.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

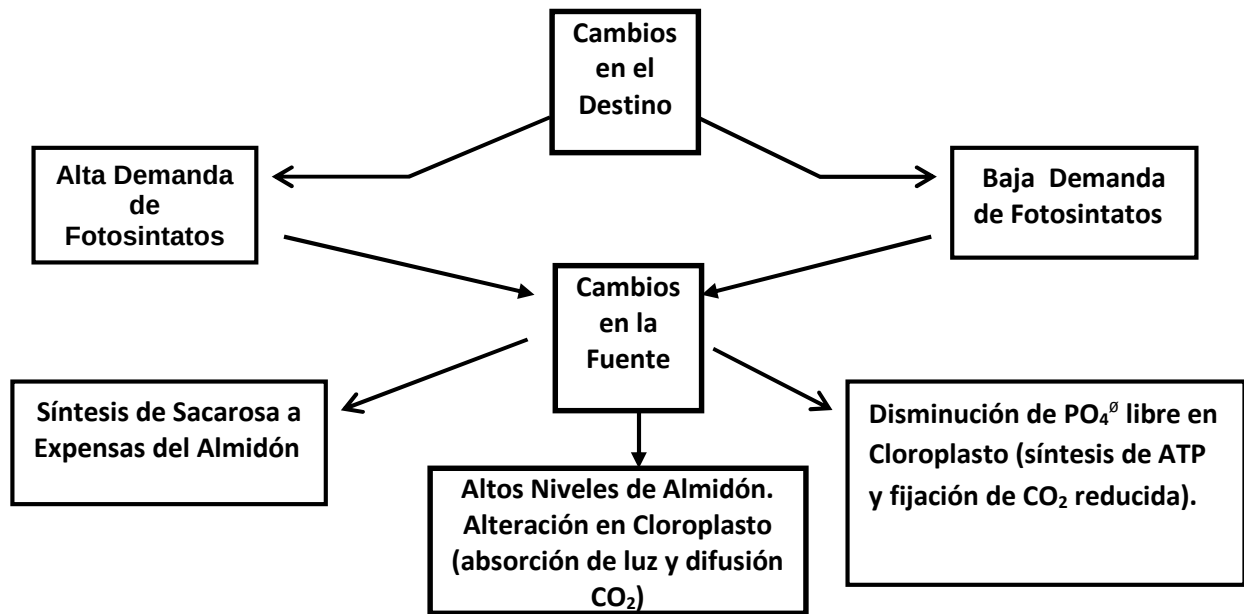


Figura 20: Esquema de Destinos, Fuentes y Acciones Fisiológicas.

Este esquema intenta explicar que ante una determinada acción a nivel de destino (por ejemplo una disminución del número de destinos debido al ataque de una plaga) declina en la fuente su capacidad fotosintética por alguna de las razones señaladas en esta representación. También se debe considerar el proceso inverso ante una elevada cantidad de destino la fuente “reacciona” produciendo mayor cantidades de fotosintatos.

Las mismas consideraciones se pueden hacer en el sentido contrario que una disminución en la fuente (un mal sistema de poda por ejemplo) altera el número y calidad de los destinos.

Esto fundamenta las prácticas agronómicas en donde se trata optimizar al máximo esta relación en el sentido de un mayor número (y calidad) de los órganos cosechables. Por supuesto esto depende de la especie que se trate y las condiciones en que el cultivo está sometido.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

BIBLIOGRAFIA

1. Azcón Bieto *et al.* 2008 Fundamentos de Fisiología Vegetal Mcgraw-Hill / Interamericana de España, S.A.
2. Barceló Coll, J.; G. Nicolás; B. Sabater y R. Sánchez. 2003 Fisiología Vegetal. Editorial Pirámide, Madrid.
3. Del Pozo Rodríguez, P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Pastos XXXII (2): 109 - 137
4. Gil Martínez, F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
5. Hopkins, W. y N. Hüner. 2009. Introduction Plant Physiology. Wiley & Sons
6. Larcher, W. 2003. Physiological plant ecology. Berlin: Springer. 513 págs.
7. Montaldi, E. R. 1995. Principios de Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur.
8. Sívori, E.; E. Montaldi y O. H. Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
9. Taiz Lincoln, Eduardo Zeiger. 2015. *Plant Physiology and Development*, Sinauer Associates



GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE GRAMA RHODES, CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES EDÁFICAS.

Martín, B.¹; Sosa, O. A. ² (ex aequo); Torresi, M.¹; Galleano, A. S.¹ y Magra, G.³

¹ Cátedra de Forrajes; ² Cátedra de Manejo de Tierras; ³ Cátedra de Edafología.

Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Zavalla, Santa Fe bmartin.unr@inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Este grupo académico ha realizado una serie de experimentos de investigación sobre Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) en un área del sureste de la provincia de Santa Fe.

Precisamente, el extremo sureste de la provincia de Santa Fe corresponde fisiográficamente a la Pampa Ondulada, subdivisión de la llanura chaco pampeana argentina. Este sector es una angosta franja que se extiende al oeste de los ríos Paraná y de la Plata, aproximadamente desde el río Carcarañá en Santa Fe hasta Punta Indio en Buenos Aires. Se caracteriza por un relieve suavemente ondulado, recortado por cañadas, arroyos y ríos (INTA, 1983). Posee un drenaje general exorreico; los cursos que la atraviesan son tributarios del Paraná o de la Plata, o de los afluentes de éstos, y han excavado valles amplios y poco profundos.

En estos últimos se encuentran áreas de drenaje deficiente, a menudo con las napas freáticas a escasa profundidad y con suelos que comúnmente poseen relativamente altas concentraciones de sales y de sodio (Mosconi *et al.*, 1981). Tales ambientes, cuando su aptitud para el uso agropecuario es baja, suelen estar ocupados por pastizales de escasa productividad forrajera.

Manejos poco racionales (labranzas inadecuadas, pastoreo en épocas de alta humedad edáfica, sobrepastoreos, etc.), han determinado un desmejoramiento de la condición física de los suelos y un aumento tanto de la salinidad como de la alcalinidad. Ello ha implicado cambios en el tapiz vegetal y disminución general de la capacidad productiva.

En general, los sectores deprimidos de la región centro sur de Santa Fe están dominados por especies espontáneas: pelo de chancho (*Distichlis spicata*), gramón (*Cynodon dactylon*), juncos (*Juncus*, *Cyperus*, *Scirpus*, etc.), espartillo (*Spartina argentinensis*) y otras. La mayoría posee bajas tasas de crecimiento, producción

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

estacional y reducida digestibilidad (menor al 50%). La productividad forrajera no supera los 2000-2500 Kg de materia seca.ha⁻¹.año⁻¹.

Las mencionadas especies forman parte de comunidades halófitas o hidrófilas, que vegetan sobre suelos integrantes de complejos halo-hidromórficos (Natracuafes, Natralboles, Natracuoles, Argialboles), con serias limitaciones: drenaje imperfecto, anegamientos temporarios, alcalinidad sódica, salinidad, baja disponibilidad de algunos nutrientes, reducida permeabilidad en gran parte del perfil, tendencia a la densificación, estructura laminar o masiva, baja estabilidad de agregados, etc. .

Grama Rhodes en el sureste santafesino

En los últimos años, la Grama Rhodes ha aparecido como una alternativa tecnológica para esta zona, con el fin de mejorar aquellas áreas que presentan pastizales menos productivos.

El interés de su empleo se basa en su adaptabilidad a los ambientes halomórficos. En ese sentido, Pérez *et al.* (1998) y Toll Vera *et al.* (2009) destacan la resistencia de Grama Rhodes a la salinidad.

A pesar de ello, es importante destacar que la amplia gama de limitaciones edáficas e hídricas de los sectores deprimidos del área considerada requiere tener en cuenta una serie de aspectos. Uno de ellos es que las mismas actúan en forma integrada y se combinan con otras de variada naturaleza, al punto de llegar a comprometer los intentos de lograr una buena implantación de la especie.

Otra cuestión esencial es la alta variabilidad espacial, a través de distancias relativamente cortas, de ciertos atributos que condicionan la producción en los ambientes deprimidos, tales como el drenaje, la salinidad, el pH, la sodicidad, las comunidades vegetales, etc. (Batista y León, 1992; Martín *et al.*, 2007 y 2008).

Un tercer aspecto que amerita ser resaltado es la oscilación de la profundidad freática a lo largo del tiempo y su influencia sobre la dinámica de las sales y el sodio en el perfil edáfico, tanto estacionalmente como a través de los años, y en relación a las precipitaciones. Puede decirse que la distribución de las sales y de la alcalinidad sódica en los perfiles de suelos halohidromórficos pampeanos tienen una marcada relación

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

con la profundidad de la napa, y que este último parámetro está fuertemente ligado a las condiciones climáticas y a la estacionalidad (Taboada y Lavado, 2008).

Adecuación del sector de siembra y preparación del suelo

Los planos aluviales de la Pampa Ondulada suelen tener pendientes de gradiente reducido (menor al 0,5 %) y de larga longitud. La lentitud de la velocidad de escurrimiento, las variaciones de suelo y la presencia proximal de la napa freática determinan que, por sobre los flujos hídricos unidireccionales, adquieran mayor importancia aquellos determinados por la existencia de microrrelieves (Martín *et al.*, 2007). Así, la calidad del drenaje, la distribución de los excesos de agua y la dinámica de las sales y el sodio son generalmente heterogéneos, aún dentro de un mismo lote. Esto suele conferir una acentuada heterogeneidad productiva, no sólo para los pastizales naturales, sino también para las pasturas implantadas. Así lo han verificado Martín *et al.* (2008), en un área deprimida del sureste de Santa Fe, con una pastura integrada por Agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) y Trébol de Olor amarillo (*Melilotus officinalis*).

Diversos estudios desarrollados por este grupo de trabajo, en ambientes muy próximos al citado, vinculan casi directamente a la microaltimetría de los sectores mal drenados con la distribución de la cobertura de Grama Rhodes durante su etapa de implantación. En estos estudios la emergencia de Grama Rhodes, se relacionó con la microaltimetría entre un 27 a un 50%, en consonancia con la mayor o menor distancia al colector principal de los excedentes hídricos (vía de escurrimiento canalizada) (Martín *et al.*, 2007 y 2008; Beson *et al.*, 2010).

Para estimar la aptitud de las tierras para este cultivo, en el lote o en sus diferentes sectores, se impone conocer una serie de propiedades y características: profundidad y composición de la napa freática (variación estacional), variaciones de relieve, comunidades vegetales presentes, y en el suelo: espesor de los horizontes superficiales, profundidad a la que aparece el B textural o el B nátrico, conductividad eléctrica, pH, porcentaje de sodio intercambiable, materia orgánica, dotación de nutrientes, estabilidad de agregados, densidad aparente, etc. Las propiedades edáficas deberían determinarse por capa u horizonte.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

A pesar de la comentada adaptabilidad de Grama Rhodes a los suelos salinos, en la medida de lo posible es sumamente conveniente disminuir la incidencia de las limitaciones edáficas y de drenaje que se presentan, recurriendo a prácticas como el uso de correctores químicos (yeso), la fertilización, la eliminación de compactaciones, etc.

Como en toda implantación de pasturas, la preparación del suelo previa a la siembra tiene como objetivos adecuar las condiciones físicas del suelo para crear un ambiente favorable a la germinación y establecimiento de la plántula.

La semilla pequeña y muy liviana necesita de una siembra superficial como condición para el efectivo establecimiento. Además, se recomienda eliminar la vegetación espontánea. Este control, principalmente de pelo de chanco y de gramón, anula su competencia. Conviene que se produzca una rápida descomposición de los restos vegetales para facilitar el contacto directo de la semilla de Grama Rhodes con el suelo. Se logran buenos resultados en la emergencia de esta especie con residuos relativamente bajos de la vegetación espontánea: 0 a 40 % a la siembra, si bien la respuesta también está condicionada al genotipo de cultivares (Figura 1).

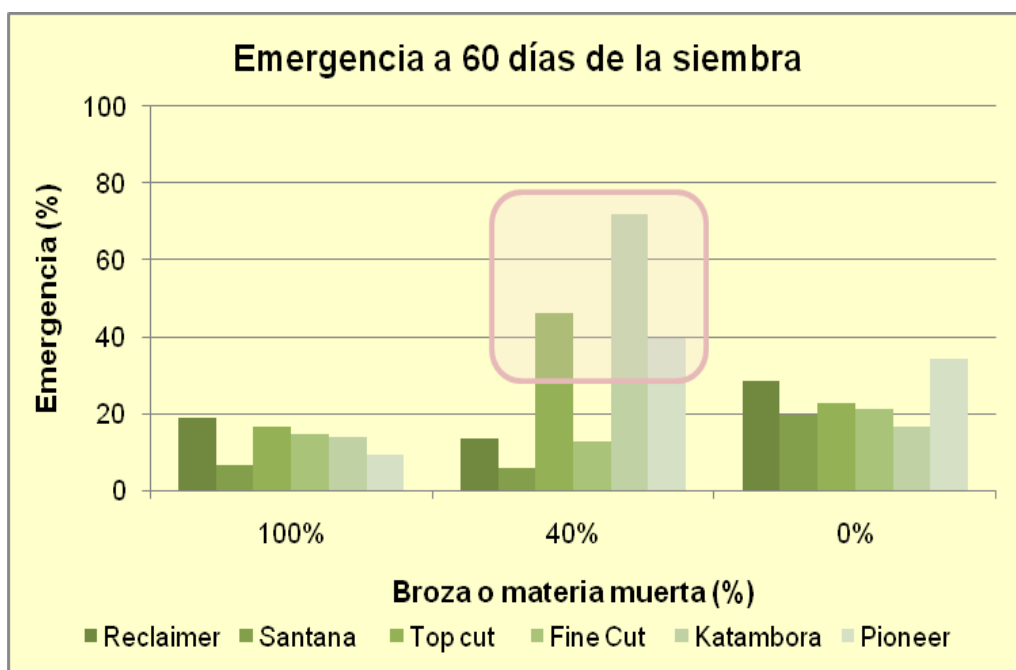


Figura 1: Emergencia de cultivares de Grama Rhodes, a los 60 días de la siembra, con diferentes coberturas de broza a siembra y en distintos cultivares (Roulet *et al.*, 2014).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Calidad de las semillas

La calidad (pureza más poder germinativo) de las semillas a utilizar es de suma importancia para la obtención de un adecuado stand de plantas. Varía considerablemente, dependiendo del año de cosecha, de las técnicas, de las condiciones de la cosecha y del cultivar.

En un estudio inédito realizado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR, se trabajó con 24 muestras de semillas comerciales provenientes de diferentes empresas, en dos períodos de venta (2010 y 2011) y se agruparon a las muestras según la viabilidad de los gérmenes (Cuadro 1).

Cuadro 1: Porcentaje de muestras comerciales que responden a tres niveles de gérmenes viables por Kg, en una partida de 24 muestras comerciales provenientes de distintas empresas vendedoras.

Gérmenes viables por Kg	Nº de muestras	Porcentaje (%)
Menos de 250.000	14	59
De 500.000 a 750.000	4	16
Más de 1.000.000	6	25

Teniendo en cuenta que se considera como una situación adecuada cuando el material contiene por lo menos 500.000 gérmenes por Kg, los datos del cuadro precedente evidenciarían que solo el 41% de las partidas disponibles en el mercado podrían estimarse como de buena calidad.

A fin de minimizar riesgos, es muy importante realizar un control de calidad, para determinar con certeza el poder germinativo de las semillas que se sembrarán.

Experimentos realizados

La eficiencia de la germinación está también influenciada por las condiciones medioambientales, entre ellas las edáficas. Según se ha comentado, los suelos halohidromórficos ofrecen condiciones particularmente desfavorables para el crecimiento vegetal. Precisamente, este grupo de trabajo inició, desde 2009, una serie

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

de estudios sobre eficiencia en la implantación de esta especie en sectores deprimidos del sureste santafesino, afectados por salinidad y sodicidad.

En este trabajo se tuvieron en cuenta los umbrales establecidos por el Riverside United States Salinity Laboratory (Richards, 1954), según su adaptación a la dilución 1:2,5, para la estimación de la condición salina de los suelos a través de la conductividad eléctrica (CE). Los rangos son: 0-0,5 dS.m⁻¹ suelo normal; 0,5-1-dS m⁻¹ ligeramente alta salinidad; 1-2 dS.m⁻¹ alta salinidad y > 2 dS.m⁻¹ muy alta salinidad.

Experimentos a campo

1. Preparación del suelo y sistemas de siembra

El sitio de estudio fue un sector mal drenado ubicado en la cuenca del arroyo del Sauce, próximo a la localidad de Sargento Cabral (sureste de la provincia de Santa Fe) y se trabajó con el cultivar Katambora (densidad de siembra: 10,5 Kg.ha⁻¹). Se compararon diferentes preparaciones del suelo y sistemas de siembra, en dos ambientes altamente salinos: A, con muy elevada alcalinidad (Cuadro 2) y una cobertura compuesta por un 60% de *Cynodon dactylon* y un 40% de suelo desnudo y B, con elevada alcalinidad (Cuadro 3) y una cierta cobertura integrada por un 80% de *Distichlis spicata* y un 20 % de *Cynodon dactylon*.

Cuadro 2: Propiedades del suelo a las profundidades de muestreo en el ambiente A

Profundidad de muestreo del suelo	pH	C. E. (dS.m ⁻¹)	Sodio (ppm)	PSI (%)
0-10 cm	9,9	4,7	2590	71,5
10-20 cm	10,1	4,1	2633	
20-40 cm	9,9	3,4	2101	
40-60 cm	9,7	3,0	2014	

Cuadro 3. Propiedades del suelo a las profundidades de muestreo en el ambiente B

Profundidad de muestreo del suelo	pH	C. E. (dS.m ⁻¹)	Sodio (ppm)	PSI (%)
0-10 cm	9,9	3,4	1869	55,3
10-20 cm	9,8	3	1901	
20-40 cm	9,9	2,9	1898	
40-60 cm	9,5	2,8	2012	

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En cada uno de los ambientes se aplicó un diseño en bloque con tres repeticiones y se consideraron tres situaciones: tapiz inicial sin disturbio, suelo laboreado con rastra de discos (cobertura remanente: 25 %) y sin tapiz natural. En este último caso, existía una cobertura importante de gramón, que se eliminó mediante dos aplicaciones de glifosato; una en abril y otra a principios de octubre, luego del rebrote de primavera. Se sembró a mediados de noviembre. Cada situación se subdividió, para considerar dos sistemas de siembra: al voleo y en línea.

A los 120 días de la siembra se midió la densidad de plantas. Los resultados obtenidos se presentan en la Cuadro 4.

Cuadro 4: Número de plantas logradas por m², según tratamiento.

Sistemas de siembra	Ambientes			
	A		B	
Tapiz inicial sin disturbio + siembra al voleo	0,89±0,5	B	2,98±0,8	A
Tapiz inicial sin disturbio + siembra en línea	0,76±0,6	B	1,99±1,1	A
Rastra de disco + siembra al voleo	2,40±1,2	B	4,90±1,0	A
Rastra de disco + siembra en línea	4,81±1,1	B	8,34±0,7	A
Tapiz natural eliminado + siembra al voleo	10,50±5,6	B	18,70±4,8	A
Tapiz natural eliminado + siembra en línea	21,40±4,2	B	45,00±2,6	A
A=Tapiz inicial con un 60% de <i>C. dactylon</i> y 40% de <i>Suelo desnudo</i> ; B= Tapiz inicial con un 80% de <i>D. spicata</i> y 20% de <i>C. dactylon</i> . *Letras distintas, en minúscula en cada columna y en mayúscula en cada fila, señalan diferencias significativas (Test de Duncan, p<0,05).				

Los Cuadros 2, 3 y 4 han sido tomados de Martín *et al.* 2011. Los diferentes tratamientos de siembra condicionaron el número de plantas logradas. Se observa que la siembra en línea en ausencia de tapiz vegetal fue la situación que configuró un ambiente más adecuado para la implantación de la especie. Es probable que las diferentes respuestas estén relacionadas a las distintas condiciones químicas y físicas de los suelos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

2. Empleo de correctores químicos.

El estudio se condujo en un sector deprimido aledaño a una cañada tributaria del arroyo Ludueña, situado dentro del Campo Experimental Villarino. En dicho sitio se seleccionó un lote de 6 ha, con un suelo Natracuall típico, del que se exponen ciertos datos en la Cuadro 5.

Cuadro 5: Características químicas, fisicoquímicas y físicas del suelo

Variables	0-10 cm	10-20 cm
pH (1:2,5)	8,75	9,78
CE (1:2,5) dS.m ⁻¹	2,18	2,44
MO (%)	2,05	1,75
Nt (%)	0,12	0,08
P (ppm)	14	12,75
PSI (%)	15,95	19,73
EAag (%)	4,33	3,12

MO: materia orgánica; Nt: nitrógeno total; P: fósforo; Ce: conductividad eléctrica; PSI: porcentaje de sodio intercambiable; EAag: agregados estables al agua (Henin).

En un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones, se aplicaron al voleo tres dosis de yeso: 0, 2500 y 5000 Kg.ha⁻¹ de producto comercial (17,3 % de S y 24 % de .ha⁻¹). Un mes después (inicios de noviembre) se sembró el cultivar Katambora (10,5 Kg.ha⁻¹). El producto fue incorporado a 10 cm de profundidad mediante una rastra de discos. A los 90 y 150 días de la siembra se evaluó la emergencia de la Grama Rhodes, por conteo de plántulas.

La Figura 2 ilustra la evolución de la profundidad freática –medida cada diez días, a partir de fines de julio–, a lo largo del período analizado y las precipitaciones acumuladas en cada momento de medición de la profundidad.

Luego de un aumento de la profundidad en invierno, la napa ascendió a partir de octubre de 2006. Ello se relaciona con la ocurrencia de las precipitaciones durante 2006. Entre mayo y agosto se registraron 79,2 mm, mientras que desde setiembre a diciembre las lluvias sumaron 565,5 mm. El alto monto de lluvias primaverales justificó el ascenso freático, que empeoró las condiciones de drenaje del terreno.

El suelo fue muestreado antes de la siembra y en los mismos momentos del conteo, en áreas representativas del lote.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

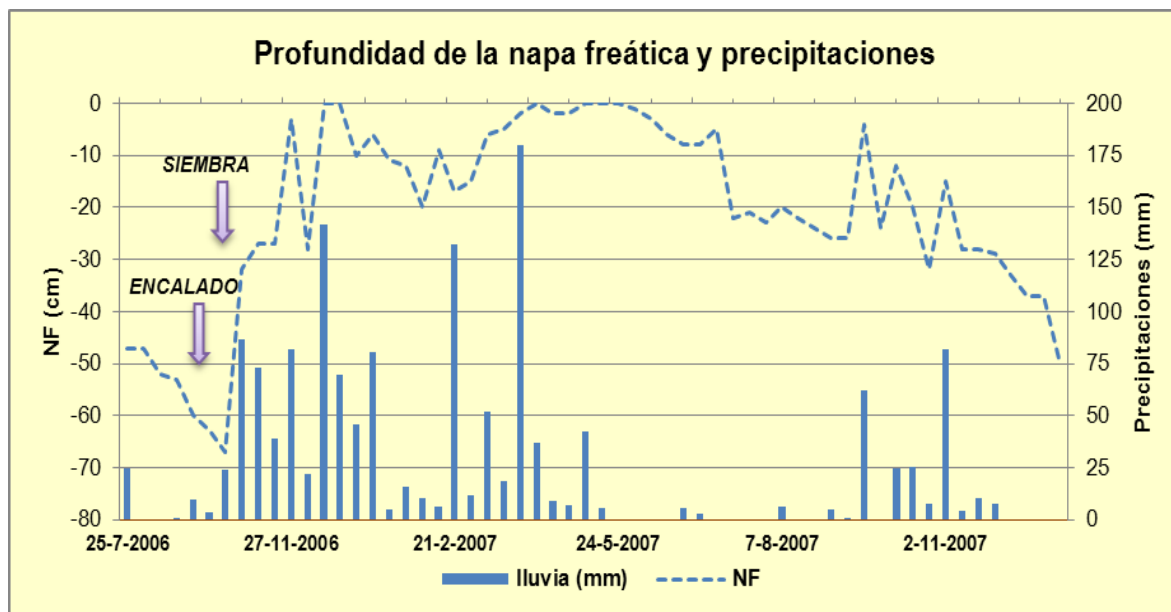


Figura 2. Variación de la profundidad de la napa freática medida con freatímetro y precipitaciones acumuladas (estos últimos, datos de la estación meteorológica del Campo Experimental Villarino).

El efecto del yeso sobre la reacción del suelo y la sodicidad fue de corta duración. Solo hubo diferencias significativas entre tratamientos a los 90 días de la siembra (Cuadro 6).

Cuadro 6: Valores de pH, CE y PSI al finalizar el experimento (90 días de la siembra)

	Dosis de yeso Kg.ha ⁻¹	pH	CE (1:2,5) dS.m ⁻¹	PSI (%)
90 días	0	9,78±0,04 b	2,33±0,01 a	32,59±1,09 a
	2500	9,34±0,21 b	2,09±0,02 a	23,62±1,56 b
	5000	8,55±0,09 a	2,01±0,02 a	22,06±1,08 b
150 días	0	8,8±0,02 a	2,05±0,02 a	31,5±1,23 a
	2500	9,07±0,01 a	2,19±0,02 a	30,26±1,25 a
	5000	8,97±0,01 a	2,08±0,01 a	32,55±1,33 a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA; medias comparadas con test de Duncan, $p < 0,05$).

Las determinaciones a los 150 días no difirieron entre tratamientos; el ascenso de la napa habría disipado el efecto de la enmienda.

El agregado de yeso derivó en un aumento de la emergencia (Cuadro 7), respuesta que podría explicarse por la mejoría en algunos parámetros químicos de la

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

capa de suelo analizada (0-10 cm). No obstante, se registraron pérdidas en la emergencia a los 150 días; muy probablemente por las malas condiciones de drenaje.

Cuadro 7: Emergencia de plántulas de Grama Rhodes (%)

	Emergencia (%)		
Dosis de yeso	90 días	150 días	% pérdidas
0 Kg.ha ⁻¹	6,08±1,8 c	0 c	100
2500 Kg.ha ⁻¹	13,53±4,1 b	9,6±6,9 a	29
5000 Kg.ha ⁻¹	34,84±3,25 a	19,9±4,55 a	43

En condiciones de alcalinidad causada por ascenso capilar de las aguas freáticas, la lluvia provoca grandes variaciones en los niveles alcalinos de los suelos (Lavado y Taboada, 1988; Génova, 2005). Así, Costa (2000) midió una disminución importante del RAS del suelo luego de 1100 mm de lluvias. El autor explica que el CaCO₃ (carbonato de calcio) presente en la matriz del suelo sería disuelto con el agua de lluvia, liberando suficiente Ca²⁺ a la solución para desplazar al Na⁺. El CO₂ producido por el suelo más el H⁺ liberado por la mineralización del nitrógeno darían la acidez necesaria para disolver el CaCO₃.

Aunque hubo diferencias en el número de individuos durante la implantación, los valores del conteo resultaron marcadamente inferiores a los registrados por diversos autores en suelos con horizontes nátricos superficiales (Otondo, 2011; Bertram *et al.*, 2013; Julianelli, 2013). El bajo número registrado de individuos podría corresponderse con una reducida velocidad de germinación, lo que fue observado por Ungar (1978). Por otra parte, podría quizás deba tenerse en cuenta lo analizado por Bertram y Chiacchiera (2012), quienes comentan que el desglumado y pelleado de las semillas comerciales afectan el poder germinativo, generando ambas prácticas una disminución cercana al 90 y al 75 %, respectivamente, de la germinación. Además, se ha determinado que el drenaje insuficiente y la tendencia al anegamiento de muchos campos bajos puede atrasar la germinación y la emergencia, y propiciar la mortalidad de plántulas (Borrajo y Alonso, 2004).

Esta línea de investigación se complementó con un estudio realizado en invernadero, empleando bandejas con el mismo suelo (0-10 cm) cuyos datos se

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

presentaron en la Cuadro 5. El material, previamente secado al aire y pasado a través de un tamiz de 4 mm, se repartió en cinco contenedores. En cada uno de ellos se mezcló homogéneamente con cantidades equivalentes a cinco dosis del yeso comercial que se empleó en el experimento de campo: T1=0 Kg.ha⁻¹, T2=1500 Kg.ha⁻¹, T3=2500.Kg ha⁻¹, T4=5000 Kg.ha⁻¹ y T5=7500 Kg.ha⁻¹.

Durante 115 días se aplicaron 132 mm de agua para mantener el suelo próximo a la saturación. Luego se repartió el contenido de los recipientes en bandejas plásticas. En cada una se colocó 0,1 g de semillas de *Chloris gayana* cv. Katambora y se regó periódicamente para mantener la humedad edáfica al 50% de la capacidad de campo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con cinco tratamientos y seis repeticiones.

A los 21 días de la siembra se contó el número de plántulas emergidas, expresándose la emergencia en porcentaje. En la muestra inicialmente tomada a campo y en el suelo de las bandejas a los 21 días se midieron el pH, la CE y el PSI.

El Cuadro 8 expone las variaciones de las propiedades estudiadas, como resultado de la acción de la enmienda.

Cuadro 8: Valores promedios de pH, conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) evaluados para cada dosis de yeso (Kg.ha⁻¹), a los 21 días de la siembra.

Dosis de yeso (Kg.ha ⁻¹)	pH	CE (1:2,5) dS.m ⁻¹	PSI
0	9,59 ± 0,01	2,93 ± 0,01	32,39 ± 1,27
1500	9,37 ± 0,01	2,36 ± 0,03	24,11 ± 1,29
2500	9,09 ± 0,02	2,43 ± 0,02	23,38 ± 1,34
5000	8,45 ± 0,06	2,62 ± 0,06	21,36 ± 1,16
7500	7,71 ± 0,06	2,09 ± 0,03	8,89 ± 0,46

Hubo respuesta positiva de la emergencia ante el enyesado (Cuadro 9). En general, la emergencia aumentó al incrementar la dosis de aplicación, obteniéndose un porcentaje de plántulas emergidas relativamente elevado cuando se aplicó la dosis más alta del correctivo. Las bajas emergencias logradas en el testigo podrían ser atribuidas al efecto osmótico que se crea en un ambiente salino y que dificulta la imbibición de la semilla, a la elevada sodicidad –con las inadecuadas condiciones físicas y químicas que impone–, o a una combinación de ambos efectos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 9: Porcentaje de plántulas emergidas, según dosis de yeso (Kg ha^{-1}).

Dosis de yeso (Kg.ha^{-1})	Emergencia (%)
0	8,13±0,6 d
1500	13,84±0,9 c
2500	12,31±2,2 cd
5000	42,87±2,1 b
7500	85,35±3,5 a

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (ANOVA; medias comparadas con test de Duncan, $p < 0,05$).

Investigaciones previas han determinado distinta resistencia a la salinidad de las forrajeras durante las etapas iniciales. Priano y Pilatti (1989) observaron que la germinación de *C. gayana* resultó ser más perjudicada por la salinidad que la de *Melilotus albus* y *Thinopyrum ponticum*. Por su parte, Pérez-Fernández *et al.* (2003) determinaron que altos pH afectaron negativamente a la germinación de varias especies, entre ellas Grama Rhodes. Si bien esta última se presenta como una forrajera que tolera cierto nivel de sales, se ha demostrado que con conductividades superiores a los 4 dS.m^{-1} en extracto de saturación –0 a 2 dS.m^{-1} , en una dilución suelo:agua de 1:2,5–, la germinación de Grama Rhodes puede verse sensiblemente comprometida (Bertram y Chiacchiera, 2011). Asimismo, se ha comprobado que pH superiores a 8,5 inhiben fuertemente la germinación de las semillas (Bertram y Chiacchiera, 2012).

Experimentos en ambientes controlados

La germinación es una etapa de fundamental importancia en la implantación de las especies forrajeras. En particular, es un estadio crítico para la vegetación de los ambientes halohidromórficos; las condiciones del suelo en ese momento tendrán una incidencia muy marcada en el comportamiento posterior de las plantas (Ungar, 1978, 1995; Mohammad y Sen, 1990), tanto sea por la influencia de las sales en el potencial hídrico, como por la dinámica del agua. Establecer la época de siembra en períodos donde se verifican reducciones de la concentración salina es importante para el éxito

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

de la germinación. Por ello, es habitual que la germinación de Grama Rhodes en ambientes salino-alcálinos ocurra en temporadas con adecuadas precipitaciones, cuando los niveles de salinidad del suelo se reducen por lavado (Ungar, 1896).

Para analizar la influencia de la disponibilidad hídrica y del tenor salino en la emergencia, se condujeron ensayos en invernadero.

Experimento 1. Acción del déficit hídrico

El propósito fue evaluar la emergencia de Grama Rhodes en condiciones de diversos ambientes edáficos sometidos a déficit hídrico y posterior hidratación.

Se trabajó en macetas con tres suelos: Argiudol vértico (S1), Natracuall típico (S2) y Natracuall típico (S3). En el Cuadro 10 se presenta la información principal de los mismos.

Cuadro 10: Características del suelo en cada ambiente edáfico.

Suelo	Posición en el paisaje	CE (1:2,5) dS.m ⁻¹	pH
S1	Sector bien drenado, con vegetación espontánea comunidad "flechillar"	0,09	7,04
S2	Sector deprimido, con vegetación halófila	1,05	8,71
S3	Sector deprimido, "pelada"	2,19	9,88

Las macetas se mantuvieron durante 20, 40 o 60 días por debajo del punto de marchitez permanente de cada suelo. Se probaron tres cultivares: Katambora, Fine Cut y Reclaimer. En las macetas se sembró 1 g de cada cultivar. Cumplido el período de sequía, se regó con agua destilada, a capacidad de campo. A los 21 días se contó el número de plántulas emergidas de cada cultivar y se expresó el porcentaje de emergencia (% Em) en relación al número de gérmenes viables de cada uno. El % Em mostró estar afectado por la interacción entre suelo * tiempo en sequía * cultivares. La situación de mayor emergencia (74,5 %, $p < 0,05$) correspondió al cultivar Fine Cut, bajo 20 días de estrés hídrico, en S2 (Figuras 3, 4 y 5).

En general, S3 fue el suelo menos adecuado para la emergencia, con elevada conductividad eléctrica y pH fuertemente alcalino. No hubo marcadas diferencias entre

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

S1 y S2. Todo ello sugiere que Grama Rhodes posee cierta capacidad de emergencia bajo condiciones de salinidad ligera a mediana y que la misma disminuye cuando la salinidad y la alcalinidad son fuertes.

La emergencia se incrementó ($p < 0,05$) cuando menos días permanecieron las semillas sin humedad (50,7 %; 46,4 % y 11,4 %, para 20, 40 y 60 días, respectivamente). Grama Rhodes es una especie con cierta adaptabilidad a condiciones con períodos estacionales de sequía. Posee mecanismos de dormancia o posmaduración que inhiben la germinación inmediata y la posponen hasta condiciones de disponibilidad de agua (Mérula y Díaz, 2012). Los resultados aquí obtenidos podrían relacionarse con los trabajos de Baruch y Fisher (1991) y Ruiz *et al.* (2003), que determinaron que, en caso de prolongarse el estrés se induce una dormición secundaria; una característica de ésta es la pérdida paulatina de sensibilidad a los factores ambientales que normalmente permiten superar la dormición (temperatura, luminosidad, agua).

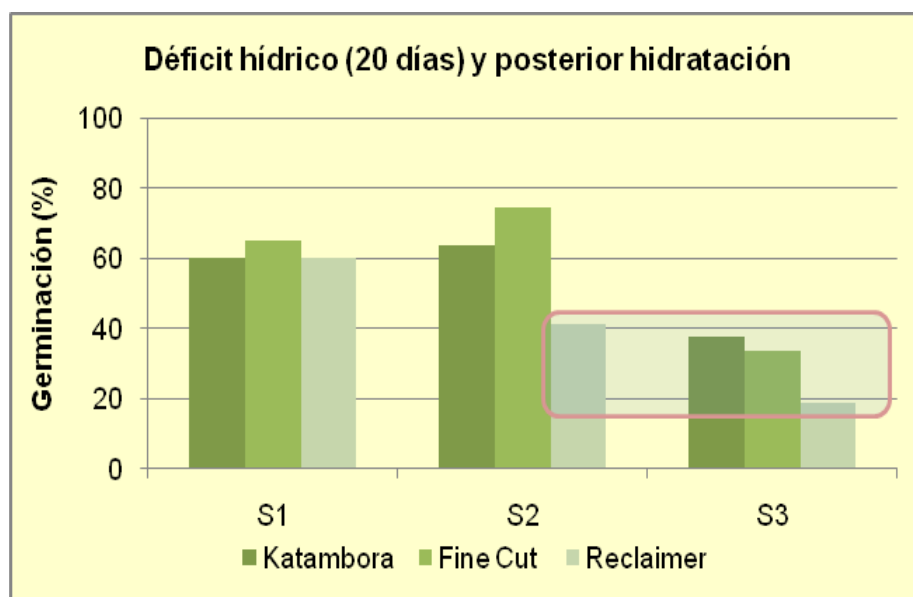


Figura 3: Emergencia de *Chloris gayana* luego de 20 días de exposición de las semillas a sequía y posterior riego.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

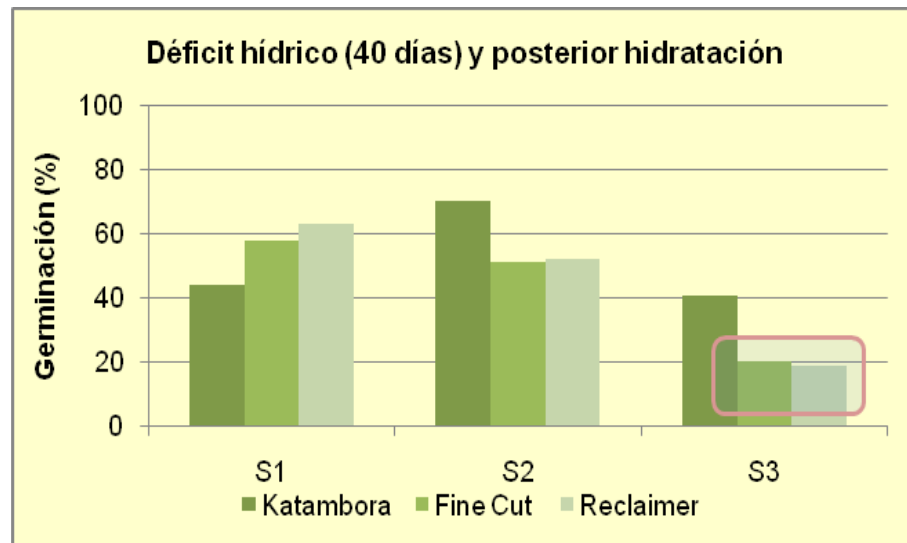


Figura 4: Emergencia de *Chloris gayana* luego de 40 días de exposición de las semillas a sequía y posterior riego

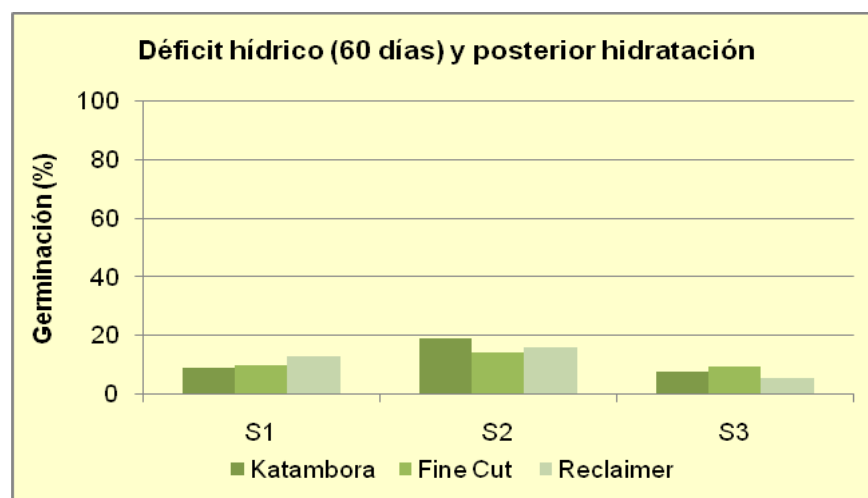


Figura 5: Emergencia de *Chloris gayana* luego de 60 días de exposición de las semillas a sequía y posterior riego. Los rectángulos insertos distinguen las situaciones de menor emergencia ($p < 0,05$); los valores restantes no difieren significativamente entre sí.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las semillas de Grama Rhodes poseen cierta resistencia al estrés hídrico por salinidad durante la emergencia. No obstante, los registros indican una respuesta relativamente baja. Ello influiría en el logro de un stand de plantas inferior a lo deseado y, además, irregularmente distribuido, por las variaciones edáficas que existen a lo largo de cortas distancias, en las áreas deprimidas de la Pampa Ondulada.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Experimento 2. Germinación en condiciones de exceso hídrico

Por otra parte, en aquellos años con exceso de precipitaciones, en tales ambientes se producen anegamientos temporarios, en especial durante el período de siembra de la especie. Para analizar el comportamiento germinativo de semillas de Grama Rhodes bajo condiciones de anaerobiosis, se condujo otro experimento en laboratorio. Las semillas estuvieron sumergidas en agua durante 123 días y se realizaron extracciones según intervalos crecientes de tiempo, al final de los cuales se colocaron dentro de cajas de Petri en condiciones adecuadas para la germinación. Las cajas se mantuvieron en una cámara termorregulada, según los niveles de temperatura e iluminación preestablecidos. Se consideraron como semillas germinadas aquellas que presentaron la aparición de radícula (≥ 2 mm) e hipocótilo (≥ 10 mm). Los resultados se presentan en la Figura 6.

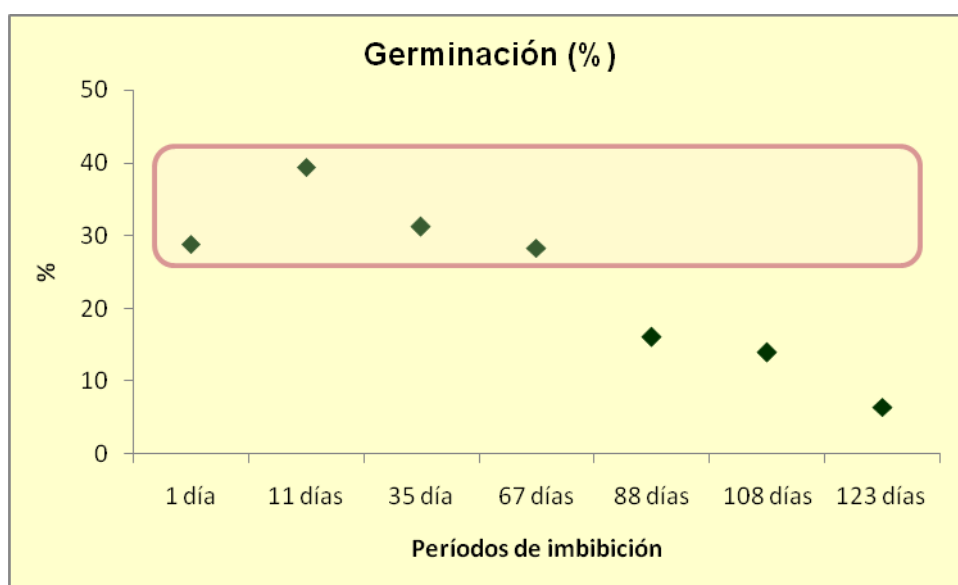


Figura 6: Germinación lograda luego de ser sometida las semillas a diferentes períodos de imbibición (en porcentaje de semillas germinadas respecto a los gérmenes viables en 0,1 g de semillas). El rectángulo inserto incluye las situaciones cuyos valores de germinación no difieren entre sí, pero son significativamente más altos que los restantes ($p < 0,05$).

El porcentaje de semillas germinadas disminuyó significativamente luego de los 88 días de sumergidas ($p < 0,05$). Los resultados muestran que las semillas de Grama Rhodes tienen una alta tolerancia a la anoxia, ya que si bien el máximo porcentaje se

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

observó a los 11 días, para los tratamientos de 35 y 67 días de imbibición los porcentajes no fueron significativamente diferentes al valor máximo.

Estos resultados confirman los estudios de Boschma *et al.* (2008), quienes afirmaron que *Chloris gayana* es capaz de soportar el anegamiento prolongado del suelo. Por su parte, Imaz (2009) observó que la sumersión completa de plántulas en áreas inundadas no afectó en gran medida la supervivencia de las mismas, pues esta especie posee mecanismos fisiológicos de tolerancia a los excesos hídricos.

Experimento 3. Emergencia en distintas condiciones de humedad

Para analizar la emergencia de plántulas de Grama Rhodes en diferentes condiciones de humedad, se realizó un estudio, en ambientes controlados, empleando la capa 0-10 cm de diversos suelos: uno no halohidromórfico y los otros de áreas deprimidas y bajas, ubicados en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNR (Zavalla).

Suelo a (Sa): Argiudol vértico, en un sector en pendiente hacia una vía de escurrimiento; no salino ni sódico y con pH = 7.

Suelo b (Sb): Natracualf típico, alcalino medianamente salino, en un sector bajo, próximo a la misma vía de escurrimiento; CE = 1,05 dS.m⁻¹ y pH = 8,7.

Suelo c (Sc): Natracualf típico, alcalino fuertemente salino, en un área de peladal dentro del mismo sector del caso anterior, CE = 2,19 dS.m⁻¹ y pH = 9,9.

Se trabajó en macetas, que se saturaron con un riego de agua destilada, hasta que drenó el excedente de agua durante 48 horas; inmediatamente después se pesaron y se tomó el promedio del peso como referencia para la capacidad de campo de cada suelo (CC). Mediante adiciones de agua se llevaron las macetas a los siguientes estados hídricos: 100, 80, 60, 40, 30, 20 y 10 % de esa CC. La humedad de las macetas se mantuvo periódicamente en base a diferencias de peso y reponiendo con agua destilada. Se sembró, en cada maceta, 1 g de germen viable de *C. gayana* cv. Katambora.

Se evaluó la emergencia de plántulas en cada tratamiento hasta los 25 días de la siembra, tiempo en que se logró el máximo número de plántulas emergidas y se

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

refirieron los valores a porcentaje de semillas emergidas respecto a los gérmenes viables sembrados (Figura 7).

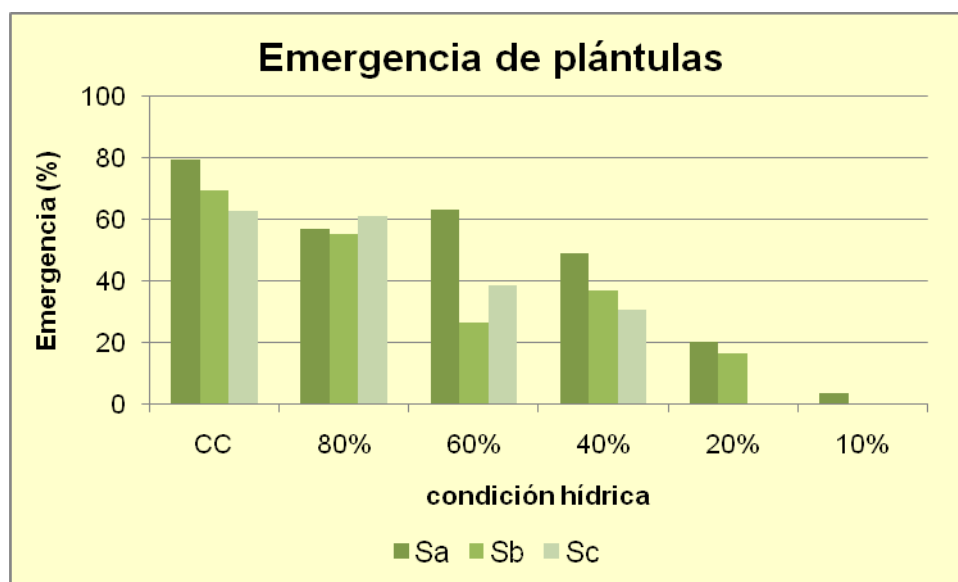


Figura 7: Emergencia de Grama Rhodes cv. Katambora, en los diferentes suelos y niveles de humedad.

Por sus características químicas, Sc resultó, en general, el menos adecuado para la emergencia. En todos los suelos, la misma se incrementó ($p < 0,05$) con la humedad creciente. Entre un 100 % y un 60 % de la CC se alcanzaron valores adecuados de emergencia en los tres suelos.

La ocurrencia de la germinación y la velocidad a la que se produce están determinadas principalmente por los gradientes de potenciales hídricos entre la semilla y el medio (Zhang *et al.* 2012). La salinidad del suelo es uno de los factores afecta la germinación; si la cantidad de sales en el medio es elevada se restringe el ingreso de agua a las semillas y el embrión no alcanza la turgencia necesaria para superar la restricción impuesta por las cubiertas seminales (Gorai y Neffati, 2007).

Experimento 4. Crecimiento aéreo y radical de las plántulas

El objetivo de este ensayo fue evaluar el crecimiento inicial aéreo y radical de esta especie. Se trabajó en vivero con macetas, se emplearon los cultivares Pioneer, Katambora, Top Cut, Fine Cut y Reclaimer y dos suelos: S1= Argiudol vértico, en posición de loma, profundo y bien drenado, con $CE = 0,37 \text{ dS.m}^{-1}$ y $pH = 7$ (0-10 cm); y

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

S2= Natracualf típico, de un sector bajo con drenaje deficiente, CE = 4,18 dS.m⁻¹ y pH = 8,7 (0-10 cm).

A los 45 días de la siembra se midió fitomasa aérea, fitomasa radical (48 hs a 60°C) y longitud de las raíces (Tennant, 1975).

Solo para la variable longitud radical se verificó interacción entre suelo y cultivar. Pioneer presentó en S1 la mayor longitud de raíces, mientras que Katambora y Top Cut registraron en S2 los valores más bajos (Figura 8).

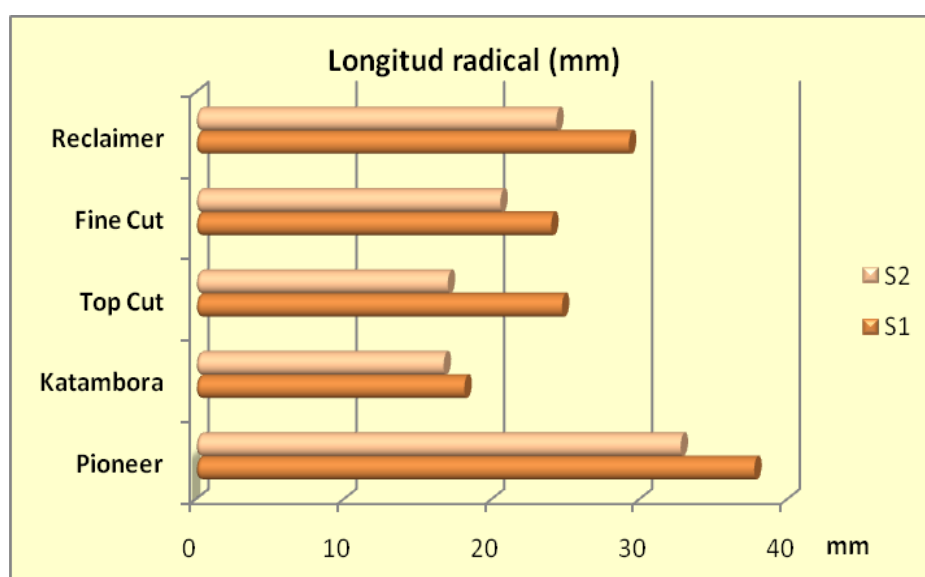


Figura 8: Longitud radical (mm) según cultivar de *Chloris gayana* y tipo de suelo.

En ambos suelos, correspondieron a Reclaimer los más altos valores en peso seco aéreo y los más bajos en peso radical, mientras que Pioneer manifestó un comportamiento inverso. La Figura 9 muestra las relaciones entre los pesos aéreo y radical. Para estos dos cultivares se manifestó una diferencia con respecto al destino de la transferencia de fotosintatos. Los otros genotipos evaluados se encuentran en una situación intermedia respecto al mencionado cociente, sin manifestar diferencias significativas entre sí. Por su parte, dentro de cada cultivar las relaciones de peso aéreo y radical entre los dos tipos de suelo no fueron significativamente diferentes.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

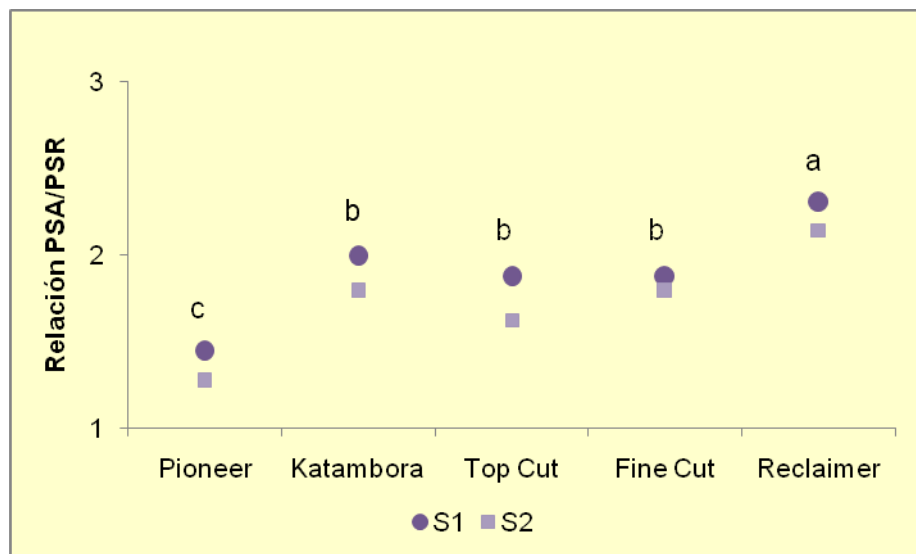


Figura 9: Relación entre el peso seco aéreo (PSA) y el radical (PSR) en cada cultivar y tipo de suelo. Letras distintas señalan diferencias significativas según Duncan ($p < 0,05$)

La variabilidad de la relación entre las fitomasas aérea y subterránea y de la longitud radicular expone diferentes comportamientos entre cultivares. Ello coincide con lo observado por Ma *et al.* (2000), en cuanto a que la producción de biomasa radical de varias forrajeras megatérmicas varió según el cultivar empleado. En referencia a las diferencias aquí verificadas entre distintos suelos, Mengel y Baber (1974), trabajando también con especies megatérmicas, encontraron que la distribución y la biomasa de raíces fueron diferentes de acuerdo al tipo y a la profundidad del suelo.

Conclusiones generales de los trabajos realizados

Grama Rhodes es una forrajera presentada como una alternativa interesante para mejorar la receptividad en los campos bajos del sur santafesino. Sin embargo, en esos ambientes mal drenados y con suelos halomórficos, presenta problemas de implantación. La germinación y la emergencia son afectadas, entre otros aspectos, por la abundancia de sales solubles, la elevada sodicidad, el pH fuertemente alcalino y el exceso de humedad durante prolongados períodos.

La especie manifestó cierta resistencia al estrés hídrico por salinidad durante la emergencia, aunque hubo una respuesta relativamente baja. Los trabajos en condiciones controladas verificaron que Grama Rhodes posee, además, tolerancia a la

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

anoxia en el estado de plántula. No obstante ello, se verificó que, en general se alcanzan valores adecuados de emergencia cuando la humedad edáfica se halla entre un 60 y un 100 % de la CC.

Las modalidades de crecimiento inicial, estudiadas aquí a través del cociente entre los pesos parte aérea y parte subterránea, y la longitud radicular, demostraron que existe variabilidad según el cultivar empleado.

En cuanto al uso de correctores químicos en suelos con salinidad elevada, debe mencionarse que el efecto del yeso sobre la reacción del suelo y la sodicidad fue de corta duración. Cabe destacar que los suelos testados son activos en cuanto a la renovación de los tenores de sales y de sodio, pues presentan la napa freática a poca profundidad.

Las características particulares de los sectores deprimidos del sur de Santa Fe, con variaciones edáficas y de microrrelieves a lo largo de cortas distancias, crea condiciones heterogéneas en los lotes, manifestándose una implantación desuniforme. Ello determina que, en definitiva, se obtenga una cobertura baja cuando se considera toda la superficie de los lotes, con densidades globales relativamente bajas y, en definitiva, una productividad inferior a la deseada.

Referencias bibliográficas

1. **Baruch, Z. y M. Fisher.** 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. En: Lascano, C. y J. Spain (Eds.) Establecimiento y renovación de pasturas. CIAT. Cali, Colombia. pp. 103-142.
2. **Batista, W. B. y R. J. C. León.** 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecología Austral* 2: 47-55.
3. **Bertram, N. y S. Chiacchera.** 2011. Grama Rhodes: eslabón de una cadena forrajera para suelos con limitantes salinas. *Agromercado* (Clásico) 161: 2-4
4. **Bertram, N. y S. Chiacchiera.** 2012. Megatérmicas: Grama Rhodes para suelos salinos. *Márgenes Agropecuarios*. Suplemento ganadero pp. 30-31.
5. **Beson, P.; B. Martín (ex aequo); G. Zerpa (ex aequo); O. Sosa y G. Magra, G.** 2010. Influencia de la microaltimetría, pH y la conductividad eléctrica de un suelo sobre la producción de una pastura en un ambiente deprimido halomórfico. Actas del XXII Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Rosario, 31 mayo al 4 de junio de 2010.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

6. **Borrajo, C. I. y S. I. Alonso.** 2004. Germinación, emergencia e implantación de variedades experimentales de agropiro alargado. *Revista Argentina de Producción Animal* 24 (1-2): 29-40.
7. **Boschma, S. P.; G. M. Lodge y S. Harden.** 2008. Herbage mass and persistence of pasture legumes and grasses at two potentially different saline and waterlogging sites in northern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 553-567.
8. **INTA.** 1983. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja Arroyo Seco - San Nicolás de los Arroyos. 129 p.
9. **Jiménez-Osornio, J. J. M., W. Luna-Flores, L. L. Pinzón-López y H. Estrada-Medina.** 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325814006>. Fecha de consulta: 02-01-2016.
10. **Génova, L.** 2005. Sostenibilidad de agroecosistemas pampeanos regados complementariamente. En *Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005*, Barbosa, O. Ed. Capítulo Manejo de aguas y suelos, pp. 213-218. Villa Mercedes, San Luis.
11. **Gorai, M. y M. Neffati.** 2007. Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. *Annals of Applied Biology* 51(1): 53-59
12. **Imaz, J. A.** 2009. Implantación de forrajeras subtropicales en bajos salinos- sódicos de la Cuenca del Salado. Congreso de la Red Argentina de Salinidad 2009. Córdoba, Argentina
13. **Julianelli, J. S.** 2013. Medición de materia seca y productividad de *Chloris gayana* Kunth (cv. Topcut) en ambientes diferentes en el oeste de la Provincia de Buenos Aires. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/medicion-materia-seca-productividad-chloris.pdf>. Fecha de consulta: 05-01-2016.
14. **Lavado, R. S. y M. A. Taboada.** 1988. Soil water, salts, and sodium dynamics in a Natraquoll of Argentina. *Catena* 15: 577-594.
15. **Ma, Z.; C. W. Wood y D. I. Bransby.** 2000. Impacts of soil management on root characteristics of switchgrass. *Biomass Bioenergy* 18: 105-112.
16. **Maas, E. V.** 1986. Testing Crops for Salinity Tolerance. Proc. Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stresses. p. 234-247. Disponible en: http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/53102000/pdf_pubs/P1287.pdf. Fecha de consulta: 03-12-2015.
17. **Martín, B.; O. Sosa; S. Montico y G. Zerpa.** 2007. Relación entre las unidades de vegetación y la microtopografía en un pastizal ubicado en un sector mal drenado de Argentina. *Ciencia e investigación agraria* 34(2): 103-113.
18. **Martín, B.; O. Sosa (ex-aequo); G. Zerpa; M. A. Acebal y G. Magra.** 2008. Características de una pastura en implantación en sectores con diferencias microaltimétricas en un área deprimida. *Revista Científica Agropecuaria* 12(1): 25-33.
19. **Martín, B.; M. Torresi; G. Magra y O. Sosa.** 2011. Efecto de diferentes condiciones de siembra sobre la implantación de *Chloris gayana* Kunth en un suelo salino-alcalino del sur de Santa Fe. IV Jornadas de Ciencia y Tecnología. Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNR. Rosario, Santa Fe, Argentina.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

20. **Mengel, D. B. y S. A. Barber.** 1974. Development and distribution of the corn root system under field conditions. *Agronomy Journal* 66:341-344.
21. **Mérula, R. y S. Díaz.** 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Disponible en: <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras.pdf> Fecha de consulta: 10-06-2015
22. **Mohammed, S. y D. N. Sen.** 1990. Germination behaviour of some halophytes in Indian desert. *Indian Journal of Experimental Biology* 28: 545-549.
23. **Mosconi, F. P.; L. J. J. Priano y N. E. Hein.** 1981. Mapa de suelos de la provincia de Santa Fe. Tomo I, pp 246.
24. **Otondo, J.** 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011otondoJose.pdf>. Fecha de consulta: 02-06-2016.
25. **Pérez-Fernández, M. A.; S. Rodríguez-Echeverría; E. Calvo-Magro y C. David-Antonio.** 2003. Germination of selected perennial plant species from western Spain under nitrogen, light and wet and dry heat treatments. *Journal of Mediterranean Ecology* 4: 23-33.
26. **Pérez, H. E.; E. Taleisnik; S. J. Bravo; L. García Seffino y D. Orellana.** 1998. Respuesta a la Salinidad de Cultivares de Grama Rhodes: I Componentes del Rendimiento. *Revista Argentina de Producción Animal* 18(1):185-186.
27. **Priano, L. J. y M. A. Pilatti.** 1989. Tolerancia a la salinidad de forrajeras cultivadas. *Ciencia del Suelo* 7(1-2): 113-116.
28. **Richards, L. A.** 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. United States Salinity Laboratory Staff. Agricultural Handbook N° 60. United States Department of Agriculture, 160 pp.
29. **Roulet, M. S.; M. E. Saucedo; C. Alós; M. Formidabile; O. Sosa y B. Martín.** 2014. *Chloris gayana* en suelos salino alcalinos del sur de Santa Fe: emergencia de plántulas en diferentes coberturas de suelo. XVI Congreso y XXXIV Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. Fac. Cs. Agrarias. Zavalla. 4 y 5 de diciembre de 2014.
30. **Ruiz, M.; M. A. Pérez; J. A. Argüello y F. J. Babinec.** 2003. Madurez fisiológica de la semilla de *Bromus auleticustrin* (cebadilla chaqueña). *RIA* 32(2): 3-20.
31. **Taboada, M. A. y R. S. Lavado.** 2008. Funcionamiento de suelos salino-sódicos. Actas XVI Congreso de Aapresid. Rosario, 12 al 15 de agosto de 2008.
32. **Tennant, D. M.** 1975. A test of a modified line intersect method for estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
33. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h) y M. M. Fernández.** 2009. Productividad forrajera de cultivares de *Chloris gayana* Kunth., bajo condiciones de salinidad en el Chaco Occidental Argentino. Actas de la VI Reunión de Producción Vegetal y IV de Producción Animal del NOA; 23 al 24 de Abril; Centro Cultural de la U.N.T., Tucumán, Argentina: 430-436.
34. **Ungar, I. A.** 1978. Halophyte seed germination. *The Botanical Review* 44: 233-264.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

35. **Ungar, I. A.** 1995. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. En: *Seed development and germination*, 599-628. Eds.J. Kigel; G. Galili y M. Dekker. New York (USA).
36. **Ungar, I. A.** 1996. Effect of salinity on seed germination, growth, and ion accumulation of *Atriplex patula* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany* 83: 604-607.
37. **Zhang, H.; L. J. Irving; Y. Tian y D. Zhou.** 2012. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotimic model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitaria sanguinalis*. *South African Journal of Botany* 78(1): 203-210.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

Siembra y emergencia de Grama Rhodes en la región sur de Santa Fe



1-Emergencia de Grama Rhodes en un suelo Natracualf con cobertura de broza.



2- Emergencia de Grama Rhodes en un suelo Natracualf sin cobertura de broza.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



3- Instalación de Grama Rhodes (110 días de la siembra)



4- Instalación de Grama Rhodes (150 días de la siembra).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



5- Grama Rhodes a los 180 días de la siembra



6- Grama Rhodes fertilizada con urea ($150 \text{ Kg N}_2.\text{ha}^{-1}$, primer año de producción)

Ing. Agr. Beatriz Martín



FASES DE CRECIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA EN GRAMA RHODES.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera.
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

Las temperaturas extremas (máximas o mínimas) modifican la duración de los ciclos de crecimiento, de modo que la comprensión del efecto de la temperatura sobre dichos procesos es esencial para el mejor aprovechamiento de las especies y los ambientes.

Una vez satisfechos los requerimientos térmicos, la disponibilidad de agua en el suelo condiciona el inicio del rebrote donde existe una marcada diferencia entre la ploidía de los materiales de Grama Rhodes.

Si se parte de implantación, las fases de crecimiento de la Grama Rhodes desde siembra son:

- Nacimiento.

Conforma el período comprendido desde siembra a emergencia de las plántulas y es dependiente de las condiciones edafo-climáticas imperantes. Es el más lento y de menor crecimiento proporcional (Foto 1).



Foto 1: Semilla curada y emergencia de hoja cotiledonar en Grama Rhodes.

- Fase de crecimiento lento (implantación)

Es una etapa de crecimiento lento que dura un corto tiempo hasta alcanzar la 4ª hoja desplegada (Foto 2).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



Foto 2: Crecimiento inicial y desarrollo foliar

- Inicio de macollaje y elongación de estolones

Es el comienzo del activo crecimiento y en donde rápidamente comienza a cubrir la superficie del terreno. Las plantas originadas de las semillas, acumulan un mínimo de reservas y comienzan la emisión de estolones (Foto 3) que permitirá la colonización y cobertura de los espacios vacíos del lote.



Foto 3: Desarrollo de estolones en Grama Rhodes cv. Fine Cut (2n) sobre suelos halomórficos. Fca. Cachi Yaco, Leales, Tucumán.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Muchos estolones no enraízan en todos sus nudos, sino que, en principio, los nudos que tocan suelo con condiciones favorables a la emisión de raíces adventicias, lo hacen primero. Esta estrategia de colonización le permite lograr una rápida cobertura de suelo y el inicio del desarrollo de plantas hijas en los puntos de enraizamiento. Las cuales en su turno, emitirán estolones para continuar la colonización y cobertura del suelo. A medida que avanza la colonización y cobertura del suelo, disminuye la pérdida de agua del lote y con ello, el ascenso de las sales con sus implicancias. Es el inicio del círculo virtuoso cobertura-economía de agua-producción forrajera.

- Elongación de los pseudotallos

Es la etapa en que presenta la mayor calidad forrajera tanto en implantación como crecimiento en lotes ya establecidos (Foto 4).



Foto 4: Elongación de pseudotallos en Grama Rhodes cv. Callide (4n), suelos halomórficos. Fca. Cachi Yaco, Leales, Tucumán.

La duración de esta fase está fuertemente influenciada por las temperaturas, precipitaciones, la ploidía de los cultivares y la latitud del establecimiento. Es así que en



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

estudios conducidos en el sur de Córdoba se determinó que la acumulación térmica entre 500 a 600°C produjo el máximo acumulado de materia seca (Bertram y Chiacchiera, 2011). De esta manera, cuanto más cálido resulta el ambiente de producción en menor tiempo se alcanza el valor térmico y más rápida es la inducción a floración con la consecuente pérdida de calidad. Esto se cumple en los materiales diploides que se inducen a floración con la acumulación térmica (De León, 1998).

Con los materiales tetraploides, en especial a menores latitudes, la elongación de pseudotallos está comandada por el fotoperíodo de días cortos y la disminución térmica típica del otoño. Motivos por los cuales esta fase de pleno crecimiento vegetativo se prolonga hasta mediado o final del mes de Abril y permite disponer de material de buena calidad forrajera (Figura 1).

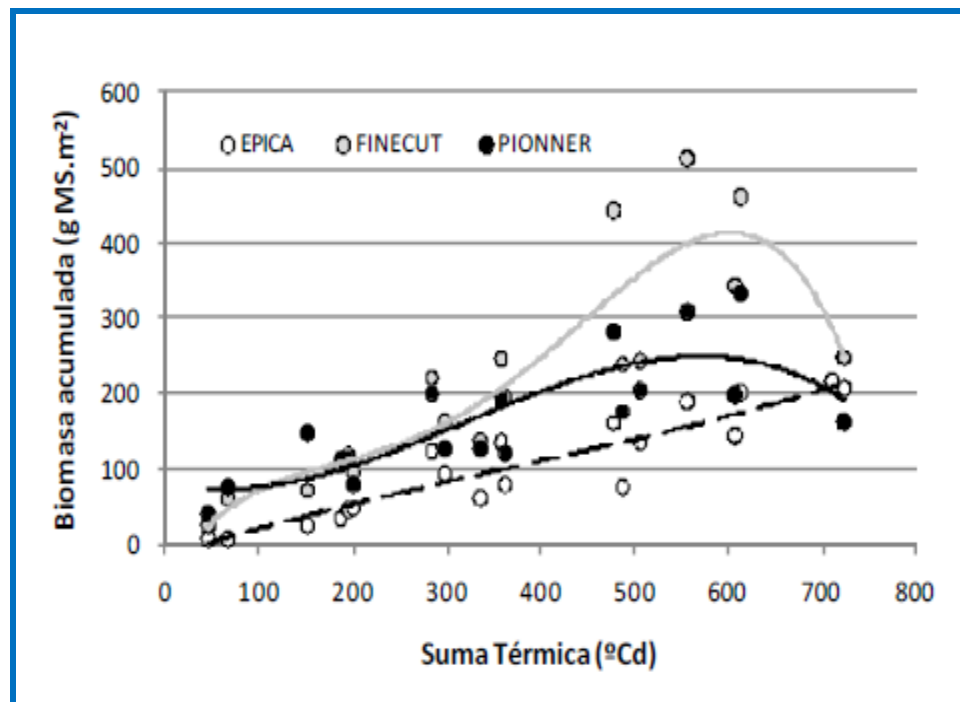


Figura 1: Dinámica de la biomasa acumulada (g MS.m⁻²) en función del tiempo térmico (°Cd) para tres cultivares de *Chloris gayana* (grama Rhodes) (línea negra entera cv. Pioneer, línea gris entera cv. Fine Cut y línea negra punteada cv. Épica) (Bertram y Chiacchiera, 2011).

Evaluando los componentes de rendimiento de la forrajera (peso y densidad de macollos), se observó que el momento de máxima acumulación de biomasa (500 a 600°Cd) coincidió con aquel en el que los macollos alcanzaron su máximo peso independientemente del cultivar y del periodo del año (Figura 2).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

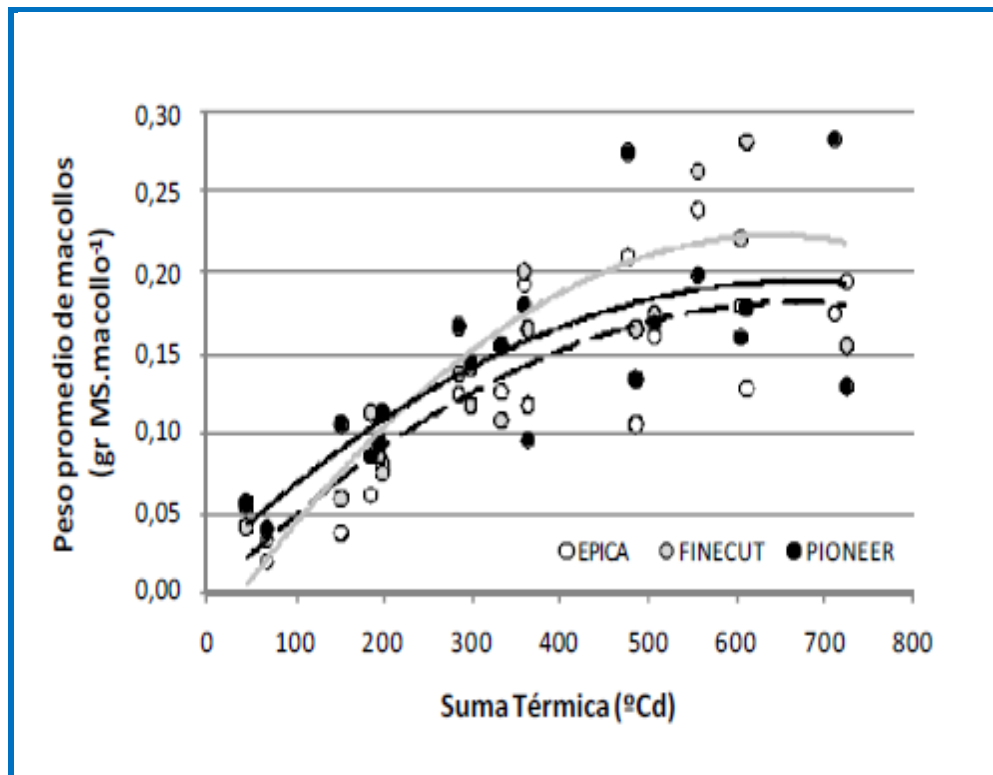


Figura 2: Dinámica del peso de macollos (g MS.macollo⁻¹) en función del tiempo térmico (°Cd) para tres cultivares de *Chloris gayana* (Grama Rhodes) (línea negra entera cv. Pioneer, línea gris entera cv. Fine Cut y línea negra punteada cv. Épica) (Bertram y Chiacchiera, 2011).

En lo que respecta a la densidad de macollos ocurre algo similar solamente para el cultivar Fine Cut, que alcanza una meseta en el número de individuos aproximadamente a los 500°Cd, en los demás cultivares no se aprecia una disminución de la densidad de macollos (Figura 3).

De esta manera se puede concluir que no sería recomendable excederse en una acumulación de los 500 a 600°Cd, quedando la incógnita de cuál sería el momento óptimo de aprovechamiento de Grama Rhodes previo al mencionado, así como también el perjuicio sobre la pastura de prolongar más allá de los 600°Cd el período de acumulación.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

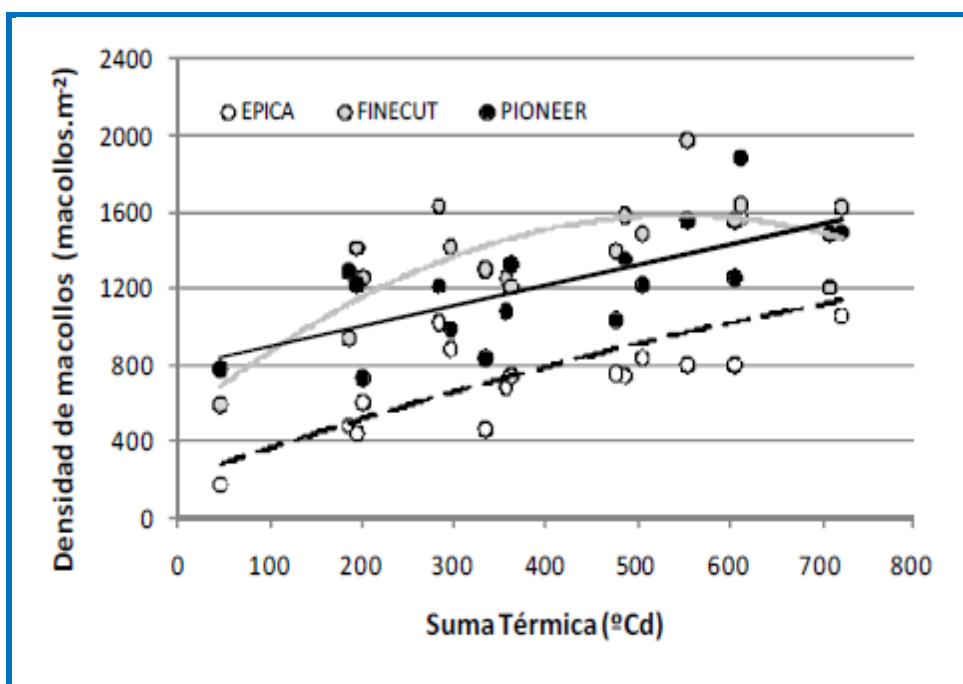


Figura 3: Dinámica de la densidad de macollos (macollos.m⁻²) en función del tiempo térmico (°Cd) para tres cultivares de *Chloris gayana* (Gramas Rhodes) (línea negra entera cv. Pioneer, línea gris entera cv. Fine Cut y línea negra punteada cv. Épica) (Bertram y Chiacchiera, 2011).

Estudios sobre Grama Rhodes cv. Común o Pioneer (2n) en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, expresados en días se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Número de días a partir del 1º de Septiembre para alcanzar distintos estadios fenológicos en cv. Común o Pioneer (adaptado de Ricci, 2007).

Crecimiento	Hoja bandera	Floración	Semilla formada
67 ± 7	77 ± 11	103 ± 15	130 ± 11

La **vida media foliar** (VMF) es un parámetro que se utiliza en gramíneas, el cual puede ser de muy importante para potenciar el aprovechamiento de las forrajeras. Los valores de este parámetro cambian según el tipo de ploidía.

Para Grama Rhodes cv. Fine Cut se determinó que la vida media foliar fue de 369±5 GDC (Ávila *et al.*, 2010).

Las variaciones en la digestibilidad de las hojas de las gramíneas, en función de la dinámica de acumulación de fibra detergente neutro (FDN) y FDN indigestible (FDNi) durante la vida foliar, indican que desde la aparición de la lámina foliar hay acumulación



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

de FDNi, por lo cual disminuye la digestibilidad, y que este proceso continúa aún cuando las láminas han cesado de crecer y, por ende, de depositar pared celular.

Wilson (1997) puntualiza que la baja digestibilidad de las gramíneas megatérmicas, así como la pérdida de calidad con el aumento de biomasa, se debe a la gran acumulación de estructuras fibrosas durante el crecimiento. Los tejidos de sostén de estas especies tienen una pared celular secundaria bien desarrollada, y forman un complejo entramado de estructuras físicas (Wilson, 1997) y/o químicas (Buxton y Redfearn, 1997) que impiden el ataque de los microorganismos ruminales. Esta fracción del forraje conforma la FDNi, que es una variable altamente relacionada con la digestibilidad de la materia seca (DMS) (Groot y Neuteboom, 1997). Su contraparte, la digestibilidad de la FDN (DFDN), está asociada al consumo voluntario y la producción animal en mayor medida que la DMS (Oba y Allen, 1999).

Agnusdei *et al.* (2009) encontraron que la proporción de FDNi fue menor en una gramínea megatérmica de hoja corta, pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) que en otra de hoja larga (Grama Rhodes). También observaron que en la especie de hoja corta la concentración de FDN y FDNi no se modificaron con la edad foliar; en cambio, en la especie de hoja larga, el contenido de FDNi aumentó con la edad y longitud de la lámina, estando el contenido de FDN y su digestibilidad altamente relacionadas con la DMS.

Ávila *et al.* (2010) determinaron para Grama Rhodes cv. Fine Cut que el contenido de FDN de las láminas fue en promedio 622 ± 9 g.Kg MS⁻¹. El contenido de FDNi tuvo un aumento lineal durante toda la VFM aumentó 14% y la DMS disminuyó 5%. Dichos parámetros estuvieron asociados al largo foliar. En el rango de longitud foliar la FDN aumentó 24% ($R = 0,74$), la FDNi un 53% ($R^2 = 0,75$) y la DMS disminuyó 30% ($R^2 = 0,70$). Los resultados sugieren que en las condiciones de este experimento la longitud foliar tiene más efecto que el envejecimiento en la calidad nutritiva de la lámina.

Considerando que la VMF es escasamente modificada por condiciones ambientales y de manejo, los resultados sugieren que ambas especies requerirían defoliaciones frecuentes para evitar la pérdida de compuestos solubles por exportación desde las hojas senescentes hacia las que están en proceso de expansión. El control de tales pérdidas puede atenuar caídas marcadas en digestibilidad de la MS por



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

disminución de compuestos solubles, que conlleva a un aumento proporcional del contenido de FDN.

Contrariamente a lo que generalmente se acepta de que el envejecimiento aumenta el contenido de FDN, los resultados muestran que este parámetro se mantuvo relativamente estable en las láminas foliares de ambas especies durante toda la VMF, en valores promedio (g.Kg MS^{-1}) de 622 ± 9 en Grama Rhodes (CG *Chloris gayana*) y de 557 ± 6 en Pasto Buffel (CC *Cenchrus ciliaris*) (Figura 2a).

El hecho de que la FDN no cambie durante la VMF estaría indicando, por un lado, que las láminas en crecimiento acumularon FDN dentro del tubo de vainas del cual emergieron y, por otro, que durante el período de láminas adultas (previo a la senescencia) no hubo exportación de compuestos solubles hacia las hojas en crecimiento. De hecho, como una hoja adulta no crece, y por lo tanto no deposita MS ni fibra (Maurice *et al.*, 1997), el aumento del contenido de FDN solamente puede ocurrir por exportación de compuestos solubles. Esta pérdida puede empezar inclusive antes de que sea evidente el amarillamiento de las hojas, hecho que no habría sucedido en ninguna de las especies evaluadas. De acuerdo con los resultados obtenidos, la VMF podría utilizarse como indicador confiable del intervalo máximo recomendable entre defoliaciones sucesivas para evitar pérdidas de componentes solubles del forraje.

La DMS promedio CG: $519 \pm 4 \text{ g.Kg MS}^{-1}$ disminuyó durante la VFM. Sin embargo dicho cambio fue de escasa magnitud ($\sim 3\%$) y menor que el incremento de FDNi (14%).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

- Encañazón y Floración

La calidad forrajera se ve disminuida por una baja en la relación hoja:tallo, aunque la materia seca acumulada (Kg MS.ha^{-1}) se maximiza. Junto con la elongación del vástago floral que culminará en la inflorescencia, existe una senescencia de las hojas más bajas al cumplir su vida foliar media donde el sombreado y la relocalización de nutrientes aceleran el proceso (Foto 5). El sombreado de las hojas bajas y el cambio del ambiente hacia una mayor humedad, favorecen la aparición de enfermedades como *Cercospora sp.* y *Helminthosporium sp.*



Foto 5: Encañazón en Grama Rhodes cv. Callide (4n), suelos halomórficos. Fca. Cachi Yaco, Leales, Tucumán.

- Maduración

En la maduración (Foto 6), la calidad forrajera es muy baja; el sombreado de las hojas bajas es máximo y se completa con la caída de semillas que favorece la instalación de un banco de semillas que asegurará la resiembra natural. O bien con la cosecha mecanizada de la semilla (Foto 7).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 6: Maduración de espiguillas en Grama Rhodes cv. Callide (4n). Fca. Cachi Yaco, Leales, Tucumán.



Foto 7: a-) Cosecha mecanizada de semilla de Grama Rhodes cv. Fine Cut (2n).b-) remanente de forraje luego de cosecha. Estancia del Valle, El Porvenir, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

En el momento de la cosecha mecanizada de semilla de lotes sin desecantes, en especial de materiales diploides, se produce el corte y picado del vástago floral por lo que el remanente a campo es rejuvenecido (Foto 7b).

Con el avance del ciclo se produce un constante incremento de las estructuras reproductivas, donde el vástago floral se desarrolla y engrosa. La panoja sigue el mismo proceso desplazada en el tiempo (Figura 4) y alcanza su máximo con la maduración de la semilla.

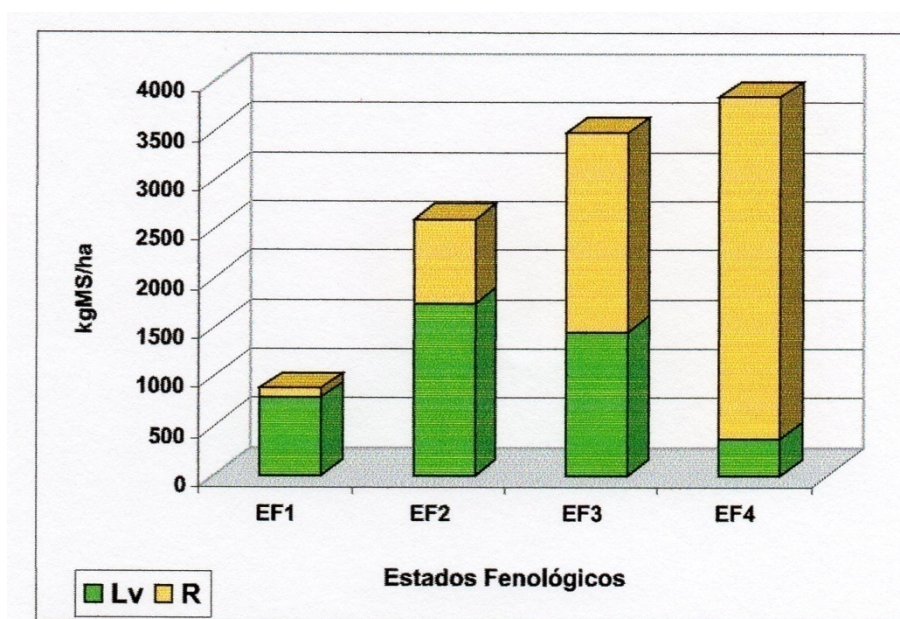


Figura 4: Evolución de la relación Lámina Verde (Lv) y Resto de biomasa aérea (R) para Grama Rhodes cv. Pioneer (Ricci, 2007).

La distribución de la producción forrajera tiende a seguir la acumulación de agua en el perfil del suelo sin importar la ploidía (Cuadro 2).

Cuadro 2: Distribución estacional de la producción de materia seca en distintos cultivares de Grama Rhodes (adaptado de Rodríguez Rey *et al.*, 1985).

	Masaba	147 BMT	Callide	Samford	148 BMT	Chilanga	Chepararia	Katambora
	4n	4n	4n	4n	4n	2n	2n	2n
Primavera	37,4	19,9	25,2	21,8	25,8	21,4	25,5	26,9
Verano	36,8	34,7	30,8	37,7	32,6	30	33,1	31,2
Otoño	25,8	45,4	44	40,5	41,6	48,6	41,4	41,9
Kg MS. ha ¹ .año ⁻¹	9397	8399	7718	7236	7057	5887	5694	5510



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Así planteado el ciclo de acumulación de materia seca y fases fenológicas se pueden combinar las dos funciones (Figura 5).

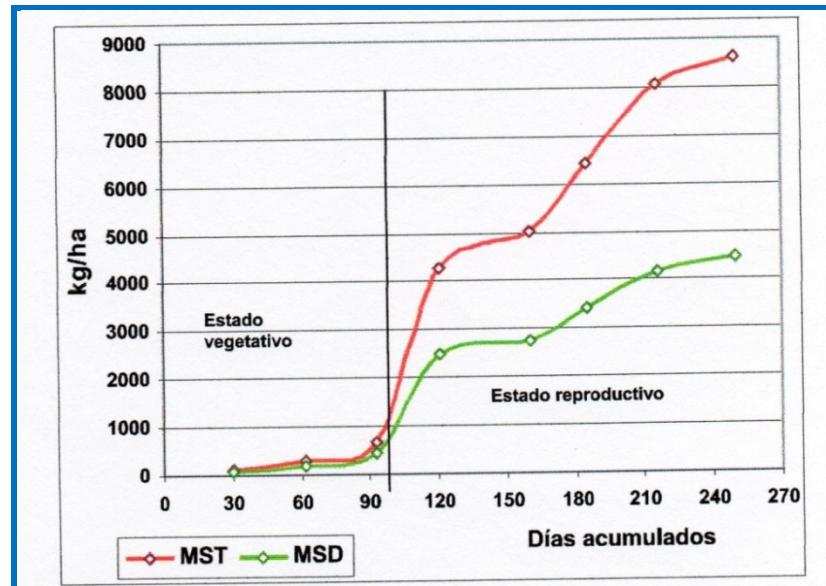


Figura 5: Dinámica de acumulación de Materia Seca (Kg. MS.ha⁻¹) y Materia Seca Digestible (Kg. MS.ha⁻¹) para Grama Rhodes cv. Pioneer (Ricci, 2007).

El cantidad de Proteína Bruta (PB%) en el tiempo (Kg. PB.ha⁻¹) sigue el ritmo de la acumulación de Materia Seca hasta que se produce un quiebre y abrupta caída, motivo que se debe al aumento de la actividad respiratoria y senescencia de las hojas, incluso con pérdidas de las bajeras (Figura 6).

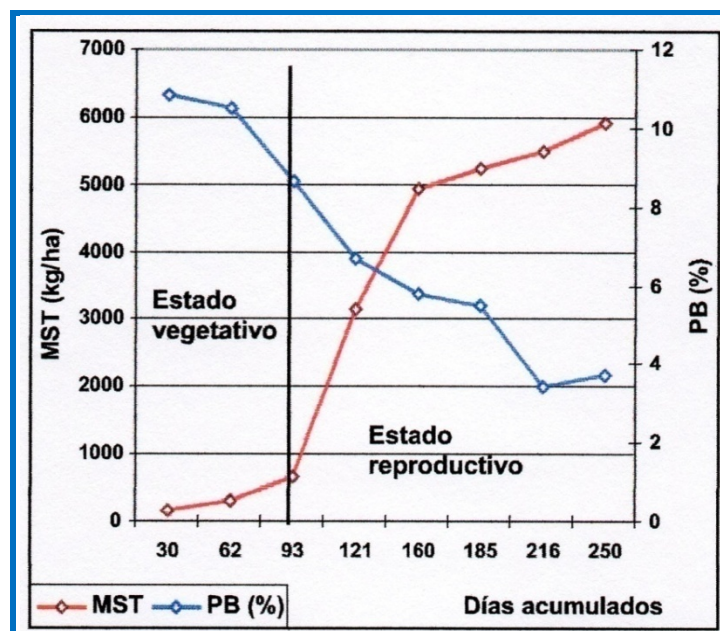


Figura 6: Dinámica de acumulación de Materia Seca (Kg. MS.ha⁻¹) y variación de la Proteína Bruta (% PB) para Grama Rhodes cv. Pioneer (Ricci, 2007)



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Lo más relevante es relacionar la digestibilidad del forraje (DMS %) producido con el contenido de proteínas (%PB), ya que afectan el consumo voluntario del rumiante (Figura 7).

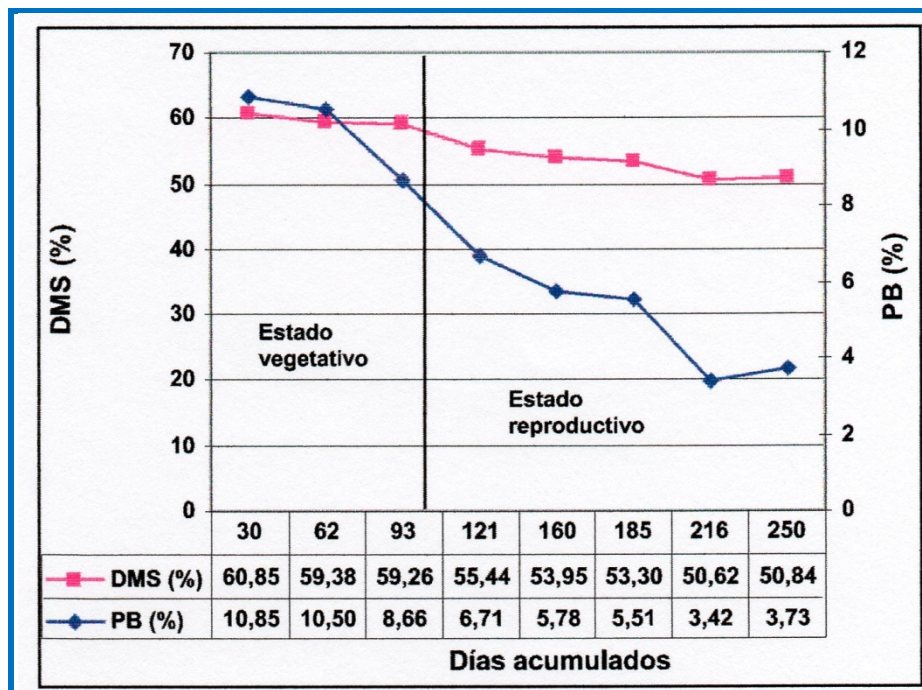


Figura 7: Dinámica de la Digestibilidad de la Materia Seca (DMS%) y contenido de Proteína Bruta (%PB) en Grama Rhodes cv. Pioneer (Ricci, 2007).

De la Figura 7 se observa que para Grama Rhodes cv. Pioneer pequeñas variaciones en el contenido proteínico significan importantes fluctuaciones en la digestibilidad, lo que influye tanto en la caída del consumo como en la concentración energética. Esto se traduce en una limitación para la producción de carne que no siempre es factible de solucionar sin una adecuada suplementación proteica y mayores costos de producción.

Por el conjunto de datos y experiencias anteriormente planteadas y analizadas, es que se recomienda **no consumir Grama Rhodes pasada** (Colabelli *et al.*, 1998). Esta sencilla premisa es más fácil de cumplir en materiales tetraploides que en diploides y en zonas más templadas que en tórridas. Implica el correcto empleo de las estrategias de rotación del pastoreo y elaboración de reservas en forma de heno. Con el corte para heno, se rejuvenece la pastura, se evita el efecto animal, aumenta la deposición de hojarasca y favorece la proliferación de estolones.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

BIBLIOGRAFÍA

1. **Agnusdei, M. G; F. R. Nanning; O. N. Di Marco y M. S. Aello.** 2009. Variaciones de calidad nutritiva durante el crecimiento vegetativo de gramíneas megatérmicas de diferente porte y longitud foliar (*Chloris gayana* y *Digitaria decumbens*). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 29: 13-25.
2. **Ávila, R. E.; O. N. Di Marco; M. G. Agnusdei y C. Mayoral.** 2010. Digestibilidad de la fibra y materia seca de dos gramíneas megatérmicas (*Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris*) de diferente porte: Relación con la edad y largo foliar. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 30* (1): 1-13.
3. **Bertram, N. y S. Chiacchiera.** 2011. Los ambientes no agrícolas de la región centro y la potencialidad forrajera. INTA Marcos Juárez. Informe de Actualización Técnica N°22.
4. **Buxton, D. R. y D. D. Redfearn.** 1997. Plant Limitations to Fiber Digestion and Utilization. *J. Nutr.* 127: 814S-818S.
5. **Colabelli, M. R.; M. G. Agnusdei; A. Mazzanti y M. Labreveux.** 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. SAGPyA, INTA - CERBAS, EEA Balcarce. Boletín técnico N° 148, 21 págs.
6. **De León, M.** 1998. Producción y calidad forrajera de *Chloris gayana* y *Cenchrus ciliaris* bajo pastoreo en el norte de Córdoba. *Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 18. Supl. 1* pp. 175-176.
7. **Groot, J. C. y J. H. Neuteboom.** 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *J. Sci. Food Agric.* 75: 227–236.
8. **Maurice, I.; F. Gastal y J. L. Durand.** 1997. Generation of form and associated mass deposition during leaf development in grasses: a kinematic approach for Non-steady growth. *Annals of Botany* 80:673-683.
9. **Oba, M. y M. Allen.** 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 589-596.
10. **Ricci, H. R.** 2007. Producción Primaria de cuatro Gramíneas Tropicales Perennes Cultivadas en la Llanura Deprimida del Tucumán. 188 págs. ISBN-13 N° 978-987-05-3688-8.
11. **Rodríguez Rey, J. C.; J. R. Toll Vera; P. V. Juárez y L. P. Guzmán.** 1985. Evaluación de gramíneas perennes estivales tropicales y subtropicales para la zona Este de la Provincia de Tucumán. *R.I.A.T.* 62 (1): 73-104.
12. **Wilson, J. R.** 1997. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. Simposio internacional sobre produção animal em pastejo. Viçosa, MG. Anais Viçosa, MG: UFV: 173-208.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

GRAMA RHODES DIFERIDA

Ing. Zoot. Guillermo O. Martín (h)
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. gomart@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Según la Real Academia, diferir significa retardar o suspender la ejecución de una cosa. Los sinónimos son atrasar, demorar, dilatar, retrasar. Cuando diferir se utiliza en el lenguaje agronómico se refiere exactamente a lo mismo, significando que ese forraje no se pastorea, no se enfarda o no se ensila, es decir se retrasa su uso en pie para períodos más adversos. Es la forma más antigua y simple de heno en pié.

La utilización del forraje diferido es una práctica que la mayoría de los productores rurales la utilizan donde se guarda o reserva una determinada área de campo natural o cultivada para usos especiales como el diferido, ya sea para cubrir requerimientos nutricionales en alguna época especial del año o para determinadas categorías de animales.

En general, las pasturas subtropicales detienen su crecimiento en el NOA durante el mes de mayo. Generalmente no es la falta de humedad el factor limitante; lo son la temperatura del aire y la longitud del día, factores que tienden al mínimo a partir de ese momento del año, siendo los responsables del cese de producción de forraje verde en estas pasturas la llegada de las heladas (Ricci, 2003).

Hay situaciones que favorecen el uso del forraje diferido. Así, en algunas regiones la topografía ondulada dificulta el uso de maquinaria; sin embargo, las condiciones de clima y fertilidad favorecen el cultivo de plantas forrajeras, aún en las áreas de mayor pendiente que se destinan a la cría y/o recría de novillos. En esas áreas, el uso de maquinaria agrícola para cultivos y forrajes conservados como el heno y el ensilaje, aumentan los riesgos de erosión. En esos casos, es necesario evaluar otras alternativas de conservación o aprovechamiento de forrajes y es allí donde el forraje diferido adquiere importancia. Por otro lado, vale la pena resaltar el bajo costo de esta práctica y su efecto benéfico indirecto en la recuperación de algunos

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

componentes de las pasturas, como por ejemplo la renovación de éstas mediante la producción de semillas, actividad muy asociada con la persistencia de las mismas.

Tanto las regiones semiáridas del NOA como la región pampeana semiárida, presentan pastizales naturales que exhiben baja receptividad animal debido a un importante nivel de degradación de los recursos forrajeros. En estas situaciones, una pastura subtropical cultivada puede generar una significativa cuota de forraje destinada a los sistemas ganaderos de cría en regiones difíciles, climáticamente hablando (Pagliaricci *et al.*, 2015). Esta importante contribución forrajera, puede ser perfectamente aprovechada bajo ciertas circunstancias, como alimento diferido.

Es importante establecer previamente, algunas diferencias básicas entre las gramíneas forrajeras de zonas subtropicales y las de zonas templadas (De León, 1994), que explican el comportamiento de estas pasturas tanto en estadios vegetativos como en el uso bajo el estado de diferido. Las características generales de la adaptación, producción y calidad de pasturas subtropicales en comparación a las templadas (típicas de la zonas clásicas de invernada) que se presentan en la Cuadro 1, nos determinan las principales limitantes a resolver: un período de producción de pasto restringido básicamente al verano con una calidad mediana durante su ciclo de producción y baja en el invierno.

Cuadro 1: Principales diferencias entre gramíneas templadas y subtropicales (De León, 1994).

	Subtropicales	Templadas
Resistencia a altas temperaturas	Alta	Baja
Resistencia a bajas temperaturas	Baja	Alta
Resistencia a sequía	Alta	Baja
Producción de forraje	Alta	Baja
Calidad de forraje	Media	Alta
Periodo vegetativo	Corto	Largo

El mismo autor indica la variación que sufren los componentes nutricionales de una pastura, con el avance de sus estadios fenológicos, donde queda en evidencia la reducción en calidad proteica y digestibilidad que experimentan estos materiales en estados avanzados como el diferido (Cuadro 2).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 2: Variación en los componentes de la pastura al avanzar en su ciclo de crecimiento (De León, 1994).

AUMENTA	DISMINUYE
Kg. de Materia Seca	% de Hojas Verdes
% de Tallos	% de Proteína Bruta
% de Fibra	% de Digestibilidad
% de Lignina	
% de Hojas Muertas	

Avance del estado de crecimiento

VegetativoEncañazónFloraciónMaduración



Digestibilidad

Grama Rhodes se clasifica en dos grandes grupos: diploides y tetraploides (García Posse *et al.*, 2005). Dentro de los cultivares diploides se encuentran Finecut y Topcut, los que se caracterizan por presentar una buena relación hoja:tallo, una adecuada resistencia a enfermedades y una maduración pareja. Además, cabe destacar, que estos cultivares son los que presentan la mejor aptitud para la confección de heno (Ferreyra, 2008). Ambas variedades son sintéticas, de floración temprana. Los cultivares tetraploides presentan mayor porte y productividad que los diploides, teniendo una floración más tardía. Al mismo tiempo, exigen mayor fertilidad del suelo y más altas precipitaciones (mayores a 750 mm anuales), soportando suelos francos, desde arcillosos a arenosos y también suelos salinos. Producen entre 7,5 y 8,5 Tn M.S.ha⁻¹, dando en el período estival, un corte cada 25 a 30 días.

Grama Rhodes en su forma genética diploide, se encuentra incorporada a los campos ganaderos del Noroeste Argentino a partir de 1917, siendo una de las forrajeras cultivadas que mayor superficie ocupa (Guzmán *et al.*, 1988). Es una gramínea de gran adaptación a la mayoría de los suelos y tolerante a la salinidad, aunque en suelos de textura pesada se dificulta su crecimiento, al igual que en suelos ácidos (Pérez *et al.*, 1998). Esta especie ha sido incluida principalmente en ambientes hidrohalomórficos (bajos salinos) por su adaptación a estas condiciones.

Dentro de las especies de gramíneas que se pueden cultivar en el NOA, es la que mayor tolerancia a salinidad presenta. Su distribución en Argentina es amplia, pues se adapta desde climas subtropicales a climas templados, sean estos semiáridos o

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

subhúmedos. Sus condiciones la hacen un material excelente para pastoreo y para la confección de heno (Martín, 2010).

Una de las limitantes de esta especie, es su baja tolerancia a las bajas temperaturas invernales durante el periodo de latencia (Pagliaricci *et al.*, 2015).

Caracterización de los diferidos.

Uno de los primeros aspectos a tener en cuenta en un forraje diferido, es el nivel de calidad nutricional que el mismo está en condiciones de suministrar al animal. Teniendo en cuenta que es pasto seco y generalmente helado, es de esperar que el nivel nutricional sea bajo.

Otras investigaciones al respecto, encuentran los siguientes valores para la calidad de diferidos de Grama Rhodes: Ricci y Guzmán (1992) reportan un contenido de Proteína Bruta (PB) de entre 4,5 y 5 % y una Digestibilidad (DivMS) de 43 a 45 % (ambas en base seca), comparado con valores de 3,5 % de PB y 40 % de DivMS en *Brachiaria* y valores intermedios en *Green Panic*.

Ensayos comparativos entre gramíneas tropicales (Guzmán *et al.*, 1994), determinan que el comportamiento de Grama Rhodes como forraje diferido es mejor que el de *Panicum maximum* Jack cv. Gatton y el de *Cenchrus ciliaris* Link cvs. Texas y Biloela, por mantener mayor cantidad de tejido verde durante los meses de invierno. Balbuena *et al.* (2008), indica que plantas cuyo porcentaje de PB en prefloración varía entre 7,5 y 9 %, cuando se utilizan como diferidas, el porcentaje de PB decae a valores menores al 4 %, conservando buena palatabilidad y tallos relativamente blandos.

Otro aspecto a tener en cuenta del material diferido de Grama Rhodes, es el concerniente a la productividad en Kg.ha⁻¹ de M.S. que puede producir. Una práctica para disminuir la diferencia en la disponibilidad de forraje entre épocas, consiste en diferir el corte o pastoreo con el objeto de utilizar el forraje estival como heno en pie durante el periodo frío y seco.

Una experiencia realizada en el Este de Tucumán, Argentina con Grama Rhodes cvs. Común (diploide) y Tuc Oriental (tetraploide), determinó el efecto de diferir el corte, sobre la dinámica invernal de la producción de forraje. El forraje acumulado durante la estación de crecimiento, se difirió y evaluó durante el invierno, con cortes realizados a

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

finés de junio, mediados de julio, mediados de agosto y principios de setiembre. Se determinó la producción de Materia Seca (M.S.) total y la producción de M.S. en la fracción verde (M.S.V.) (Guzmán *et al.*, 1994).

La producción de M.S. varió por efectos del cultivar y la época de corte. Grama Rhodes cv. Tuc Oriental presentó durante el periodo frío y seco (junio-julio), la mayor disponibilidad de M.S.ha⁻¹ (entre 6,0 y 8,6 Tn.ha⁻¹). Al mismo tiempo, la más alta tasa de crecimiento entre agosto y setiembre se dio en Grama Rhodes cv. Tuc Oriental (entre 4,1 y 5,5 Tn.ha⁻¹), registrándose siempre en agosto la menor productividad del material diferido.

En cuanto a la producción de M.S.Viva en Junio y Setiembre, se determinó para Grama Rhodes cv. Tuc Oriental un valor de 4,45 Tn.ha⁻¹ (Junio) y 0,20 Tn.ha⁻¹ (Setiembre). Respecto a la producción de M.S.V., Grama Rhodes cv. Común demostró ser la menos afectada por las heladas, manteniendo un 32 % de M.S.V. en relación a la M.S. producida en Junio.

En consecuencia, Grama Rhodes cv. Tuc Oriental presenta su máxima producción de M.S. acumulada inmediatamente llega el periodo invernal, por lo que su diferido debe ser tempranamente utilizado antes de las primeras heladas intensas. Grama Rhodes cv. Común es la que mantiene mejor durante el invierno y primera parte de la primavera, la M.S.V. y la utilización de su diferido puede postergarse en el tiempo.

Guzmán *et al.* (1994), analizando la dinámica invernal de diferidos de pasturas tropicales, encontraron que para el caso de Grama Rhodes diploide, la Materia Seca diferida sufre con el tiempo una importante descarga natural con pérdidas cuali y cuantitativas, quedando hacia fines de Agosto un remanente que representa el 48 % del material inicial.

En ese sentido, algunos valores indicativos para distintos cultivares de Grama Rhodes diferida, son reportados por Toll Vera *et al.* (2005) y se exponen en la Cuadro 3. Corresponden a material diferido colectado en el mes de Agosto, cortados a la altura de un puño (10 cm), habiendo llegado al período invernal con un adecuado desarrollo vegetativo (50-60 cm de altura).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 3: Valores composicionales de parámetros nutricionales **de diferidos de Grama Rhodes** (*Chloris gayana*) en el Este de Tucumán. (Toll Vera *et al.*, 2005).

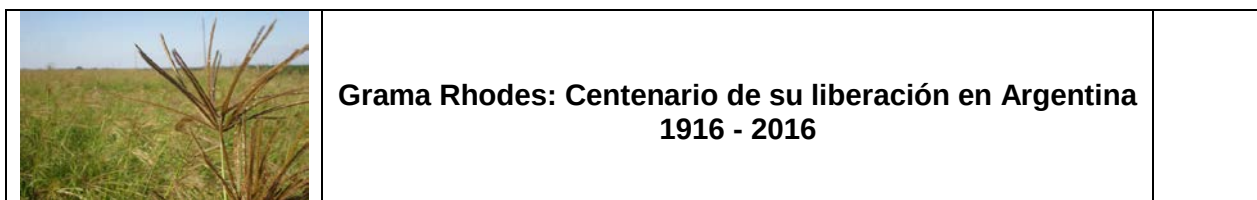
Cultivar	%PB	%FC	%HC	%EE	%Ce	%Div
Callide	5,51 a*	31,70 h	49,42 ab	1,41 b	11,40 d	15,58 j
Sel. Díaz	4,64 b	33,06 g	51,53 a	0,67 d	10,10 g	17,50 l
13 – D	4,46 c	33,06 g	---	1,74 a	12,25 ab	20,72 f
Chilanga	4,37 d	36,08 c	46,49 cd	1,06 c	12,00 b	20,00 g
TUC Oriental	4,37 d	35,57 d	46,28 d	1,42 b	12,35 a	27,00 c
Kongwa	4,29 d	---	48,86 b	1,30 bc	8,60 k	22,00 e
Sel. Manfredi	4,11 e	36,44 bc	46,51 cd	1,20 c	11,75 c	21,00 f
Katambora	3,94 f	34,52 f	48,42 bc	1,22 c	11,90 bc	22,00 e
Samford	3,94 f	35,33 de	48,58 bc	1,80 a	10,35 f	19,00 h
Chepararia	3,67 g	35,33 de	50,20 ab	1,03 c	9,75 i	24,58 d
Mweja	3,67 g	38,02 b	46,49 cd	1,17 c	10,65 e	28,00 b
146 CMT	3,59 g	35,00 ef	50,18 ab	1,33 bc	9,90 h	15,70 j
Masaba	3,59 g	37,62 b	48,92 b	1,47 b	8,40 l	31,50 a
147 BMT	3,50 h	39,30 a	46,19 d	1,55 b	9,45 j	27,00 c
Nzoia	3,32 i	36,17 c	48,14 cd	1,47 b	10,90 d	22,00 e
DLS	0,06	0,48	2,12	0,20	0,06	0,38

*Valores con letras distintas en el mismo principio nutricional evaluado, discrepan estadísticamente: $P < 0,05$

Los cultivares evaluados muestran factibilidad de ser conservados como forraje diferido para la alimentación animal. La estrategia de diferir estas pasturas, contribuye a reducir el déficit forrajero invierno-primaveral de la zona.

El valor nutricional de las especies y cultivares evaluados, ubican a estos materiales como forrajes voluminosos de baja calidad, pero su aporte nutricional se basa en constituir una fuente de alimento de contribución estratégica, en una época del año en que el resto de los recursos forrajeros son casi inexistentes, sobre todo en planteos de cría. En función de las observaciones y resultados obtenidos, se sugiere su uso temprano para obtener la mejor calidad residual posible en el pastoreo

En trabajos de selección de materiales diploides y tetraploides por calidad forrajera y tolerancia al estrés salinos, se detectaron clones con características sobresalientes tanto en material verde como en diferido (Cuadro 4) (Ribotta *et al.*, 2005).



Cuadro 4: Variaciones en el % de PB de acuerdo a la ploidía. Adaptado de Ribotta *et al*, 2005.

Verde	Hojas	Tallos	Diferido	Hojas	Tallos
Diploides	8,98	7,18	Diploides	4	5,17
Tetraploides	8,58	5,03	Tetraploides	3	5,16

Descarga forrajera.

El material diferido de Grama Rhodes muestra, en comparación con Buffel Grass y Gatton Panic, su alta tolerancia al frío, al incrementar su porcentaje de hojas secas hacia fines de julio, mientras que en las otras especies citadas el mayor porcentaje se da al inicio de la temporada seca (Mayo) (Ivory y Whiteman, 1978).

Adquiere fundamental importancia para superar déficits forrajeros durante el periodo invierno-primaveral, el conocimiento de la capacidad que poseen las distintas especies para conservar follaje verde durante el periodo seco. Una experiencia realizada al efecto por Miñón *et al.* (1988) en Santiago del Estero, determinaron que en Grama Rhodes entre fines de Mayo y fines de Setiembre, se producen variaciones en el peso seco de las plantas, con 35 gr.planta⁻¹ a fines de mayo, 29 gr.planta⁻¹ a fines de Julio y 33 gr.planta⁻¹ a fines de Setiembre, donde por las condiciones ambientales de mayor temperatura y algunas precipitaciones, comienza el rebrote de la especie.

Otra ventaja de Grama Rhodes respecto de las otras especies, es que mantiene mucho más tiempo en la planta las hojas secas (menor descarga foliar) durante toda la temporada como diferida. En cuanto al componente hojas secas por planta, Grama Rhodes mostró 8,5 gr.planta⁻¹ a fines de mayo, 13,7 a fines de julio y 15,4 a fines de setiembre. Similares conclusiones obtienen Miñón *et al.* (1988), cuando establecen como una virtud del material diferido de Grama Rhodes, la presencia de una alta proporción de hojas verdes durante el periodo seco, midiéndose 9,6 gr.planta⁻¹ a fines de Junio, 3,5 gr.planta⁻¹ a fines de Julio y 6,4 gr.planta⁻¹ a fines de Setiembre, superando ampliamente a Buffel Grass y Gatton Panic. En conclusión, Grama Rhodes presenta un mejor comportamiento como diferido que otras gramíneas subtropicales, gracias a su mayor tolerancia al frío y su más alta tasa de rebrote.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Si consideramos a grandes rasgos las características de pasturas como Grama Rhodes y Gatton Panic, vemos que la primera se adapta mejor a ser utilizada como diferida y la segunda durante el verano cuando produce abundante forraje de calidad. Con estas dos especies, se presentan baches como en el inicio del rebrote primaveral, demasiado condicionado por las lluvias y la rápida pérdida de calidad en otoño e invierno.

Sobrevivencia de estolones.

El volumen de material remanente foliar generado durante el crecimiento otoñal y el mantenimiento del mismo como material diferido, puede ser determinante de la sobrevivencia de estolones para el crecimiento primaveral. En los estolones se encuentran los meristemas apicales o puntos de crecimiento a partir de los cuales la planta generará macollos, hojas y estolones, permitiendo la reiniciación de un nuevo ciclo productivo. La cantidad de estolones activos en el inicio del crecimiento primaveral, será determinante de la cantidad de forraje producido y la persistencia de la pastura (Pagliaricci *et al.*, 2015).

Martín *et al.*, (2014) evaluaron remanentes de follaje T1 <5 cm, T2 15 cm y T3 >15 cm. El peso seco de la materia verde, que fue medido luego del período invernal, mostró diferencias significativas entre los tratamientos para los dos años evaluados ($p < 0,05$); T1 fue el que registró el mayor valor (706 Kg MS.ha⁻¹), T2 el valor intermedio (198 Kg MS.ha⁻¹) y T3 el menor valor (67 Kg MS.ha⁻¹). Hubo interacción entre año*tratamientos solo para la variable macollos vivos ($p < 0,0001$). T1 presentó el mayor valor en 2012 (80 macollos.m⁻²) y T2, en ese mismo año, el menor (8 macollos.m⁻²); los restantes tratamientos no difirieron entre sí (28,6±7,4 macollos.m²) (Figura 1).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

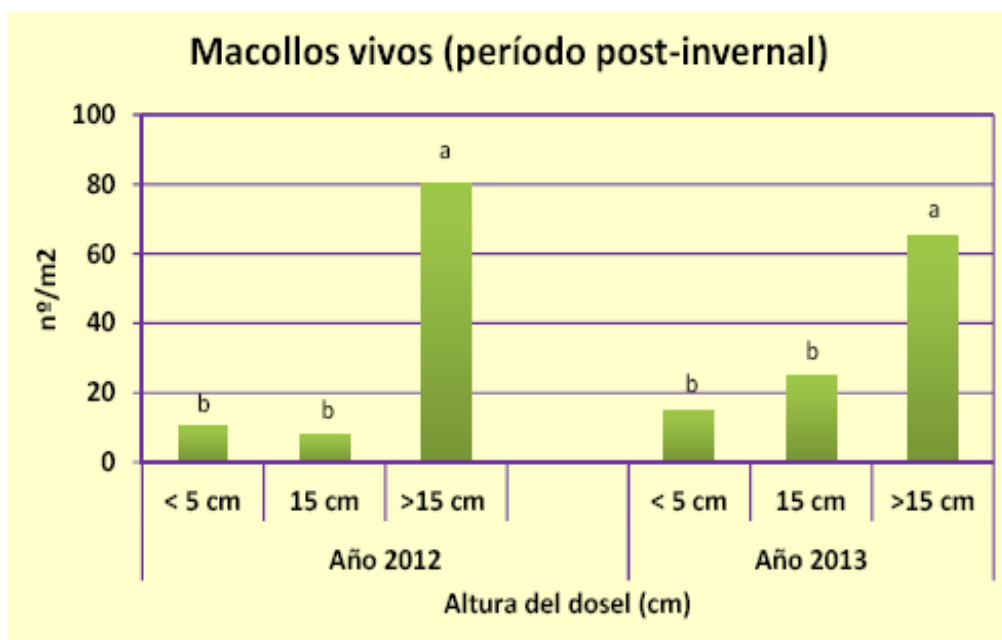


Figura 1: Cantidad de macollos vivos luego de la estación invernal, en cada altura de dosel y en cada año evaluado. (Martín *et al.*, 2014)

La relación MV:MS fue significativamente superior en el año 2013 (0,66 vs. 0,17 para 2012 y 2013, respectivamente). Las manifestaciones de la especie entre los tratamientos y años, señalan su frágil resistencia a las bajas temperaturas del invierno de la zona.

En la localidad de Laboulaye, Córdoba, se realizó un estudio tendiente a evaluar el efecto del remanente foliar invernal, sobre la sobrevivencia de estolones y la producción primavero-estival de Grama Rhodes cv. Fine Cut sobre suelos levemente salinos (Pagliaricci *et al.*, 2015). La pastura fue sembrada en la primavera del 2012, sometida a eventos de pastoreo durante la primavera-verano de 2013-2014 y se clausuró el potrero a fines del otoño (05/06/14).

Para la evaluación se diagramaron los siguientes tratamientos: a) nivel de remanente bajo (5 cm de altura); b) nivel de remanente intermedio (10 cm) y c) nivel de remanente alto (20 cm). Para cada una de las situaciones de remanente foliar se manejaron dos opciones: a) con eliminación del remanente al finalizar el invierno (29/08/14) y b) sin eliminación del mismo. Los resultados se presentan en la Cuadro 5.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 5: Biomasa acumulada (Kg. MS.ha⁻¹) y Cobertura (%) del primer corte de primavera en Grama Rhodes Fine Cut, sometida a diferentes manejos de la defoliación y altura del remanente invernal (Laboulaye, Córdoba) (Pagliaricci *et al.*, 2015).

Tratamientos		Kg M.S.ha ⁻¹ 1 ^{er} corte primavera	Cobertura (%)		
Defoliación invernal	Altura remanente		Grama Rhodes	Otras especies	Suelo desnudo
Con defoliación	5 cm	841,5 c*	66,7 b	13,2 ab	19,2 a
	10 cm	1.611,3 b	76,7 b	19,2 b	4,2 b
	20 cm	2.131,5 a	90,8 a	2,5 a	6,7 b
	Promedio	1.528,1	78,1	11,6	10,3
Sin defoliación	5 cm	1.014,0 c	76,7 b	15,0 ab	8,3 b
	10 cm	2.072,9 a	70,0 b	24,2 a	5,8 b
	20 cm	2.032,2 a	90,0 a	10,0 b	0,0 a
	Promedio	1.706,4	78,9	16,4	4,7
Altura remanente	5 cm	927,8 B	71,7 B	141,1 B	14,2 B
	10 cm	1.842,1 B	73,4 B	21,6 A	5,0 A
	20 cm	2.081,9 A	90,3 A	6,3 B	3,4 A

*Letras distintas por columna, indican diferencias significativas

Se evaluó el número de estolones vivos por unidad de superficie, la relación de estolones vivos y muertos (en %) al comenzar el crecimiento primaveral y la producción de biomasa acumulada por estación del año (primavera, verano, otoño). Se realizaron defoliaciones por pastoreo al final de cada una de ellas. La variable “altura del remanente”, tanto en el tratamiento de 10 como de 20 cm, mostró mayor producción y cobertura alcanzando valores para Grama Rhodes del 90 %.

Se alcanzaron producciones totales que variaron entre los 2.000 y 5.000 Kg. MS.ha⁻¹ en dos cortes (Noviembre/14 y Febrero/15). Se observó un escaso impacto por efecto de la defoliación invernal, pero si lo hubo por efecto de la altura remanente. Las mayores alturas, principalmente la de 20 cm, duplicó la acumulación de forraje respecto de la altura de 5 cm de remanente.

La cantidad de forraje acumulado en la primavera/verano 2014/2015 se presenta en la Cuadro 6.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 6: Producción de forraje primavera-estival (Kg. MS.ha⁻¹) de Grama Rhodes Fine Cut sometida a diferentes manejos de la defoliación invernal y altura del remanente (Laboulaye, Córdoba) (Pagliaricci *et al.*, 2015).

Tratamientos		Producción forraje primavera-verano (Kg. M.S.ha ⁻¹)		
Defoliación invernal	Altura remanente	1 ^{er} corte (25/11/14)	2 ^o corte (20/02/15)	Total
Con defoliación	5 cm	841,5 c*	1.172,0 c	2.013,5 c
	10 cm	1.611,3 b	1.808,0 b	3.419,3 b
	20 cm	2.131,5 a	2.360,0 a	4.491,5 a
	Promedio	1.528,1	1.780,0	3.308,1
Sin defoliación	5 cm	1.014,0 b	1.328,0 b	2.342,0 c
	10 cm	2.072,9 b	1.423,0 b	3.495,9 b
	20 cm	2.032, 2 a	2.890,0 a	4.922,2 a
	Promedio	1.706,4	1.889,3	3.586,7
Altura remanente	5 cm	927,8 c	1.250,0 c	2.186,8 c
	10 cm	1.842,1 b	1.615,5 b	3.457,6 b
	20 cm	2.081,9 a	2.625,0 a	4.706,9 a

*Letras distintas por columna, indican diferencias significativas

El efecto del frío sobre las yemas de esta gramínea es variable según las bajas temperaturas, su duración, la biomasa remanente protectora en cantidad y altura. Según todos estos factores, los daños pueden ser totales, necrosando todo el material o afectar sólo la fracción superior de las matas.

El peor daño que pueden ocasionar las condiciones invernales es afectar a las yemas basales de las plantas si las mismas no están protegidas por biomasa aérea acumulada previamente.

Así, podríamos concluir que la supervivencia de *Chloris gayana*, se ve afectada al disminuir la altura de la biomasa aérea dejada al inicio del período invernal, lo que sugiere un período corto y no intenso de pastoreo en el otoño previo.

Tiempo de Clausura.

Otra experiencia al respecto, es la realizada en la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Este de Tucumán por Ricci *et al.* (2000) la que se caracteriza por presentar serias limitaciones edáficas por salinidad y alcalinidad sódica, precipitaciones que oscilan los 700 mm anuales con alta concentración estival y una

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

evapotranspiración potencial de alrededor de 1000 mm. Esto ocasiona un déficit hídrico de 9 meses, desde abril a diciembre (Zuccardi y Fadda, 1985).

Se trabajó con Grama Rhodes cv. Común, con el objetivo de definir en qué momento y con cuantos días de rezago, se puede obtener un mínimo de 3.000 Kg. M.S.ha⁻¹ de pastura diferida. Para ello, se realizaron cortes de la Grama Rhodes desde el 29/8 hasta el 3/4 del año siguiente (clausuras de 251 a 34 días), haciéndose el corte para la evaluación de la productividad en material diferido, el 7 de mayo. La productividad obtenida se presenta en la Cuadro 7.

Cuadro 7: Rezago y productividad en Grama Rhodes diferida en la Llanura Deprimida Salina Semiárida de Tucumán (Ricci *et al.*, 2000).

Periodo de clausura	Productividad (Kg. MS.ha ⁻¹)
251 días	6.051
129 días	5.314
90 días	3.108
65 días	2.333
34 días	417

Se obtuvo como resultado que es posible diferir el crecimiento de verano y alcanzar la meta antes prevista, clausurando el lote en la primera semana de Febrero y con un mínimo de 90 días de rezago.

La producción de MS registrada en los diferentes tratamientos mostró valores coincidentes con antecedentes de la pastura (Figura 2). La dinámica de crecimiento del T1, obtenida mediante los registros de producción de los cortes desfasados en el tiempo, se ajustó al modelo matemático logístico de crecimiento con un $r^2=0,9778$:

$$y = 129.87 + 5587.97 / (1+(x/125.17)^{-6.19})$$

donde: **y**= producción de MS (Kg.ha⁻¹) **x**= días de crecimiento de la pastura

El nivel de ajuste logrado con el tipo de ecuación propuesta, pone de manifiesto la coincidencia con la realidad biológica en todas las fases de la curva.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

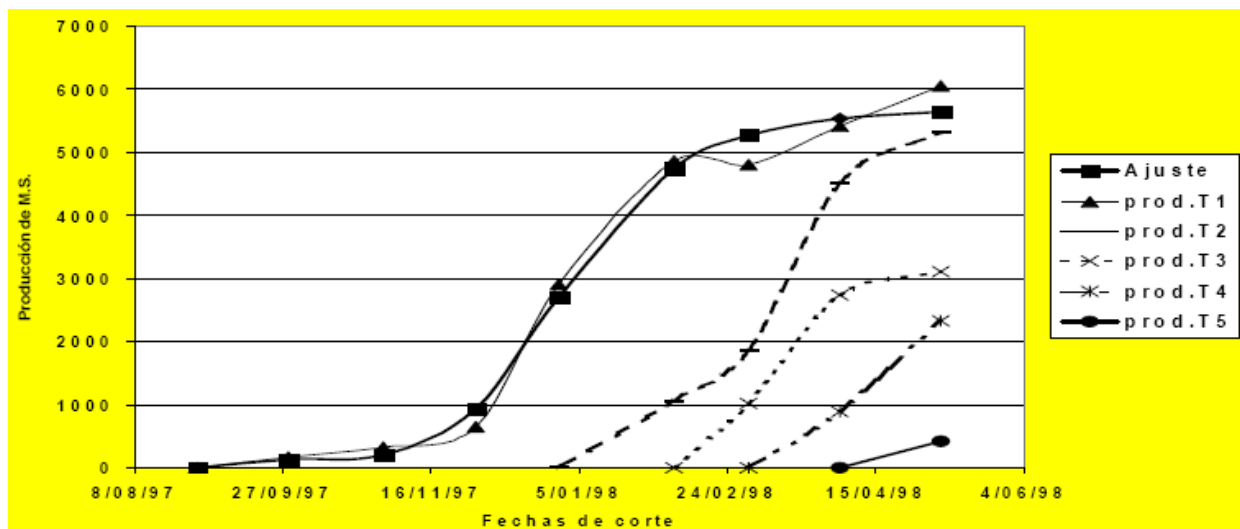


Figura 2: Evolución de la producción de MS de los diferentes tratamientos y curva de ajuste de T1. (Ricci *et al.*, 2000).

En general en el NOA, Grama Rhodes detiene su crecimiento alrededor del 10 al 15 de mayo, Brachiaria lo hace desde el 30 de abril mientras que Gatton y Green Panic presentan fechas intermedias. Entre febrero, marzo y abril, la tasa de crecimiento media de Grama Rhodes cv. Común oscila en los 30 Kg. MS.ha⁻¹.día⁻¹, Grama Rhodes cv. Fine Cut en 35 Kg., Gatton y Green Panic en 40 a 45 Kg. y Brachiaria entre 50 y 60 Kg. Esto significa que si al último corte o pastoreo lo realizamos 100 días antes de la fecha de fin de crecimiento, obtendríamos un diferido de 3.000 Kg. MS. en Grama Rhodes cv. Común, 3.500 en Grama Rhodes cv. Fine Cut, 4500 en Gatton y Green Panic y casi 6.000 Kg. en Brachiaria. Estos valores representan más del 40 % del potencial de producción anual de estas pasturas en el NOA, cantidad que es aconsejable dejar como diferido. En general la fecha límite para clausurar un potrero con fines de conseguir material diferido, es alrededor del 10 de Febrero.

Diferido y Rebrote primaveral.

Cuando una pastura es diferida, acumula reservas y al encontrarse protegidas las yemas basales, rebrota más temprano en la primavera (Cuadro 8). El aporte de un forraje verde de buena calidad en una época de carencia de forrajes es una alternativa estratégica (Toll Vera *et al.*, 2000b).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 8: Porcentaje de aportes de materiales diferidos y verdes, en los Cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) ensayados para el 1º corte de primavera (29-09) en Suelos Buenos y Salinos. Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Sgo. del Estero, 1999. (Toll Vera *et al.*, 2000b).

Cultivares	Suelos Buenos		Suelos Salinos	
	Diferido	Verde	Diferido	Verde
Común	58,24%	41,76%	30,46%	69,54%
Katambora	55,06%	44,94%	73,06%	26,94%
Callide (4n)	88,55%	11,45%	87,22%	12,78%
Fine Cut	78,82%	21,18%	48,80%	51,20%
Top Cut	71,73%	28,27%	62,68%	37,32%

En el Cuadro 8 se observa, que la composición del 1º corte de primavera (29-09), tuvo un aporte combinado de material diferido procedente del invierno y un rebrote tierno resultante de la disponibilidad hídrica y temperaturas adecuadas. Para Suelos Buenos, los cvs. Común y Katambora tuvieron importantes porcentajes del material de rebrote respecto a las restantes; para Suelos Salinos, se destacan los cvs. Común y Fine Cut con aportes en forraje verde superiores al componente diferido. La capacidad productiva (Kg MS.ha⁻¹) de forraje disponible (rebrote) a inicios de primavera para ambos suelos, se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Capacidad de rebrote para 1º corte primaveral (29-09), expresado en Kg MS.ha⁻¹ del material verde, de los Cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) ensayados en ambas condiciones de suelos. Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Sgo. del Estero, 1999.

Fecha	Suelos	C u l t i v a r e s				
		Común	Katambora	Callide	Fine Cut	Top Cut
28-09	Buenos	35 d*	1509 a	445 c	965 b	1014 b
	Salinos	840 b	860 b	278 c	1308 a	1182 a

* Valores con letras distintas, discrepan estadísticamente p<0.05

En el Cuadro 9 se aprecia que el conjunto de cultivares tuvo un desempeño distinto respecto a su capacidad de rebrote primaveral. Así cv. Común lo hizo muy pobre en suelos buenos y adecuadamente en suelos salinos; cv. Katambora se comportó sobresalientemente siendo la de mayor rebrote en suelos buenos; cv. Callide (4n) tuvo un escaso desarrollo en ambos; los cvs. Fine Cut y Top Cut produjeron significativamente más en suelos salinos. El menor desempeño del cv. Callide frente

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

los restantes en su capacidad de rebrote primaveral, se debería a que necesita de mayores temperaturas para activarse productivamente, dada su menor tolerancia a heladas.

Imaz *et al.* (2012) evaluaron la cobertura del forraje diferido de otoño como práctica para disminuir el daño de las heladas invernales sobre el rebrote de Grama Rhodes. Las plantas que tuvieron material acumulado produjeron en la primavera 58% de mayor biomasa.

En conclusión ¿qué pasturas diferir?.

Las que conserven mejor su calidad y palatabilidad. Brachiaria es la menos indicada por ser altamente sensible a las heladas y perder gran parte de su calidad y palatabilidad en los primeros tiempos del periodo como diferido. Uno de los mejores diferidos se obtiene con Grama Rhodes, especie muy tolerante al frío, conservando más tiempo forraje verde, con buena palatabilidad y facilidad de consumo (cañas blandas y delgadas). Dentro de Grama Rhodes, las variedades diploides presentan mejor comportamiento como diferidas que las tetraploides. Gatton y Green Panic muestran un comportamiento intermedio entre Grama Rhodes y Brachiaria.

Al diferir una pastura incrementamos los niveles de reserva de las matas y permitimos la resiembra natural mejorando el banco de semillas en el suelo. Esto contribuye al rejuvenecimiento de la pastura. Se debe tener en cuenta que el potrero que se utilizó como diferido, será el primero en rebrotar en la primavera siguiente; el potrero pastoreado en último término durante el otoño, será el último en rebrotar. Esto indica que un buen manejo significará rotar año a año los potreros a diferir, teniendo siempre prioridad el que se encuentre en peores condiciones.

¿Cómo usar el diferido?.

Es un recurso escaso y de alto costo (por la pérdida de calidad). En general el material diferido por campaña, no supera el 20 a 25 % de la superficie del campo. Se debe manejar como el mejor de los pastos, con alambrado eléctrico y correcta implementación de la carga animal, para obtener lotes que no superen los 20 días de ocupación (ésto reduce el porcentaje de desperdicio).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Respuesta animal al diferido.

Al planificar el uso de un diferido, es fundamental tener en cuenta, además de las características ya enunciadas de las diferentes especies forrajeras, los requerimientos nutricionales de los animales que consumirán este recurso. Solo conociendo la interacción planta-animal podremos presuponer la respuesta de los animales ante el consumo del diferido.

Con un diferido de Grama Rhodes se puede esperar mantenimiento del peso corporal en animales adultos y hasta cierto incremento de peso en rodeos de cría, en el caso de inviernos benignos. En animales de invernada, se debería hacer un aporte extra de proteína y energía.

En pasturas diferidas para su utilización invernal, la carga también tiene un efecto importante sobre la respuesta animal, ya que modifica la disponibilidad de forraje y permite una mayor selectividad y por lo tanto mejor calidad de dieta cuanto más alta sea la asignación forrajera. Evaluaciones realizadas durante 120 días (junio a septiembre) con vaquillonas de 160 Kg. de peso inicial (De León, 1998) mostraron una mejor ganancia de peso a menores cargas.

Bissio (2004) utilizando Grama Rhodes cv. Callide (4n) como diferida para la recría invernal de vaquillonas de reposición, establece que esta categoría animal para entrar en servicio a los 24 meses, debería aumentar unos 200 gr.día⁻¹ de peso vivo, durante el periodo invernal. En su experiencia, determinó que el porcentaje de material verde en la planta previo a las heladas era de entre 60 y 90 %. Luego de heladas intensas, el porcentaje de verde se redujo al 5 %. Al final del ensayo, con crecimiento del pasto, este valor osciló entre 15 y 35 %. En cuanto a la ganancia de peso animal durante los meses del pastoreo diferido, se detectó que al inicio del proceso se podían lograr aumentos cercanos a 500 gr.día⁻¹, llegando en el momento final (Agosto) a ganancias de 200 gr.día⁻¹. Esto se atribuye a la progresiva pérdida de calidad del forraje (Figura 3).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

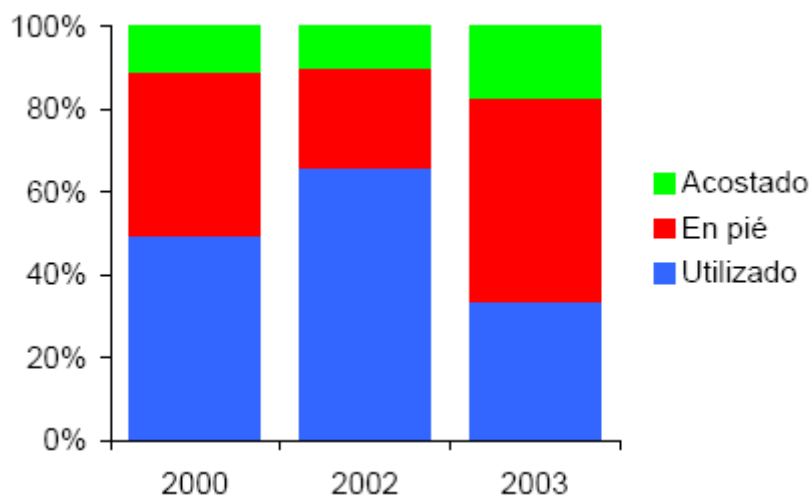


Figura 3: Volumen de biomasa de Grama Rhodes cv. Callide (Bissio, 2004).

Asignación de forraje: Cuando más forraje se asignó menor fue el porcentaje de utilización, la ecuación obtenida es polinomial:

$$\text{Forraje Utilizado} = 67,3 + (1,45 * \text{Asignado}) - (0,158 * \text{Asignado}^2). R=1$$

Debido al escaso número de datos (solamente tres años) con que se ajustó la curva, esta ecuación conviene tomarla como una hipótesis para ajustar mejor en el futuro.

El tratamiento previo a la clausura: Los años en que se utilizó la pastura para corte previo a la clausura se obtuvo mayor utilización de forraje. Esta variable está relacionada con el porcentaje de material verde y con la asignación de forraje.

El forraje acostado muestra valores bajos en comparación con otras forrajeras tropicales pastoreadas durante la época invernal, esto es debido a la elasticidad de los tallos del cv. Callide, lo que hace que al ser pisado por el animal vuelva a la posición vertical al disminuir la presión sobre el mismo. De todas maneras la última franja (pastoreada en agosto de 2003) tuvo el porcentaje de vuelco más alto que el promedio del potrero, posiblemente porque el forraje que ya estaba seco al principio del ensayo se volcó por la acción del pisoteo en el mes de agosto.

Los promedios mensuales fueron de 530, 424 y 198 gr.animal.día⁻¹ en los meses de Junio, Julio y Agosto, respectivamente. Se observa que la ganancia disminuyó con el tiempo. A manera de hipótesis se puede decir que esta merma fue provocada por la pérdida de calidad de forraje. Debido a que la principal fuente de alimentación fue el forraje disponible en el mes de junio, cabe suponer que, a medida que este perdió

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

calidad en el tiempo, disminuyó la ganancia de peso vivo y que la producción de forraje (de alta calidad) no fue suficiente para compensar esta pérdida.

Se encontró una relación polinómica de segundo grado entre el mes y la ganancia de peso:

$$\text{Variación de Peso Vivo: } 368 + (273,5 * \text{mes}) - (111,8 * \text{mes}^2); R=78$$

La ganancia de peso por animal y por hectárea en cada período evaluado se muestra en la Cuadro 10.

Cuadro 10: Aumento de peso vivo por animal y por hectárea y promedios.

	2000	2002	2003	Media
gr.animal.día⁻¹	306	490	388	395
Kg.ha⁻¹ Jn-Ag	66	88	81	78

Suplementación de Diferidos.

Bulashevich *et al.* (1987) determinaron un efecto positivo de la suplementación con nitrógeno (46 gr. de PB.Kg MS⁻¹ consumida) al aumentar la velocidad de digestión.

Nocek y Russell (1988) establecen que existe una relación entre la suplementación nitrogenada y el consumo de energía, dado que si se favorece la síntesis microbiana por medio de la suplementación proteica, se incrementa la digestibilidad, la tasa de pasaje y el consumo de materia seca (MS); de esta forma se generan mayores cantidades de productos de la fermentación ruminal disponibles para el animal (proteína bacteriana y AGV), por unidad de materia seca consumida y por unidad de tiempo.

Este papel del Nitrógeno como regulador del consumo voluntario también se presenta cuando los animales son alimentados con forrajes de baja calidad (con 50 % o menos de digestibilidad). En estas dietas el déficit de nitrógeno en el rumen puede actuar como factor limitante del consumo de energía porque deprime la digestión de la celulosa. Por otra parte, el consumo de estos forrajes está determinado por la tasa de "vaciado" de forraje del rumen, y debido a la menor actividad bacteriana ésta se encuentra disminuida. La respuesta animal a un aumento en la provisión proteica, generalmente conduce a un aumento en el consumo voluntario, al incrementarse las tasas de digestión y de pasaje del alimento (Stritzler, Gallardo y Gingins, 1983).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La proteína puede ser suplementada en dos formas: solubles (mayor degradabilidad ruminal, harinas vegetales y urea) y menos solubles (menor degradabilidad ruminal, harinas de origen animal como de sangre, de pescado, de plumas, etc.).

En los sistemas de producción animal, el recurso de NNP más difundido es la **"UREA"**. Este suplemento es básicamente nitrógeno no proteico de rápida degradación ruminal, a las 2 horas de ingestión se produce el pico de amoníaco en rumen y a las 9 o 10 horas éste vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión. Su aprovechamiento para la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía en el rumen. La urea es un compuesto de NNP comercial conteniendo aproximadamente 46 % de nitrógeno, por lo tanto, 100 gramos de urea representan 287,5 gr. de proteína cruda (PC) para el animal (Kjeldahl, contenido de nitrógeno x 6,25) (Kolb, 1971).

La clave de suplementar con urea radica en asegurar un nivel constante de nitrógeno amoniacal en el rumen a fin de maximizar el metabolismo microbiano. sería recomendable combinar urea con otra fuente proteica de degradación más lenta (harina de soja), agregar una fuente energética de fácil disponibilidad (granos de rápida digestión) y asegurar la completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal. Otra manera de manejar esto, aparte de la adecuada sincronización con fuentes de hidratos de carbono de rápida fermentación ruminal, sería disminuyendo la velocidad de producción de amoníaco con fuentes de NNP de hidrólisis lente; favoreciendo la formación de un pH más bajo que disminuya la absorción de amoníaco a nivel ruminal (fosfato diamónico); repartiendo los aportes de NNP a lo largo del día por métodos de distribución adecuados como mezclas de urea con forraje que son ingeridos lentamente, libre acceso a bloques de urea para lamer, o mezclas líquidas o de productos pulverulentos conteniendo urea adicionados a la ración (Kolb, 1971).

Un punto importante a tener en cuenta con respecto a los granos de cereales en la suplementación de las dietas con urea, es el sitio de digestión del almidón. Clasificando a los granos de mayor a menor degradabilidad ruminal de su almidón, tenemos: trigo, cebada, avena, maíz y por último el sorgo (éstos dos últimos se digieren

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

principalmente a nivel intestinal). Por lo tanto, si se utilizan fuentes proteicas de rápida degradación en rumen, como la urea, sería conveniente utilizar granos de alta digestión en rumen como la avena, el trigo o la cebada; para hacer una mejor utilización del amoníaco ruminal rápidamente disponible y lograr una buena síntesis de proteína bacteriana. Esto, como ya fue comentado, es de suma importancia porque entre el 60 y el 80 % de la proteína que es utilizada por el rumiante tiene este origen (Elizalde y Santini, 1992).

Recría de terneros con Bloques Multinutricionales.

El ensayo se condujo sobre una Grama Rhodes cv. Callide con forrajimasa acumulada a partir del 15-02-98 y fertilizada con 50 Kg N₂.ha⁻¹. El material acumulado fue de 3600±188 Kg MS.ha⁻¹. Se alojaron 26 terneros Brangus colorados de 178 Kg PV. Los suplementos fueron sal común y Bloques Nutricionales de Melaza (Cuadro 11).

Cuadro 11: Efecto de la suplementación con sal y BNM sobre la variación de peso diaria de terneros pastoreando Grama Rhodes diferida (Candotti y Berti, 2000).

Tratamientos	Días	VDPV g.animal.día ⁻¹	Consumo suplemento gr.animal.día ⁻¹	
			BNM	Sal
T0	112	-15,6	0	53
T1	112	105,60	215	0

Inclusión de sojilla.

En el mismo momento se presenta el efecto de distintos niveles de suplementación con sojilla sobre la ganancia de peso de vaquillonas sobre una pastura de Grama Rhodes diferida.

La suplementación energético-proteica de diferidos de Grama Rhodes de baja calidad permite incrementar las ganancias de peso, como puede observarse en la Figura 4.

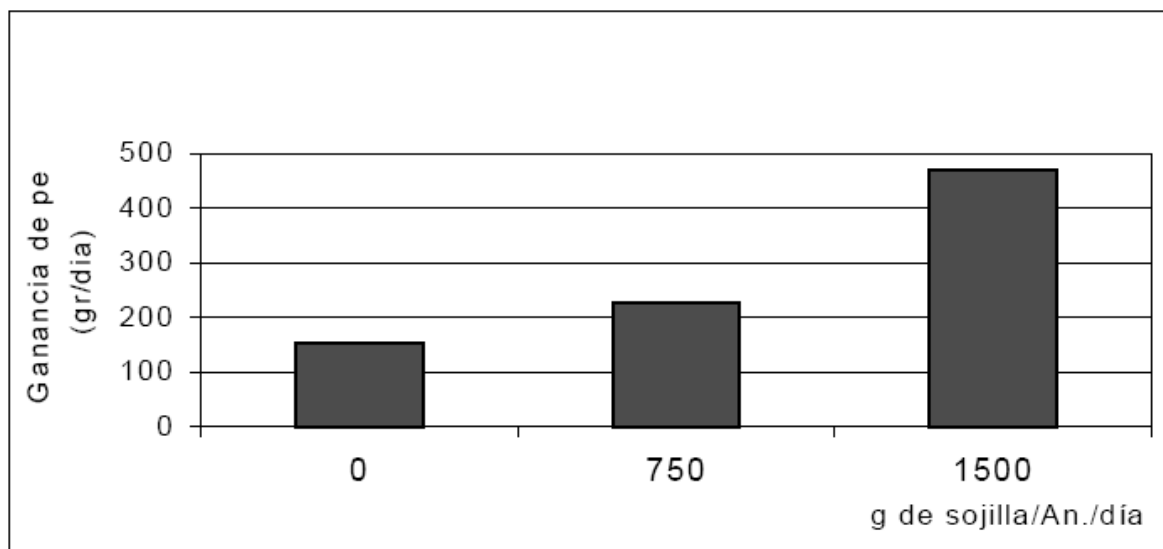
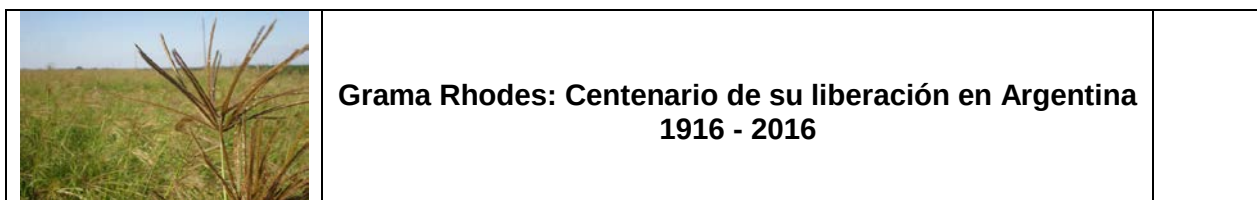


Figura 4: Suplementación de vaquillonas con soja en una pastura de Grama Rhodes diferida. (De León, *et al.* 1992)

Recría en confinamiento con heno de Grama Rhodes. INTA C. del U. Entre Ríos.

Un grupo de 24 terneros de 152 Kg de peso vivo y 6 meses de edad fueron confinados en dos piquetes (12 animales c/u) y alimentados con una dieta base de heno de Grama Rhodes más una suplementación en batea de 1,5 de Kg de maíz molido + 70 gr de urea liberación controlada (Nitrum 24®). A la mezcla se adicionó 50 gr.animal.día⁻¹ de una premezcla mineral comercial (AF MIX® Terneros, ACA) con la inclusión de 20 gr.animal.día⁻¹ de yeso (sulfato de calcio) para mejorar el aporte de azufre a la dieta. La Grama Rhodes fue diferida en planta y se confeccionaron los rollos durante el invierno. En el Cuadro 12 se presentan el análisis de los alimentos suministrados.

Cuadro 12: Evaluación de calidad de alimentos (%).

Dieta	Oferta	MO	DIVMO	N	PB
Heno Grama Rhodes	A voluntad	92,2	24,9	0,56	3,48
Maíz + Nitrum 24	1,5 Kg + 70 gr	93,1	76,3	2,70	16,87

La ganancia de peso de ambos grupos se ubicó en el orden de **400 gr.cabeza.día⁻¹** a pesar de la muy baja calidad del forraje utilizado.

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Nasca *et al.* (2006) evaluaron la sostenibilidad de dos modelos físicos ganaderos de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán (área de probable expansión ganadera) en relación a indicadores ambientales, económicos y sociales. Se trabajó, durante 3 años, con dos modelos físicos pastoriles (*Chloris gayana* cv. Finecut) de engorde de novillos con carga animal similar: T0 = pastoreo continuo (situación zonal preponderante) y T1 = pastoreo rotativo racional con suplementación estratégica (Cuadro 13).

Cuadro 13: Descripción de dos modelos físicos pastoriles de producción de carne bovina Nasca *et al.* (2006).

Característica	Testigo (T0)	Tratamiento 1 (T1)
Tipo de pastoreo	Continuo	Rotativo racional
Pastura	<i>Chloris gayana</i> cv. Fine Cut	<i>Chloris gayana</i> cv. Fine Cut
Carga media anual	1,40 EV.ha ⁻¹ †	1,77 EV.ha ⁻¹
Tiempo de ocupación de la pastura (días)	Permanente	Invierno: 39±13 Verano: 11±3
Tiempo de reposo de la pastura (días)	Nulo	Verano: 31±11
Suplementación invernal (junio – octubre)	---	Energético proteica
Suplementación estival (noviembre – mayo)	---	Energética

† Equivalente vaca (EV) representa un requerimiento diario de 18,545 Mcal de energía metabolizable.día⁻¹

La suplementación energética proteica se suministró en un nivel equivalente al 1,4% del peso vivo (PV) durante el invierno y al 0,8% PV durante el verano.

En el CER Leales de INTA se analizaron tres modelos pastoriles (*Chloris gayana* cv. Fine Cut) de producción de carne bovina en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, con dos repeticiones: Tradicional sin suplementación (MT); Mejorado con suplementación energético-proteica en invierno - primavera y energética en verano – otoño (MMS) y Mejorado con suplementación y fertilización nitrogenada con 50 Kg urea.ha⁻¹ (MMSF).

En la Llanura Deprimida Salina semiárida de Tucumán la base forrajera para la producción de carne bovina está conformada por gramíneas perennes tropicales. La problemática de su producción estacional definió como objetivo: determinar la

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

factibilidad de lograr un efecto aditivo en el consumo de MS de bovinos en crecimiento, con una suplementación energético-proteica al iniciar el proceso de invernada sobre *Chloris gayana* cv. Fine Cut diferida. En esta experiencia el nivel de suplementación que superó el 50% del consumo potencial de la categoría no afectó la ingesta del alimento de volumen, lográndose un aumento de peso superior al teórico esperado. La diferencia se explica a partir de un mayor consumo del forraje en función de los valores analíticos de calidad que permitieron mejorar aproximadamente un 25% los valores de CMS de la categoría novillitos en engorde en relación a resultados experimentales con diferidos de otras pasturas. Los resultados en cuanto a los AMD manifiestan para la suplementación un efecto de adición con estímulo. (Toranzos *et al.*, 1999).

Hay que considerar además, que muchos otros productos pueden ser utilizados para este fin, los que deben conformar raciones adecuadas y balanceadas como suplementos energético-proteicos, en los cuales el uso de proteínas de baja degradabilidad ruminal juega un rol fundamental.

Por otra parte, el tipo de pasturas diferida que se utilice (especie, manejo previo, pastura nueva o vieja, etc.) y la carga con la cual se pastoree, permitirá distinto grado de selectividad a los animales, lo que determinará su consumo, la calidad de la dieta y ganancia de peso.

El efecto de estas variaciones entre las pasturas puede ser tanto o más importante que la suplementación y puede llegar a condicionar la respuesta animal a la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Astibia, O. R.; C. A. Cangiano; M. R. Cocimano y F. J. Santini.** 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(4): 373-384.
2. **Balbuena, O.; A. L. Slanac; D. Kucseva y P. M. Manghera.** 2008. "Consumo de Grama Rhodes con distintos niveles de suplementación con germen de maíz". *Beca de Pregrado* de la. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias: 45 págs.
3. **Bissio, J. C.** 2004. "Uso de Grama Rhodes Callide (*Chloris gayana*) durante el invierno para la recría de vaquillonas de reposición". INTA EEA Reconquista, *Información para Extensión* N° 81: 10 págs.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

4. **Bulashevich, M. C., O. E. Melo; G. P. Bollati; A. R. Castillo y A. R. Peuser.** 1987. Efecto de la suplementación nitrogenada sobre la tasa de digestión y digestibilidad de grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) en invierno. *Rev. Arg. de Prod. Animal* 7: 527-534.
- a. **Bulashevich, M. C.; O. E. Melo; A. R. Castillo; G. P. Bollati; R. A. Peuser y F. E. Moro.** 1986. Efecto del porcentaje de proteína bruta de un suplemento energético sobre la tasa de digestión y digestibilidad aparente de grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) diferida. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 6 (5-6): 251-260.
5. **Candotti, J. J. y R. N. Berti.** 2000b. Suplementación de terneros con bloques nutricionales de melaza en pasturas diferidas de Grama Rhodes *Rev. Arg. de Prod Animal* Vol 20 Supl. 1: 85.
6. **De León, M.** 1994. "Producción, calidad y utilización de pasturas para el subtrópico semiárido". *Jornadas de Utilización de Pasturas Tropicales*; Tucumán, Argentina: 40-54.
7. **De León, M.** 1998. Evaluación de la producción y calidad forrajera de cultivares de *Cenchrus ciliaris* en el norte de Córdoba. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 18 Supl. 1: 173.
8. **De León, M.; A. García Astrada; E. Uztarroz; C. Ramos González Palau y F. Faya.** 1992. Suplementación energético-proteica de vaquillonas en una pastura de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) diferida. *Revista Argentina de producción Animal.* Vol. 12. Supl. 1 p. 24 Ed: AAPA
9. **Ferreira, M.** 2008. Megatérmicas también en bajos alcalinos. *Revista Marca Líquida Agropecuaria*; Córdoba, Argentina: 183 (1): 2.
10. **García Posse, F. R.; P. G. Pérez; G. Alcocer y M. R. Devani.** 2005. Determinación de estabilidad de la producción de cultivares de *Chloris gayana* Kunth en Tucumán y zonas de influencia. *Revista Industrial y Agrícola*; Tucumán, Argentina 82 (1-2): 55-58.
11. **Guzmán, L. P.; A. R. de Ortega; V. P. Juárez y J. Sortheix.** 1988. Adaptación de forrajeras perennes Introducidas en Tucumán (Argentina). *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 65 (1-2): 195-212.
12. **Guzmán, L. P.; H. R. Ricci y V. P. Juárez.** 1994. Efecto de diferir el corte en la producción invernal de gramíneas tropicales. *Pasturas Tropicales* 16 (1): 22-26.
13. **Haffar, I. y G. Alhadrami.** 1997. Effect of various bale treatments on physical quality and chemical composition of Rhodes grass (*Chloris gayana*). *Grass and Forage Science* 52: 199- 206.
14. **Hug, G.; D. Sampedro; M. Lado; M. E. Munilla; A. Biolatto; A. Callegaro; S. Vittone.** 2013. Suplementación con urea protegida (Nitrum 24) en recría con diferentes fuentes de fibra.
15. **Imaz, J. A.; V. Merani; D. O. Giménez; A. A. Grimoldi y G. G. Striker.** 2012. Efecto protector del forraje diferido de otoño sobre el rebrote primaveral de dos forrajeras megatérmicas. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 32 Supl. 1: 272.
16. **Ivory, D. A. y P. C. Whiteman.** 1978. Effects of environment and plant factors on foliar freezing resistance in tropical grasses: II. Comparison of frost resistance between cultivars of *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana* and *Setaria anceps*. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 261.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

17. **Martín, G. O.** (h). (2010). Pasturas cultivadas para el NOA: Grama Rhodes. *Revista Producir XXI* 18 (219): 48-52; Bs. As., Argentina.
18. **Martín, B.; O. Sosa; G. Magra y A. Galleano.** 2014. Con el foco en el invierno... supervivencia de Grama rhodes (*Chloris gayana*). *Agromensajes* 38: 23-26.
19. **Miñón, D. P.; H. Pérez y C. Videla.** 1988. Dinámica del forraje diferido de gramíneas subtropicales: Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), Pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq.) y Pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* Link). *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8 (2): 131-136.
20. **Nasca, J. A.; M. R. Toranzos y N. R. Banegas.** 2006. Evaluación de la sostenibilidad de dos modelos ganaderos de la Llanura Deprimida Salina (LDS) de Tucumán. Argentina. *Revista Zootecnia Tropical.* Venezuela. 24 (2): 121-136.
21. **Nocek, J. y J. Russell.** 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71: 2070-2107.
22. **Pagliaricci, H. R.; I. Ohanian; A. E. Ohanian y D. R. Toniotti.** 2015. Efecto del remanente foliar invernal en Grama Rhodes. *Revista Producir XXI* 24 (288): 14-18; Bs. As., Argentina.
23. **Pérez, H. E.; E. Taleisnik; S. J. Bravo; L. García Seffino y D. Orellana.** 1998. Respuesta a la salinidad de cultivares de Grama Rhodes: I. Componentes del rendimiento. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 18 (Sup. 1): 185-186.
24. **Ribotta A. N.; S. Griffa; E. López Colomba; K. Grunberg y E. Biderbost.** 2005. Determinación del contenido proteínico en materiales seleccionados de *Cenchrus ciliaris* L., *Chloris gayana* K. y *Panicum coloratum* L. *Pastos y Forrajes* 28: 241-246.
25. **Ricci, H. R. y L. P. Guzmán.** 1992. Efecto de la fecha de rezago sobre la producción de materia seca, disponibilidad y calidad invernal del diferido de Grama Rhodes cv. Tuc Oriental (*Chloris gayana* Kunth). *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 69 (1-2): 1-5.
26. **Ricci, H. R.; P. G. Pérez; V. Albarracín y M. R. Toranzos.** 2000. Grama Rhodes diferida: fecha de rezago y producción de materia seca". *XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal* Vol. 1: 4 p.; Montevideo, Uruguay.
27. **Ricci, H. R.** 2003. Diferido: preparándonos para el invierno. *Revista de la Sociedad Rural de Jesús María* 138: 28-30; Córdoba, Argentina.
28. **Strizler, N.; M. Gallardo y M. Gingsins.** 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol. 3, N°4, 283-309.
29. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2000a. Evaluación de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), en distintos tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero. I- Implantación y dinámica de los diferidos. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl. 1: 195- 196.
30. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2000b. Evaluación de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth), en distintos tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero.2- Disponibilidad y rebrote primaveral. *Rev. Arg. Prod. Animal* Vol 20 Supl. 1: 196- 198.
31. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); E. D. Lagomarsino; M. M. Fernández y M. G. Nicosia.** 2005. Caracterización nutricional de diferidos de gramíneas subtropicales

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

perennes estivales, en el Este de Tucumán. *IV° Reunión de Producción Vegetal y II° de Producción Animal del NOA*; Tucumán, Argentina: Sección 06 (Nº 46): 10 p.

32. **Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda.** 1985. Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. *Miscelánea* Nº 86. Facultad de Agronomía y Zootecnia; Tucumán, Argentina: 63 págs.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

CHLORIS GAYANA, UNA FORRAJERA PERENNE CON ALTA TOLERANCIA A LA SALINIDAD

Edith Taleisnik^a y Héctor E. Pérez^b

^a CONICET, IFRGV, CIAP-INTA, etaleisnik@conicet.gov.ar,

^b EEA INTA Manfredi, Argentina, perez.hector@inta.gob.ar

La salinidad afecta alrededor de 800 millones de hectáreas en el mundo, cifra que crece con la expansión del área irrigada en agricultura (Flowers, 2004). Según datos de FAO-UNESCO, Argentina es el tercer país con mayor superficie de suelos afectados por halomorfismo, después de Rusia y Australia (Lavado 2008). Solamente en la región pampeana, existen alrededor de 19 x 10⁶ ha con algún grado de salinización (Gorgas y Bustos 2008) y esta condición afecta grandes extensiones de suelos en las regiones extrapampeanas, en las provincias de Salta, Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza, Tucumán, Santiago del Estero, Córdoba, Río Negro y Chubut.

En el Chaco Semiárido argentino, donde la ganadería bovina se basa fundamentalmente en praderas naturales e introducidas, la salinidad de suelos se presenta como una de las principales limitaciones edáficas a la producción forrajera (Angueira, 1986). La extensión de los suelos afectados por salinidad en la Argentina crece por razones antrópicas. Por ejemplo, en algunas zonas de la región fitogeográfica del Monte el reemplazo de la vegetación natural por la agrícola, la alta evaporación y balance hídrico negativo, han traído aparejados la elevación de napas freáticas salinas, con la consecuente salinización de las capas superficiales del suelo (Jobbágy y Jackson, 2004).

Para producir en condiciones de salinidad existen diversas estrategias, que incluyen prácticas para mejorar la calidad de los suelos mediante tratamientos químicos y de drenaje, el desarrollo de germoplasma con tolerancia a la salinidad adaptado a estas condiciones, y paquetes de manejo de la siembra y el pastoreo, para estos materiales. Se han logrado avances en la disponibilidad de germoplasma con tolerancia incrementada a la salinidad mediante mejoramiento convencional, basado muchas veces en la selección para características agronómicas, utilizando fuentes de variabilidad intra o extraespecíficas, o bien generando variabilidad por mutagénesis

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

(Ashraf y Harris, 2004). La transformación de plantas con genes relacionados a características fisiológicas involucradas en la tolerancia a la salinidad es una actividad cada vez más difundida (Budak y Spangenberg, 2015). El progreso en este campo se debe a los avances logrados, desde los años '70 del siglo pasado, en el conocimiento de las bases fisiológicas de la tolerancia a la salinidad (Munns y Tester, 2008) y al crecimiento explosivo del conocimiento en biología molecular (Hasegawa *et al.*, 2000). La introducción de halófitas (plantas que crecen naturalmente en lugares salinos) a la agricultura, es otra alternativa interesante en este contexto (Glenn *et al.*, 1999), ya que ofrece la posibilidad de desarrollar usos novedosos para plantas que se consideran de interés local.

Chloris gayana Kunth, la Grama Rhodes, es una gramínea originaria de África, con mecanismo fotosintético C4, una de las primeras especies en que se describió este proceso (Johnson y Hatch, 1970). Cuenta con numerosas variedades, tanto diploides como tetraploides (Hutton, 1961). Entre los cultivares diploides se pueden mencionar algunos como Pioneer, Katambora, Finecut, Topcut, Reclaimer, Salcut, Gulfcut y Santana y entre los tetraploides Boma, Callide, Epica y Toro. Desde su introducción a nuestro país, en el año 1916, en la Estación Experimental Obispo Colombres de Tucumán, ha ampliado su distribución, principalmente en las provincias de Formosa, Chaco, Santa Fe, Santiago del Estero y norte de Córdoba, con potencialidad para extenderse hasta el paralelo 40°S (Falasca *et al.*, 2014).

Existen, desde hace larga data, evidencias acerca de la tolerancia a la salinidad de *C. gayana* (Bogdan, 1969; Gauch y Wadleigh, 1951; Staff, 1954) (Figura 1), condición que no obstante incide negativamente en su productividad (Pérez *et al.* 1999). Por tratarse de una especie autoincompatible, los cultivares son poblaciones estabilizadas compuestas por individuos genéticamente heterogéneos, lo que ha sido aprovechado para la selección intraespecífica de plantas con características deseables, aptas para ser incorporadas en programas de mejoramiento (Boonman, 1978), entre ellas, tolerancia incrementada a la salinidad (Luna *et al.* 2000; Malkin y Waisel, 1986; Ribotta *et al.*, 2013). Epica Inta Peman es un cultivar tetraploide con tolerancia incrementada a la salinidad, desarrollado en nuestro país, y basado en el cultivar Boma (Pérez *et al.* 2009).

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 1: *C. gayana* avanzando sobre suelos sódicos en Laboulaye, Provincia de Córdoba. Nótese la presencia conjunta de *Distichlis sp.* ("pelo de chancho"), típica de suelos con alta salinidad.



Foto 2: Epica Inta Pemán. Izquierda: Inflorescencias. Derecha: parcela en floración.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

El interés por esta especie fomentó la realización de numerosos ensayos a campo. En el tema específico de tolerancia a la salinidad, entre numerosos otros ensayos, se comparó su rendimiento con respecto a otras forrajeras, a las que superó en crecimiento a pH alcalino y altas concentraciones de Na (Díaz y Lagomarsino, 1968), se evaluaron diversos cultivares (Bertram *et al.*, 2010a), y se observó una respuesta positiva a la fertilización (Bertram *et al.*, 2010b) y sobre las características del suelo (Otondo *et al.*, 2015). En ese trabajo se observó que las parcelas de *C. gayana* sólo causaron ligeros descensos en el pH de la capa superior del suelo, pero no modificaron la salinidad y la sodicidad, aunque mejoraron la condición física del suelo. Existen muchas experiencias llevadas a cabo en los Bajos Submeridionales de la Provincia de Santa Fe y en la cuenca del Salado de la Pcia. de Buenos Aires, que ponen de relieve la adecuación de esta especie para el aprovechamiento productivo de las zonas afectadas por salinidad. La difusión de la información sobre la relativamente alta tolerancia a la salinidad de *C. gayana* (Staff, 1954) motivó el interés por investigar sus bases fisiológicas, y los estudios sobre el particular comenzaron unos años después, con el descubrimiento de la presencia de glándulas salinas en las epidermis foliares de esta especie (Liphschitz *et al.*, 1974; Liphschitz y Waisel, 1974). Sobre estas estructuras existe renovada atención (Céccoli *et al.*, 2015; Kobayashi *et al.*, 2010; Oi *et al.*, 2013; Oi *et al.*, 2014) ya que constituyen uno de los caracteres sobre los cuales se basa la selección (de Luca *et al.*, 2001) y el mejoramiento para tolerancia a la salinidad (Loch y Zorin, 2010).

Uno de los efectos de la salinidad en el medio es la disminución del potencial hídrico, que equivale a decir que disminuye la disponibilidad de agua para la planta. En este sentido, la salinidad y la sequía comparten efectos comunes, pero los de la salinidad, además, implican la presencia de sales en el sustrato cuyo exceso es negativo para el crecimiento de las plantas y que además pueden causar desequilibrios nutricionales, resultando en el déficit de algunos nutrientes esenciales como el N. Este fue uno de los aspectos abordados en algunos de los estudios iniciales sobre la respuesta de *C. gayana* a la salinidad (Guggenheim y Waisel, 1977).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La investigación acerca de los aspectos fisiológicos que condicionan el rendimiento de gramíneas forrajeras en sustratos salinos ha tenido en cuenta que la tasa de expansión foliar y la duración del área foliar son caracteres determinantes de su productividad. Específicamente, en *C. gayana* cultivada en un gradiente de salinidad, el área foliar mostró una alta correlación con la acumulación de materia seca (de Luca *et al.*, 2001). Estudiando dos genotipos cercanos genéticamente, pero de respuestas contrastantes a la salinidad pudo asociarse la disminución en rendimiento con la proporción de hojas secas y la reducción en el crecimiento foliar (de Luca *et al.*, 2001).

Las hojas secas se vinculan con la muerte de las láminas que en muchos casos se restringe a la parte expandida de las mismas, zona donde se verifican también disminuciones en la tasa de fijación de C en condiciones de salinidad (Shomer-Ilan *et al.*, 1979; Luna *et al.*, 2002). Ambos aspectos, la disminución en la superficie fotosintetizante y en la tasa de fijación de C determinan, por una parte, que exista menos carbono fijado para sustentar el crecimiento inmediato, y menos carbono acumulado para sustentar el rebrote luego de la defoliación causada por el pastoreo, o el rebrote de primavera luego del invierno. Por otra parte, las disminuciones en la tasa de fijación de C también pueden contribuir a la generación, en esa parte de la hoja, de especies reactivas de oxígeno (EROS), que son capaces de causar daño oxidativo a membranas y macromoléculas, conduciendo a la muerte celular que lleva a lo que se aprecia macroscópicamente como hojas secas. El nivel de EROS depende de su tasa de generación y detoxificación por mecanismos enzimáticos y no enzimáticos. En *C. gayana* se observó que el daño oxidativo en la parte expandida de láminas foliares, fue menor en individuos con mayor tolerancia a la salinidad (Luna *et al.*, 2000; de Luca *et al.*, 2001), en coincidencia con la estimulación de la actividad de algunas de las enzimas antioxidantes. El daño oxidativo en membranas genera malondialdehído (MDA), un producto de la peroxidación lipídica fácilmente cuantificable. La acumulación de este compuesto fue observado en Grama Rhodes en condiciones de salinidad (Luna *et al.*, 2002) y fue menor en individuos más tolerantes (Luna *et al.*, 2000). Este parámetro fue propuesto como una herramienta auxiliar para identificar genotipos tolerantes a la salinidad en esta especie.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En este punto, cabe recordar que en la época en que comenzó a difundirse el interés académico por las halófitas (Flowers *et al.*, 1977), la incidencia de la salinidad sobre diversos aspectos de la fotosíntesis de *C. gayana* fue objeto de varios estudios (Shomer-Ilan *et al.*, 1985; Shomer-Ilan y Waisel 1986), que demostraron la activación de algunas enzimas por NaCl y contribuyeron a comprender el papel que juegan los solutos osmocompatibles.

Las hojas de plantas salinizadas son generalmente más cortas que aquéllas de plantas que crecen en ausencia de salinidad (Figura 3, Taleisnik *et al.*, 2009). La tasa de expansión foliar es uno de los aspectos fisiológicos más sensibles a la salinidad (Greenway y Munns, 1980). En la zona de expansión foliar, que en gramíneas está ubicada en la base de las láminas y tiene una longitud de unos pocos centímetros, están las únicas células capaces de crecer en una hoja de gramínea y allí residen las causas del crecimiento restringido. Para que una célula crezca, el agua que contiene la vacuola ejerce presión sobre las paredes celulares e impulsa su expansión, por lo tanto, el crecimiento depende de su capacidad de captar agua, y de las propiedades de las paredes celulares, que deben ceder para que las células puedan expandirse (Lockhart, 1965). El tamaño definitivo de la célula se alcanza cuando las paredes se rigidizan y no ceden más ante la presión hidrostática.

Las características de las paredes celulares, y los mecanismos que llevan a la rigidización y al ablandamiento de las mismas tienen mucho que ver con la capacidad de crecimiento de las hojas. Si bien en *C. gayana* en condiciones de salinidad se incrementan las actividades de algunas enzimas que contribuyen a la rigidización de paredes celulares, por otra parte se prolonga el tiempo en que éstas permanecen flexibles y pueden ceder ante la presión de turgencia, lo que, en esencia, contribuye a que puedan crecer durante más tiempo y se neutralice en parte el efecto negativo sobre el crecimiento (Ortega *et al.*, 2006). Los estudios sobre estos aspectos son fundamentales para poder diseñar plantas tolerantes al estrés, y hoy están en el centro de la atención de muchas investigaciones.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

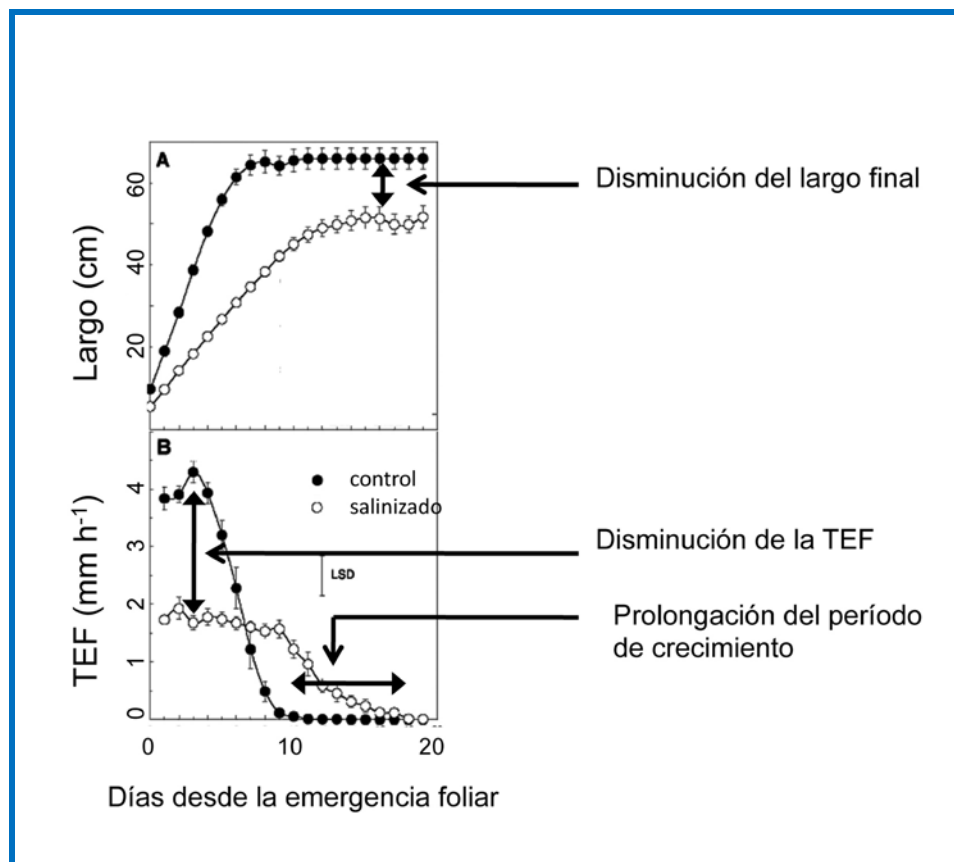


Figura 3: Efectos de la salinidad sobre el largo y la tasa de elongación de hojas de *C. gayana*. Modificado de Ortega y Taleisnik (2003).

Las raíces de *C. gayana* se concentran en las capas más superficiales del terreno, de donde obtienen la mayor parte del agua. Se ha visto que la presencia de una napa salina a 25 cm de profundidad afectó negativamente la producción de biomasa y sus componentes, mientras que capas más profundas no tuvieron tal efecto, independientemente de su concentración salina (Chiacchiera *et al.* 2015). Como se dijo anteriormente, las plantas en sustratos salinos deben afrontar, entre otros, el desafío de captar agua de un sustrato con muy bajo potencial hídrico. Una estrategia consiste en disminuir el potencial hídrico de la planta en si, y esto se logra por la acumulación de solutos, tanto orgánicos, que deben ser sintetizados a expensas de carbono fijado que podría tener otro destino. *C. gayana* es capaz de acumular compuestos orgánicos en la zona de expansión foliar, que contribuyen a su capacidad de captar agua (de Luca *et al.*, 2001). Pero, la conductividad hidráulica en la planta depende del diámetro de los componentes de los haces vasculares, específicamente del xilema, que disminuyen en

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

plantas salinizadas (Ortega *et al.*, 2006). Es posible que la reducción de la masa radicular (Córdoba *et al.*, 2001) en condiciones de alta salinidad también contribuya a los cambios en conductividad hidráulica. La inclusión de algunos solutos inorgánicos abundantes en el medio, como los iones Cl^- y Na^+ , puede también contribuir a este ajuste hídrico, pero en este caso, la efectiva eliminación del exceso de Na y Cl por las glándulas salinas es esencial para mantener su crecimiento en condiciones de salinidad (de Luca *et al.*, 2001).

El logro de una pastura en ambientes salinos, no sólo depende de la disponibilidad de germoplasma con tolerancia, sino también del ajuste de las tecnologías de siembra, entre ellas el tipo de labranza. También se han llevado a cabo, a nivel local, algunas experiencias de manejo de esta especie sobre suelos salinos. Se observó que la siembra de *C. gayana* en ambientes salinos debe efectuarse manteniendo la cobertura del suelo, como lo es en siembra directa, mientras que en suelos con bajo contenido de sales, si bien resulta más efectiva la siembra convencional, ambos tipos de siembra promueven el logro de una pastura bien implantada y productiva (Pérez *et al.*, 2014a). A un año de la siembra, *C. gayana* cv. Finecut implantada por siembra directa mostró mayor producción de biomasa en comparación con una siembra convencional (Pérez *et al.*, 2014b). Por otra parte, al evaluar frecuencias de defoliación en diversos cultivares implantados en un suelo moderadamente salino se vio que frecuencias de 7 semanas, si bien disminuían el rendimiento, mejoraban la calidad del forraje (Cornacchione *et al.*, 2007).

Es evidente que *C. gayana* es tolerante a la salinidad, y que la variabilidad intrínseca para este carácter puede aún brindar germoplasma para la generación de materiales con mayor tolerancia a condiciones específicas. De hecho, se siguen inscribiendo nuevos cultivares con mayor tolerancia a la salinidad en nuestro país y en Australia. Sin embargo, el camino hacia el futuro consistirá en aprovechar la tolerancia existente para pensar en usos alternativos de la especie en servicios ambientales y como fuente de combustible biológico de segunda generación, que permitan hacer uso productivo de las áreas salinas. *C. gayana* puede rendir de $4\text{-}6 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en suelos salinos, que resulta adecuado para considerar su utilización como biocombustible de segunda generación. Como otras gramíneas perennes, la Grama Rhodes también

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

puede brindar soluciones a los problemas de salinización de cuencas. Para ello deben resolverse numerosos interrogantes, referidos sobre todo al manejo del cultivo y de cuencas, cuyas respuestas servirán para potenciar el uso innovador de esta especie. *C. gayana* es una especie C4 perenne tolerante a la salinidad, es muy productiva, altamente alógama y existen protocolos para su transformación genética. La atención enfocada al uso alternativo de la especie ¿podrá cambiar el panorama productivo de las áreas “marginales”?

Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo e interés sostenidos de la empresa Oscar Pemán SA de Jesús María, Córdoba.

El trabajo de nuestro grupo ha sido financiado y apoyado también por ANPCyT, Fundación Antorchas, CONICET e INTA.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Angueira, M. C.** 1986. Geomorfología de la provincia de Santiago del Estero. Proceedings Curso Taller Internacional "Desmonte y habilitación de tierras en zonas semiáridas", Santiago del Estero: 32-54.
2. **Ashraf, M. y P. J. C. Harris.** 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science* 166: 3–16.
3. **Bertram, N.; S. Chiacchiera; S. Elorriaga; F. Sampaoli; V. Salgado y A. M. Kloster.** 2010a. Dinámica de crecimiento de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en suelos halo-hidromórficos de ambiente templado. 33º Congreso Argentino de Producción Animal: 372-373.
4. **Bertram, N.; S. Chiacchiera; S. Elorriaga; F. Sampaoli; V. Salgado y A. M. Kloster.** 2010b. Estrategias de fertilización nitrogenada en Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en suelos halo-hidromórficos y ambiente templado. 33º Congreso Argentino de Producción Animal: 370-371.
5. **Bogdan, A. V.** 1969. Rhodes grass. *Herbage Abstracts* 39: 1-13.
6. **Boonman, J. G.** 1978. Rhodes grass breeding in Kenya I. Intra-variety variation and character relationships. *Euphytica* 27, 127-136.
7. **Budak, H. y G. Spangenberg.** 2015. Molecular Breeding of Forage and Turf. Proceedings of the 8th International Symposium on the Molecular Breeding of Forage and Turf.
8. **Céccoli, G.; J. Ramos; V. Pilatti; I. Dellaferrera; J. Tivano; E. Taleisnik y A. C. Vegetti.** 2015. Salt glands in the Poaceae family and their relationship to salinity tolerance. *The Botanical Review* 81: 162-178.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

9. **Chiacchiera, S.; N. Bertra; E. Taleisnik y E. Jobbágy.** 2015. Efecto de la profundidad de napa freática y la salinidad sobre la dinámica de crecimiento de grama Rhodes (*Chloris gayana*). II Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
10. **Córdoba, A.; L. García Seffino; H. Moreno; C. Arias; K. Grunberg; A. Zenof y E. Taleisnik.** 2001. Effect of high salinity on roots of *Chloris gayana* Kunth: carbohydrate and lipid accumulation and growth. *Grass and Forage Science* 56, 162-168.
11. **Cornacchione, M. V.; H. E. Pérez y A. Fumagalli.** 2007. Effect of cultivar and defoliation frequency on forage yield of *Chloris gayana* Kunth in a moderate saline soil of the semiarid chaco of Argentina. Joint Meeting of ADSA, PSA. AMPA and ASAS p. 496. San Antonio, Texas, USA: J. Anim. Sci. Vol. 85, Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol. 90, Suppl. 1/Poult. Sci. Vol. 86, Suppl. 1.
12. **De Luca, M.; L. García Seffino; K. Grunberg; M. Salgado; A. Córdoba; C. Luna; L. Ortega; A. Rodríguez; A. Castagnaro y E. Taleisnik.** 2001. Physiological causes for decreased productivity under high salinity in Boma, a tetraploid *Chloris gayana* cultivar. *Australian Journal of Agricultural Research* 52: 903-910.
13. **Díaz, H. y E. D. Lagomarsino.** 1968. Suelos salinos-sódicos. Su utilización con especies forrajeras. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 6.
14. **Falasca, S. L.; C. M. el Fresno y C. Waldman.** 2014. Halophytes energy feedstocks: Possibilities for Argentina. *Advances in Energy Research* pp. 159-192: Nova Science Publishers, Inc.
15. **Flowers, T. J.; P. F. Troke y A. R. Yeo.** 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28, 89-125.
16. **Gauch, H. G. y C. H. C. Wadleigh.** 1951. Salt tolerance and chemical composition of Rhodes and Dallis grasses grown in sand culture. *Botanical Gazette* 112: 259-271.
17. **Glenn, E. P.; J. J. Brown y E. Blumwald.** 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18: 227-255.
18. **Gorgas, J. y M. Bustos.** 2008. Dinámica y evaluación de los suelos de Córdoba con problemas de drenaje, salinidad y alcalinidad. En: Taleisnik, E.; K. Grunberg y G. Santa María (eds.) La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria, pp. 47-63. Córdoba: EDUCC.
19. **Greenway, H. y R. Munns.** 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31: 149-90.
20. **Guggenheim, J. e Y. Waisel.** 1977. Effects of salinity, temperature and nitrogen fertilization on growth and composition of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Plant and Soil* 47: 431-440.
21. **Hasegawa, P. M.; R. A. Bressan; J. K. Zhu y H. J. Bohnert.** 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
22. **Hutton, E. M.** 1961. Inter-variety variation in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Grass and Forage Science* 16: 23-29.
23. **Jobbágy, E. G. y R. B. Jackson.** 2004. Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology* 10: 1299-1312.
24. **Johnson, H. S. y M. D. Hatch.** 1970. Properties and regulation of leaf nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate-malate dehydrogenase and 'malic' enzyme in plants

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

- with the C4-dicarboxylic acid pathway of photosynthesis. *Biochemical Journal* 119: 273-280.
25. **Kobayashi, H.; M. Yanaka y T. Ikeda.** 2010. Exogenous methyl sasmonate alters trichome density on leaf surfaces of Rhodes Grass (*Chloris gayana* Kunth). *Journal of Plant Growth Regulation* 29: 506-511.
 26. **Lavado, R.** 2008. Visión sintética de la distribución y magnitud de los suelos afectados por salinidad en la Argentina. En: Taleisnik, E.; K. Grunberg y G. Santa María (eds.) La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria, pp. 11-15. Córdoba: EDUCC.
 27. **Liphschitz, N.; A. Shomer-Ilan; A. Eshel e Y. Waisel.** 1974. Salt glands on leaves of Rhodes Grass (*Chloris gayana* Kunth.). *Annals of Botany* 38: 459-462.
 28. **Liphschitz, N. y Y. Waisel.** 1974. Existence of salt glands in various genera of the gramineae. *New Phytologist* 73: 507-513.
 29. **Loch, D. S. y M. Zorin.** 2010. Development of new tetraploid *Chloris gayana* cultivars with improved salt tolerance from 'Callide' and 'Samford'. En: Smith, G. R.; G.W. Evers y L. R. Nelson (eds.) Proceedings of the 7th International Herbage Seed Conference, pp. 190-194. Texas A & M University, Dallas, United States.
 30. **Lockhart, J.** 1965. An analysis of irreversible plant cell elongation. *Journal of Theoretical Biology* 8: 264-76.
 31. **Luna, C.; M. de Luca y E. Taleisnik.** 2002. Physiological causes for decreased productivity under high salinity in Boma, a tetraploid *Chloris gayana* cultivar. II. Oxidative stress. *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 663-669.
 32. **Luna, C.; L. García Seffino; C. Arias y E. Taleisnik.** 2000. Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *Chloris gayana*. *Plant Breeding* 119: 341-345.
 33. **Malkin, E. e Y. Waisel.** 1986. Mass selection for salt resistance in Rhodes grass (*Chloris gayana*). *Physiologia Plantarum* 66: 443-446.
 34. **Munns, R. y M. Tester.** 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 59: 651-81.
 35. **Oi, T.; K. Hirunagi; M. Taniguchi y H. Miyake.** 2013. Salt excretion from the salt glands in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) as evidenced by low-vacuum scanning electron microscopy. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 208: 52-57.
 36. **Oi, T.; H. Miyake y M. Taniguchi.** 2014. Salt excretion through the cuticle without disintegration of fine structures in the salt glands of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 209: 185-190.
 37. **Ortega, L.; S. Fry y E. Taleisnik.** 2006. Why are *Chloris gayana* leaves shorter in salt affected plants? Analyses in the elongation zone. *Journal of Experimental Botany* 57: 394-395.
 38. **Otondo, J.; E. J. Jacobo y M. A. Taboada.** 2015. Mejora de propiedades físicas por el uso de especies megatérmicas en un suelo sódico templado. *Ciencia del Suelo* 33: 119-130.
 39. **Pérez H. E.; S. Bravo; V. Ongaro; A. Castagnaro; L. García Seffino L; E. Taleisnik.** 1999. *Chloris gayana* cultivars: RAPD polymorphism and field performance under salinity. *Grass and Forage Science* 54: 289-296.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

40. **Pérez, H., J. Luchina; L. Martínez Calsina; E. Taleisnik; L. Erazzú y J. Lara.** 2014a. Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv Finecut en ambientes salinos: 1. Efecto del tipo de labranza. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 144.
41. **Pérez, H.; J. Luchina; L. Martínez Calsina; E. Taleisnik; L. Erazzú y J. Lara.** 2014b. Implantación y manejo de *Chloris gayana* (Kunth) cv Finecut en ambientes salinos: 2. Frecuencia de defoliación. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 145.
42. **Pérez, H.; E. Taleisnik; D. Díaz y R. Peman.** 2009. Development of a tetraploid salt-tolerant *Chloris gayana* cultivar. Proceedings of the Simpósio Internacional sobre Melhoramento de Forrageiras, Campo Grande, Brazil.
43. **Ribotta, A. N.; S. M. Griffo; D. Díaz; E. J. Carloni; E. L. Colomba; E. A. Tommasino y K. Grunberg.** 2013. Selecting salt-tolerant clones and evaluating genetic variability to obtain parents of new diploid and tetraploid germplasm in rhodesgrass (*Chloris gayana* K.). *South African Journal of Botany* 84: 88-93.
44. **Shomer-Ilan, A.; B. S. Y., T. Kipnis; D. E. and Y. W.** 1979. Effects of salinity, nutrition and humidity on photosynthesis and protein metabolism of *Chloris gayana* Kunth. *Plant and Soil*: 477-486.
45. **Shomer-Ilan, A.; D. Moualem-Beno.** 1985. Effects of NaCl on the properties of phosphoenolpyruvate carboxylase from *Suaeda monoica* and *Chloris gayana*. *Physiologia Plantarum* 65: 72-78.
46. **Shomer-Ilan, A. e Y. Waisel.** 1986. Effects of stabilizing solutes on salt activation of phosphoenolpyruvate carboxylase from various plant sources. *Physiologia Plantarum* 67:408-414.
47. **Staff, U. S. S. L.** 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils: United States Department of Agriculture.
48. **Taleisnik, E.; A. A. Rodríguez; D. Bustos; L. S. Erdei; L. Ortega y M. E. Senn.** 2009. Leaf expansion in grasses under salt stress. *Journal of Plant Physiology* 166: 1123-1140.



TOLERANCIA A LA INUNDACIÓN DE *CHLORIS GAYANA* (GRAMA RHODES): BASES ECOFISIOLÓGICAS ASOCIADAS.

José Augusto Imaz¹ y Pablo Barbera²

1. Instituto de Investigación Animal para el Chaco Semiárido (IIACS-CIAP-INTA).
Leales, Tucumán, Argentina. augustoimaz@gmail.com
2. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes (EEA Mercedes). INTA.
Mercedes, Corrientes, Argentina.

INTRODUCCIÓN.

Grama Rhodes (*Chloris gayana*) fue cultivada por primera vez en África hace más de cien años. Desde entonces, se transformó en una de las pasturas C₄ más utilizadas en áreas tropicales, subtropicales e incluso templadas a nivel mundial. Es principalmente utilizada como pastura, corte para heno y sembrada con la finalidad de recuperar sitios degradados. También es común encontrarla naturalizada en regiones donde posee una buena adaptación ecológica. Es importante destacar que Grama Rhodes es una de las especies forrajeras C₄ más tolerantes a salinidad, implantada con frecuencia en suelos que poseen una moderada afectación de sales. Por otro lado, relativamente pocos trabajos fueron realizados con el objetivo de evaluar específicamente la tolerancia a inundación que posee la especie en diferentes escenarios ecológicos y productivos. Además, la mayoría de las experiencias evalúan la tolerancia en términos de persistencia y productividad; sin embargo, solo algunas aproximaciones acerca de las estrategias que utiliza Grama Rhodes para hacer frente a la inundación fueron descriptas. En este capítulo intentaremos abordar el conocimiento actual que comprende la tolerancia a inundación de Grama Rhodes, como así también comprender algunas respuestas morfológicas, fisiológicas y anatómicas que desarrolla dicha especie para hacer frente a condiciones de estrés por exceso de agua.

Breve descripción de la especie

La especie *Chloris gayana* K., conocida comúnmente como Grama Rhodes, es una gramínea perenne perteneciente a la tribu de las *Clorídeas*, nativa de África

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

tropical y subtropical. Esta especie forrajera se encuentra distribuida mundialmente: se cultivan en Estados Unidos (Texas), África, Australia, Japón, América Latina y bajo riego en Medio oriente (Bogdan, 1969; Boschma *et al.*, 2008). En cuanto a su morfología, *C. gayana* es estolonífera y cespitosa, con hojas perennes, glabras de 10-50 cm de longitud y tallos ascendentes (0,5-1 m de altura). Posee un porte erecto y capacidad de formar estolones que enraízan en los nudos y le permiten cubrir el suelo eficientemente. Esta especie se puede comportar como anual en regiones con inviernos extremadamente fríos o estaciones secas prolongadas (Bogdan, 1969). Si bien el crecimiento se detiene con 8 °C, con temperaturas de hasta -5 °C no presenta problemas severos de mortandad (Murata *et al.*, 1965). Las formas diploides son de origen subtropical, y por ello, más tolerantes al frío (Loch y Harvey, 1999). Resiste condiciones de sequía y salinidad (Haffar y Alhadrami, 1997) y situaciones de excesos hídricos temporarios (Bogdan, 1969; Kretschmer y Wilson, 1995; Cook *et al.*, 2005). Desarrolla en suelos con alto niveles de Na⁺ (conductividad > 10 dS m⁻¹). Es más tolerante a los altos niveles de pH que a los bajos, pudiendo crecer con rangos de pH entre 4,5 y 10 (Cook *et al.*, 2005). Es implantada con éxito bajo 700 mm anuales de precipitación. Los valores de producción anual de materia seca son muy variables dependiendo del cultivar, fertilidad del suelo y condiciones ambientales. En cuanto a su versátil utilización, es común encontrarla en planteos de pastoreo directo, producción de heno o ensilaje, como así también para estabilizar sitios con problemas de erosión.

Efectos de la inundación sobre el crecimiento de plantas, con énfasis en especies forrajeras.

La inundación es un disturbio natural de importancia creciente que afecta la producción de ecosistemas naturales y cultivos del mundo (Rosenzweig *et al.*, 2002). Actualmente, producto de cambios climáticos a nivel mundial existe una expectativa de incremento en la frecuencia y severidad de los eventos de inundación (Arnell y Liu, 2001). La presencia de inundación induce un número de cambios en las propiedades del suelo y comportamiento de las plantas (Ponnamperuma, 1984; Jackson y Drew, 1984). El suelo anegado y la sumersión parcial o total de plantas, son estreses abióticos que influyen la composición y productividad en numerosas comunidades

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

de plantas a lo largo del mundo (ver Lenssen *et al.*, 2004), principalmente debido a la falta de oxígeno para las raíces y tejidos aéreos que quedan parcial o totalmente sumergidos (Armstrong, 1979; Bailey-Serres y Voesenek, 2008; 2010). La falta de oxígeno es producto de la caída drástica en la tasa de intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera (10.000 veces menor que en el aire) que provoca la película de agua sobre el suelo (Ponnamperuma, 1984). La baja oxigenación también disminuye la absorción de agua y nutrientes, lo que ocasionalmente crea una severa marchitez y deficiencia mineral en las plantas. Con la inundación también se puede incrementar a niveles tóxicos la concentración de gases derivados el metabolismo de la planta y los microorganismos del suelo, como el CO₂, etileno y metano (Colmer, 2003). Sin embargo, frente a un ambiente anaeróbico provocado por la inundación, las plantas de especies tolerantes pueden responder a través de cambios anatómicos, morfológicos y fisiológicos relacionados con su supervivencia y crecimiento bajo tales condiciones (Koslowski y Pallardy, 1984; Colmer y Voesenek, 2009; Striker, 2012).

Los cambios anatómicos de mayor relevancia son la formación de aerénquima y de raíces adventicias que facilitan el transporte interno de oxígeno desde los órganos aéreos – en contacto con la atmósfera – hacia los tejidos sumergidos, beneficiando su crecimiento o permitiendo su supervivencia durante una inundación (Colmer, 2003a; Grimoldi *et al.*, 2005; Striker *et al.*, 2007; Teakle *et al.*, 2011). La proporción de aerénquima formado depende del genotipo (especie y cultivar) y de las condiciones ambientales que inducen su generación (temperatura y tiempo de exposición a la anoxia; Armstrong, 1979; Justin y Armstrong, 1987; Colmer, 2003). Originalmente, fueron descritas dos formas básicas de formación de aerénquima. La primera de ellas se denomina aerénquima esquizógeno (llamado también ‘expansígeno’ por Seago *et al.*, 2005) y el segundo tipo de aerénquima se conoce como aerénquima lisígeno (Justin y Armstrong, 1987; Seago *et al.*, 2005). En ambos casos, las lagunas aerénquimáticas ubicadas en la corteza de la raíz ofrecen un camino de baja resistencia para el movimiento difusivo longitudinal del oxígeno desde la base de la raíz hacia el ápice para facilitar su aireación (Armstrong, 1979; Colmer, 2003). Además de facilitar el transporte de oxígeno, la muerte de células producto de la formación de aerénquima lisígeno determina una disminución de la demanda energética respiratoria

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

por parte del sistema radical, lo cual resulta beneficioso en una situación de estrés como la inundación donde la producción de ATP – vía aeróbica - es escasa (Hsiao y Huang, 1989). En gramíneas, el desarrollo de aerénquima en raíces como consecuencia de la inundación ha sido ampliamente documentado (revisiones de Smirnoff y Crawford, 1983; Justin y Armstrong, 1987). Ejemplos de ello, incluso más circunscriptos a gramíneas C₄ lo constituyen, entre otros, los trabajos de Baruch y Mérida (1995) para *Andropogon gayanus*, *Hyparrhenia rufa*, *Echinochloa polystachya* y *Brachiaria mutica*, lo informado por Grimoldi *et al.* (2005) para *Paspalum dilatatum* y *Paspalidium geminatum*, y el trabajo de Geurtz *et al.* (2005) para *Panicum decompositum*. A su vez, se conoce que la inundación también puede afectar la anatomía de tejidos aéreos (no sólo las raíces), como por ejemplo las vainas foliares. A nivel radical, fueron descriptas alteraciones en el patrón de crecimiento de *Panicum coloratum* e *Hyperthelia dissoluta* aumentando la producción de raíces adventicias, en particular sobre el nivel del suelo (Oosterheld y McNaughton, 1991). Se ha comprobado que el sistema de raíces adventicias de alta porosidad generado durante la inundación contribuye a la supervivencia de las plantas en ambientes sujetos a excesos hídricos (Kozlowski y Pallardy, 1984; Shimamura *et al.*, 2007).

Las respuestas morfológicas asociadas a la inundación incluyen curvaturas hiponásticas en hojas, aumento en el ángulo de inserción y elongación de los órganos aéreos, (Grimoldi *et al.*, 1999; Insausti *et al.*, 2001; Striker *et al.*, 2008; Manzur *et al.*, 2009; Pierik *et al.*, 2009; Mollard *et al.*, 2010), ubicación de la biomasa de la planta en estratos más altos y modificación en la asignación de recursos hacia una mayor relación tallo:raíz (Baruch, 1994a; Insausti *et al.*, 1999; Striker *et al.*, 2005). Dependiendo del nivel del agua de inundación, la sumersión de las plantas puede ser parcial o completa. La sumersión completa induce cambios en la morfología de las hojas. Al respecto, se ha informado que *Rumex palustris*, *R. crispus* y *Phalaris arundinacea* desarrollan una mayor área foliar específica cuando sus hojas crecen debajo del agua (Vervuren *et al.*, 1999) y una cutícula delgada; dichas aclimataciones resultan en aumentos en los niveles de fotosíntesis bajo el agua (Mommer *et al.*, 2004, 2005). Incrementos en la altura de las plantas y la longitud de las hojas bajo condiciones de inundación son respuestas comunes de especies tolerantes que

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

posibilitan la emergencia de las hojas fuera del agua para recobrar el contacto con el aire atmosférico (Laan *et al.*, 1990; Grimoldi *et al.*, 1999; Voesenek *et al.*, 2006). En este sentido, las plantas tolerantes a la inundación que particionan más carbono hacia la parte aérea en desmedro del crecimiento radical (ej. ver *Panicum coloratum* y *Hyperthelia dissoluta* en Oosterheld y McNaughton, 1991) suelen tener una mayor relación tallo:raíz facilitando la ubicación de las hojas por encima del nivel del agua, como fuera mencionado (Laan *et al.*, 1990; Striker *et al.*, 2005; 2011c). Al contrario, plantas sensibles a inundación no incrementan y a menudo disminuyen la longitud de láminas o altura de plantas en condiciones de anegamiento o inundación (Oosterheld y McNaughton, 1991).

El efecto de la inundación sobre el crecimiento puede variar de acuerdo a características propias tanto del anegamiento como de las plantas. Entre las primeras, se destacan la intensidad (*i.e.* altura del agua), duración y frecuencia de inundación (Anderson, 1972; 1974; Chen *et al.*, 2011). Con respecto a la intensidad de inundación, se observaron cambios en la estrategia de crecimiento en *L. tenuis* dependiendo del grado de sumersión de las plantas (Manzur *et al.*, 2009). Cuando los tallos se encuentran totalmente sumergidos, suspenden su crecimiento sin acumular biomasa y las plantas sobreviven a expensas del consumo conservativo de reservas almacenadas (estrategia de quiescencia), mientras que cuando la sumersión es parcial el crecimiento de raíces cesa y la partición de carbono prioriza la extensión de tallos incurriendo mayormente en el uso de carbohidratos de reserva para ello (estrategia de escape). Tales estrategias de escape o quiescencia también fueron observadas entre distintos cultivares de *Oryza sativa* (Setter y Laureles, 1996), entre especies del género *Rumex* (*R. crispus* vs. *R. palustris*; ver Laan y Blom, 1990; Voesenek *et al.*, 1990) y entre ecotipos de *Ranunculus repens* (Lynn y Waldren, 2003). Sin embargo, la habilidad de una especie de persistir depende no solamente de las respuestas a la inundación *per se*, sino también de la habilidad para recuperarse (retomar el crecimiento) durante el período post-inundación (Davies *et al.*, 2000a, b; Striker 2008; 2012; Striker *et al.*, 2011c). Las diferencias en la tolerancia a inundación, en términos de biomasa de tallos, puede también ponerse en evidencia durante el periodo post-inundación (Davies *et al.*, 2000).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Entre las características de las plantas que afectan sus respuestas a la inundación se destaca especialmente el estadio ontogénico en el cuál sucede el anegamiento (Crawford, 2003). En este sentido, los efectos de la inundación en plantas de una misma especie pero de diferente edad, como así también el momento de ocurrencia de la inundación, dentro del ciclo de crecimiento, han sido raramente aspectos muy poco explorados (Newsome *et al.*, 1982; Crawford, 2003). No obstante, es generalmente aceptado que plántulas y plantas adultas de una misma especie pueden diferir en el grado de tolerancia a inundación (Ram *et al.*, 2002, Crawford, 2003; Jackson y Ram, 2003). A modo de ejemplo, puede citarse que *Oryza sativa* (arroz) es capaz de germinar bajo anoxia pero sus plántulas no pueden seguir creciendo a menos que se supere el nivel de agua existente (Ram *et al.*, 2002; Jackson y Ram, 2003); luego el comportamiento de plantas adultas puede inclusive incrementarse cuando crece bajo condiciones de inundación (Colmer *et al.*, 2003).

Tolerancia a inundación de *Chloris gayana*

Establecer la tolerancia a inundación que posee una especie forrajera en particular requiere tener en cuenta, además de los factores relacionados al material genético, la influencia de factores ambientales, como sí también aquellos factores asociados al manejo agronómico. En este sentido, y como fuera descripto en el apartado previo, el escenario de inundación condiciona el grado de tolerancia a esta condición de estrés. En relación a los factores ambientales, las especies forrajeras tropicales o megatérmicas, muestran un crecimiento concentrado durante la estación cálida, lo cual representa un aumento en la demanda de oxígeno por parte de las raíces. La presencia de inundación en una condición de crecimiento activo puede no solo limitar la captura de oxígeno, sino también agudizar la carencia del mismo, y como consecuencia provocar un estrés severo. En cuanto a factores de índole agronómico, la utilización de la biomasa forrajera producida, en relación a la intensidad (altura de pastoreo o corte) y frecuencia (periodo comprendido entre dos eventos de corte o pastoreo directo), puede afectar el grado de tolerancia a la inundación de *C. gayana*. Un evento de inundación posterior a un período de pastoreo intenso podría afectar negativamente la recuperación de la biomasa forrajera, o incluso, derivar en la muerte

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

de las plantas. En este contexto, la fotosíntesis contemporánea de gramíneas forrajeras a partir del área foliar remanente es uno de los principales mecanismos que permiten recobrar un crecimiento activo luego de una defoliación (Schnyder y Visser, 1999) y hacer frente al estrés por inundación, promoviendo el crecimiento de nuevas hojas por encima del nivel de agua. Sin embargo, y para este caso en particular, una defoliación intensa podría promover cambios en la asignación de biomasa, y por consiguiente acentuar el estrés por inundación (Oosterheld y McNaughton, 1991). Ambas situaciones representan solo algunos ejemplos de cómo la interacción genotipo-ambiente-manejo pueden influir en la tolerancia a la inundación de *C. gayana*.

La tolerancia a inundación depende, entre otros factores, del material genético a nivel de especie forrajera y cultivar. *C. gayana* es una especie forrajera mundialmente distribuida; a pesar de ello, es difícil encontrar evidencia científica que evalúe en profundidad aspectos relacionados a la tolerancia a inundación. Es comúnmente aceptado que *C. gayana* posee un crecimiento vigoroso en suelos bien drenados y fértiles (Bryans y Evans, 1973), también fue descripta como tolerante al anegamiento temporario (hasta 10 o 15 días, Bodgan, 1958, 1960, Dannhauser, 1991, Kretschmer y Wilson, 1995) y, para el caso de plantas adultas establecidas, es capaz de tolerar inundaciones parciales prolongadas. Sin embargo, existen resultados contrastantes en relación a la regeneración de plántulas luego de una inundación durante el periodo de implantación (Anderson, 1974; Imaz *et al.*, 2013). Con respecto a otras forrajeras tropicales, *C. gayana* parece tolerar mejor las inundaciones prolongadas que *Megathyrsus maximus* (ex *Panicum maximum*) en términos de reducción en la tasa de expansión foliar y por consiguiente en la acumulación de forraje; por otro lado, *M. maximus* mostró mayores potenciales de producción cuando las condiciones hídricas de capacidad de campo son restablecidas (Ralf Mass Junior *et al.*, 2016). Anderson (1974) reportó que plantas establecidas de diferentes cultivares de *Pennisetum ciliare* mostraron una alta correlación entre la exposición de las hojas por encima del agua y la tolerancia a inundación, independientemente a la duración del estrés. Para el caso de *C. gayana*, la biomasa remanente por encima del agua no mostró ser un factor determinante en condiciones de inundación invernal y estival prolongadas con un nivel de agua inferior a 25 cm (inundación parcial en relación a la altura de planta, 75 cm

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

aprox.), probablemente debido a que la biomasa foliar remanente de las plantas no fue una limitante severa para la aireación de los tejidos sumergidos (Imaz, 2008; Imaz *et al.*, 2015). Por otro lado, *C. gayana* mostro una pobre adaptación en suelos de desmonte donde el nivel freático se mantiene elevado durante la estación lluviosa para las condiciones ambientales del cerrado brasileiro. Bajo esta condición, que por lo general produce solo la sumersión del sistema radical, otras especies forrajeras tropicales como *Andropogon gayanus*, *Brachiaria humidicola* y *Bracharia decumbens* mostraron una mayor persistencia y crecimiento que *C. gayana* (Días-Filho, 2005). En el litoral argentino (provincias de Corrientes y Misiones), donde se registran inundaciones frecuentes, la especie presenta aceptable persistencia en muchos ambientes bien drenados, pero es superada en campos tendidos o semi-inundables por otras especies, como *Setaria sphacelata* y *Panicum coloratum* var. *Makarikariensis* (Royo Pallarés y Altuve, 2000). Para ambientes planos e inundables de la región, se utilizan otras especies como pasto Nilo (*Acroceras macrum*) y humidicola (*Brachiaria humidicola*). En bajos alcalinos del centro de Entre Ríos (Argentina) se reportó buen desempeño de la especie (Re, 2013), al igual que en bajos alcalinos y alcalino-salinos del sur de Santa Fé (Monti *et al.*, 2013) en donde la mayor limitante para la persistencia fueron las bajas temperaturas invernales y no la inundación. En las zonas del NEA que presentan regímenes de precipitación superiores a los 1400 mm.año⁻¹, los ambientes de relieve cóncavo, los bajos y las depresiones presentan condiciones de excesivo anegamiento para *C. gayana*. En estos ambientes fue recomendado el uso de otras forrajeras, más adaptadas para vegetar en condiciones de anegamiento permanente o semipermanente (Barbera, 2016; Comunicación personal).

Debido a que la condición de tolerancia a la inundación de *C. gayana* puede ser afectada por diversos factores, a continuación se describen tres experiencias centradas en evaluar las respuestas anatómicas, morfológicas y fisiológicas de *C. gayana* en diferentes estadios ontogénicos, momentos dentro del ciclo de crecimiento e intensidad y duración del estrés. De este modo, es posible analizar las diferentes respuestas y estrategias que esta especie es capaz de utilizar ante diversos escenarios de inundación, y por consiguiente, evaluar la factibilidad de implantación, persistencia y potencial de crecimiento para cada caso en particular.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Tolerancia a la inundación de *Chloris gayana* en estadíos iniciales del crecimiento y frente a intensidades crecientes de inundación.

El objetivo de esta experiencia fue evaluar la tolerancia a inundación de plántulas de *C. gayana* (cv. Fine Cut) sometidas a intensidades crecientes de inundación. El experimento simuló las condiciones ambientales de una implantación primavera-estival en el marco de su incorporación en pastizales templados húmedos y/o sub-tropicales. Se utilizaron plántulas de 3-4 hojas expandidas, aproximadamente 2 semanas desde su emergencia, las cuales crecieron en macetas con arena y suelo (1:1 v/v) en condiciones normales de temperatura y riego controlado. Las plántulas fueron sometidas a tres tratamientos de inundación en base a un diseño completamente aleatorizado (DCA = 10 repeticiones): 1) Control: manteniendo a capacidad de campo; 2) Sumersión parcial: las plántulas fueron inundadas hasta la mitad de su altura inicial; 3) Sumersión completa: plántulas totalmente sumergidas (50% por encima de su altura inicial). Luego de 14 días de inundación, los tratamientos fueron removidos y se evaluó la recuperación de las plantas durante 12 días en condiciones hídricas de capacidad de campo.

Los resultados obtenidos demostraron que *C. gayana* es capaz de tolerar excesos de agua que comprometan la sumersión completa de sus plántulas para un período de hasta dos semanas sin evidenciar muerte de plántulas. En relación a cambios observados en la anatomía radical, se encontró una alta presencia de aerénquimas constitutivos (ca. 37%) asociados a lagunas aerenquimáticas lisígenas dispuestas en forma radial en la corteza de la raíz, separada por hileras de células parenquimáticas (o sus paredes remanentes) y rodeadas por un anillo de células esclerenquimáticas en la exodermis (Figura 1A). En condiciones de sumersión parcial y completa, la proporción de aerénquima se incrementó hasta 50%, lo cual respondió a una lisis adicional de células en la corteza de la raíz y a un aumento del diámetro radical en un 15% superior bajo condiciones de exceso de agua (ver Figura 1B,C,D). Es importante destacar que la generación de tejidos aerenquimáticos puede ser observada en gramíneas forrajeras tropicales con la finalidad de reducir el costo energético asociado al crecimiento por unidad de biomasa, no solo en condiciones de



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

inundación, sino también como respuesta a otros estreses ambientales, como por ejemplo los períodos de sequía (Hsiao y Huang, 1989).

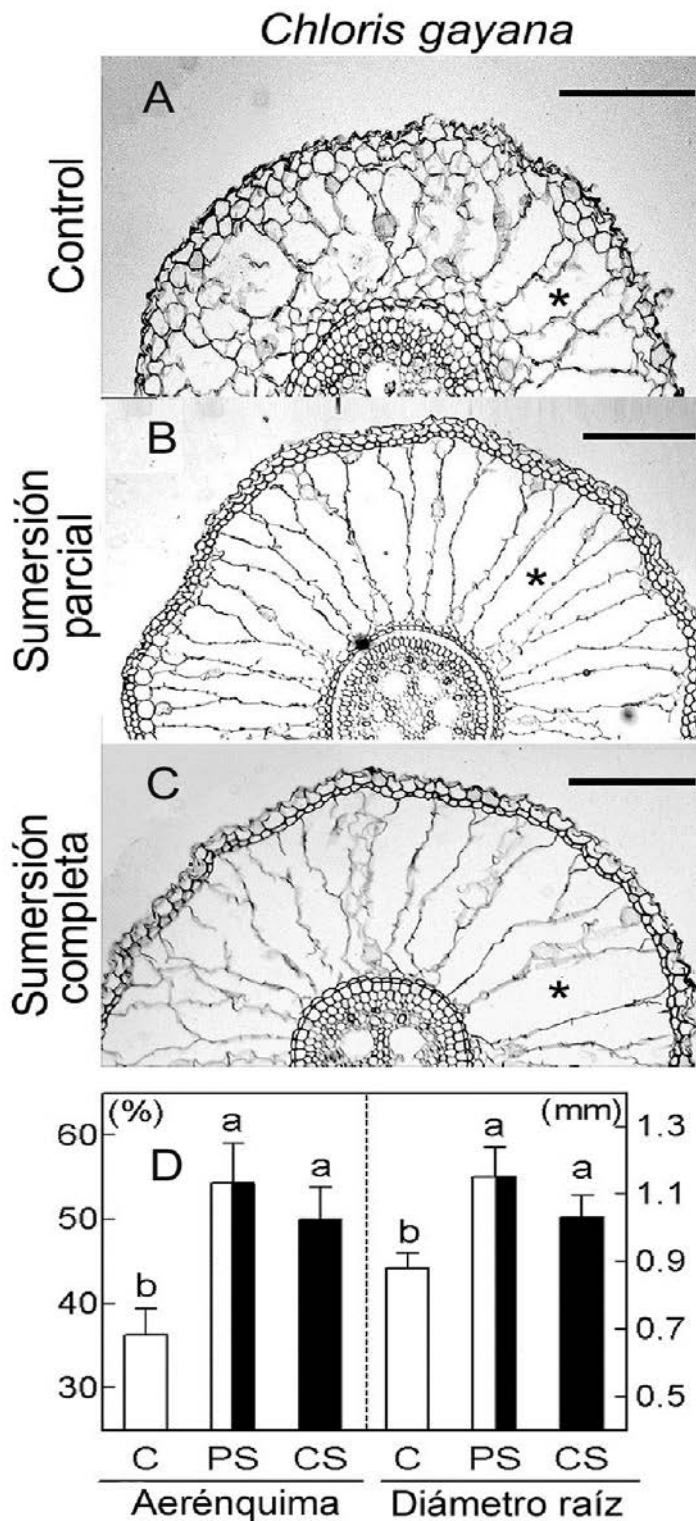


Figura 1: Características anatómicas de raíces en plántulas de *Chloris gayana* sometidas a: A) condiciones control (C); B) sumersión parcial (PS); y C) sumersión completa (CS). El periodo de sumersión fue de 14 días. Los asteriscos indican lagunas de aerénquima lisígenas; D) Aerénquimas (%) y diámetro radical (mm). Las barras de escala representan 200 micrómetros. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos dentro de cada especie sobre la base de la prueba de Tukey. Los valores son medias $\pm$ S.E de diez repeticiones.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La tolerancia a la sumersión completa se basó en dos respuestas principales: (i) la partición de biomasa ganada durante el período de sumersión prioritariamente hacia el crecimiento aéreo y (ii) a un mayor alargamiento de láminas foliares. Ambas respuestas contribuyeron a que las plántulas de *C. gayana* logaran una rápida emergencia del agua a través del aumento en la altura de plántula (Figura 2).

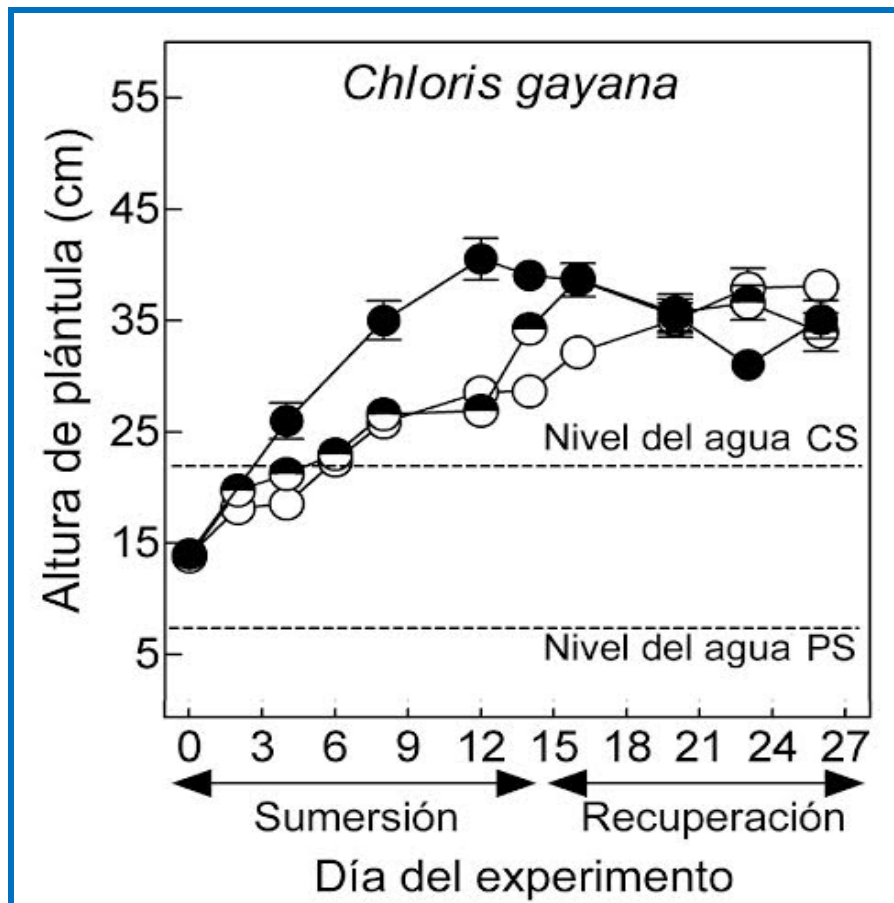


Figura 2: Altura de las plántulas de *Chloris gayana* sometidas a condiciones control (C), sumersión parcial (PS) y sumersión completa (CS). El período de sumersión fue de 14 días y el período de recuperación fue de 12 días. Las líneas discontinuas indican la profundidad del agua de los tratamientos de sumersión. Los valores son medias $\pm$ S.E de diez repeticiones.

Esta capacidad de de-sumersión le otorgaría una elevada probabilidad de supervivencia y establecimiento de sus plántulas en situaciones donde la intensidad de inundación es alta (*i.e.* cuando la profundidad del agua compromete la sumersión de plántulas), (ver también Crawford, 2003; Lenssen *et al.*, 2004). A pesar de que el tratamiento de sumersión completa generó una reducción en el crecimiento en



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

comparación con las plantas control, *C. gayana* priorizó el crecimiento del estrato superior en detrimento de las raíces (Figura 3, panel izquierdo) durante la sumersión. Luego, durante el período de recuperación, fue capaz de restablecer el crecimiento de las raíces y acumular una biomasa radical similar a las plantas bajo sumersión parcial (Figura 3, panel derecho).

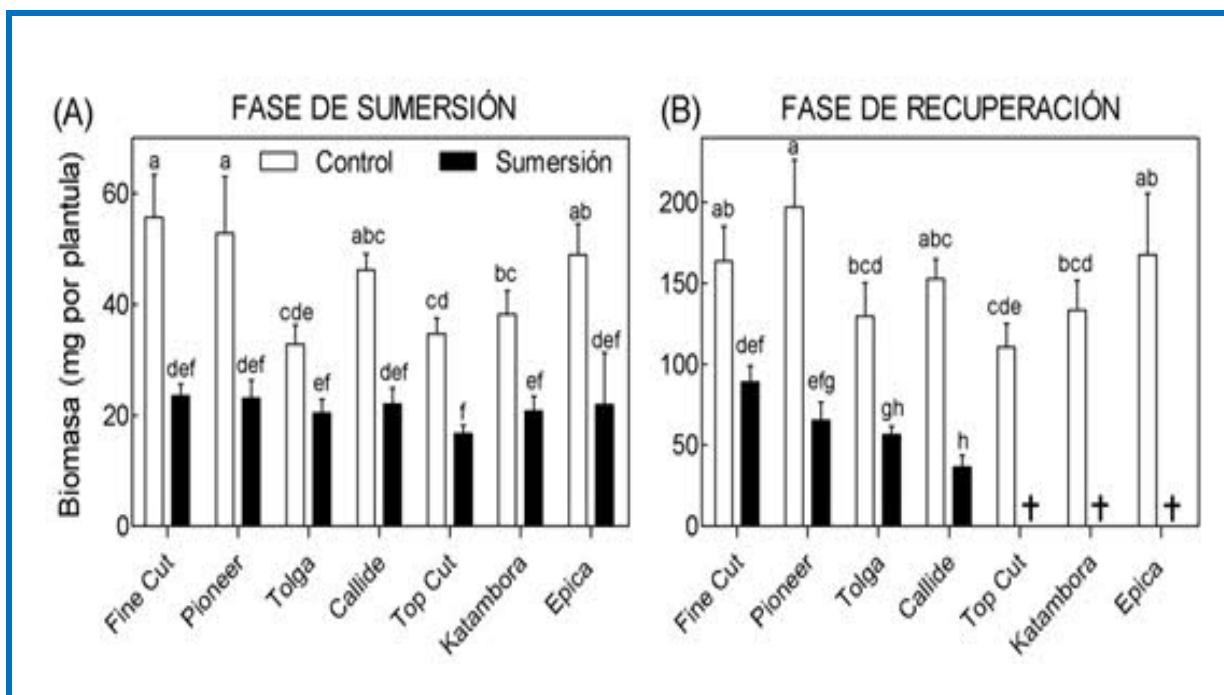


Figura 3: Biomasa seca aérea y radical de plántulas de *Chloris gayana* sometidas a condiciones control (C), sumersión parcial (PS) y sumersión completa (CS). El gráfico se divide en dos paneles: el panel de la izquierda muestran la biomasa en el día 0 (inicial) y en el día 14 (post-sumersión), mientras que el panel de la derecha muestra la biomasa en el día 26 (post-recuperación). Tener en cuenta las escalas diferentes entre los paneles izquierdo y derecho. Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) sobre la base de la prueba de Tukey en cada período. Los valores son medias $\pm$ S.E. de diez repeticiones.

En condiciones de sumersión parcial, las plántulas fueron capaces de crecer acumulando 70-80% de la biomasa aérea y radical con respecto a sus controles (Figura 3). La misma respuesta fue observada en otras especies forrajeras C_4 tolerantes a inundación como *Brachiaria mutica*, *Echinochloa polystachya* (Baruch, 1994), *Panicum antidotale* (Ashraf, 2003) y *Paspalum dilatatum* (Striker *et al.*, 2008). En términos relativos, la buena performance de las plantas bajo este escenario estuvo asociado a dos respuestas principales que permitieron la captación y transporte de oxígeno para

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

facilitar la aireación de los tejidos sumergidos (Colmer, 2003; Colmer y Voesenek, 2009). Primero, la habilidad *C. gayana* para incrementar la altura de plántula al igual que los controles durante el experimento y un aumento progresivo de la proporción de hojas por encima del nivel de agua (Laan *et al.*, 1990). En segundo lugar, el transporte de oxígeno hacia las raíces por mecanismos de difusión fue facilitado por una alta proporción de aerénquimas constitutivos iniciales, lo cual aumentó aún más bajo sumersión parcial como resultado de un incremento en el diámetro de raíces y de la lisis de células en la corteza de la raíz.

Los resultados descriptos son importantes para la ecofisiología y manejo de estas especies forrajeras cuando se busca el éxito en el establecimiento de las plántulas en suelos de pastizales naturales y pasturas que sufren de potenciales inundaciones. En zonas afectadas por eventos de inundación poco profunda, las respuestas observadas en *C. gayana*, las cuales involucran el aumento de aerénquimas y la ubicación de la mayoría de las hojas sobre el agua, permitirían mantener un crecimiento sustancial de las plántulas. En cambio, en áreas deprimidas en las cuales la inundación puede provocar la sumersión completa de las plántulas, *C. gayana* demostró ser capaz de ajustar sus respuestas de partición de carbono, promoviendo la elongación de sus hojas y priorizando el crecimiento aéreo, como las respuestas más importantes de su estrategia de “escape” de la sumersión.

Variabilidad de la tolerancia a la inundación.

C. gayana presenta una gran variabilidad en términos de distribución ecológica, lo cual contribuyó al mejoramiento genético de la especie. Loch y Ferguson (1999) reportaron la existencia de 22 cultivares comerciales a partir de una encuesta mundial. Dentro de los materiales genéticos encontramos formas diploides y tetraploides. Los tetraploides son, por lo general, de origen tropical; mientras que los diploides poseen un origen subtropical, y por consiguiente tienden a ser más tolerantes al frío. Dentro de los diploides se diferencian tres grupos (Loch *et al.*, 2003), a) Grupo Pioneer: que incluye cultivares ampliamente utilizados como Pioneer, Nzoia, Bell y Top Cut; b) Grupo Katambora: denominación que aglomera materiales principalmente derivados de cv. Katambora, como Nemkat and Fine Cut y; c) Grupo Japonés: donde se encuentran los

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

cultivares Hatsunatsu y Asatsuyu. Los tetraploides pueden ser diferenciados en a) Grupo Giant: donde encontramos a Callide, Mpwapwa y Kongwa y; b) Grupo East África: son de origen africano (Kenia), como Masaba, Mbarara, Pokot, Boma, Elmba y Samford. Si bien el mejoramiento genético no estuvo orientado a obtener un material tolerante a inundación, algunos cultivares pueden mostrar una mejor adaptación ya originalmente fueron seleccionados a partir de comunidades ubicadas en sitios propensos a sufrir eventos de inundación, como márgenes de ríos o condiciones alternas de anegamiento (Went, 1952; Loch *et al.*, 2003).

Una reciente experiencia (Grimoldi *et al.*, 2015) evaluó la tolerancia a la sumersión completa de plántulas pertenecientes a diferentes cultivares (Fine Cut, Pionner, Tolga, Callide, Top Cut, Katambora, Épica) que consideró aspectos de supervivencia y acumulación de biomasa durante 14 días de sumersión y dos semanas de recuperación posterior. Durante la fase de sumersión no se evidenciaron diferencias entre cultivares ya que todas las plantas sobrevivieron y alcanzaron una biomasa similar (Figura 4). Los cultivares Fine Cut, Pionner, Callide y Épica INTA mostraron un mayor potencial de crecimiento bajo condiciones control. Sin embargo, durante la fase de recuperación existieron diferencias en términos de mortandad de plántulas y crecimiento. De los siete cultivares evaluados, cuatro sobrevivieron (Fine Cut, Pioneer, Tolga y Callide) mientras que en los otros tres se evidenció la muerte de la totalidad de las plántulas (Top Cut, Katambora, Épica INTA). Esta experiencia destaca la importancia de evaluar la recuperación de las plantas luego de un evento de estrés para determinar el verdadero potencial para superar dichas condiciones. Además, dos de los cultivares que sobrevivieron, Fine Cut y Pioneer, alcanzaron siempre la mayor biomasa acumulada tanto en condiciones control como en condiciones de sumersión previa.

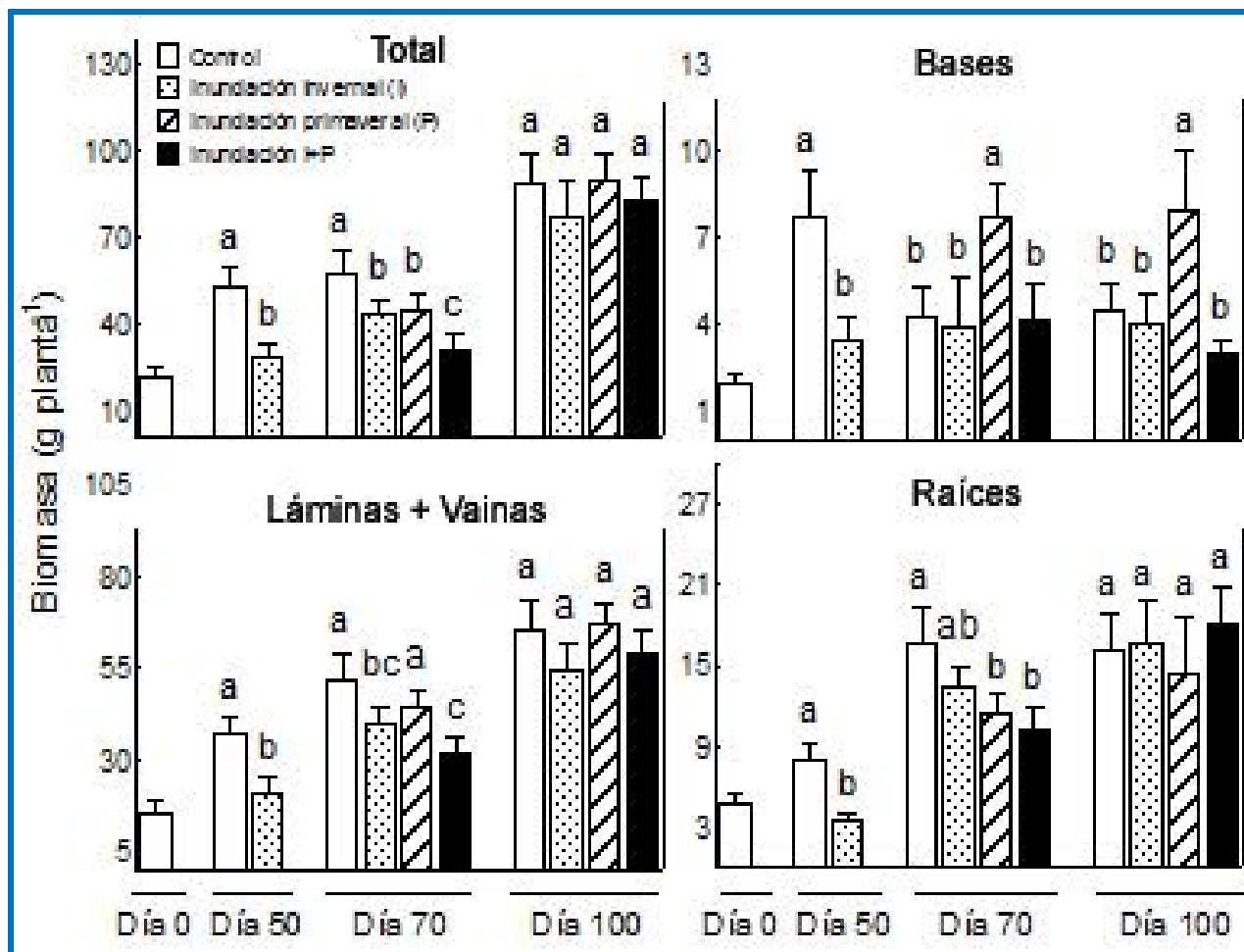


Figura 4: Biomasa de siete cultivares de *Chloris gayana* en sumersión completa (A) y luego de la fase de recuperación (B). Letras distintas indican diferencias significativas entre barras ($P < 0.05$) dentro de cada fase basados en test LSD-Fisher. La cruz indica no supervivencia. Los valores son promedios

□ S.E. d

Tolerancia a la inundación de plantas adultas en diferentes momentos del ciclo de crecimiento.

El crecimiento de plantas adultas de *C. gayana* puede verse afectado por períodos de inundación prolongados durante el reposo invernal, en particular para condiciones de clima templado, o por inundaciones de corta-media duración que encuentran al cultivo reanudando el crecimiento cuando las condiciones térmicas se restablecen al comienzo de la temporada cálida. Además, la inundación puede afectar en forma diferencial diversos compartimentos que componen la parte aérea y radical.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La experiencia descrita a continuación evaluó la tolerancia a inundación en plantas adultas de *C. gayana* (cv. Fine Cut) durante diferentes momentos del ciclo de crecimiento los cuales contemplaron una inundación invernal prolongada durante el reposo vegetativo y una inundación primaveral durante el rebrote. Con esta finalidad, plantas de 10 meses creciendo en macetas con arena y suelo (1:1 v/v) fueron sujetas a cuatro tratamientos, utilizando un diseño completamente aleatorizado (DCA=10): 1) Control no-inundado mantenido a capacidad de campo; 2) Inundación invernal por 50 días durante el período de reposo vegetativo; 3) Inundación primaveral por 20 días durante el rebrote y 4) Inundación continua por 70 días abarcando el reposo vegetativo y el rebrote primaveral. La intensidad de inundación fue de 8 cm de altura con respecto a la base las matas. Luego, las plantas se dejaron crecer por un período de 30 días en condiciones control durante la primavera para evaluar su recuperación.

Los resultados mostraron que la **inundación invernal (I)** de las plantas durante 50 días, redujo la acumulación de biomasa total (Figura 5). Esta reducción se generó a partir de una menor acumulación de biomasa de láminas+vainas en un 43% y la biomasa radical en un 57% con respecto a los controles no inundados. La biomasa de las bases (presumiblemente donde se alojan las reservas de carbohidratos) fue significativamente menor en plantas inundadas durante el invierno. El rebrote primaveral también se vio afectado por la inundación invernal. Aquellas plantas con historia previa de inundación invernal (I), pero creciendo sin inundación durante el rebrote, vieron reducida su acumulación de biomasa en un 20-23% con respecto a los controles. Cuando las plantas de *C. gayana* fueron inundadas solo en **primavera (P)**, la merma en la biomasa total fue del 21 %. En el escenario más estresante, es decir, cuando las plantas fueron inundadas tanto durante el invierno como durante la primavera (I+P: 70 días seguidos de inundación) las plantas produjeron 54% menos biomasa que los controles, y un 30% menos que las que fueron inundadas sólo en invierno o sólo en primavera, respectivamente. Con respecto a la biomasa de raíces, la inundación durante el período de rebrote determinó una menor biomasa de raíces, equivalente a un 32% de la biomasa radical lograda por las plantas control y cuando las plantas fueron inundadas tanto durante el invierno como la primavera, se observó un patrón de respuestas similar al observado para la inundación sólo primaveral. En este



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

sentido, es importante destacar que una inundación primaveral de corta duración, produjo el mismo efecto que una inundación prolongada sobre el crecimiento radical.

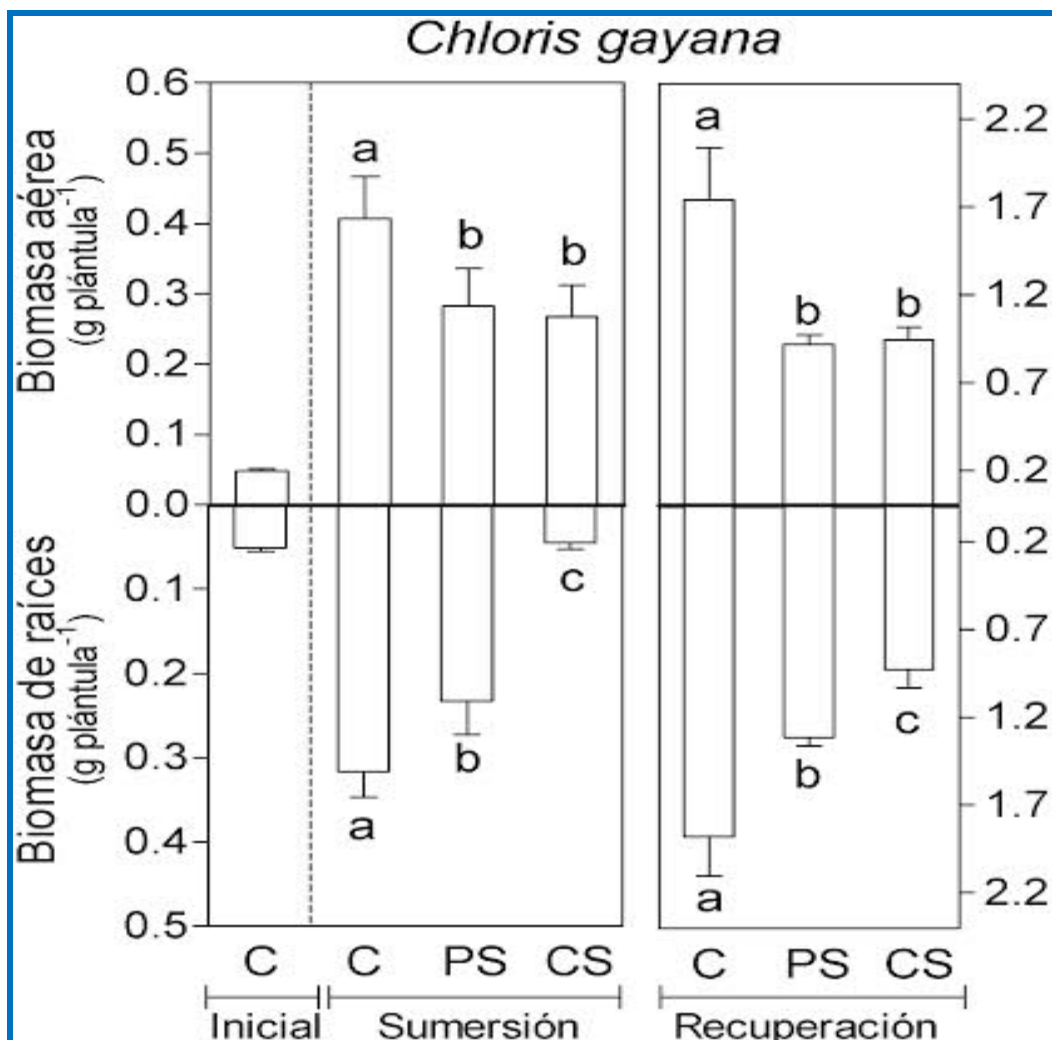


Figura 5: Biomasa seca total, aérea, de bases y radical de plantas adultas de *Chloris gayana* sometidas a condiciones control (C), inundación invernal (I), inundación primaveral (P), inundación I+P. Los gráficos muestran los valores de biomasa (g planta⁻¹) en el día 0 (inicial), en el día 50 (inundación invernal), en el día 70 (inundación primaveral) y en el día 100 (recuperación). Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0.05$) sobre la base de la prueba de Tukey en cada período. Los valores son medias $\pm$ S.E de ocho a diez repeticiones.

Notablemente, al final del período de recuperación (día 100) las plantas lograron recuperarse completamente y alcanzar una performance equivalente a sus respectivos controles en términos de biomasa total, láminas+vainas y de raíces, independientemente del tratamiento de inundación al cual habían sido sujetas. La excepción a ello fue la biomasa de las bases, las cuales no exhibieron una

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

recuperación al igual que el resto de los compartimentos. En este sentido, trabajos realizados en especies de pasturas megatérmicas, dentro de las cuales se encuentra incluida *C. gayana*, muestran que la utilización de reservas asociadas a carbohidratos no estructurales ubicadas en la base de los tallos es una estrategia comúnmente utilizada con el objetivo de mantener la funcionalidad de los tejidos vegetales durante períodos de estrés o momentos del año donde el crecimiento es reducido o nulo (Soares Filho, 1991; De Visser, 1997).

La investigación demuestra que *C. gayana* es capaz de tolerar la inundación invernal y primaveral sin exhibir muerte de plantas. Sin embargo, el grado de tolerancia, en términos de crecimiento, varía ligeramente según el momento de inundación. La inundación invernal disminuyó el crecimiento aéreo y radical, mientras que durante la primavera, cuando las plantas comenzaron a rebrotar, los individuos de ambas especies con historia previa de inundación (I) tuvieron menos biomasa. Las plantas que fueron inundadas solo durante el rebrote (P) mostraron una leve mejor tolerancia a nivel de biomasa aérea. Ambos períodos de inundación combinados (I+P) provocaron un efecto aditivo de reducción en el crecimiento. Sin embargo, a pesar de la reducción de biomasa evidenciada, las plantas fueron capaces de recuperarse ante la situación de estrés mostrando un crecimiento vigoroso pos-inundación bajo condiciones térmicas en incremento durante la primavera.

En base a estos resultados obtenidos, es posible evaluar algunas alternativas para el manejo de pasturas establecidas de *C. gayana* sujetas a eventuales inundaciones; a) la utilización mediante pastoreo durante períodos de inundación podría no solo acentuar las reducciones en la biomasa forrajera, sino que también comprometer los mecanismos de recuperación al estrés evidenciados durante el rebrote; b) la utilización de pasturas inundadas en crecimiento podría ser más perjudicial que la utilización durante el reposo vegetativo; ya que, un período de inundación casi tres veces menor durante el rebrote produjo similares efectos sobre la performance de plantas inundadas durante el reposo vegetativo; c) la utilización de pasturas luego de un período de crecimiento activo pos-inundación podría, por un lado, permitir la total recuperación de las plantas; y por otro lado, contribuir a un mejor aprovechamiento del forraje sin comprometer el desempeño posterior.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Comentarios finales

El conocimiento actual acerca de la tolerancia a inundación de *Chloris gayana* sugiere que la especie posee adaptaciones funcionales de índole morfológicas, fisiológicas y anatómicas que le permiten sobrevivir e incluso alcanzar un crecimiento vigoroso bajo condiciones de inundación. Sin embargo, los escenarios de sumersión completa, como así también las inundaciones prolongadas (especialmente durante el crecimiento vegetativo) pueden afectar negativamente el crecimiento radical, la producción de biomasa aérea y hasta provocar la muerte de plantas. *Chloris gayana* muestra una buena adaptación a situaciones de inundaciones temporarias de distinta intensidad, y por otro lado, no persiste en escenarios de inundación semi-permanentes o permanentes, en especial aquellos asociados a condiciones de salinidad elevadas.

Es importante destacar la influencia que poseen factores climáticos y agronómicos sobre la capacidad de tolerar eventos de inundación. De este modo, la selección del material genético adecuado, prácticas agronómicas que favorezcan una buena implantación como así también el manejo del pastoreo o corte directo, determinan la persistencia de la especie en condiciones de exceso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

1. Akman, M.; A. V. Bhikharie; E. H. MacClean; A. Boonman; E. J. W. Visser; M. Schranz y P. H. van Tienderen. 2012. Waitor escape? Contrasting submergence tolerance strategies of *Rorippa amphibia*, *Rorippa sylvestris* and their hybrid. *Annals of Botany* 109:1263-1276. doi:10.1093/aob/mcs059.
2. Anderson, E. R. 1972. Flooding tolerance of *Panicum coloratum*. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences* 29: 173–179.
3. Anderson, E. R. 1974. Flooding tolerance of *Cenchrus ciliaris* cultivars. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences* 8: 33-40.
4. Anderson, J. A. y C. M. Taliaferro. 1995. Laboratory freeze tolerance of field-grown forage bermudagrass cultivars. *Agronomy Journal* 87:1017-1020.
5. Anderson, J. A.; C. M. Taliaferro y D. L. Martin. 2002. Freeze tolerance of Bermuda grasses; vegetatively propagated cultivars intended for fairway and putting green use, and seed-propagated cultivars. *Crop Science* 42:975-977.
6. Armstrong, J. y W. Armstrong. 2005. Rice: sulphide-induced barriers to root radial oxygen loss, Fe²⁺ and water uptake, and lateral root emergence. *Annals of Botany* 96: 625–638.
7. Armstrong, J.; R. E. Jones y W. Armstrong. 2006. Rhizome phyllosphere oxygenation in *Phragmites* and other species in relation to redox potential,

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

- convective gas flow, submergence and aeration pathways. *New Phytologist* 172: 719–731.
8. **Armstrong, W.** 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7: 225–332.
 9. **Armstrong, W. y P. M. Beckett.** 1985. Root aeration in unsaturated soil: A multi-shelled model of oxygen distribution and diffusion with and without sectoral blocking of the diffusion path. *New Phytologist* 100: 293–311.
 10. **Armstrong, W. y M. C. Drew.** 2002. Root growth and metabolism under oxygen deficiency. En: Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi (Eds.), *Plant roots. The hidden half*. M. Dekker, New York: 729–761.
 11. **Arnell, N. y C. Liu.** 2001. Climatic Change 2001: hydrology and water resources. Report from the Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/> [Verified 28 July 2011].
 12. **Ashraf, M.** 2003. Relationships between leaf gas exchange characteristics and growth of differently adapted populations of Blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under salinity or waterlogging. *Plant Science* 165–75. doi:10.1016/S0168-9452(03)001286.
 13. **Bailey-Serres, J. y L. A. C. J. Voesenek.** 2008. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. *Annual Review of Plant Biology* 59: 313–339.
 14. **Bailey-Serres, J.; T. Fuka; P. Ronald; A. Ismail; S. Heuer y D. Mackill.** 2010. Submergence tolerant rice: SUB1's journey from landrace to modern cultivar. *Rice* 3: 138–147.
 15. **Bailey-Serres, J. y L. A. C. J. Voesenek.** 2010. Life in the balance: a signaling network controlling survival of flooding. *Current Opinion in Plant Biology* 13: 489–494.
 16. **Baruch, Z.** 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil* 164: 97–105. doi:10.1007/BF00010115.
 17. **Bogdan, A. V.** 1958. A revised list of Kenya Grasses. Government Printer. Nairobi.
 18. **Bogdan, A. V.** 1969. *Chloris gayana* without antocynain colouration. *Herbage Abstracts Hurley Berks* 39, 1–13.
 19. **Bogdan, A. V.** 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes). *Tropical Agriculture Series*. Longman, London.
 20. **Boschma, S. P.; G. M. Lodge y S. Harden.** 2008. Herbage mass and persistence of pasture legumes and grasses at two potentially different saline and waterlogging sites in northern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 553–567. Doi:10.1071/EA07115.
 21. **Chippindall, L. K. A.** 1955. Part 1-A guide to the identification of grasses in South Africa. p. 1–527. En: D. Meredith (Ed.) *The grasses and pastures of South Africa*. Central News Agency, Cape Town, S. Africa.
 22. **Clayton, W. D.; S. M. Phillips y S. A. Renvoize.** 1974. Flora of Tropical East Africa. Gramineae (Part 2). Crown Agents, London.
 23. **Colmer, T. D.** 2003a. Aerenchyma and an inducible barrier to radial oxygen loss facilitate root aeration in upland, paddy and deep water rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Botany* 91: 301–309.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

24. **Colmer, T. D.** 2003b. Long-distance transport of gases in plants: a perspective on internal aeration and radial oxygen loss from roots. *Plant, Cell and Environment* 26: 17–36.
25. **Colmer, T. D. y H. Greenway.** 2005. Oxygen transport, respiration, and anaerobic carbohydrate catabolism in roots in flooded soils. In: *Plant respiration: from cell to ecosystem*. Lambers, H y M. Rivas-Carbo. (Eds.) Springer. The Netherlands, pp. 137–158.
26. **Colmer, T. D. y O. Pedersen.** 2008. Underwater photosynthesis and respiration in leaves of submerged wetland plants: gas films improve CO₂ and O₂ exchange. *New Phytologist* 177: 918–926.
27. **Colmer, T. D. y L. A. C. J. Voesenek.** 2009. Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology* 36: 665–681.
28. **Cook, B. G.; B. C. Pengelly; S. D. Brown; J. L. Donnelly; D. A. Eagles; M. A. Franco; J. Hanson; B. F. Mullen; I. J. Partridge; M. Peters y R. Schultze-Kraft.** 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. <http://www.tropicalforages.info>.
29. **Crawford, R. M. M.** 1992. Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. *Advances in Ecological Research* 23: 93–185.
30. **Crawford, R. M. M.** 2003. Seasonal differences in plant responses to flooding and anoxia. *Canadian Journal of Botany* 81: 1224–1246. Doi: 10.1139/ b03-127.
31. **Davies, C. L.; D. W. Turner y M. Dracup.** 2000a. Yellow lupin (*Lupinus luteus*) tolerates waterlogging better than narrow-leafed lupin (*L. angustifolius*). II Leaf gas exchange, plant water status, and nitrogen accumulation. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 701-709.
32. **Davies, C. L.; D. W. Turner y M. Dracup.** 2000b. Yellow lupin (*Lupinus luteus*) tolerates waterlogging better than narrow-leafed lupin (*L. angustifolius*). III Comparisons under field conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 51: 721-727.
33. **Dear, B. S.; K. F. M. Reed y A. D. Craig.** 2008. Outcomes of the search for new perennial and salt tolerant pasture plants for southern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48: 578–588. doi: 10.1071/EA07118.
34. **De Boeck, H. J.; C. M. H. M. Lemmens; C. Zavalloni; B. Gielen; S. Malchair; M. Carnol; R. Merck; J. Van den Berge; R. Ceulemans e I. Nijs.** 2008. Biomass production in experimental grasslands of different species richness during three years of climate warming. *Biogeosciences* 5: 585–594. Doi: 10.5194/bg-5-585-2008.
35. **De Visser, H.** 1997. Nutrient Fluxes in Splanchnic Tissue of Dairy Cows: Influence of Grass Quality. *Journal of Dairy Science* 80:1666-1673. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76098-3](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76098-3)
36. **Dias-Filho, M. B.** 2005. Opções forrageiras para áreas sujeitas a inundação ou alagamento temporário. En: Pedreira, C.G.S.; J. C.de Moura; S. C. Da Silva; V. P. de Faria (Eds.). 22º Simpósio sobre manejo de pastagem. Teoria e prática da produção animal em pastagens. Piracicaba: FEALQ, p.71-93.
37. **Duru, M. y H. Ducrocq.** 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. *Annals of Botany* 85: 635–643. doi:10.1006/anbo.2000.1116.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

38. **Ehleringer, J. R. y R. K. Monson.** 1993. Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. *Annual Review of Ecology and Systematic* 24:411-439.
39. **Fukao, T. y J. A. Bailey-Serres.** 2004. Plant responses to hypoxia. Is survival a balancing act? *Trends in Plant Science* 9: 1403–1409.
40. **Fukao, T.; K. Xu; P. C. Ronald y J. A. Bailey-Serres.** 2006. Variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. *Plant Cell* 18: 2021–2034.
41. **Fukao, T. y J. A. Bailey-Serres.** 2008. Submergence tolerance conferred by Sub1A is mediated by SLR1 and SLRL1 restriction of gibberellin responses in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 105: 16814–16819.
42. **Gibbs, J. y H. Greenway.** 2003. Mechanisms of anoxia tolerance in plants. I. Growth, survival and anaerobic catabolism. *Functional Plant Biology* 30: 1–47.
43. **Grimoldi, A. A.; P. Insausti; G. G. Roitman y A. Soriano.** 1999. Responses to flooding intensity in *Leontodon taraxacoides*. *New Phytologist* 141: 119–128.
44. **Grimoldi, A.A.; P. Insausti; V. Vasellati y G. G. Striker.** 2005a. Constitutive and plastic root traits and their role in differential tolerance to soil flooding among coexisting species of lowland grassland. *International Journal of Plant Sciences* 166: 805–813. doi:10.1086/431805.
45. **Grimoldi, A. A.; M. Kavanova; F. A. Lattanzi y H. Schnyder.** 2005b. Phosphorus nutrition-mediated effects of arbuscular mycorrhiza on leaf morphology and carbon allocation in perennial ryegrass. *New Phytologist* 168: 435–444. doi:10.1111/j.1469-8137.2005.01500.x
46. **Haffar, I. y G. Alhadrami.** 1997. Effect of various bale treatments on physical quality and chemical composition of Rhodes grass (*Chloris gayana*) hay. *Grass and Forage Science* 52: 199-206.
47. **Hassad, M. H.** 2000. Establecimento do capim Setaria cv. Kazungula em condicoes de inundacao. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43: 205-2012.
48. **Hsiao, A. I. y W. Z. Huang.** 1989. Effects of flooding on rooting and sprouting of isolated stem segments and on plant growth of *Paspalum distichum* L. *Weed Research* 29: 335– 344.
49. **Imaz, J. A.** 2008. Sobreviviencia y crecimiento de matas de Grama Rhodes después de períodos de inundación. Congreso Argentino de Fisiología Vegetal 2008. Rosario. Argentina.
50. **Imaz, J. A.** 2009. Implantación de forrajeras subtropicales en bajos salinos – sódicos de la Cuenca del Salado. Congreso de la Red Argentina de Salinidad 2009. Córdoba, Argentina.
51. **Imaz, J. A.; D. O. Giménez; A. A. Grimoldi y G. G. Striker.** 2012. The effects of submergence on anatomical, morphological and biomass allocation responses of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum* at seedling stage. *Crop and Pasture Science* 63:1145-1155 (2012, doi:10.1071/CP12335).
52. **Imaz J. A.; D. O. Giménez; A. Grimoldi y G. G. Striker.** 2015. High recovery ability overrides the negative effects of flooding on growth of tropical grasses *Chloris gayana* and *Panicum coloratum*. *Crop and Pasture Science* 66: 100–106. doi.org/10.1071/CP14172



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

53. **Insausti, P.; E. J. Chaneton y A. Soriano.** 1999. Flooding reverted grazing effects on plant community structure in Mesocosms of lowland grassland. *Oikos* **84**: 266–276.
54. **Insausti, P.; A. A. Grimoldi; E. J. Chaneton y V. Vasellati.** 2001. Flooding induces a suite of adaptive plastic responses in the grass *Paspalum dilatatum*. *New Phytologist* **152**: 291–300.
55. **Jackson, M. B. y M. Drew.** 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. En: Flooding and plant growth. T.T. Koslowski (Ed). *Academic Press Inc.*, Orlando, Florida, pp. 47–128.
56. **Jackson, M. B.; T. M. Fenning; M. C. Drew y L. R. Saker.** 1985. Stimulation of ethylene production and gas-space (aerenchyma) formation in adventitious roots of *Zea mays* L. by small partial pressures of oxygen. *Planta* **165**: 486–492.
57. **Jackson, M. B. y W. Armstrong.** 1999. Formation of aerenchyma and the processes of plant ventilation in relation to soil flooding and submergence. *Plant Biology* **1**: 274–287.
58. **Jackson, M. B. y P.C. Ram.** 2003. Physiological and molecular basis of susceptibility and tolerance of rice plants to complete submergence. *Annals of Botany* **91**: 227–241.
59. **Justin, S. H. F. W. y W. Armstrong.** 1987. The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding. *New Phytologist* **106**, 465–495.
60. **Kozlowski, T. T. y S. G. Pallardy.** 1984. Effects of flooding on water, carbohydrate and mineral relations. In Flooding and plant growth. T.T. Koslowski (ed). *Academic Press Inc.*, Orlando, Florida, pp. 165–193.
61. **Kretschmer, A. E. y J. Wilson.** 1995. Cool season grown and quality of Callide Rhodesgrass. *Soil and Crop and Society of Florida* **54**: 24–28.
62. **Kreyling, J.** 2010. Winter climate change: a critical factor for temperate vegetation performance. *Ecology* **91**: 1939 – 1948. doi:10.1890/09-1160.1.
63. **Laan, P.; M. J. Berrevoets; S. Lythe; W. Armstrong y C. Blom.** 1989a. Root morphology and aerenchyma formation as indicators of the flood tolerance of *Rumex* species. *Journal of Ecology* **77**: 693–703.
64. **Laan, P.; A. Smolders; C. W. P. M. Blom y W. Armstrong.** 1989b. The relative roles of internal aeration radial oxygen losses, iron exclusion and nutrient balances in flood tolerance of *Rumex* species. *Acta Botanica Neerlandica* **38**: 131–145.
65. **Laan, P. y C. W. P. M. Blom.** 1990. Growth and survival responses of *Rumex* species to flooded and submerged conditions: The importance of shoot elongation, underwater photosynthesis and reserve carbohydrates. *Journal of Experimental Botany* **41**: 775–783.
66. **Laan, P.; M. Tosserams; C. W. P. M. Blom y B. W. Veen.** 1990. Internal oxygen transport in *Rumex* species and its significance for respiration under hypoxic conditions. *Plant and Soil* **122**: 39–46.
67. **Lenssen, J. P. M.; H. M. Van de Steegy H. de Kroon.** 2004. Does disturbance favour weak competitors? Mechanisms of altered plant abundance after flooding. *Journal of Vegetation Science* **15**, 305–314.
68. **Loch, D. S. y G. L. Harvey.** 1999. *Chloris gayana* in Australia. P. 341–349. En D. S. Loch y J. E. Ferguson (Eds). Forage seed production. 2. Tropical and Subtropical species. Wallingford, Oxon, UK.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

69. **Loch, D. S.; S. W. Adkins; M. R. Heslehursts; M. F. Paterson y S. M. Bellairs.** 2004. Seed formation, development, and germination. P. 95-144. En LE Moser et al. (ed) Warm season (C₄). *Agronomy Monograph* 45.ASA.CSSA and SSSA. Madison, WI.
70. **Long, S. P.** 1999. Environmental responses. P. 215-249. En: R. F. Sage y A. Monson. (ed) C₄ plant biology. *Academic Press*, New York.
71. **Ludlow, M. M.** 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical Grasslands* 14: 136–145.
72. **Lynn, D. E. y S. Waldren.** 2003. Survival of *Ranunculus repens* L. (creeping buttercup) in an amphibious habitat. *Annals of Botany* 91: 75–84.
73. **Malik, A. I.; T. D. Colmer; H. Lambers y M. Schortemeyer.** 2001. Changes in physio- logical and morphological traits of roots and shoots of wheat in response to different depths of waterlogging. *Australian Journal of Plant Physiology* 28: 1121–1131.
74. **Malik, A. I.; T. D. Colmer; H. Lambers; T. L. Setter y M. Schortemeyer.** 2002. Short-term waterlogging has long-term effects on the growth and physiology of wheat. *New Phytologist* 153: 225–236. doi:10.1046/ j.0028-646X.2001.00318x.
75. **Manzur, M.E.; A. A. Grimoldi; P. Insausti y G. G. Striker.** 2009. Escape from water or remain quiescent? *Lotus tenuis* changes its strategy depending on depth of submergence. *Annals of Botany* 104: 1163–1169.
76. **Mayer, A. M. y A. Poljakoff-Mayber.** 1989. The germination of seeds. 4th Ed. Pergamon Press, New York.
77. **Mollard, F.P. O.; G. G. Striker; E. L. Ploschuk; A. S. Vega y P Insausti.** 2008. Flooding tolerance of *Paspalum dilatatum* (Poaceae: Paniceae) from upland and lowland positions in a natural grassland. *Flora* 203: 548–556.
78. **Mollard, F. P. O.; G. G. Striker; E. L. Ploschuk y P. Insausti.** 2010. Subtle topographical differences along a floodplain promote different plant strategies among *Paspalum dilatatum* subspecies and populations. *Austral Ecology* 35: 189–196.
79. **Mommer, L.; O. Pedersen y E. J. W. Visser.** 2004. Acclimation of a terrestrial plant to submergence facilitates gas exchange under water. *Plant Cell Environ.* 27: 1281–1287.
80. **Mommer, L. y E. J. W. Visser.** 2005. Underwater photosynthesis in flooded terrestrial plants: a matter of leaf plasticity. *Annals of Botany* 96: 581–589.
81. **Mommer, L.; T. L. Pons y E. J. W. Visser.** 2006. Photosynthetic consequences of phenotypic plasticity in response to submergence: *Rumex palustris* as a case study. *Journal of Experimental Botany* 57: 283–290.
82. **Monti, M.; G. Delgado; M. Correa Luna y D. Josami.** 2013. Introducción de la Grama Rhodes para el aumento de la oferta forrajera en bajos alcalinos del sur de Santa Fe. En: Información técnica de forrajeras megatérmicas. Jornada Forrajeras Tropicales 2013. EEA INTA Rafaela. Pág.11-19.
83. **Moser, L. E.; B. L. Burson y L. E. Sollenberger.** 2004. Warm-Season (C₄) Grasses. American Society of Agronomy Number 45 in the series Agronomy Madison, Wisconsin, USA Publishers.
84. **Murata, Y.; J. Iyana y T. Honma .** 1965. Studies on the photosynthesis of forage crops. 4. Influence of air-temperature upon the photosynthesis and respiration of



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

- alfalfa and several southern-type forage crops. *Proceedings of the crop science society of Japan* 34:154-158.
85. **Naidoo, G. y S. Naidoo.** 1992. Waterlogging responses of *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. *Oecologia* 90:445-450.
 86. **Naidoo, G. y S. G. Mundree.** 1993. Relationship between morphological and physiological responses to waterlogging and salinity in *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. *Oecologia* 93: 360–366.
 87. **Newsome, R. E.; T. T. Kozlowski y Z. E. Tang.** 1982. Responses of *Ulmus americana* seedlings to flooding of soil. *Canadian Journal of Botany* 60: 1688-1695.
 88. **Noble, A. D. y P. Nelson.** 2000. Sustainability of *Stylosanthes* Based Pasture Systems in Northern Australia: Managing Soil Acidity. Final Report on Project NAP3. 218. Meat and Livestock Australia, Sydney, Australia.
 89. **Oesterheld, M. y S. J. McNaughton.** 1991a. Interactive effect of flooding and grazing on the growth of Serengeti grasses. *Oecologia* 88: 153–156.
 90. **Oesterheld, M. y S. J. McNaughton.** 1991b. Effect of stress and time for recovery on the amount of compensatory growth after grazing. *Oecologia* 85: 305–313.
 91. **Otondo, J.; M. A. Cicchino y E. M. Melani.** 2011. Experiencias con megatérnicas en bajos alcalinos de la Cuenca del Salado. Planteos Ganaderos. Aapresid. ISSN 1850- 0633. Pág. 77-80.
 92. **Perelman, S. B.; R. J. C. León y M. Oesterheld.** 2001. Cross-scale vegetation patterns of flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology* 89: 562–577.
 93. **Peréz, R.; C. Rossi; J. Otondo; E. Torra y A. Bidart.** 2007. Implantación de gramíneas subtropicales en bajos alcalino-sódicos del pastizal de la cuenca del Salado. IV Congreso Nacional y I del Mercosur de la Asociación para el Manejo de Pastizales Naturales.
 94. **Pierik, R.; J. M. van Aken y L. A. C. J. Voesenek.** 2009. Is elongation-induced leaf emergence beneficial for submerged *Rumex* species? *Annals of Botany* **103**: 353–357.
 95. **Ponnamperuma, F. N.** 1984. Effects of flooding on soils. En: Flooding and Plant Growth. T.T. Kozlowski (Ed). pp 9–45. *Academic Press*. Orlando, Florida.
 96. **Ram, P. C.; B. B. Singh; A. K. Singh; P. Ram; P. N. Singh; H. P. Singh; I.Boamfa; F. Harren; E. Santosa; M. B. Jackson; T. L. Setter ; J. Reuss; L. J. Wade; V. Pal Singh y R. K. Singh.** 2002. Submergence tolerance in rainfed lowland rice: Physiological basis and prospects for cultivar improvement through marker–aided breeding. *Field Crops Research* 76: 131 -152.
 97. **Re, A. E.** 2013. Forrajeras megatérnicas, alternativas de uso en la Provincia de Entre Ríos. En: Información técnica de forrajeras megatérnicas. Jornada Forrajeras Tropicales 2013. EEA INTA Rafaela. Pág. 1-10.
 98. **Royo Pallares, O. y S. M. Altuve,** 2000. Forrajeras subtropicales para la provincia de Corrientes. Noticias y Comentarios nº 337. EEA INTA Mercedes, Corrientes. ISSN 0327-3059.
 99. **Rosenzweig, C. E.; F. Tubiello; R. Goldberg; E. Mills y J. Bloomfield.** 2002. Increased crop damage in the U.S. from excess precipitation under climate change. *Global Environment Change A*, 12, 197-202, doi:10.1016/S0959-3780(02)00008-0.
 100. **Sachs, J. A.** 1882. A text book of botany. Oxford, UK: Oxford University Press.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

101. **Sachs, M. M.** 1996. A flooding-induced xyloglucanendo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerénquima. *Plant Physiology* 112:385-391.
102. **Sala, O. E.; M. Oesterheld; R. J. C. León y A. Soriano.** 1986. Grazing effects upon plant community structure in sub-humid grasslands of Argentina. *Vegetation* 67: 27–32.
103. **Schnyder, H. y R. de Visser.** 1999. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. The regrowing tiller and its component functionally distinct zones. *Plant Physiology* 119: 1423–1435.
104. **Seago, J. L. Jr; L. C. Marsh; K. J. Stevens; A. Soukup; O. Votrubová y D. E. Enstone.** 2005. A reexamination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma. *Annals of Botany* 96: 565–579.
105. **Setter, T. L. y E. V. Laureles.** 1996. The beneficial effect of reduced elongation growth on submergence tolerance of rice. *Journal of Experimental Botany* 47: 1551–1559.
106. **Smirnoff, N. y R. M. M. Crawford.** 1983. Variation in the structure and response to flooding of root aerenchyma in some wetland plants. *Annals of Botany* 51: 237–249.
107. **Soares Filho, C. V.** 1991. Variação sazonal de parâmetros bioquímico-fisiológicos em braquiária decumbens estabelecida em pastagem. Piracicaba. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
108. **Soriano, A.** 1991. Río de la Plata Grasslands. In: Coupland RT, ed. *Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands Introduction and Western Hemisphere*. Amsterdam: Elsevier, 367–407.
109. **Striker, G. G.** 2012. Time is on our side: the importance of considering a recovery period when assessing flooding tolerance in plants. *Ecological Research*. 27: 983–987.
110. **Striker, G. G.; P. Insausti; A. A. Grimoldi; E. L. Ploschuk y V. Vasellati.** 2005. Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* L. *Plant and Soil* 276: 301–311.
111. **Striker, G. G.; P. Insausti; A. A. Grimoldi y A. S. Vega.** 2007. Trade-off between root porosity and mechanical strength in species with different types of aerenchyma. *Plant, Cell and Environment* 30: 580–589.
112. **Striker, G. G.; P. Insausti y A. A. Grimoldi.** 2008. Flooding effects on plant recovery from defoliation in the grass *Paspalum dilatatum* and the legume *Lotus tenuis*. *Annals of Botany* 102: 247–254.
113. **Striker, G. G.; R. F. Izaguirre; M. E. Manzur y A. A. Grimoldi.** 2011b. Different strategies of *Lotus japonicus*, *L. corniculatus* and *L. tenuis* to deal with complete submergence at seedling stage. *Plant Biology* (doi:10.1111/j.1438–8677.2011.00493.x).
114. **Striker, G. G.; M. E. Manzur y A. A. Grimoldi.** 2011a. Increasing defoliation frequency constrains regrowth of *Lotus tenuis* under flooding. The role of crown reserves. *Plant & Soil* 343: 261–272.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

115. **Striker, G. G.; F. P. O. Mollard; A. A. Grimoldi; R. J. C. León y P. Insausti.** 2010. Trampling enhances the dominance of graminoids over forbs in flooded grassland mesocosms. *Applied Vegetation Science* 14: 95–106.
116. **Taboada, M. A. y R. S. Lavado.** 1986. Características del régimen ácuico de un Natracuol de la Pampa Deprimida. *Ciencia del Suelo* 4: 66–71.
117. **Teakle, N. L.; J. Armstrong; E. G. Barrett-Lennard y T. D. Colmer.** 2011. Aerenchymatous phellem in hypocotyl and roots enables O₂ transport in *Melilotus sicularis*. *New Phytologist* 190: 340–350.
118. **Tischler, C. R. y W. R. Ocumpaugh.** 2004. Kleingrass, Blue Panic, and Vine Mesquite. Warm-Season (C4) Grasses *American Society of Agronomy*. Number 45 in the series Agronomy. Madison. Wisconsin, USA Publishers.
119. **Van der Sman, A. J. M.; L. A. C. J. Voesenek; C. W. P. M. Blom; F. J. M. Harren y J. Reuss.** 1991. The role of ethylene in shoots elongation with respect to survival and seed output of flooded *Rumex maritimus* L. plants. *Functional Ecology* 5: 304–313.
120. **Van Eck, W. H. J. M.; J. P. M. Lenssen; H.M. Van de Steeg; C. W. P. M. Blom y H. De Kroon.** 2006. Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: A comparative study of 10 terrestrial grassland species. *Hydrobiologia* 565: 59–69.
121. **Vignolio, O. R.; N. O. Maceira y O. N. Fernandez.** 1994. Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Ecología Austral* 4: 19-28.
122. **Vignolio, O. R.; O. N. Fernández y N. O. Maceira.** 1999. Flooding tolerance in five populations of *Lotus glaber* Mill. (Syn. *Lotus tenuis* Waldest. et. Kit.). *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 555-559.
123. **Visser, E. J. W.; J. D. Cohen; G. W. M. Barendse; C. W. P. M. Blom y L. A. C. J. Voesenek.** 1996. An ethylene-mediated increase in sensitivity to auxin induces adventitious root formation in flooded *Rumex palustris* Sm. *Plant Physiology* 112: 1687–1692.
124. **Visser, E. J. W.; T. D. Colmer; C. W. P. M. Blom y L. A. C. J. Voesenek.** 2000. Changes in growth, porosity and radial oxygen loss from adventitious roots of selected mono- and dicotyledonous wetland species with contrasting types of aerenchyma. *Plant, Cell and Environment* 23: 1237–1245.
125. **Visser, E. J. W. y L. A. C. J. Voesenek.** 2004. Acclimation to soil flooding – sensing and signal transduction. *Plant and Soil* 254: 197–214.
126. **Voesenek, L. A. C. J.; F. J. Harren; G. M. Bögemann; C. W. P. M. Blom y J. Reuss.** 1990. Ethylene production and petiole growth in *Rumex* plants induced by soil waterlogging: The application of a continuous flow system and a laser driven intracavity photoacoustic detection system. *Plant Physiology* 94: 1071–1077.
127. **Voesenek, L. A. C. J.; J. Rijnders; A. J. M. Peeters; H. M. V. VandeSteeg y H. De Kroon.** 2004. Plant hormones regulate fast shoot elongation under water: from genes to communities. *Ecology* 85: 16–27.
128. **Voesenek, L. A. C. J.; T. D. Colmer; R. Pierik; F. F. Millenaar y A. J. M. Peeters.** 2006. How plants cope with complete submergence. *New Phytologist* 170: 213–226.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

129. **Xu, K.; X. Xu; T. Fukao; P. Canlas; R. Marghirang–Rodríguez; S. Heuer; A. M. Ismail; J. Bailey–Serres; P. C. Ronald y D. J. Mackill.** 2006. *Sub1A* is an ethylene–response–factor Like gene that confers submergence tolerance to rice. *Nature* 442: 705–708.



EFECTOS FITOMEJORADORES DE LA GRAMA RHODES Y EL MIJO PERENNE SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE UN SUELO SÓDICO TEMPLADO.

Ing. Agr. MSc UBA José Otondo
INTA EEA Cuenca del Salado - CERBAS

1.- INTRODUCCIÓN

Los suelos afectados por sales ocupan en la Argentina cerca de 11,58 millones de hectáreas (INTA, 1990). Presentan limitaciones para el crecimiento de la mayoría de las plantas debido a su alto pH, baja estabilidad estructural, bajos niveles de agua y nutrientes disponibles (Rengasamy y Olsson, 1991; Qadir *et al.*, 2007; Wong *et al.*, 2010). En general están ocupados por comunidades vegetales dominadas por una estepa de pastos cortos con un 50% de suelo desnudo (Maddaloni, 1986; Perelman *et al.*, 2001; Wong *et al.*, 2010).

En distintos lugares del mundo se ha observado que la implantación de especies con alta producción aérea y subterránea y gran cobertura del suelo puede mejorar las características de los suelos afectados por sales, al generar una disminución del pH en el área de crecimiento de las raíces (Helalia *et al.*, 1992; Qadir *et al.*, 2007; Singh *et al.*, 2012). Esto se produce por: **a)** liberación de protones, exudados de raíces y ácidos orgánicos por la mayor biomasa radical (Qadir *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2010); **b)** aumentos de presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2) por mayor respiración de raíces que disuelven calcita ($CaCO_3$), reemplazando del Na^+ adsorbido mediante la liberación de Ca^{2+} ligado a la calcita (Semple *et al.*, 2003; Qadir *et al.*, 2007); y **c)** adsorción del catión Na^+ a las raíces de algunas especies (Robbins, 1986).

La alta producción de biomasa también puede contribuir a aumentar el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) (Wong *et al.*, 2010) y mejorar su fertilidad (Shukla *et al.*, 2011). El aumento de biomasa de raíces puede generar una mejora de las propiedades físicas del suelo, facilitando la lixiviación de sales y Na^+ , gracias a: **a)** la formación de bioporos y grietas estructurales (Qadir *et al.*, 2007); **b)** la disminución de la densidad aparente (Murtaza *et al.*, 2009; Tan y Kang, 2009; Singh *et al.*, 2012); y **c)** el aumento de la humedad en saturación del suelo (Tan y Kang, 2009), de la actividad microbiana y enzimática (Tan y Kang, 2009; Singh *et al.*, 2012), y de la estabilidad de

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina	

los agregados (Wong *et al.*, 2010). La mayor cobertura de los suelos implantados con especies mejoradoras contribuye a incrementar la captación de agua de lluvia por mayores tasas de infiltración (Mielke *et al.*, 1986; Mishra y Sharma, 2003).

En los últimos años el crecimiento de la población mundial y su consecuente aumento en la demanda de alimentos, ha incrementado la presión de uso de áreas con suelos afectados por sales en la Argentina, debido al aumento de las cargas de ganado en pastoreo y la expansión de las zonas agrícolas (Viglizzo *et al.*, 2010; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2012). Para poder sostener estos aumentos de carga se han buscado alternativas que permitan aumentar la oferta de forraje en estos suelos, sustituyendo la comunidad nativa de pastizal con especies de pastos exóticos y más productivos, tales como agropiro criollo (*Thynopirum ponticum* Podp.), raigrass anual (*Lolium multiflorum* Lam.), trébol de olor amarillo (*Melilotus indicus* L.) y *Lotus tenuis*, Willd (Maddaloni, 1986; Oesterheld y León, 1987; Hidalgo *et al.*, 1989; Colabelli y Miñón, 1993; Taboada *et al.*, 1998; Rodríguez y Jacobo, 2010). Sin embargo, esta sustitución a menudo da como resultado un deterioro a corto plazo de las propiedades del suelo, la cobertura y la composición florística (Oesterheld y León, 1987; Taboada *et al.*, 1998; Rodríguez y Jacobo, 2010).

A diferencia de las especies exóticas de clima templado, en los últimos años se han comenzado a utilizar dos especies megatérmicas C4, Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) y Mijo Perenne (*Panicum coloratum* L). Ambas especies son muy tolerantes a la salinidad y a cortos períodos de anegamiento (Semple *et al.*, 2003; Qadir *et al.*, 2007). Desde entonces, INTA EEA Cuenca del Salado ha evaluado el comportamiento de estas especies, nuevas para la región, haciendo énfasis tanto en sus características productivas como en el efecto que ellas generan sobre las propiedades de los suelos afectados por sales. Se ha observado que la implantación de estas pasturas en los suelos afectados por sales es compleja (Otondo *et al.*, 2014), y que una vez establecidas su perennidad, principalmente la de Grama Rhodes, está supeditada a la presencia o no de inundaciones, fenómeno frecuente en la región (Otondo *et al.*, 2013). A pesar de ello se han logrado buenas pasturas con más de cinco años de duración.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

2.- PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA AÉREA (PPNA) Y COBERTURA VEGETAL

En estudios sobre pasturas puras de Grama Rhodes y Mijo Perenne realizados desde la implantación y durante los cuatro años posteriores se ha observado que el establecimiento de estas especies, permite aumentar significativamente la producción de forraje (Foto 1) y disminuir la superficie de suelo desnudo, en comparación con la comunidad nativa halófila (Otondo, 2011) (Fig. 1a, b). El aumento de cobertura vegetal se considera muy importante ya que actúa como amortiguador del agua de lluvia, reduce la velocidad de escurrimiento mejorando la infiltración, y con ello la disponibilidad de agua para los cultivos, mantiene durante más tiempo mayor cantidad de poros llenos de agua y con ello mejora su eficiencia de uso. El flujo de vapor a través de la cobertura de residuos es generalmente más lento, amortiguando el régimen hídrico y térmico del suelo (Phillips, 1984). En este sentido, Lavado y Taboada (1987) trabajando en suelos afectados por sales de la región han demostrado que, al disminuir la temperatura del suelo, la cobertura disminuye la tasa de evaporación de agua y, con ello, el riesgo de salinización en suelos halomórficos.



Foto 1: Grama Rhodes en Chascomús, Bs. As. Otondo, 2011.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

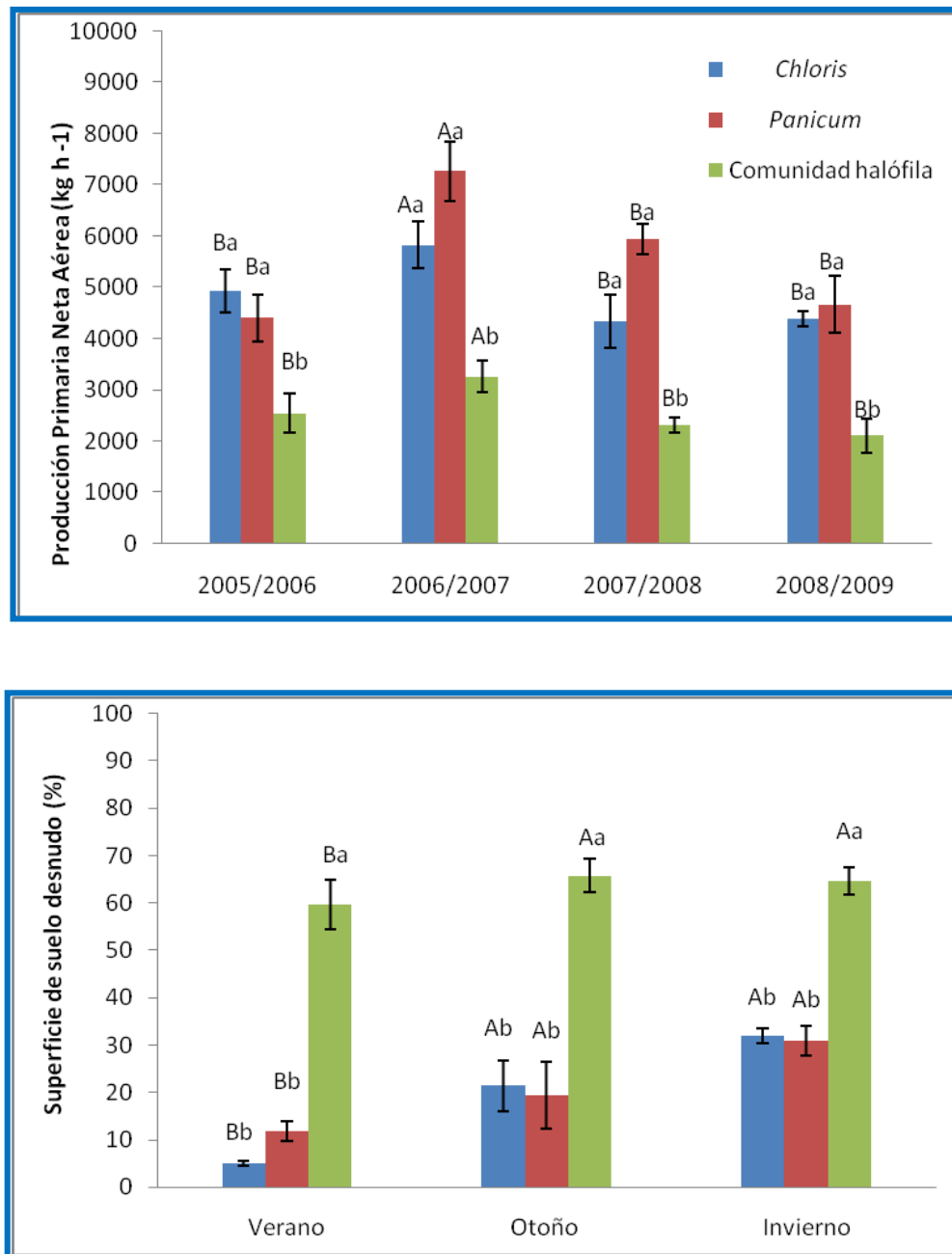


Figura 1: Producción primaria neta aérea en los diferentes tratamientos y las estaciones de crecimiento **(a)**, y superficie de suelo desnudo en 2008 **(b)**. Las líneas verticales indican un error estándar de la media. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las estaciones (mayúsculas) y entre tratamientos (minúsculas). Adaptado de Otondo, 2011.

También se ha observado que la implantación de estas pasturas modifica el ambiente edáfico, generando cambios positivos tanto desde el punto de vista químico como físico (Otondo, 2011).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina	

2.1.- Parámetros químicos

La implantación de Grama Rhodes y Mijo Perenne genera leves pero significativas disminuciones del pH (Fig. 2a, b), concordantes con los resultados obtenidos por Casas y Pittaluga (1984) y Taboada *et al.* (1998), en otros suelos de la Pampa Deprimida, como resultado del establecimiento de agropiro alargado. Estos ligeros descensos de pH están relacionados con el aumento en la producción de biomasa (y la menor superficie de suelo desnudo) que se hallaron en las áreas con especies megatérmicas (Fig. 1a, b). La disolución de la calcita (CO_3Ca) y la sustitución de Na^+ adsorbido por Ca^{2+} liberado de la calcita debido al aumento de la pCO_2 fue mencionada como posible mecanismo para generar descensos de pH (Semple *et al.*, 2003; Qadir *et al.*, 2007). Sin embargo, este mecanismo se descarta en el caso de los suelos estudiados en la región, dado que no poseen calcita en los horizontes superiores. Los efectos sobre el pH del suelo son menos evidentes en el horizonte Bt1n (Fig. 2b), probablemente debido a la menor concentración de raíces en el subsuelo, lo que impide que haya disminuciones de pH inducidas por las raíces.

Al igual que gran parte de los suelos sódicos de la Pampa Deprimida (Foto 2), los suelos estudiados era sólo ligeramente salinos (2 a 4 dS m^{-1}). El establecimiento de especies megatérmicas causó cambios muy leves y superficiales en la salinidad y cambios en la sodicidad (Fig. 2 a y b). Es posible que una mayor biomasa de raíces o períodos de recuperación más largos sean necesarios para disminuir los valores de RAS_{ES} , según lo sugerido por algunos autores (Qadir *et al.*, 1996; Akhter *et al.*, 2004; Mishra y Sharma, 2003). La mayoría de los estudios han demostrado que la cantidad de agua de lixiviación y de riego son factores importantes para lograr una recuperación exitosa (Qadir *et al.*, 1996; Qadir y Oster, 2002; Akhter *et al.*, 2004). Pudo haber sucedido que la precipitación acumulada durante el estudio presentado haya sido limitante para una exitosa la lixiviación de cationes Na^+ sustituidos.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

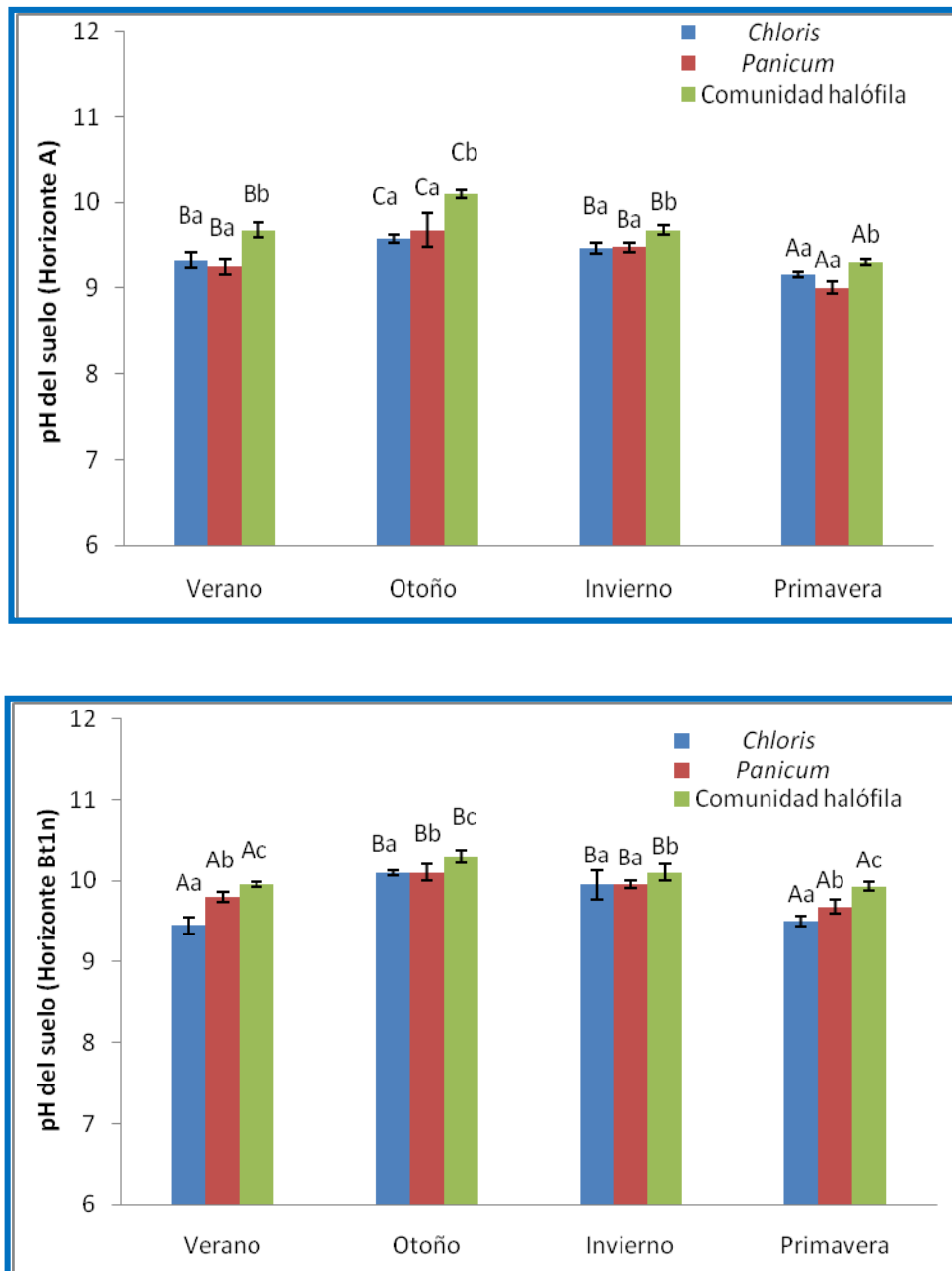
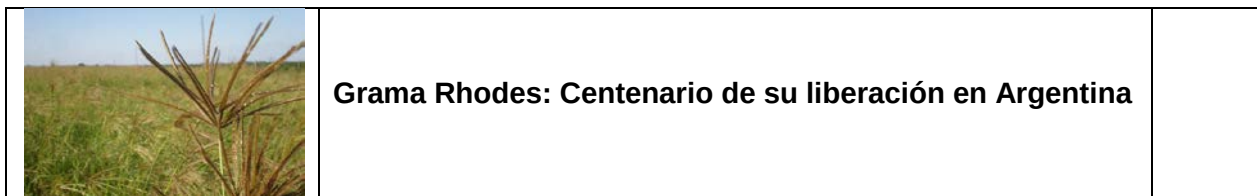


Figura 2: pH en pasta saturada de suelo en los **horizontes A (a)** y **Bt1n (b)** en los diferentes tratamientos y estaciones. Las líneas verticales indican el error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las estaciones (mayúsculas) y (en minúsculas) entre tratamientos. Adaptado de Otondo, 2011.

La presencia de *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* permite generar aumentos de materia orgánica del suelo (Tabla 1), similares a los informados por otros autores en suelos con pobre contenido de materia orgánica (Mishra y Sharma, 2003; Akhter *et al.*,



2004; Wong *et al.*, 2010). Estos aumentos pueden ser atribuidos a la mayor producción de forraje (Fig. 1a), lo que aumenta la cobertura del suelo con biomasa viva y muerta. Estos resultados, aunque esperables en suelos salinos y sódicos (Helalia *et al.*, 1992; Qadir *et al.*, 2007; Wong *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2012), han sido rara vez observados cuando se sustituye la vegetación nativa (Taboada *et al.*, 1998).

Cuadro 1: Contenido de materia orgánica (%) en los primeros 12 cm del suelo (medias y errores estándar). Las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos son mostradas por letras diferentes. Adaptado de Otondo, 2011.

Tratamientos	Materia orgánica (%)
<i>Chloris</i>	$2,80 \pm 0,18$ ab
<i>Panicum</i>	$3,10 \pm 0,20$ a
Comunidad halófila	$2,10 \pm 0,27$ b



Foto 2: Perfil de suelo , Otondo, 2011.

2.2.- Parámetros físicos

La presencia de las especies megatérmicas afecta fuertemente las propiedades físicas del suelo, a través de generar descensos de la densidad aparente, una mayor estabilidad de sus agregados (Figs. 3a, b) y una disminución de dureza o capacidad portante cuando el suelo está seco (Fig. 4).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

Las disminuciones de densidad aparente corresponden a la formación de nuevos canales de raíces cuando el suelo es poblado por las especies sembradas, lo que resulta en la creación de poros grandes (> 100 mm de diámetro cilíndrico equivalente) después de la muerte por descomposición de las raíces. Estas disminuciones en la densidad aparente también se observaron después del establecimiento de: **a)** agropiro alargado en otros suelos sódicos de la región pampeana (Casas y Pittaluga, 1984; Taboada *et al.*, 1998); **b)** Kallar grass (*Leptochloa fusca*) en Pakistán (Akhter *et al.*, 2004); y **c)** árboles de leguminosas en la India (Mishra y Sharma, 2003). El cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) de agregados, expresa un índice de inestabilidad estructural (Burke *et al.*, 1986), y disminuye cuando se establecen especies megatérmicas. Esta recuperación de la estabilidad estructural se da por una mayor producción de biomasa y la menor superficie de suelo desnudo, en comparación con la estepa halófila (Fig. 1a, b). Varios autores han encontrado incrementos progresivos de estabilidad como resultado de los aumentos en las actividades microbiana y enzimática (Tan *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2012), el aumento de la biomasa y la densidad de raíces y la producción de exudados rizosféricos, polisacáridos e hifas de hongos asociados (Akhter *et al.*, 2004; Wong *et al.*, 2010).



Foto 3: Medición de Producción Primaria Neta en Grama Rhodes, Otondo, 2011.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

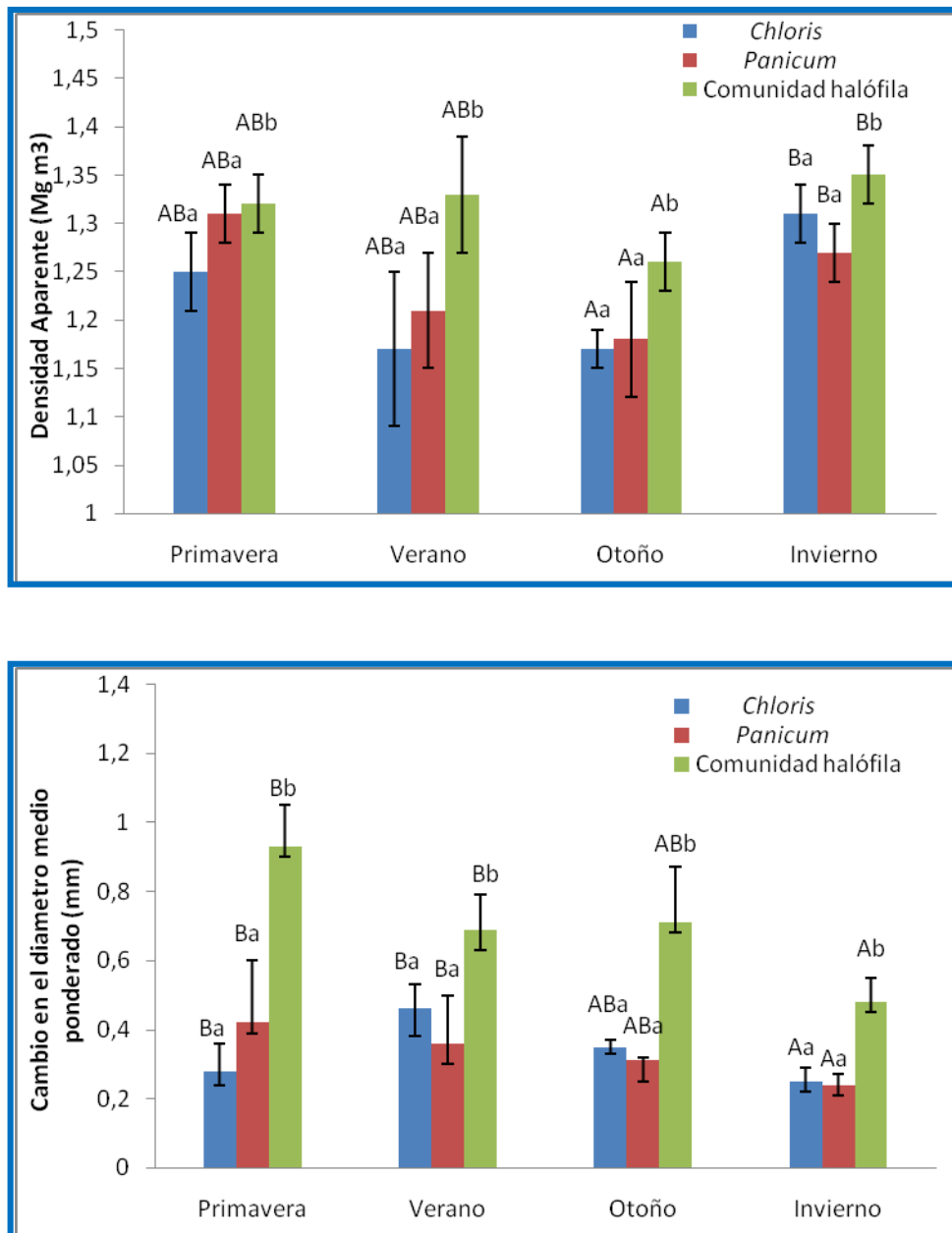


Figura 3: Densidad aparente del suelo (a), cambio en el diámetro medio ponderado de agregados (b), en los diferentes tratamientos y estaciones. Las líneas verticales indican el error estándar de la media. Las diferencias significativas ($P < 0,05$) entre estaciones (mayúsculas) y entre tratamientos (minúsculas) son mostrados por diferentes letras encima de las barras. Adaptado de Otondo, 2011.

La mayor capacidad portante del suelo de la comunidad nativa con bajos valores de humedad edáfica podría ser causada por el aumento de la Dap (Fig. 3a). Ambas especies megatérmicas aflojan el suelo durante el verano (Fig. 4), causando así un



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

mejor ambiente de enraizamiento durante esa estación, crítica para el establecimiento de nuevas plántulas o estolones que contribuyen a cubrir el suelo.

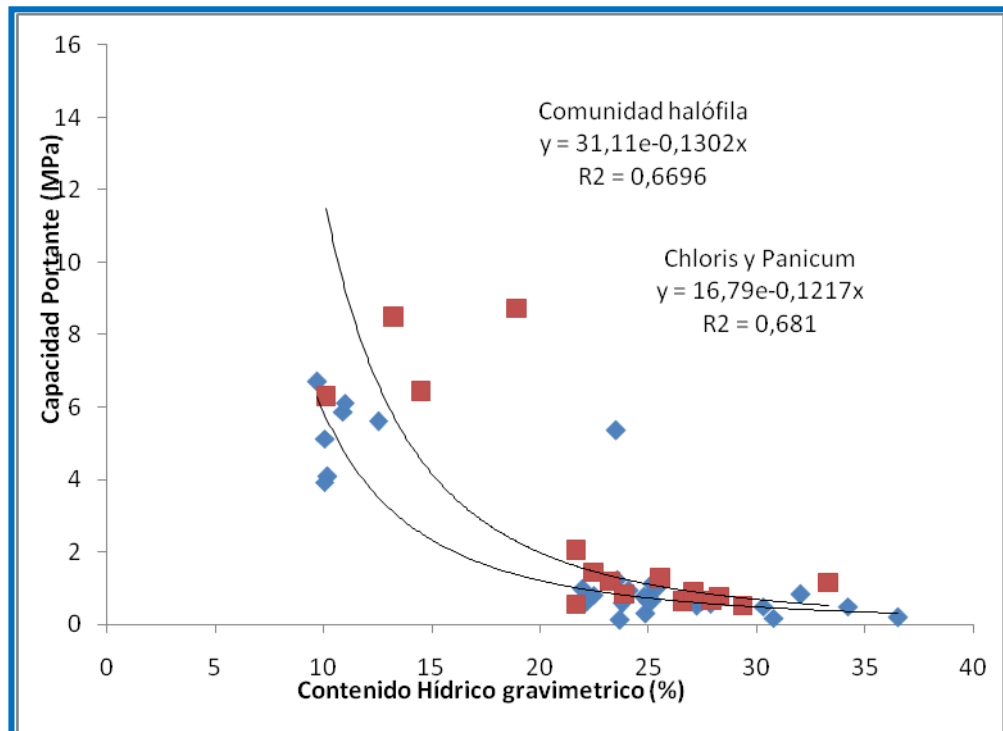


Figura 4: Relación entre la capacidad portante del suelo y el contenido hídrico gravimétrico del suelo en la comunidad halófila y en los tratamientos *Chloris* y *Panicum*. Adaptado de Otondo, 2011.

La implantación tanto de Grama Rhodes como de Mijo Perenne genera efectos beneficiosos en el suelo a través de diferentes mecanismos directos e indirectos (Figura 5). El incremento de la producción aérea de forraje genera un incremento de la biomasa de raíces, tal como fuera demostrado por varios autores en diferentes especies y condiciones nutricionales (Hunt y Nobel, 1987; Nielsen *et al.*, 2001). Este mayor volumen de raíces actúa como generadoras de bioporos, que junto a la mayor cobertura vegetal y aporte de materia orgánica, contribuyen a generar un descenso de la densidad aparente. Asimismo, la mayor presencia de cobertura vegetal, junto a los exudados de las raíces, actúan de promotores principales de las mejoras de estabilidad estructural. Ambas mejoras, la menor densidad aparente y la mayor estabilidad estructural, determina la menor dureza (traficabilidad) del suelo sembrado con megatérmicolas durante el verano (Taylor y Brar, 1991), estación en la que suelen registrarse valores limitantes para el enraizamiento de las plantas (Grant y Lafond,



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

1993). Finalmente el aumento en la cobertura y el descenso en la densidad, junto a una leve mejora en los parámetros indicadores de halomorfismo determinan un mayor ingreso de agua al suelo, a través de mejorar su tasa de infiltración, cuestión de vital importancia para las plantas en estos ambientes.

El efecto de las especies implantadas sobre las propiedades químicas que determinan el halomorfismo edáfico es de menor magnitud. Sólo se logra una leve disminución del pH superficial fuertemente vinculado al incremento en Cobertura vegetal y materia orgánica, debido a una mayor biomasa y actividad de las raíces, que genera un incremento en la secreción de exudados rizosféricos y en la presión parcial de CO₂. Si bien el descenso de pH es significativo, no afecta el fuerte carácter sódico del suelo.

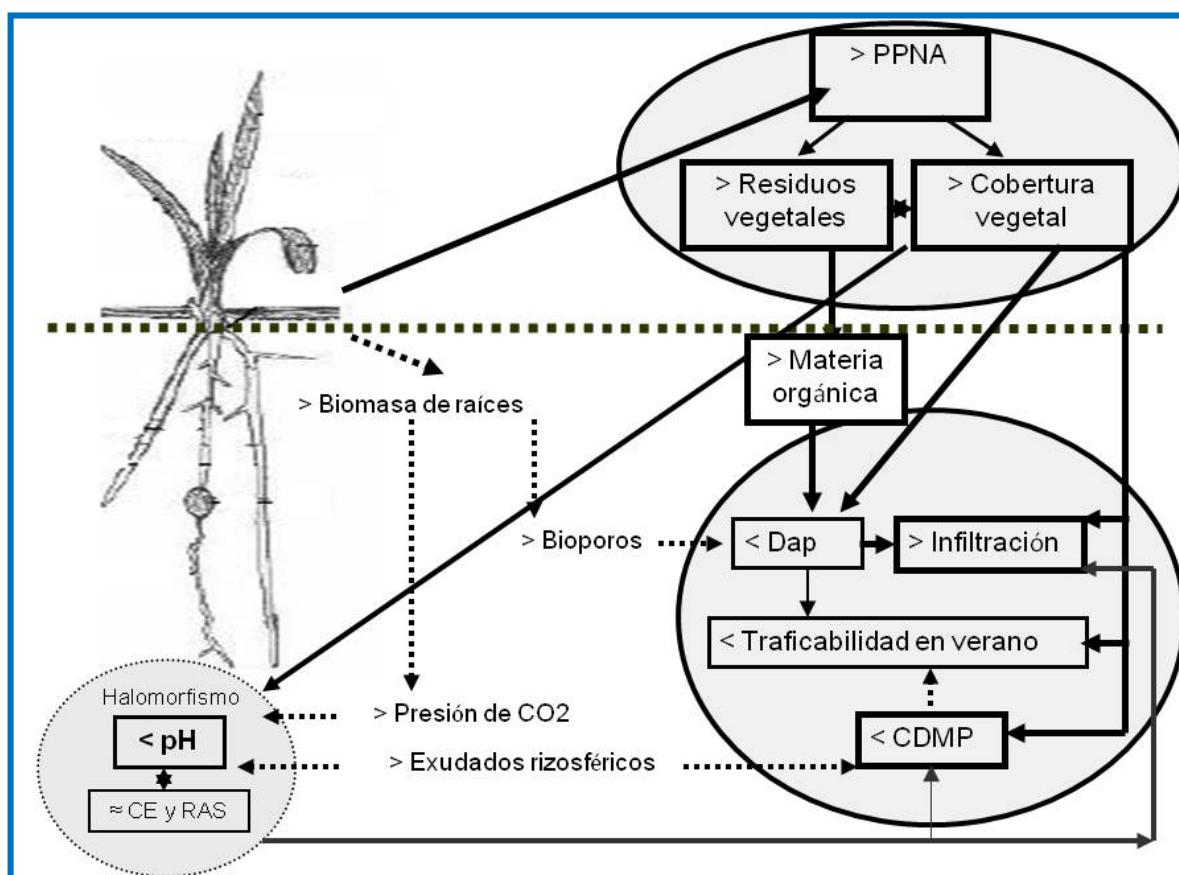


Figura 5: Efectos principales de la introducción de *Chloris gayana* y *Panicum coloratum* sobre las características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Líneas enteras indican correlaciones significativas entre variables evaluadas, líneas punteadas indican relaciones descritas en la bibliografía. Otondo, J. 2011.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

Los resultados mencionados sugieren que luego de la implantación de *C. gayana* y *P. coloratum* se inicia un círculo virtuoso, donde la mayor producción de biomasa promovería cambios favorables principalmente de la fertilidad física edáfica, que a su vez favorecerían la posterior implantación y producción de éstas u otras especies.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhter, J.; R. Murray; K. Mahmood; K. A. Malik y S. Ahmed.** 2004. Improvement of degraded physical properties of a saline-sodic soil by reclamation with Kallar grass (*Leptochloa fusca*). *Plant and Soil* 258: 207-216.
- Burke, W.; D. Gabriels y J. Bouma.** 1986. Soil Structure Assessment. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 92 págs.
- Casas, R. R. y A. Pittaluga.** 1984. Efecto de una pastura de Agropiro bajo clausura en la recuperación de suelos salinizados en el Partido de Carlos Tejedor. ACINTACNIA 1 N° 12. Castelar.
- Colabelli M. R. y D. P. Miñón.** 1993. Métodos de intersembrado de *Lotus tenuis* y *Trifolium repens* en pastizales de la Pampa Deprimida bonaerense. *Rev. Arg. Prod. An.* 13: 225-233.
- Grant, C. A. y G. P. Lafond.** 1993. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 73: 223-232.
- Hidalgo, L. G.; M. A. Cahuépe y P. O. Rimoldi.** 1989. Productividad primaria de una pastura de agropiro (*Elytrigia elongata*) y de una comunidad de pastizal natural, en condición similar de ambiente y manejo. *Rev. Arg. Prod. An. Supl.* 9: 39-40.
- Hunt E. R. y P. S. Nobel.** 1987. Allometric root/shoot relationships and predicted water uptake for desert succulents. *Ann. Bot.* 59: 571-577.
- INFOSTAT.** 2007. InfoStat versión 2007. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- INTA.** 1990. Atlas de Suelos de la República Argentina Tomo I, (INTA, Bs. As.), 731 págs.
- INTA.** 2011. Carta de suelos de la República Argentina 3557-20 Magdalena" (INTA, CIRN, Instituto de Suelos, ISSN 0327-781X) Disponible en: <http://www.inta.gob.ar/suelos/cartas/3557/Magdalena/3557-20-4.htm>.
- Kim, K. R.; G. Owens y R. Naidu.** 2010. Effect of root-induced chemical changes on dynamics and plant uptake of heavy metals in rhizosphere soils. *Pedosphere* 20: 494-504.
- Lavado R. S. y M. A. Taboada.** 1987. Soil salinization as an effect of grazing in a native grassland soil. *Soil and Management* 3: 143-148.
- Maddaloni, J.** 1986. Forage production on saline and alkaline soils in the humid region of Argentina. *Reclam. Reveg. Res.* 5: 1-16.
- Mielke, L. N.; J. W. Doran y K. A. Richards.** 1986. Physical environment near the surface of ploughed and no-tilled soils. *Soil Tillage Res.* 7: 355-366.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2012. Producción, área sembrada y cosechada, cotizaciones nacionales e internacionales. Cereales, Oleaginosas, Cultivos Industriales, Frutos y Hortalizas. Sistema de Series Temporales (disponible en: <http://www.siaa.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>).

Mishra, A. y S. D. Sharma. 2003. Leguminous trees for the restoration of degraded sodic wasteland in the eastern Uttar Pradesh, India. *Land Degrad. Develop.* 14: 245-261.

Murtaza, G; A. Ghafoor; G. Owens; M. Quadir y U. Z. Khalon. 2009. Environmental and economic benefits of saline-sodic soil reclamation using low-quality water and soil amendments in conjunction with a rice-wheat cropping system. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 124-136.

Nielsen, K. L.; A. Eshel y J. P. Lynch. 2001. The effect of P availability on the carbon economy of contrasting common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *J. Exp. Bot.* 52: 329-339.

Oesterheld, M. y R. J. C León. 1987. El envejecimiento de las pasturas implantadas: su efecto sobre la productividad primaria. *Turrialba* 37: 29-35.

Otondo, J. 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis de M.Sc., Escuela para Graduados Alberto Soriano. FAUBA, Argentina, 58 págs.

Otondo, J.; E. Melani; M. Cicchino y M. Calvetty Ramos. 2013. Evolución de la densidad de matas de pasturas megatérmicas de la Cuenca del Salado. *Revista Argentina de Producción Animal*, Vol. 33, Supl.1: 215-305. Pp 23.

Otondo, J; J. Pesqueira; E. D. Markan y M. D. García. 2014. Implantación de *Panicum coloratum* y *Chloris gayana* en suelos bajos salino-alcalinos de la Cuenca del Salado. III Congreso de la Red Argentina de Salinidad. Pp 65.

Perelman, S. B.; R. J. C. León y M. Oesterheld. 2001. Cross-scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology* 89: 562-577.

Phillips, R. E. 1984. Soil moisture. En: Phillips, R. E. y S. H. Phillips Eds. No-tillage agriculture. Principles and practices. Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA: 66-86.

Qadir, M. y J. D. Oster. 2002. Vegetative bioremediation of calcareous sodium soils: history, mechanisms, and evaluation. *Irrig. Sci.* 21: 91-101.

Qadir, M; R. H. Qureshi y N. Ahmad. 1996. Reclamation of a saline sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*. *Geoderma* 74: 207- 217.

Qadir, M; J. D. Oster; S. Schubert; A. D. Noble y K. L. Sahrawat. 2007. Phytoremediation of sodic and saline sodic soils. *Adv. Agro.* 96: 197-247.

Rengasamy, P. y K. A. Olsson. 1991. Sodicity and soil structure. *Australian Journal of Soil Res.* 29: 935-952.

Robbins, C. W. 1986. Sodic calcareous soil reclamation as affected by different amendments and crops. *Agron. J.* 78: 916-920.

Rodríguez, A. M. y E. J. Jacobo. 2010. Glyphosate effects on floristic composition and species diversity in the Flooding Pampa grassland (Argentina). *Agric. Ecos. Enviro.* 138: 222-231.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina

- Semple, W. S.; I. A. Cole y T. B. Koen.** 2003. Performance of some perennial grasses on severely salinized sites on the inland slopes of New South Wales. *Aus. J. Exptm. Agric.* 43: 357-371.
- Shukla, S. K.; K. Singh; B. Singh y N. N. Gautam.** 2011. Biomass productivity and nutrient availability of *Cynodon dactylon* (L) Pers. growing on soils of different sodicity stress. *Biomass and Bioenergy* 35: 3440- 3447.
- Singh, K.; V. C Pandey; B. Singh y R. R. Singh.** 2012. Ecological restoration of degraded sodic lands through afforestation and cropping. *Ecol. Eng.* 43: 70-80.
- Taboada, M. A. y R. S. Lavado.** 1993. Influence of trampling on soil porosity under alternate dry and ponded conditions. *Soil Use Manage.* 9: 139-143.
- Taboada, M. A.; G. Rubio y R. S. Lavado.** 1998. The deterioration of tall wheatgrass pastures on saline sodic soils. *J. Range Manage.* 51: 239- 244.
- Tan, J. L. e Y. H. Kang.** 2009. Changes in soil properties under the influences of cropping drip irrigation during the reclamation of severe salt-affected soils. *Agric. Sci. China* 8: 1228-1237.
- Taylor, H. M. y G. S Brar.** 1991. Effect of soil compactation on root development. *Soil and Tillage Research* 19: 111-119.
- Viglizzo, E. F.; L. V. Carreño; H. Pereyra; F. Ricard; J. Clatt y D. Pincén.** 2010. Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico. En: E. Viglizzo y E. Jobbagy (eds). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Ediciones Instituto de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires; 9-16.
- Wong, V.N.; R. S. B. Greene; R. C. Dalal y B. W. Murphy.** 2010. Soil carbon dynamics in saline and sodic soils: a review. *Soil Use Manage.* 26: 2-11.
- Yang, C; W. Guo y D. Shi.** 2010. Physiological roles of organic acids in alkali-tolerance of the alkali-tolerant halophyte. *Agron. J.* 102: 1081-1089.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina **1916 - 2016**



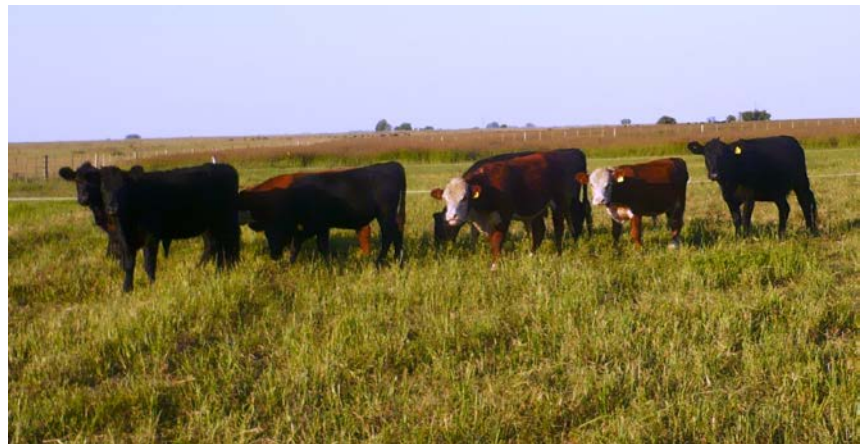
Grama en implantación



Grama Rhodes en Chascomús.



Grama Mz 2010, Magdalena



Novillos en Grama Rhodes, Partido de Magdalena, Feb. 2009



Grama en implantación sobre Pelo de chancho.



Rollos de Grama, Chascomús, Bs As, 2012.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016



Grama Rhodes, Punta Indio, 2007



Grama en pH 10,2 Punta Indio



Grama Rhodes sobre pelo de chancho



Grama en pH 9,5, Punta Indio



Panicum izquierda Grama Rhodes derecha



IMPLANTACIÓN DE GRAMA RHODES.

Ing. Agr. (MSc) Nicolás Bertram
Ecofisiología de Forrajeras
INTA Marcos Juárez
bertramnicolas@inta.gob.ar

La implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) como de cualquier forrajera u especie que presente semillas de tamaño relativamente pequeño, requiere de ciertos recaudos para alcanzar la máxima eficiencia en el establecimiento de individuos.

Así, intentando cumplir con este objetivo, existe una secuencia de pasos, que es necesario cumplir en orden, con la finalidad de lograr el máximo número de individuos por unidad de superficie. Para ello se debe priorizar el estudio de factores asociados a: **1.** el ambiente, **2.** la preparación del terreno, **3.** la semilla y **4.** la siembra.

1. Factores asociados al ambiente.

Pasturas como Grama Rhodes por lo general suelen implantarse dentro de los ambientes denominados “marginales”, la marginalidad es un concepto relativo a donde uno se ubique, pero se suele utilizar para aquellos ambientes en donde se dificulta hacer una “agricultura viable”. En la actualidad la marginalidad de los ambientes está asociada a poder realizar una “agricultura rentable”, por lo cual existen ambientes que constantemente ingresan y egresan a la “marginalidad” en función del precio de los *commodities* y las ganancias obtenidas a partir de los mismos. Más allá de que el concepto sea bastante ambiguo, desde un punto de vista biológico, se entiende por “suelos marginales” a aquellos que limitan el crecimiento de las plantas a partir de la salinidad o sodicidad, de una napa relativamente cercana a la superficie, de su calidad diferencial y de los excesos y/o déficit hídricos que se producen con frecuencia (Shannon, 1997; Cisneros *et al.*, 1998; Jobbágy y Jackson, 2004; Jobbágy *et al.*, 2008; Nasetto *et al.*, 2009).

Uno de los factores que más impacta en el establecimiento, como en la producción de Grama Rhodes y de otras forrajeras, es la concentración salina presente en el suelo (Priano y Pilatti, 1989; Shannon, 1997; Bennett *et al.*, 2009). De esta manera, cuando se menciona que grama es una especie capaz de crecer en suelos



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

salinos o con algún grado de halo-hidromorfismo, es necesario acompañar esta aseveración con información cuantitativa del nivel de sales que la especie puede tolerar, los límites donde resulta inviable el crecimiento de la misma, así como con la disminución en el potencial productivo esperable dado a partir del incremento de la salinidad en las diferentes etapas de crecimiento.

La elevada concentración de sales en los suelos provoca efectos sobre las plantas que pueden clasificarse en directos e indirectos. Entre los primeros podemos encontrar, el aumento del potencial osmótico, desbalance nutricional y efectos tóxicos, mientras que los indirectos son principalmente de índole física generados por un aumento del contenido de Na^+ en el suelo, la modificación de la porosidad y el ingreso y redistribución de agua en el perfil (Maas, 1986; Porta *et al.*, 1994; Cisneros *et al.*, 2007; Lavado y Taboada, 2009; Lavado, 2012).

Adicionalmente, existe una sensibilidad diferencial a la salinidad, entre y dentro de la misma especie, entre cultivares y estadios fenológicos (Priano y Pilatti, 1989; Taleisnik *et al.*, 1997; Shannon, 1997), así algunos materiales de grama Rhodes presentan mayor tolerancia a sales (Taleisnik *et al.*, 1997), como también se observan diferencias entre etapas de crecimiento, mostrando algunas con una mayor sensibilidad a la salinidad, así en general las etapas de establecimiento temprano se ven más limitadas frente a la presencia de ambientes salinos respecto de las más avanzadas (Priano y Pilatti, 1989; Rains, 1991; Taleisnik *et al.*, 1997; Munns 2002).

Los ambientes halo-hidromórficos presentan variada heterogeneidad principalmente dada a partir de la concentración y distribución de las sales (Cisneros *et al.*, 1998; Weir, 2000), pudiendo visualizar tres situaciones contrastantes, aquellas de baja heterogeneidad en donde el gradiente de salinidad es reducido y las decisiones a tomar suelen ser simples, pasando por ambientes con mucha heterogeneidad (con un gradiente de salinidad mayor) pero agrupada en sitios bien delimitados o definidos, en estos ambientes se pueden tomar decisiones diferenciales en función del número de sitios y las dimensiones que estos presenten, por último están aquellos con gran heterogeneidad respecto del gradiente salino, en donde los parches de suelo de diferente tenor salino son muy diferentes y de tamaño demasiado pequeño en los cuales hasta el momento se torna dificultoso realizar un manejo diferencial por ambientes, y la toma de soluciones de compromiso resulta ser la mejor opción.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Este tipo de situaciones edáficas pueden ser primariamente delimitadas por los espacios sin cobertura (con sales blancas o humatos sódicos) y los espacios con cobertura vegetal, por el tipo de vegetación que predomine sobre las mismas (pelo de chanco, gramón, espartos, salicornia, malezas de hoja ancha, etc.), además del gradiente de crecimiento que puedan presentar, o de biomasa que pueda acumular una misma especie en diferentes ambientes, etc.

Una vez identificados estos sectores, es necesario cuantificar como mínimo el tenor salino (a partir de la conductividad eléctrica) y el pH de cada tipo de ambiente seleccionado, para posteriormente en función de estos parámetros poder elegir la especie que mejor se adapte al/los ambiente/s (Priano y Pilatti, 1989; Shannon, 1997).

Es importante destacar que la salinidad en el suelo, varia no solo en el plano horizontal, si no también vertical y temporal, de esta manera, no es constante a lo largo del perfil y en función de si las muestras se extraen posterior a un periodo de sequía o lluvioso. Así, las sales pueden estar más o menos concentradas, hallando en periodos de mayor demanda atmosférica, mayores concentraciones salinas en los estratos superiores de suelo, respecto de los inferiores y viceversa en periodos de baja demanda y muchas precipitaciones (Cisneros *et al.*, 2007). Esta concentración diferencial de sales en el perfil de suelo también puede estar afectada por la presencia de una napa cercana, la cual en función de su conductividad eléctrica puede ser un vehículo de sales hacia capas más superficiales (Jobbágy y Jackson, 2004; Jobbágy *et al.*, 2008; Nosetto *et al.*, 2009)

Por ello es que el efecto de la salinidad, debería evaluarse en conjunto con el contenido hídrico, debido al efecto combinado generado a partir de la disminución de la disponibilidad hídrica por efecto osmótico y de la toxicidad producida por las sales. Así, en ensayos realizados en cámara de crecimiento, durante la etapa de germinación y emergencia (110°Cd desde la siembra), para Grama Rhodes no se observaron diferencias entre las diferentes salinidades (hasta valores de 4,5 dS.m⁻¹) en la emergencia, cuando no hubo restricciones hídricas (CC – capacidad de campo), mientras que cuando se sometió a la especie a estrés hídrico por defecto (SC – seco), se observó una relación negativa entre la emergencia y la salinidad del suelo, observando una caída en la emergencia de 2,9% por cada punto de incremento en la conductividad eléctrica (Figura 1).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Esta información muestra a Grama Rhodes como una especie que independientemente del nivel de salinidad (hasta conductividades eléctricas superiores a 4 dS.m^{-1}) cumple satisfactoriamente con las etapas de imbibición y emergencia, disminuyendo para aquellas situaciones de restricción hídrica (sequía), afectando la emergencia de plántulas con el incremento de la salinidad.

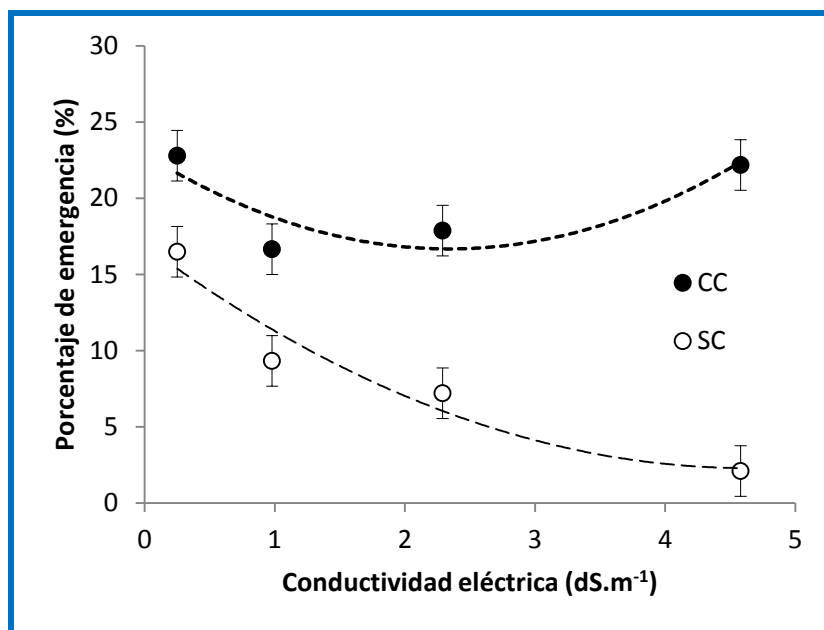


Figura 1: Porcentaje de emergencia de grama Rhodes (*Chloris gayana*) (a los 110°Cd desde la siembra) en función de la conductividad eléctrica del suelo (dS.m^{-1}) bajo dos condiciones hídricas (capacidad de campo - ●CC y seco - ○SC).

Adicionalmente, se pudo observar que las diferencias en emergencia entre los tratamientos SC y CC presentaron una relación directa con la conductividad eléctrica, hallando por cada unidad de incremento en la salinidad que las diferencias entre los dos regímenes hídricos aumentaron aproximadamente en 3,25 unidades (Figura 2), lo cual muestra que la disponibilidad hídrica suministrada a partir de los tratamientos de (CC y SC) no explica la totalidad de estas diferencias, si no que evidencia un efecto adicional es cual pudo estar asociado a un efecto osmótico y/o tóxico de las sales sobre las plántulas.

Así, puede observarse que con bajos tenores salinos ($0,25 \text{ dS.m}^{-1}$) las diferencias se deben exclusivamente a los tratamientos de disponibilidad hídrica (aproximadamente un 6% entre SC y CC), mientras que con incrementos de la salinidad $4,5 \text{ dS.m}^{-1}$, alcanza diferencias superiores al 20%, de las cuales



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

aproximadamente un 70% se debe a efectos osmóticos y/o tóxicos, pudiendo estos últimos incrementarse junto con la conductividad eléctrica (Shannon, 1997).

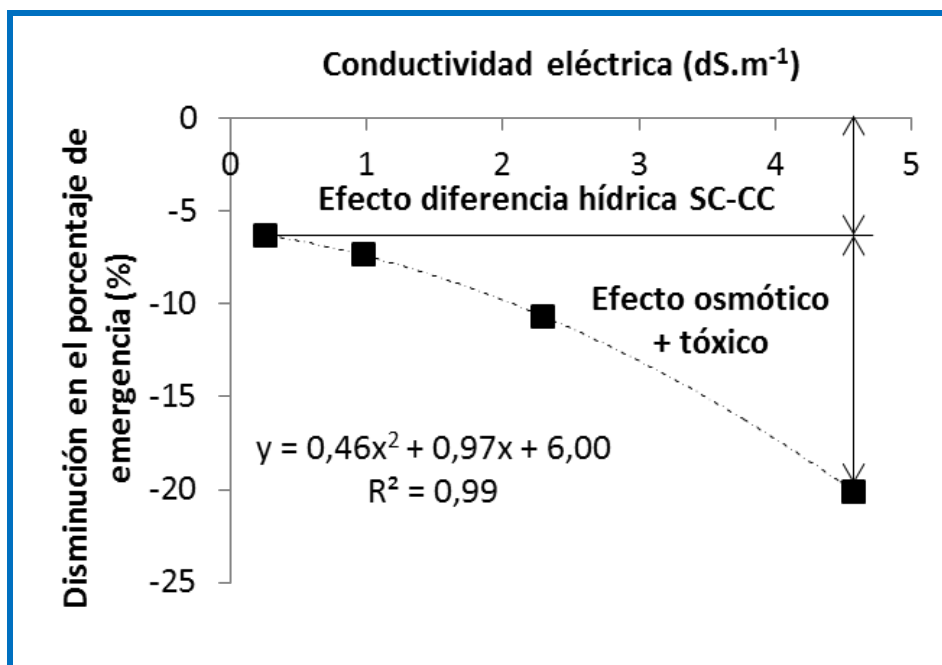


Figura 2: Disminución en el porcentaje de emergencia de grama Rhodes (*Chloris gayana*) (a los 110°Cd desde la siembra) debido a efectos hídricos (SC-CC), osmóticos y tóxicos en función de la conductividad eléctrica del suelo (dS.m⁻¹).

Comprendiendo las modificaciones que puede sufrir el dato de CE de suelo en la línea espacio-tiempo y asociando esto con la profundidad de siembra ideal para una forrajera como Grama Rhodes, es necesario determinar el nivel de salinidad en los estratos más superficiales, donde ocurrirán las primeras etapas de crecimiento. Para ello se recomienda realizar muestras compuestas de cada ambiente, extrayendo suelo de 0-5 y 5-20 cm de profundidad, con el objetivo de generar un mejor relevamiento y diagnóstico del ambiente en el que se va a depositar la semilla, de esta manera no se subestimaré la salinidad presente en los estratos más superficiales del perfil de suelo.

Así, en condiciones de campo, tanto grama Rhodes como otras especies presentaron una disminución de la biomasa acumulada después de la implantación a partir de incrementos en la salinidad del suelo, siendo este parámetro más explicativo del crecimiento de Grama Rhodes que el pH (Figura 3) (Bertram *et al.*, 2015), hallando para ambos parámetros una relación inversa con la biomasa acumulada durante el primer crecimiento después de la siembra, mostrando además en las etapas tempranas



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

mayor sensibilidad respecto de especies como melilotus, agropiro criollo o agropiro alargado (Priano y Pilatti, 1989, Shannon 1997; Bennett *et al.*, 2009).

Adicionalmente se pudo observar que Grama Rhodes germina y emerge con CE más elevadas (Figura 3), respecto de las necesarias para sobrevivir, alcanzar elevadas producciones de biomasa y lograr persistencia de individuos (hasta $1,1 \text{ dS.m}^{-1}$), mostrando una menor sensibilidad durante las etapas de imbibición y emergencia que durante las de establecimiento temprano.

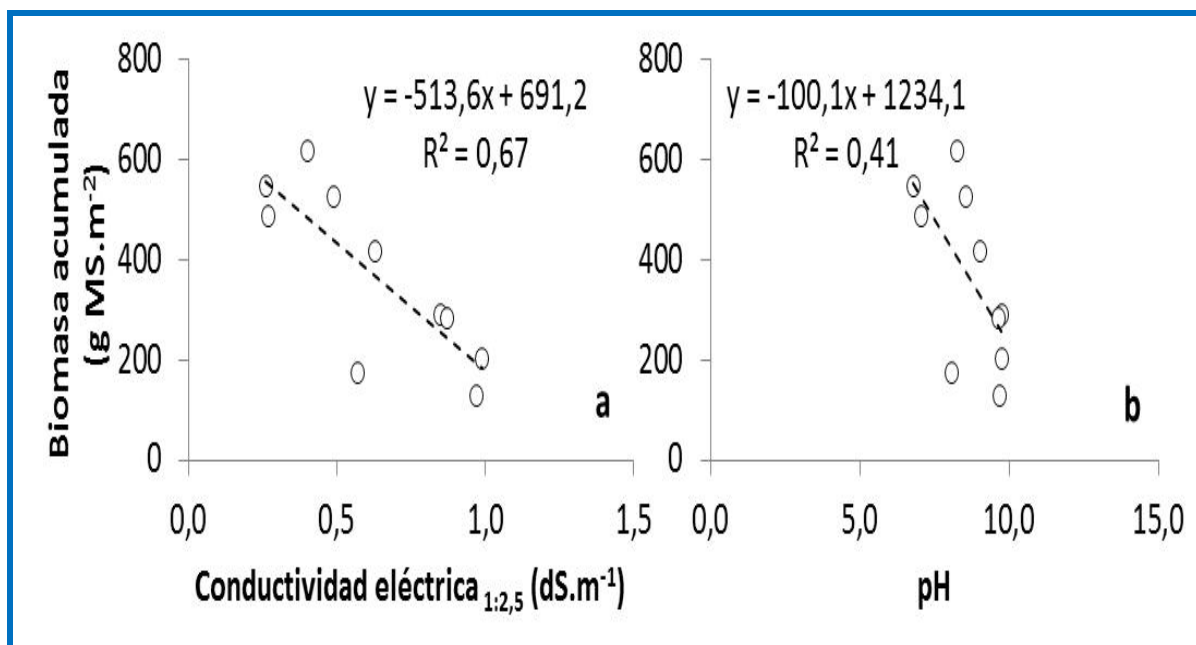


Figura 3: Biomasa acumulada (g MS.m^{-2}) de grama Rhodes (*Chloris gayana*) al finalizar el establecimiento temprano (700°Cd) en función de **a-** la conductividad eléctrica 1:2,5 (dS.m^{-1}) y **b-** el pH.

Priano y Pilatti (1989) observaron para el centro norte de Santa Fe una disminución relativa en la biomasa acumulada de 4,8% por cada unidad de incremento en la CEE, mientras que datos del sudeste de Córdoba muestran una caída cuatro veces superior (20,8%) (Bertram *et al.*, 2013). Estas diferencias entre autores pueden en parte explicarse debido a los distintos periodos de evaluación de la especie (germinación, emergencia, establecimiento temprano), a la tolerancia a sales de los cultivares de Grama Rhodes utilizados (Taleisnik *et al.*, 1997) o a las condiciones de humedad del perfil (Bennett *et al.*, 2009), lo cual como se mencionó anteriormente en combinación con la concentración salina pudo sumar efectos osmóticos y/o tóxicos al crecimiento (Ungar, 1978).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Taleisnik *et al.* 1997, observaron cómo con iguales concentraciones salinas algunos cultivares de Grama Rhodes cesaron su crecimiento mientras otros solamente lo redujeron mínimamente. Lo mismo pero con diferente magnitud se observó para otras especies (Bazzigalupi *et al.*, 2008). Así la elección del cultivar puede colaborar con el mejor comportamiento de la especie en ambientes con limitantes.

Es necesario comprender lo esencial de la realización de un análisis de suelo, así como conocer los límites de tolerancia de la especie, ya que gran parte del éxito del establecimiento y producción potencial de grama como de cualquier especie que se piense para este tipo de sitios, está asociado a la elección del ambiente y al contenido de sales en el mismo (Shannon, 1997), los cuales van a definir la especie o el material a sembrar.

Vale aclarar que el tenor salino o la conductividad eléctrica (CE) pueden ser expresados de forma diferente, en función del grado de dilución con que se realice la medición en el laboratorio. Así, la información comúnmente suele presentarse en diluciones de 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$) y extracto de saturación (CE_e), mostrando este último valores de salinidad aproximadamente cuatro veces superiores respecto del primero, lo cual puede sufrir variaciones en función de la textura del suelo. De esta manera, la misma muestra que en una dilución de 1:2,5 daría un resultado de 1 dS.m^{-1} , sería semejante a 4 dS.m^{-1} , cuando la determinación se realice en extracto de saturación.

El tipo de sales también genera un efecto sobre la emergencia de las plántulas de grama, hallando que la reducción en el establecimiento puede estar dada, como ya se mencionó, por causas osmóticas, tóxicas o la combinación de ambas (Ungar, 1978). Así, en ensayos de germinación con soluciones de laboratorio, puede observarse que por encima de los 8 dS.m^{-1} de CE, aquellos ambientes en donde predomina el cloruro de sodio (NaCl) las mermas en la germinación debidas al incremento de la conductividad son mayores que en presencia sulfato de potasio (K_2SO_4) (Figura 4). Cuando el ambiente está saturado con NaCl y K_2SO_4 por cada punto de incremento en la CE se observa una caída de 6,3 y 2,7% en las semillas germinadas, respectivamente, efecto que posiblemente se pueda asociar a la solubilidad de las sales (Bertram *et al.*, 2013).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

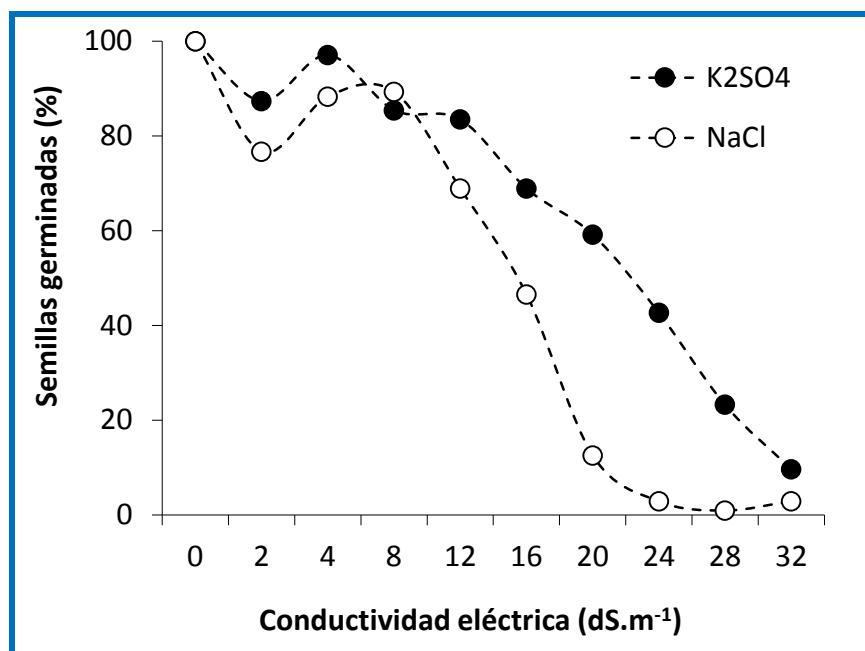


Figura 4: Porcentaje de semillas germinadas (%) de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en caja de Petri, en función de la conductividad eléctrica (dS.m⁻¹) generada a partir de dos soluciones diferentes (●K₂SO₄ y ○NaCl).

Pese a estar en presencia de ambientes con igual CE, el tipo de sales también puede afectar el porcentaje de germinación, con lo cual sería importante analizar las sales predominantes. A igual concentración salina las sales de NaCl resultaron más nocivas para la implantación de grama Rhodes que aquellas de K₂SO₄. Vale mencionar que este ensayo fue realizado en caja de Petri, lo cual relativiza la información para extrapolarla a situaciones reales de campo, generando bajo estas condiciones, que muchas de las semillas que germinen, mientras que en condiciones de campo no llegarían a emerger (Shannon, 1997).

2. Factores asociados a la preparación del terreno.

Una vez que se haya determinado si el ambiente es apto para la siembra de grama Rhodes u otra especie, es necesario dejar el lote libre de malezas al momento de la siembra.

Los ambientes con limitantes de la región pampeana suelen presentar una gran heterogeneidad de situaciones, desde aquellos en los que predomina los espartos y espartillos (*Spartina argentinensis*), incluso tacurúes (hormigueros), hasta aquellos en donde abunda el gramón (*Cynodon dactylon*), el pelo de chanco (*Distichlis spicata*) y



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

la salicornia (*Salicornia sp.*) (Cantero *et al.*, 1996; Lewis, 2001), siendo los primeros los casos más complejos preparar para la siembra de cualquier forrajera y más aún para Grama Rhodes.

El control de malezas puede realizarse de forma química o mecánica, pero es primordial tener en cuenta que en este tipo de suelos el ascenso y concentración de sales, que puede ocurrir por realizar un barbecho mecánico, limite la posterior implantación y el establecimiento, incrementando la conductividad eléctrica sobre todo en los primeros estratos del suelo (Cisneros *et al.*, 1998), que es donde se deposita la semilla, pudiendo afectar también la infiltración.

Es crucial para cualquier cultivo efectuar un buen control de malezas previo a la siembra. Esto se vuelve más relevante en especies forrajeras, acentuándose en aquellas como Grama Rhodes en donde aún no existen herbicidas selectivos de post-emergencia para las malezas más comúnmente encontradas como por ejemplo gramón y pelo de chanco.

En suelos con exceso de sodio también es frecuente que ocurran “planchados” con lluvias intensas primavera-estivales luego de la siembra y/o durante el establecimiento temprano que puedan comprometer el desarrollo de la pastura, cuando se rotura el suelo. Así, debido a la fragilidad que presentan estos ambientes se recomienda no realizar controles mecánicos excepto que sea imprescindible (p.e. en presencia de espartos y/o tacurúes).

De esta manera, en los ambientes donde el riesgo de salinización es elevado, lo ideal es realizar siembra directa, para lo cual la preparación del terreno y el control de malezas debe realizarse en forma química, a fin de evitar el ascenso de sales a la superficie, generando una mayor concentración de las mismas y un ambiente menos propicio para la germinación de la especie a implantar.

Respecto a la preparación del terreno (control de malezas), debe comenzar lo antes posible, en función de la especie que se seleccionó a partir de los resultados del análisis de suelo y las malezas predominantes preexistentes, con el objetivo de llegar con el lote libre de las mismas al momento de la siembra, modificándose los productos a utilizar, el número de aplicaciones, la dosis y sobre todo el comienzo del control en función de la dificultad frente a las especies presentes. Así por ejemplo, para especies como gramón el control deberá programarse en el verano anterior a la siembra de



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

grama (Pérez y Pérez, 2000; Ríos, 2001), supeditando la misma a cuan efectivo haya sido.

3. Factores asociados a la semilla

Antes de la siembra de cualquier forrajera es necesario contar mínimamente con el valor de poder germinativo (PG) de la semilla, con el objetivo de poder corregir la densidad que se pretende sembrar, para lo cual se recomienda realizar un análisis del material en un laboratorio calificado.

Para el caso de Grama Rhodes el análisis de calidad de semillas se torna más importante, debido a los bajos valores de PG que presenta (20 a 30% en el mejor de los casos), por lo que es preciso hacer esta determinación, o la de gérmenes.Kg⁻¹ (que deberían rondar los 400 a 500 mil), lo cual daría una idea de las plántulas que potencialmente germinarían por Kg de semilla, con cualquiera de los dos datos se puede corregir la densidad de siembra objetivo.

Adicionalmente, el peso de mil semillas (P1000) es imprescindible para poder definir el número de individuos objetivo por metro cuadrado a establecer. En la actualidad debido a las variaciones adicionadas en el peso de las semillas por el tratamiento de pelleteo, cada semilla presenta un peso que varía mucho entre cultivares y/o semilleros, siendo recomendable tener el peso propio del material a sembrar, para así determinar con mayor exactitud la densidad de siembra.

Es necesario utilizar estas dos determinaciones (PG y P1000) en forma complementaria para ajustar el número de individuos potenciales que se establecerán por metro cuadrado.

A ello se le suma que para el caso de Grama Rhodes se observó que el pelleteo no es una práctica claramente beneficiosa, disminuyendo parámetros como el PG, e incrementando el número de plántulas anormales, por lo cual se vuelve mucho más necesaria una visualización complementaria de dicha información. Así, en ensayos realizados con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes tratamientos de pelleteo (Bertram *et al.*, 2013), se pudo observar que las semillas desglumadas y pelleteadas, y las pelleteadas superaron significativamente el peso de mil semillas respecto de aquellas sin tratar (estado natural) en 6,3 y 3,1 veces, respectivamente (Cuadro 1).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 1: Determinaciones de la calidad de semilla de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en estado puro y con dos tipos de pelleteo.

DETERMINACIONES	TESTIGO (estado natural)	PELETEADA	PELETEADA Y DESGLUMADA
Semilla pura (%)	94,1	96,3	84,0
Material inerte (%)	1,8	2,1	14,7
Semillas extrañas (%)	4,1	1,6	1,4
Plántulas normales (%)	34	32	27
Plántulas anormales (%)	1	3	7
Semillas muertas (%)	65	65	66
Peso 1000 (g)	0,28 a	0,87 b	1,76 c
PG (%)	34 a	32 ab	27 b
PG (plántulas.Kg⁻¹)	1.337.000 a	330.000 b	140.0 c

Las distintas letras muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos

El tratamiento de desglumado/pelleteo afectó el PG de las semillas, presentando valores del 20% menores y siete veces más plántulas anormales respecto de la semilla sin tratar. Adicionalmente se observó una disminución del PG (plántulas germinadas por Kg de semilla) cercana al 90 y 75% de las semillas desglumadas/pelleteadas y las pelleteadas respecto de las sin tratar, destacando los beneficios observados para este caso durante la etapa de implantación de trabajar con semilla sin pelletear.

Así, por ejemplo, en el caso de programar una siembra con una densidad de 5 Kg.ha⁻¹ de semillas sin contar con la información del Cuadro 1, se sembrarían 669, 165 y 70 plántulas.m⁻² de la semilla testigo, pelleteada y desglumada/pelleteada respectivamente. Por otro lado si se decidiera alcanzar una densidad de 350 plántulas.m⁻², esta se podría lograr con 2,6; 10,6 y 25 Kg.ha⁻¹ de la semilla testigo, pelleteada y desglumada/pelleteada respectivamente, observando la importancia de contar con la información de gérmenes o plántulas.Kg⁻¹ con el objetivo de disminuir los costos y maximizar la eficiencia de implantación.

Lejos de hacer más exigentes los controles y estándares en lo que respecta a la calidad de semillas, desde 2011 algunos de los requerimientos para la comercialización de semillas como por ejemplo PG se redujeron a la mitad (Cuadro 2). Por todo ello, con el objetivo de lograr una buena implantación, previo a la siembra se recomienda enviar una muestra de la semilla a un laboratorio con experiencia en el análisis de las mismas.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 2: Requerimientos de calidad de semilla de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) exigido por el INASE para las campañas 2010-11 y 2011-16 (Resolución N° 350).

CARACTERISTICAS	2010-2011	2011-2016
Mínimo PG (%)	40	20
Mínima Pureza (%)	50	80
Semillas extrañas permitidas (%)	5	5
Plántulas.Kg ⁻¹	400.000	400.000

En función de lo anteriormente mencionado, se puede observar que ni las semillas pelleteadas ni las desglumadas/pelleteadas utilizadas para el ensayo anterior (Cuadro 1) alcanzaron los requerimientos mínimos de plántulas.Kg de semilla⁻¹ exigidos en la actualidad por el INASE.

4. Factores asociados a la siembra

Como se mencionó anteriormente los ambientes con algún grado de halo-hidromorfismo pueden concentrar sales en los primeros estratos del perfil de suelo, este efecto puede acentuarse en algunos momentos del año asociado a la demanda atmosférica y a las precipitaciones, como también en función del barbecho realizado (químico o mecánico). Este fenómeno toma mayor relevancia al momento de la siembra de especies en este tipo de ambientes, pudiendo a partir de esta concentración de sales, perjudicar la emergencia y establecimiento (Cisneros *et al.*, 1998), debido a que la siembra ideal debe dejar a la semilla en contacto con el suelo cuidando que la profundidad media no supere el centímetro.

Para especies megatérmicas con tamaño de semillas muy pequeñas como Grama Rhodes, son muy difundidas las siembras al voleo (avión, esparcidora de fertilizantes o tambores), este tipo de siembra resultan ineficientes y erráticas respecto del número de individuos establecidos a partir de la densidad de semillas “tiradas” por unidad de superficie, en comparación al logro de una siembra con sembradora (Pérez *et al.*, 1983). El éxito de las siembras al voleo está íntimamente asociado a la ocurrencia de precipitaciones cercanas al momento en que se realice, así los años más húmedos se vuelven menos erráticos para este tipo de siembras que aquellos más secos. Por ello se recomienda generar el menor disturbio posible para la siembra,



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

además de colocar la semilla en contacto con el suelo mediante siembra directa, logrando una mayor estabilidad durante el establecimiento temprano sobre todo durante años de escasas precipitaciones, en ambientes con salinidades intermedias a elevadas.

La complejidad de las siembras con sembradoras, y la deficiente distribución que puede tener la semilla, se debe principalmente a que por las características de la semilla es muy común la formación de cárcavas y los atascamientos dentro del cajón sembrador, generando una desuniforme distribución entre los órganos de siembra. Esto puede solucionarse mezclando la semilla de Grama Rhodes con algún material inerte, fertilizante (no tóxico al estar en contacto con la semilla), grano entero con bajo o nulo PG (por ejemplo sorgo) para que no compita por recursos con Grama Rhodes, o grano partido, con el objetivo de que la mezcla homogénea transite desde el cajón sembrador hasta el surco sin inconvenientes con el objetivo de respetar la densidad programada. Una práctica aconsejable para mejorar la uniformidad de la distribución en la siembra es mezclar la semilla con sulfato de calcio perlado en una proporción 1:5 a 1:10 (semilla:sulfato de calcio) previo a la implantación, colocando la mezcla dentro del cajón sembrador, y verificar que la densidad real de siembra de la Grama Rhodes y del acompañante sean las planificadas en los diferentes cuerpos de la sembradora (Bertram y Chiacchiera 2012; Bertram *et al.*, 2013).

Otro de los factores que afecta la siembra de cualquier forrajera y sobre todo de aquellas como Grama Rhodes, que presentan tamaño de semilla muy reducido, son las características de la sembradora. No existen en el mercado nacional sembradoras con la precisión necesaria para lograr una buena distribución y colocación de la semilla en el surco, por lo cual se debe regular muy bien la sembradora que se utilice, que por lo general es una herramienta pensada y diseñada para la siembra de cultivos de grano y utilizada para tal fin, debido a ello la regulación de la sembradora suele llevar más tiempo.

Es importante no dejar librados al azar factores como la profundidad de siembra, el contacto de la semilla con el suelo y la distribución de la misma, así como la densidad de individuos por unidad de superficie, requisitos básicos y fundamentales para incrementar la eficiencia de implantación, reducir los costos y finalmente lograr una buena pastura.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Establecimiento temprano.

La eficiencia lograda en la elección y preparación del lote (barbecho), siembra y establecimiento temprano, van a definir la utilización durante el primer año, la producción y perennidad de la pastura. Así, el objetivo para especies como Grama Rhodes, es alcanzar densidades de plántulas que aseguren una rápida cobertura del suelo (150 a 250 plántulas.m⁻²) habiendo cumplido ordenadamente con la serie de pautas marcadas dentro del capítulo (Cuadro 3). De esta forma se reduce la competencia de malezas y en función de las precipitaciones de periodo de implantación, es posible realizar uno o dos aprovechamientos previos a la clausura en los meses de marzo abril, necesaria para acumular biomasa y proteger los puntos de crecimiento basal de las bajas temperaturas del periodo otoño-invernal (Loch, 1980; Humphreys y Partridge, 1995).

Cuadro 3: Establecimiento temprano en plantulas.m⁻² para cinco cultivares de grama Rhodes (*Chloris gayana*) sembrado en ambientes halo-hidromórficos.

CULTIVAR	1° Medición (12-02-09)	2° Medición (19-02-09)
Top Cut	367 a	283 a
Pioneer	321 ab	256 a
Épica	222 bc	181 b
Tolga	197 c	176 b
Fine Cut	189 c	151 b

Las distintas letras muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre cultivares para cada fecha.

Adicionalmente, un pastoreo de alta frecuencia previo a la clausura colabora con mantener un individuo de menor porte y evita el pasaje de macollos del estado vegetativo al reproductivo, debido a que el mayor ingreso de luz promueve el macollaje generando un tapiz más denso (Chapman y Lemaire, 1993; Colabelli *et al.*, 1998). Por ello en el caso de haber logrado de manera eficiente la implantación y establecimiento las clausuras durante el año de implantación serán perjudiciales para la densidad de individuos del tapiz.

En el caso de fallar alguna de las etapas mencionadas se recomienda anticipar el momento de la clausura. Hay casos en donde el pastoreo no es aconsejable en el año de implantación, así como en otros casos se vuelve necesario el uso de fertilizaciones estratégicas con el objetivo de lograr incrementos en el macollaje y la



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

estolonización, alcanzando una mejora en la densidad del tapiz, y otros en donde la resiembra resulta ser la mejor opción.

Es necesario remarcar que Grama Rhodes debido a su capacidad estolonífera (Bogdan, 1969; Bertram y Chiacchiera 2011; Bertram *et al.*, 2013) tiene la posibilidad de cubrir errores tanto en la elección y preparación del lote como en implantación y/o establecimiento temprano, pero ello significa un gasto energético extra que la planta y el ambiente deberán hacer por fallas en la toma de decisión.

Independientemente de las diferencias encontradas en la densidad de plántulas entre los diferentes materiales, en todos los casos se obtuvieron dos acumulaciones de biomasa con un tapiz que rondaba los 1500 a 2000 macollos.m⁻² durante el primer año de implantación (Bertram y Chiacchiera, 2011), pudiendo sufrir variaciones en función de la potencialidad del ambiente. Esto muestra la capacidad compensadora y autoreguladora de la especie, a pesar de desarrollarse en un ambiente con restricciones, presentando en algunos casos durante el establecimiento temprano, la mitad de individuos y alcanzando al final de la primera acumulación de biomasa, la misma densidad de macollos para todos los cultivares evaluados (Bertram y Chiacchiera, 2011). Vale mencionar que esta capacidad de compensación probablemente se asocie a una mínima densidad de individuos, como también al potencial ambiental.

De esta manera Grama Rhodes muestra una amplia capacidad para crecer y desarrollarse en ambientes con limitantes, pero es necesario cuantificarlas previamente para corroborar o corregir la elección de la especie, así como realizar la secuencia de procesos de la manera más ordenada y eficiente posible, reduciendo costos e incrementando la efectividad de la implantación.

BIBLIOGRAFIA

1. **Bazzigalupi, O.; S. M. Pistorale y A. N. Andrés.** 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Ciencia e investigación agraria* 35 (3): 277-285.
2. **Bennett, S. J.; E. G. Barrett-Lennard y T. D. Colmer.** 2009. Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129 (4): 349-360.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

3. **Bertram, N. y S. Chiacchera.** 2011. Grama Rhodes: eslabón de una cadena forrajera para suelos con limitantes salinas. *Agromercado* (Clásico) N° 161: 2-4
4. **Bertram, N. y S. Chiacchiera.** 2012. Megatérmicas: Grama Rhodes para suelos salinos. *Márgenes Agropecuarios*. Suplemento Ganadero: 30-31.
5. **Bertram, N.; S. Chiacchiera y M. B. Aimetta.** 2013. Implantación y establecimiento temprano de grama Rhodes (*Chloris gayana*). En: *Planteos Ganaderos SD*. Aapresid: 31-36.
6. **Bertram, N.; C. S. Alfonso; S. Chiacchiera; F. R. Angeletti; A. E. Ohanian y H. R. Pagliaricci.** 2015. Identificación y jerarquización del efecto de parámetros edáficos sobre el crecimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) durante el establecimiento temprano. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 35 Supl. 1: 139-257. PP 102.
7. **Bogdan, A. V.** 1969. Rhodesgrass. *Herbage abstracts*. 39:1-13.
8. **Cantero, J. J.; A. Cantero y J. M. Cisneros.** 1996. Vegetación de los paisajes hidrohalomórficos del centro de Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto.
9. **Cisneros, J. M. P.; J. E. Weir; E. Cantero; J. J. C. Gutiérrez; A. Arce; J. M. Ayub y A. C. Gutiérrez.** 1998. Manual de técnicas de manejo de campos afectados por inundaciones.
10. **Cisneros, J. M.; A. Degioanni; J. J. Cantero y A. Cantero.** 2007. Caracterización y manejo de suelos salinos en el Área Pampeana Central. En: Taleisnik, E.; K. Grunberg y G. Santa María (Eds.). La salinización de suelos en Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Ed. de la Universidad Católica de Córdoba (EDUCC), Córdoba: 17-46.
11. **Colabelli, M.; M. Agnusdei; A. Mazzanti y M. Labreveux.** 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín técnico* 148.
12. **Chapman, D. F. y G. Lemaire.** (1993, February). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In *International Grassland Congress* Vol. 17: 95-104.
13. **Humphreys, L. R. y I. J. Partridge.** 1995. A guide to better pastures for the tropics and subtropics. In: NSW Agriculture. Australia pp. 31-35.
14. **Jobbágy, E. G. y R. B. Jackson.** 2004. Groundwater use and salinization with grassland afforestation. *Global Change Biology* 10 (8): 1299-1312.
15. **Jobbágy, E. G.; M. D. Noretto; C. Santoni y G. Baldi.** 2008. El desafío eco-hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la Llanura Chaco-pampeana. *Ecología Austral* 18: 305-322.
16. **Lavado, R. S.** 2012. Salinidad y alcalinidad: propiedades, efectos sobre los cultivos y manejo. En: Álvarez, R.; G. Rubio; C. R. Álvarez y R. S. Lavado. Fertilidad de suelos, caracterización y manejo en la región pampeana. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires: 35-58.
17. **Lavado, R. S. y M. A. Taboada.** 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. En: El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. FAUBA, Buenos Aires. 160 págs
18. **Lewis, J. P.** 2001. La Biosfera y sus Ecosistemas. Una introducción a la Ecología.
19. **Loch, D. S.** 1980. Selection of environment and cropping system for tropical grass seed production. *Tropical Grasslands* Vol. 14 N°3: 159-168.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

20. **Nosetto, M. D.; E. G. Jobbágy; R. B. Jackson y G. A. Sznajder.** 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. *Field Crops Research* 113 (2): 138-148.
21. **Maas, E. V.** 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research* 1: 12-25.
22. **Munns, R.** 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment* 25 (2): 239-250.
23. **Porta, J.; M. López-Acevedo y C. Roquero.** 1994. Salinización y sodificación: suelos de regadío. En: Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-prensa, Madrid: 645-690.
24. **Priano, L. J. y M. A. Pilatti.** 1989. Tolerancia a la salinidad de forrajeras cultivadas. *Ciencia del suelo* 7 (1-2):113-116.
25. **Pérez, A.; C. Matías e I. Reyes.** 1983. Influencia del método y la densidad de siembra en la producción de semillas del cv. Likoni. *Pastos y Forrajes* 6 (3).
26. **Pérez, M. B. y L. A. Pérez.** 2000. Efecto del gramón (*Cynodon dactylon*) en pasturas. XVIª Reunión Latinoamericana de Prod. Animal (ALPA), Montevideo.
27. **Rains, D. W.** 1991. Salinity and alkalinity as an issue in world agriculture. *Plant Salinity Research. New Challenges*: 19-31.
28. **Ríos, A.** 2001. Dinámica y control de *Cynodon dactylon* en sistemas mixtos de siembra directa y laboreo convencional. En: Díaz Rosello, R. Siembra directa en el Cono Sur. MONTEVIDEO:IICA/PROCISUR: 211-224.
29. **Shannon, M. C.** 1997. Adaptation of plants to salinity. *Advances in Agronomy* 60: 75-120.
30. **Taleisnik, E.; G. Peyrano y C. Arias.** 1997. Response of *Chloris gayana* cultivars to salinity.1. Germination and early vegetative growth. *Tropical Grasslands* 31: 232-240.
31. **Ungar, I. A.** 1978. Halophyte seed germination. *The Botanical Review* 44 (2): 233-264.
32. **Weir, E.** 2000. Mapas de suelos: inventario de la superficie ocupada por suelos halomórficos. En: Manual de técnicas de manejo de campos afectados por inundaciones: 7-8.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

CULTIVARES DE GRAMA RHODES DIFUNDIDOS EN LA ARGENTINA Y SU MEJORAMIENTO.

Edith Taleisnik^a, Héctor E. Pérez^b, Cristian Acuña^c y Rosalba Pemán^c

^aCONICET, IFRGV, CIAP-INTA, Córdoba Argentina etaleisnik@conicet.gov.ar,

^bEEA INTA Manfredi, Córdoba Argentina, perez.hector@inta.gob.ar,

^cOscar Pemán y Asociados SA, Ruta Nacional 9 Km 761, Sinsacate, Córdoba, Argentina, rosalbapeman@peman.com.ar

En el Chaco semiárido argentino existen varios millones de hectáreas aptas para la producción ganadera donde los suelos están afectados por diversas condiciones negativas, entre ellas la salinidad (Angueira, 1986) que ocasionan severas pérdidas en la productividad forrajera potencial. Entre las especies megatérmicas difundidas en la región, la grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) es la que presenta mejor adaptación a estos ambientes, por su reconocida tolerancia a condiciones de salinidad y heladas ligeras (Bogdan 1969).

Chloris gayana crece naturalmente en el África tropical y subtropical (Loch, *et al.* 2004). Estos autores indican que fue cultivada inicialmente en Sud África, alrededor de 1895, por Cecil Rhodes, de donde proviene el nombre común de esta especie. Se introdujo en 1902 en Australia, difundándose desde New South Wales hasta Queensland. A EEUU se la llevó en 1903 y se difundió en los estados de Florida y Texas.

C. gayana se presenta en *formas* diploides ($2n=20$) y tetraploides. Los cultivares han sido desarrollados en Australia, en África, (principalmente en Kenya), Japón ha liberado varios cultivares en el pasado, y más recientemente, la Argentina ha ingresado al mercado con dos cultivares. El Cuadro 1 resume los principales cultivares australianos y argentinos de uso actual, mostrando la ploidía, y las características agronómicas principales. Loch, *et al.* (2004) indican que ha habido varios cultivares que hoy están obsoletos pero cuyo germoplasma aún se consigue, entre los cuales se mencionan a Callide, Samford y Elmba entre los tetraploides y Katambora y Pioneer entre los diploides.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 1: Características de los nuevos cultivares de *Chloris gayana* de origen australiano (AU) y argentino (AR). Se indican el número de clones policruzados y el número de generaciones hasta la obtención del cultivar, así como el criterio de selección. (Adaptado de Loch y Zorin, 2010; Plant Variety Journal, 2009; Pérez, *et al.* 2009; Ribotta, *et al.* 2013).

Cultivar	Ploidía	Nº clones originales	Cultivar de Origen	Nº generaciones	Criterio de selección agronómica
Sabre (AU)	4n	10	Callide	5	Floración temprana, densa, foliosa, tallos finos
Toro (AU)	4n	13	Callide	4	Floración tardía, densa, foliosa
Mariner (AU)	4n	12	Samford	4	Floración tardía, densa, foliosa, tallos finos
Gulfcut (AU)	2n	12	Finecut	4	Tallos finos, hábito de crecimiento erecto denso y folioso
Salcut (AU)	2n	15	Topcut	4	Idem
Reclaimer (AU)	2n	15	Finecut	4	Idem
Epica INTA-Peman (AR)	4n	20	Boma	4	Floración tardía, erecta, foliosa, alto número de estolones
Santana INTA-Peman (AR)	2n	12	Varios cultivares	4	Hábito de crecimiento erecto, denso y alta calidad.

La obtención de los cultivares se ha realizado por selección en poblaciones naturales, como fue el caso de Katambora (Loch *et al.*, 2004) o por generación de sintéticos, intentando mejorar alguna característica en particular. A continuación se describen los procedimientos de obtención de algunos de los cultivares australianos y los obtenidos en nuestro país.

El cultivar Pioneer es el más antiguo, proviene de poblaciones introducidas en Australia en 1902 y durante mucho tiempo se lo conoció como variedad "común". El



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

cultivar Bell se desarrolló en EEUU a partir seguramente de Pioneer. Fue generado a partir de tres plantas resistentes a la cochinilla de los pastos *Antonina graminis*.

En Argentina, diferentes estudios sentaron las bases fisiológicas y las herramientas metodológicas para la selección de materiales de *Chloris gayana* con mayor tolerancia a la salinidad. Así, de Luca *et al.* (2001) determinaron la densidad de glándulas salinas en varios clones obtenidos a partir de multiplicación vegetativa de plantas individuales del cv. Boma (Figura 1). Se observó mayor densidad de glándulas en un clon tolerante a la salinidad (T) que en uno susceptible (S). La excreción de Na^+ fue cuatro veces mayor en el clon T mientras que la de K^+ fue similar en ambos clones, por lo que la relación Na^+/K^+ en la excreción fue más alta en el clon T que en el S.

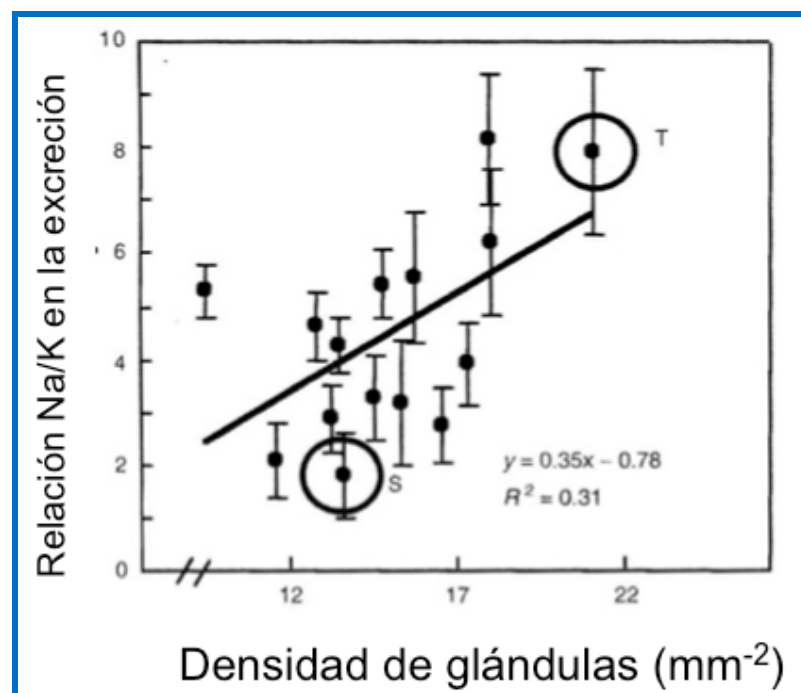


Figura 1: Relación de excreción Na^+/K^+ en función de la densidad de glándulas en varios clones de *Chloris gayana* derivados de Boma. Dos clones de diversa tolerancia a la salinidad (T, tolerante y S, susceptible) están identificados con círculos (Adaptado de Luca *et al.*, 2001).

Este conocimiento fue utilizado en el mejoramiento para tolerancia a la salinidad en varios cultivares recientemente desarrollados en Australia para esta característica



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

(Loch y Zorin, 2010; Plant Variety Journal, 2009). La densidad de glándulas salinas en cada generación fue en aumento, como se muestra en la Figura 2.

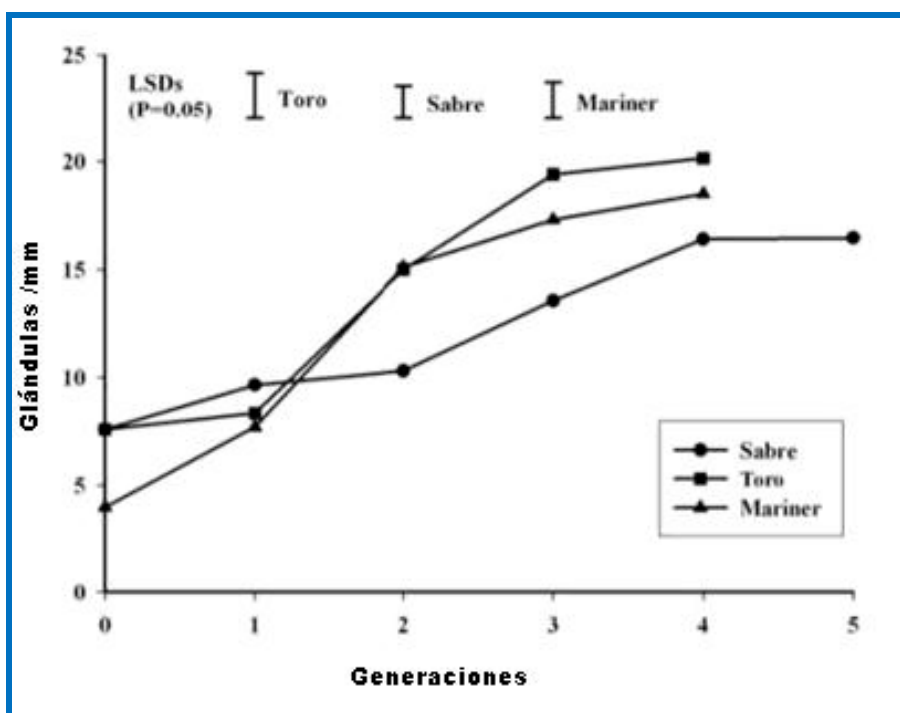


Figura 2: Cambios en la densidad de glándulas en tres poblaciones mejoradas de Grama Rhodes sobre 4 o 5 generaciones de selección para tolerancia a sales. (Adaptado de Loch y Zorin, 2010).

Existe un renovado interés por el desarrollo de cultivares con tolerancia incrementada a la salinidad. Reclaimer, Gulfcut y Salcut son cultivares diploides que fueron obtenidos en Australia, a partir de Finecut los primeros dos y de Topcut el último. Fueron obtenidos por selección fenotípica masal aplicada a cuatro generaciones sucesivas de plántulas derivadas de los cultivares mencionados. En la generación 1, la selección se basó en el crecimiento de las plantas y la supervivencia bajo condiciones de alta salinidad, seguido de la selección por características agronómicas (tallos finos, hábito de crecimiento denso y folioso) en condiciones no salinas. En cada una de las generaciones subsiguientes (2-4), la selección se hizo progresivamente en 3 etapas en base a (1) la germinación en condiciones salinas, (2) el crecimiento y la supervivencia en condiciones de salinidad, y (3) características agronómicas destacadas bajo condiciones no salinas. Los cultivares sintéticos son derivados de las varias plantas

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

seleccionadas de la generación de cría F4. Estas plantas fueron propagadas vegetativamente para establecer un bloque de policruzamiento. La semilla comercial de los cultivares se produjo a partir de la segunda generación de multiplicación vegetativa luego del establecimiento inicial de las parcelas de policruzamiento.

Épica INTA-Pemán es un cultivar tetraploide con alta tolerancia a la salinidad, obtenido en nuestro país (Pérez *et al.*, 2009), a partir de Boma. Plantas obtenidas de semilla fueron multiplicadas vegetativamente y sometidas a presión de selección por salinidad (60 y 80 dS.m⁻¹) en hidroponia, bajo condiciones controladas. Las plantas supervivientes fueron clonadas y llevadas a campo donde se las evaluó por sincronía de floración y porte. Entre ellas, se identificó un genotipo con excepcionales características de estolonamiento. Estos clones fueron policruzados, obteniéndose dos generaciones. Las semillas obtenidas sobre la segunda constituyen el material fundacional de la nueva variedad sintética.

Santana INTA-Pemán es un cultivar diploide que fue obtenido en nuestro país (Ribotta *et al.*, 2013), a partir de un procedimiento que comprendió dos etapas. En la primera, bajo condiciones de invernadero e hidroponia, se seleccionaron clones con mayor porcentaje de supervivencia a 600 mM de NaCl. Posteriormente estos se evaluaron morfológicamente, en base a caracteres cuali-cuantitativos, vegetativos y reproductivos y por su calidad forrajera. Los clones más promisorios fueron seleccionados como los parentales y policruzados, obteniéndose Sin-1. Sobre ésta se realizó selección fenotípica masal para porte de planta, volumen de mata y rebrote. De la polinización abierta de la Sin-1 se obtuvieron dos generaciones sucesivas. Las semillas obtenidas sobre la segunda constituyen el material fundación de la nueva variedad sintética.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Angueira, M. C.** 1986. Geomorfología de la provincia de Santiago del Estero. Proceedings of the Curso Taller Internacional "Desmonte y habilitación de tierras en zonas semiáridas", Santiago del Estero, pp. 32-54.
2. **Bogdan, A. V.** 1969. Rhodes grass. *Herbage Abstracts* 39:1-13.
3. **De Luca, M.; L. García Seffino; K. Grunberg; M. Salgado; A. Córdoba; C. Luna; I. Ortega; A. Rodríguez; A. Castagnaro y E. Taleisnik.** 2001. Physiological

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

causes for decreased productivity under high salinity in Boma, a tetraploid *Chloris gayana* cultivar. *Australian Journal of Agricultural Research* 52 : 903-910.

4. **Loch D. S.; N. Rethman y W. Van Niekerk.** 2004. Rhodesgrass. En: Moser L. E.; B. L. Burson y L. E. Sollenberger (Eds.) *Warm-season (C4) grasses. Agronomy Monograph no. 45.* Madison, USA: American Society of Agronomy.
5. **Loch, D. S. y M. Zorin.** 2010. Development of new tetraploid *Chloris gayana* cultivars with improved salt tolerance from 'Callide' and 'Samford'. En: Smith G. R.; G. W. Evers y L. R. Nelson (Eds.) *Proceedings of the 7th International Herbage Seed Conference*, pp. 190-194. Texas A & M University, Dallas, United States.
6. **Plant Variety Journal.** 2009. Official Journal of Plant Breeder's. Rights Office, IPAustralia Vol 2:3: 98-100 y 262-279.
7. **Pérez H.; E. Taleisnik; D. Díaz y R. Pemán.** 2009. Development of a tetraploid salt-tolerant *Chloris gayana* cultivar. Proceedings of the Simpósio Internacional sobre Melhoramento de Forrageiras, Campo Grande, Brazil.
8. **Ribotta, A. N.; S. M. Griffa; D. Díaz; E. J. Carloni; E. López Colomba; E. A. Tommasino; M. Quiroga; C. Luna y K. Grunberg.** 2013. Selecting salt-tolerant clones and evaluating genetic variability to obtain parents of new diploid and tetraploid germplasm in rhodesgrass (*Chloris gayana* K.). *South African Journal of Botany* **84**: 88-93.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

BIOTECNOLOGIA EN EL MEJORAMIENTO DE GRAMA RHODES (*Chloris gayana* Kunth) .

Anabella Victoria Fassiano
NeoGram - Cátedra de Genética, Facultad de Agronomía de la UBA.
anabella@neogram.com.ar

1. INTRODUCCIÓN.

En las últimas décadas se ha producido un cambio en el escenario productivo que terminó por desplazar a la ganadería a zonas de baja aptitud agrícola e intensificar la carga animal en zonas con suelos de buena aptitud. La baja aptitud agrícola en los suelos argentinos se debe, en general, a sus limitaciones edafo-climáticas, como la alta salinidad, los periodos de encharcamiento, etc. (De León, 2009; Ávila *et al.*, 2014). Las gramíneas son plantas con una amplia capacidad de adaptación ambiental para tolerar el frío, el calor, la sequía (Giri y Praveena, 2015).

Esta situación ha generado a la necesidad de adoptar el uso de nuevas especies forrajeras con características muy diferentes a las tradicionales, particularmente asociadas a su capacidad de desarrollares en suelos pobres. Aunque estas especies no se caracterizan por ser muy nutritivas, ni de ciclos vegetativos extendidos. Como resultado de estas particularidades se da una productividad ganadera muy baja, lo que ha generado la necesidad de mejorar de los recursos forrajeros (De León, 2009). Muchas herramientas se han aplicado para aprovechar mejor los recursos disponibles, como la selección de especies apropiadas a cada sitio y el manejo del pastoreo. Sin embargo, la necesidad de mejorar la calidad nutricional u otros caracteres complejos requiere de la búsqueda de nuevas estrategias, que impliquen mejoras a otro nivel. Es así, como el mejoramiento genético del forraje se vuelve un tema central para el desarrollo de las nuevas zonas ganaderas (Giri y Praveena, 2015).

Los enfoques convencionales han contribuido sustancialmente en el mejoramiento genético de las gramíneas. No obstante, la mejora genética de pastos alógamos, con altos porcentajes de autoincompatibilidad, por programas de mejoramiento convencional es muy lento. La autoincompatibilidad presenta un gran desafío para el mejorador, ya que las plantas resultan mayormente heterocigotas, además de limitar la capacidad de endocría para concentrar los genes de interés. Estos

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

dos factores son los principales frenos para someter este tipo de plantas a programas de mejoramiento convencional para desarrollo de nuevos cultivares (Spangenberg *et al.*, 1999; Giri y Praveena, 2015).

2. LA BIOTECNOLOGÍA COMO HERRAMIENTA DEL MEJORAMIENTO.

El mejoramiento se basa en la introducción de variabilidad, selección, evaluación y multiplicación de los genotipos de interés. La carrera para satisfacer las necesidades del sector productivo es cada vez más exigente y es necesario aumentar la eficiencia del proceso de mejoramiento desarrollando nuevas herramientas. Es así como con el paso del tiempo se ha ido sofisticando el mejoramiento genético, desde sencillos cruzamientos dirigidos a generación de híbridos e incluso el desarrollo de transgénicos. De esta manera, la biotecnología pasa a ocupar un lugar central en las nuevas estrategias de mejoramiento.

La biotecnología es aquella aplicación tecnológica que emplea sistemas biológicos, ya sea organismos vivos o sus derivados, para obtener o modificar productos o procesos. Es una rama interdisciplinaria en la que convergen la biología, la ingeniería genética y la tecnología. El uso de herramientas biotecnológicas permite modificar las características del forraje de manera específica. Esto significa que pueden editarse características preexistentes o agregarse nuevas.

Actualmente, los mejoradores cuentan con un abanico de herramientas biotecnológicas con las que pueden optimizar sus programas de mejoramiento. Estas herramientas permitieron complementar, acelerar u optimizar el mejoramiento convencional, y los mejoradores optaron por combinar varias herramientas que les permitan alcanzar su meta.

Las metodologías biotecnológicas son muy prometedoras cuando se consideran como parte de los programas de mejoramiento de pasturas. Tales metodologías pueden incluir el establecimiento de una base de cultivo de tejidos para la regeneración eficiente de plantas genéticamente estables, utilizar el cultivo *in vitro* de tejidos para multiplicar el material rápidamente, la generación de plantas transgénicas mediante la introducción de genes de interés agronómico por transformación biolística, inducir

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

variación utilizando mutagénesis, el desarrollo de marcadores moleculares como herramientas en la identificación de cultivar o marcador para selección asistida, el desarrollo de tecnologías bioinformáticas para el descubrimiento de genes, entre otras.

En los últimos años, se han logrado avances significativos en el establecimiento de la base metodológica necesaria para la manipulación genética de las especies de pastos clave que forman la base de forraje y la producción ganadera (Spangenberg *et al.*, 1999). Incluso se ha comenzado a considerar a las especies forrajeras como stocks de biomasa para la generación de fuentes alternativas de energía a partir de la posibilidad de mejorar sus características (Basu y Prasad, 2011). Así surge el mejoramiento molecular de pasturas tropicales y subtropicales.

Una de las especies que ha tomado particular relevancia en este escenario es *Chloris gayana* (Grama Rhodes), pues se adapta muy bien a una gran diversidad de climas, sean estos semiáridos o subhúmedos, además de tolerar muy bien suelos con salinos. Estas características la hace de amplia distribución en Argentina (De León, 2010; Ribotta, 2013a; Ávila *et al.*, 2014).

Las principales características que buscan modificarse a través de la biotecnología en pasturas suelen apuntar a mejorar la calidad forrajera, resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia estreses abióticos y manipulación del crecimiento y desarrollo (Vasil, 2013; Giri y Praveena, 2015). Particularmente en *Chloris gayana* se destacan como características a mejorar su calidad forrajera, tanto por digestibilidad, contenido de azúcares solubles y proteínas o extensión de su ciclo vegetativo, la tolerancia a anegamiento, sombreado e incluso frío. Dado que esta forrajera no presenta pestes o enfermedades de importancia económica (Loch *et al.*, 2004), este tipo de targets no suelen ser abordados.

Algunas de las herramientas biotecnológicas desarrolladas en *Chloris gayana* son:

- **Marcadores moleculares**
- **Mutagénesis inducida**
- **Cultivo de tejido y variación somaclonal**
- **Transgénesis**

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

2.1.- Marcadores Moleculares.

Una de las primeras herramientas incorporadas al mejoramiento es la selección asistida por marcadores moleculares. Con el desarrollo de un número suficiente de marcadores genéticos en la década del '80, se pudo seguir la herencia de características agronómicas de importancia. Desde entonces, la tecnología de marcadores de ADN ha mejorado drásticamente la eficiencia del mejoramiento (Jonah *et al.*, 2011).

Los marcadores moleculares son fragmento de ADN que se asocian con una cierta ubicación dentro del genoma que está ligada a variantes, y pueden ser utilizados para detectar polimorfismo entre los diferentes genotipos o alelos de un gen para una secuencia particular de ADN. En otras palabras, un marcador molecular es una pequeña región de la secuencia de ADN que muestra polimorfismo (deleciones, inserciones y sustituciones) entre diferentes individuos y pueden detectarse por técnicas de biología molecular (Jonah *et al.*, 2011; Jiang, 2013).

Esta tecnología ha probado ser muy potente y confiable como herramienta para la manipulación de características de interés agronómico. Permite la selección de cualquier tipo de carácter, no es influenciado por el ambiente y se pueden detectar distintos alelos (sólo algunas metodologías).

Particularmente, en *Chloris gayana*, la herramienta de marcadores moleculares no ha sido extensamente desarrollada. Se han desarrollado únicamente 3 tipos de marcadores moleculares: los RAPD (por sus siglas en inglés *Random Amplification of Polymorphic DNA*), AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) y RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphism*). Estos marcadores son los que requieren menor conocimiento del genoma de la planta y son una primera aproximación para generar información de base que permita el avance a marcadores más precisos.

Los RFLPs son los marcadores más sencillos. Se basan en la acción de enzimas de restricción y su capacidad de reconocer varios sitios de corte dentro de un genoma. La variabilidad dentro del código genético puede agregar o quitar sitios de restricción, generando fragmentos de ADN de longitud diferencial, lo que se traduce en patrones de bandas diferentes para distintos individuos. La principal desventaja de esta técnica es que requiere grandes cantidades de ADN (Jonah *et al.*, 2011). Ubi *et al.* (2004)

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

desarrollaron RFLPs para *Chloris gayana* y los utilizaron en conjunto con AFLPs para generar mapas genéticos de dos variedades diferentes y poder determinar la segregación de ciertas características de cada parental. Obtuvieron muy buenos resultados, por lo que estos mapas de ligamiento serían un buen punto de partida para estudiar el ligamiento de genes de interés agronómico.

Los RAPDs, por otro lado, detectan polimorfismos en la secuencia de ADN mediante el uso de un único primer cuya secuencia es arbitraria. Utiliza menor cantidad de ADN que los RFLPs y la técnica es muy simple (Jonah *et al.*, 2011; Jiang, 2013). Sin embargo, su reproducibilidad es baja (Jiang, 2013). Perez *et al.* (1999) desarrollaron estos marcadores para evaluar la relación genética entre cultivares en relación a la variabilidad en la respuesta a la salinidad. Se evaluaron los polimorfismos caracterizado por RAPDs de distintos cultivares en condiciones normales y bajo condición de salinidad a campo. Los análisis mostraron agrupamientos entre cultivares emparentados, Pioneer, Local y Trancas por un lado, Katambora por otro y los cultivares tetraploides Boma y Callide por otro (Pérez *et al.*, 1999).

Los AFLPs son fragmentos de ADN que han sido amplificados utilizando primers para fragmentos de restricción específicos dentro del ADN genómico. Es decir, es una combinación de RFLPs y RAPDs, donde el ADN genómico es tratado con enzimas de restricción y de los fragmentos resultantes se amplifican algunos utilizando primers específicos (Jiang, 2013). Es una técnica muy sensible y con mayor reproducibilidad que las anteriormente mencionadas. Ubi *et al.* (2000) aplicaron la técnica de AFLPs para detectar variaciones genéticas entre cinco cultivares tetraploides, observando con esta técnica un nivel alto de variación entre los cultivares evaluados. También se utilizó para identificar distintos individuos de 12 cultivares diploides de *Chloris gayana* (Ubi *et al.*, 2001). Lograron obtener secuencias de primers que pudieran identificar individualmente a las plantas, con perfiles reproducibles. La alta tasa de polimorfismo de los AFLPs, que permite distinguir patrones no sólo entre cultivares, sino también entre individuos dentro de un cultivar, hace promisorio a esta técnica. De hecho, fue aplicada para determinar si la diversidad genética fue disminuida tras someter una población a programas de mejoramiento (Ubi *et al.*, 2003), como así también para la selección de parentales poco emparentados para el desarrollo de una nueva variedad

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

con tolerancias a salinidad mejorada (Ribotta *et al.*, 2013b). Estos resultados mostraron que los AFLPs son una técnica robusta para el análisis del genoma en *C. gayana* con gran potencial como una herramienta en programas de mejoramiento.

Existen otros marcadores moleculares que han sido muy aplicados en programas de mejoramiento asistido, aunque aún no han sido desarrollados en *Chloris gayana*. Son los SSR (*Simple Sequence Repeat*) y los SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*). Los SSRs (también llamados microsatélites) son pequeñas secuencias en tándem repetidas en el genoma. El número de repeticiones varía entre los diferentes individuos de una población. Las secuencias flanqueantes suelen estar muy conservadas y suelen ser únicas, lo que permite el diseño de primers que, por PCR, amplifiquen los SSR. Estos marcadores tienen un alto grado de polimorfismo y son muy reproducibles, lo que los hace candidatos ideales para la selección asistida en programas de mejoramiento. La principal desventaja de este tipo de marcador es la necesidad de contar con información de secuencias del genoma de la planta.

Por otro lado, los SNPs son polimorfismos de un nucleótido dentro de la secuencia de ADN. Son la forma más simple y moderna de marcadores moleculares. La frecuencia con la que aparecen es muy alta, en un rango de un SNP cada 100 a 300 pb en plantas (Jiang, 2013). Los desafíos que presentan los SNPs son principalmente dos: por un lado requiere de la genotipificación de la planta; por otro, el método de detección debe ser lo suficientemente sensible para determinar cambios de una base en la hebra de ADN. Esto lo vuelve un método caro, que requiere equipamiento de avanzada.

El desarrollo de este tipo de marcadores requiere mayor conocimiento sobre secuencias de la especie, por lo tanto, implica que se haya recorrido un camino de investigación que en el caso de *Chloris gayana*, aún no se ha recorrido. Para esta especie, aún queda mucho trabajo por hacer con marcadores más simples, que brindan información que aún se desconoce. Sin embargo, es necesario desarrollarlos, ya que, a pesar de ser marcadores más intensivos en conocimiento, son mucho más precisos que los descriptos inicialmente.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

2.2.- Mutagénesis inducida.

Las mutaciones son cambios en el código genético. Estas modificaciones suceden de forma espontánea en la naturaleza, pero con una baja frecuencia. Contar con variabilidad genética es el principal paso dentro de un programa de mejoramiento, la cual permite la selección de cultivares para diversos fines (Brunner, 1995; Foster, 2014), como altura, floración, velocidad de maduración, mayor rendimiento, contenido de proteínas o aceites, tolerancia a factores bióticos o abióticos, entre otros (Ahloowalia *et al.*, 2004). Para aumentar la tasa de aparición de variantes se pueden inducir mutaciones con diversos agentes, ya sean químicos o físicos, que actúan produciendo distintos tipos de variantes (Brunner, 1995; Sikora *et al.*, 2011).

La mutagénesis inducida es una valiosa herramienta para los programas de mejoramiento de especies vegetales. Esta metodología permite acelerar de manera considerable el proceso de obtención de nuevos cultivares (Ahloowalia *et al.*, 2004; Mohan Jain, 2005; Parry *et al.*, 2009; Sikora *et al.*, 2011) y no implica regulaciones especiales para la comercialización en ningún país, a excepción de Canadá. Su principal desventaja es la inespecificidad de la modificación, la mutación se da al azar. Por lo tanto, se requiere tratar una gran cantidad de semillas, callos o explantos elegidos para que se puedan rescatar individuos diferenciales para el carácter de interés.

Existen distintos agentes mutágenos que se pueden utilizar, tanto físicos como químicos. Los mutágenos más utilizados son EMS (químico) y rayos gamma (físico) (Mohan Jain, 2005). El Etil-Metano-Sulfonato (EMS) es conocido por provocar mutaciones puntuales: actúa durante el proceso de replicación convirtiendo un par G:C en un par A:T, induciendo la aparición de transiciones (GC→AT) (Luan *et al.*, 2007; Sikora *et al.*, 2011). Este agente fue el seleccionado por NeoGram® para inducir variabilidad en las especies vegetales que ingresen en la plataforma de mutagénesis inducida.

Basándonos en la utilización de esta técnica, hemos desarrollado en NeoGram® una plataforma tecnológica de bajo costo y muy versátil para incrementar la variabilidad poblacional de especies vegetales buscando características de interés para su

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

mejoramiento (Duarte *et al.*, 2015b). Comenzamos trabajando para mejorar la digestibilidad de la variedad Katambora, que resulta una variedad muy versátil, aunque su digestibilidad, particularmente de las hojas, no es muy destacada (Ribotta *et al.*, 2013). El objetivo de la primer fase de trabajo fue lograr una población mutante de un cultivar comercial de *Chloris gayana*, con el fin de encontrar variantes con un contenido de lignina reducido.

Se optó por el trabajo con semillas como material vegetal de partida. Se determinó la sensibilidad de *Chloris gayana* al agente mutágeno de forma de seleccionar la concentración. Para ello, se obtuvieron las curvas dosis-respuesta. A partir de estas últimas se calculó la dosis letal 50 (DL₅₀) en ese cultivar en las condiciones establecidas por el equipo técnico de NeoGram®. Contando con la concentración de trabajo se desarrollaron varios eventos de mutación dentro del programa de generación de la población mutante. A posteriori, la población generada se llevó de cámara de germinación a invernáculo, donde comenzaron las evaluaciones visuales para detectar fenotipos de interés o aberrantes. Alcanzado el estadio fenológico adecuado, se procedió al muestreo y determinación de proporción de lignina en la pared celular. De esta manera se seleccionaron individuos de interés para continuar el programa de mejoramiento (Duarte *et al.*, 2015a).

Por otra parte, Krishna *et al.* (1984) generaron una población mutante de *Chloris gayana* sometida a rayos gamma. Los tratamientos con rayos gamma involucran, como con todas las radiaciones ionizantes, altos niveles de daño cromosómico. Esto implica roturas simples y dobles de la cadena de ADN, inserciones y deleciones (Sikora *et al.*, 2011). También utilizaron semillas como material de partida y las sometieron a distintas dosis del agente mutágeno. Grama rhodes resultó ser muy sensible a la exposición a rayos gamma, evidenciado por las alteraciones generadas a múltiples parámetros morfofisiológicos, incluidos los sistemas fotosintéticos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 1: Población mutante de *Chloris gayana* generada por el equipo de NeoGram®.

En general, por técnicas de mutagénesis se tiende a abordar la mejora de características que sean de fácil comprobación, ya que se requiere de numerosos individuos tratados para encontrar el fenotipo de interés. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que estas metodologías trabajan sobre la genética pre-existente, por lo que pueden modificarla, pero nunca se incluirán vías metabólicas que no estuvieran previamente presentes en la planta.



Foto 2: Veteado en planta mutante de *Chloris gayana*. Este tipo de fenotipos son indicativos de la correcta acción del mutágeno.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Existe la posibilidad de apuntar a otro tipo de características por una complementación de la mutagénesis que se denomina TILLING (de sus siglas en inglés *Targeting Induced Local Lesions in Genomes*). Este enfoque permite realizar un análisis de sobre un gen concreto sobre el cual se buscan variante. Es por eso que también se lo conoce como un enfoque de genética reversa, ya que se busca un gen modificado y luego se evalúa el tipo de fenotipo que produce esa modificación. Para hacer uno de esta técnica es necesario conocer en cierta profundidad la genética de la planta, ya que se debe seleccionar el o los genes que se desean monitorear. Además, deben conocerse las variantes naturales presentes en una población, de forma tal de seleccionar variantes generadas por las mutaciones y no variantes pre-existentes.

2.3.- Cultivo de tejidos y variación somaclonal.

El cultivo *in vitro* de tejidos vegetales para la generación de órganos o plantas completas se ha desarrollado fuertemente en las últimas décadas. Existen protocolos disponibles para una variedad de plantas forrajeras de importancia económica, como *Panicum* spp. (Seo *et al.*, 2010), *Brachiaria ruziziensis* (Ishigaki *et al.*, 2009), *Cenchrus ciliaris* (Colomba *et al.*, 2006), *Setaria italica* (Vishnoi y Kothari, 1996), *Eragrostis curvula* (Echenique *et al.*, 1996), incluida *Chloris gayana*.

Particularmente, en esta última especie, se han desarrollado protocolos de cultivo para la generación de células totipotenciales a partir de semillas maduras (Doi *et al.*, 1985), explantos de mesocótilo (Nishihira *et al.*, 1989) y meristema apical (Gondo *et al.*, 2007). En todos los casos señalados, se reconoce que la regeneración de individuos completos a partir de masas de células desdiferenciadas o callos de células embrionarias es el principal cuello de botella de los protocolos desarrollados para *Chloris gayana*. Esto se plantea como un gran reto a la hora de generar un protocolo robusto. Parte de este desafío que se presenta a la hora de desarrollar un protocolo de cultivo de tejidos es lograr obtener una alta eficiencia partiendo de material con origen en una población de gran variabilidad natural (Giri y Praveena, 2015).

Algunos factores que afectan la regeneración de los callos pueden involucrar el origen de los mismos, el genotipo, la composición del medio, los reguladores del crecimiento adicionados, el ambiente que circunda el callos, la fuente de carbohidratos,



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

entre otros (Mohan Jain, 2001; Giri y Praveena, 2015). La selección del genotipo de trabajo resulta crucial a la hora de plantearse realizar cultivo de tejidos *in vitro*.

En NeoGram®, abordamos el desarrollo del protocolo de tejidos publicado por Gondo *et al.* (2007), ya que este aseguraba una eficiencia de regeneración más alta que los previamente publicados. En ese trabajo se utilizó como material de partida o explantos, meristemas apicales de clones de plantas mantenidas *in vitro*. Es decir que este protocolo de cultivo estuvo ajustado a un único genotipo. En nuestra experiencia, no fue posible reproducir este protocolo en el laboratorio y desarrollamos un protocolo de cultivo de tejido propio, ajustado al genotipo del nuestro propio material de partida, obteniendo eficiencias de regeneración de hasta el 50%. La eficiencia del protocolo desarrollado es muy dependiente del genotipo, como sucede con otras forrajeras como *Panicum virgatum* (Seo *et al.*, 2010). Es por este motivo que el protocolo de Gondo *et al.* (2007) disponible en la bibliografía no pudo ser reproducido. Esta variabilidad debe acotarse utilizando líneas homogéneas previamente generadas en el laboratorio o bien someter distintos genotipos al protocolo que se pretende seguir, seleccionar los de mayor eficiencia y con esa base, realizar los ajustes necesarios. Este proceso finalmente puede resultar largo y costoso.



Foto 3: Plantines de *Chloris gayana* mantenidos en cultivo *in vitro*.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

El cultivo de células vegetales se considera también una fuente significativa de variaciones genéticas útiles. Estas variaciones se denominan como "variaciones somaclonales". Aún no se entiende cabalmente las causas por las que se dan las variaciones somaclonales. Estas variantes están dadas por cambios genéticos a distintos niveles, como pueden ser cambios puntuales en pares de bases, cambios en la expresión de genes, alteración en el número de copias de secuencias, reordenamientos cromosómicos, alteración en el nivel de ploidía, entre otros (Mohan Jain, 2001; Basu y Prasad, 2011).

Es así como durante el cultivo de tejidos se puede generar una amplia gama de variación genética que puede ser posteriormente incorporado en los programas de mejoramiento. Mediante la selección *in vitro*, los variantes con características agronómicas útiles, por ejemplo, tolerancia a sal o a la sequía o resistencia a enfermedades, se pueden aislar en corto tiempo (Mohan Jain, 2001). Si bien se han desarrollado protocolos de cultivo de tejido *in vitro* para *Chloris gayana*, las variantes somaclonales aún no han sido individualizadas e introducidas a un programa de mejoramiento (Fotos 4 y 5).

Evidentemente, a escala comercial, la propagación de material por este método es impracticable. Sin embargo, el almacenamiento de germoplasma y propagación de gramíneas por cultivo *in vitro* resulta crucial para ciertos fines específicos, como la transformación genética, o bien, a la hora de generar genotipos libres de patógenos (Spangenberg *et al.*, 1999).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

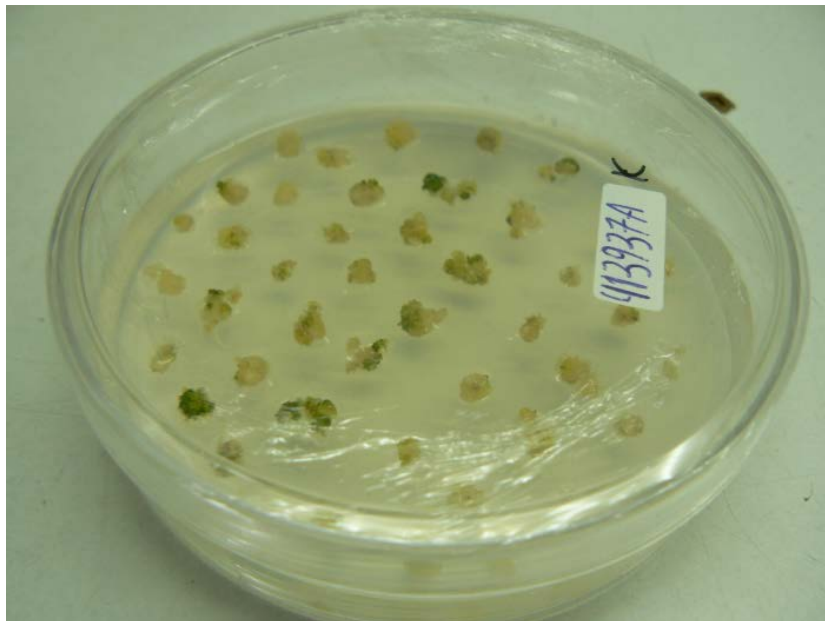


Foto 4: Callos embrionarios de *Chloris gayana* en proceso de regeneración. Nótese los puntos verdes sobre los callos, indican la diferenciación a células fotosintéticas, uno de los primeros pasos en la formación de plantines a partir de callos.

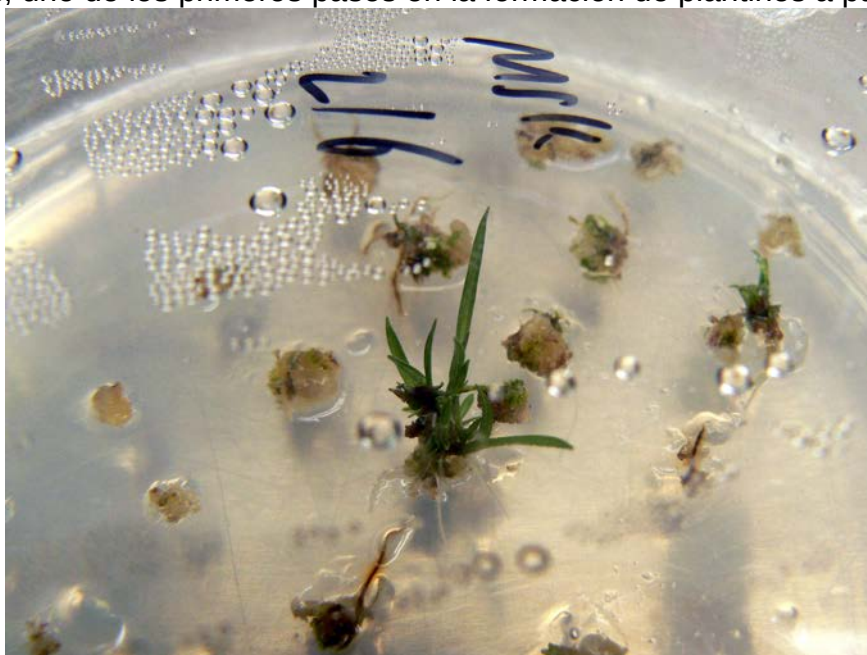


Foto 5: Plantín regenerante de *Chloris gayana* mantenido en cultivo *in vitro*.

2.4.- Transgénesis.

La principal ventaja de las modificaciones utilizando técnicas de transgénesis es la velocidad con la cual se pueden obtener variantes con una mejora. Es un salto

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

dentro de un programa de mejoramiento. Además, es posible incorporar características novedales que sería imposible o muy dificultoso lograr por las técnicas tradicionales u otras metodologías de mejoramiento.

Por otra parte, la principal desventaja de esta metodología es lo intensiva que es en conocimiento y recursos, además de ser muy ineficiente. Esto implica que se debe contar con grandes cantidades del material de partida para lograr obtener unas cuantas plantas genéticamente modificadas.

Se han logrado muchos avances en el desarrollo de protocolos para la producción de gramíneas forrajeras transgénicas. Los protocolos desarrollados para generar plantas transgénicas en este tipo de plantas se basan fundamentalmente en la transformación mediada por biobalística, ya que estas plantas son recalcitrantes a la transformación mediada por *Agrobacterium*, metodología que ha sido considerada más “biosegura” que el bombardeo con partículas de oro (Dhlamini, 2009).

La tecnología de transformación por bombardeo de micropartículas de oro implica el delivery de genes a células vegetales intactas de plantas utilizando microproyectiles de alta velocidad recubiertos con el ADN que se quiere introducir. Esto permite introducir variantes genéticas novedosas que son inalcanzables con otro tipo de técnicas (Dhlamini, 2009).

Para proceder con técnicas de transgénesis es necesario tener puesto a punto el protocolo de cultivo de tejidos. Este protocolo es el pilar que permite obtener individuos genéticamente modificados. Sobre el material vegetal mantenido *in vitro* en condiciones de esterilidad se hace la transformación. Es por esto que es fundamental poder identificar con precisión los callos embrionarios, además de contar con una eficiencia de regeneración de plantines lo suficientemente alta como para asegurar que se obtendrán genotipos modificados, dada la ineficiencia de la técnica previamente mencionada (Giri y Praveena, 2015).

Posteriormente debe ponerse a punto la técnica de transformación propiamente dicha, utilizando genes reporteros. Gondo *et al.* (2009) desarrollaron un protocolo para la obtención de individuos transgénicos de *Chloris gayana* que expresan una enzima, la β -glucuronidasa (GUS), detectable por histoquímica. Estos mismos individuos expresaban un gen que les confiere resistencia a un herbicida. Este herbicida se usó

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

como agente de selección para mantener en cultivo únicamente aquellos genotipos que hubieran incorporado la construcción genética deseada. La selección del tejido vegetal transformado se basa en la resistencia a antibióticos o herbicidas y se están realizando esfuerzos para identificar nuevos sistemas de selección para la transformación. Los marcadores de selección son los que permiten discriminar las células transformadas dada su capacidad para crecer en presencia del antibiótico o herbicida. Sólo las células de plantas que expresen el gen del marcador sobrevivirán y se supone que estas plantas también poseen el transgen de interés. La variedad de agentes selectores es enorme (Giri y Praveena, 2015).

La condición óptima que encontró el grupo de trabajo de Gondo *et al.* (2009) para la selección fue exponer los callos embrionarios al agente de selección luego de 15 días de cultivo en condiciones normales. Existe lo que se denominan escapes, que son aquellos individuos que sobreviven tras la exposición al agente de selección, pero no acarrean la construcción génica. Esto se debe a la variabilidad normal dentro de una población de callos que genera una respuesta diferencia a una concentración dada para distintos individuos. La cantidad de escapes que se den en una población responde a la presión de selección impuesta. Si se aumenta la dosis del agente selector, se obtendrán menos escapes, pero se corre el riesgo de forzar demasiado a los eventos que si tomaron el transgen y que mueran de todas maneras. Es una relación de compromiso entre presión de selección y escapes.

Gondo *et al.* (2009) aplicando el protocolo que describen en su trabajo lograron tener eficiencia de transformación transiente de 1,6% en el mejor de los casos, que en general es 10 veces más que la eficiencia de transformación estable esperada. Esto muestra la importancia de mejorar ineficiencias dentro del protocolo en todos los pasos posible.

En NeoGram® desarrollamos un protocolo de transformación utilizando biobalística como método para introducir la construcción deseada. La puesta a punto del protocolo se realizó utilizando una construcción con DsRed, una proteína fluorescente en la banda del rojo. Se utilizó como agente de selección un antibiótico, la paromomicina, por lo que la construcción genética a introducir incluyó una enzima que confiere tolerancia al antibiótico, la neomicina fosfotransferasa. Con el protocolo puesto

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

a punto por nuestro equipo técnico con asesoramiento de especialistas australianos logramos una eficiencia de transformación transiente del 11%, lo que permite una eficiencia de transformación estable cercana 1%.

Existen distintos puntos del proceso de transformación que pueden influir en la eficiencia final. La construcción con la que se bombardea (plasmido o cassette) y su pureza, el equipo con el que se hace el bombardeo y los accesorios que lleva (discos de ruptura, microcarriers), el proceso de *coating* (pegado del ADN a las micropartículas de oro), la historia del material de partida, el pre tratamiento del material a bombardear (tratamiento osmótico) y el tratamiento posterior a la transformación, que no solo determinará la sobrevivencia del tejido vegetal, sino también la eficiencia de transformación estable que se obtendrá. El ajuste de estas variables es el factor que determina la factibilidad de obtener plantas transgénicas con características que mejoren su performance (Fotos 6, 7 y 8).

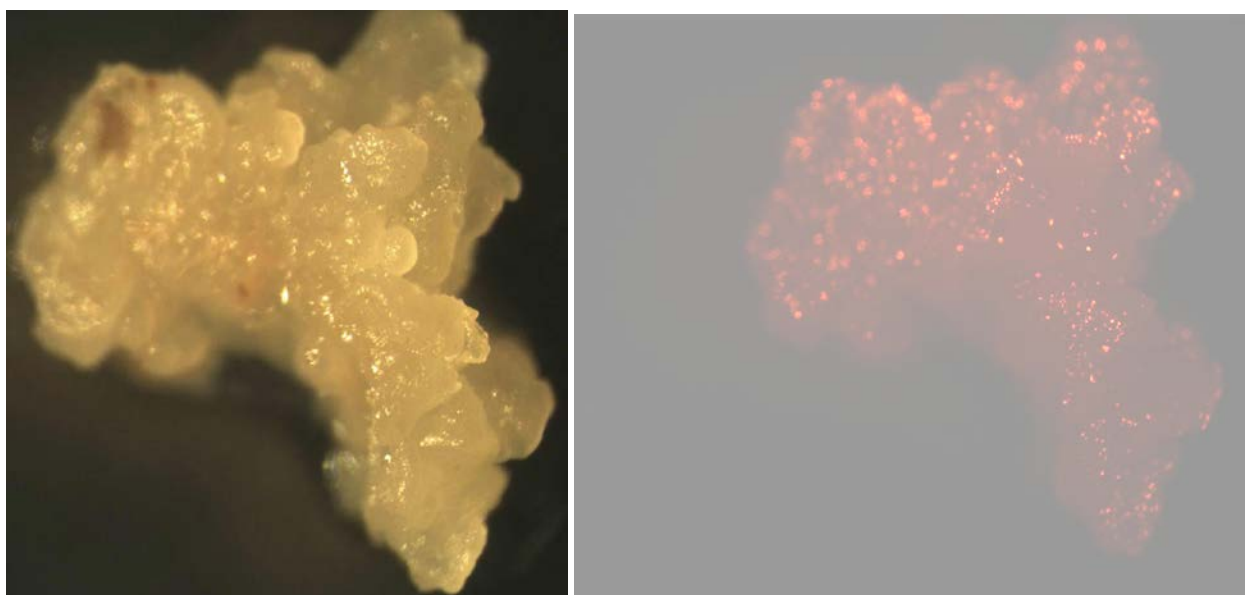


Foto 6: Callo embrionario de *Chloris gayana* transformado con un gen reportero para la expresión de *DsRed*, proteína que fluoresce en rojo. Se observa a la izquierda (a) el callo a simple vista y a la derecha (b) el callo iluminado con luz UV mostrando distintas células que han tomado la construcción génica como puntos rojos.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

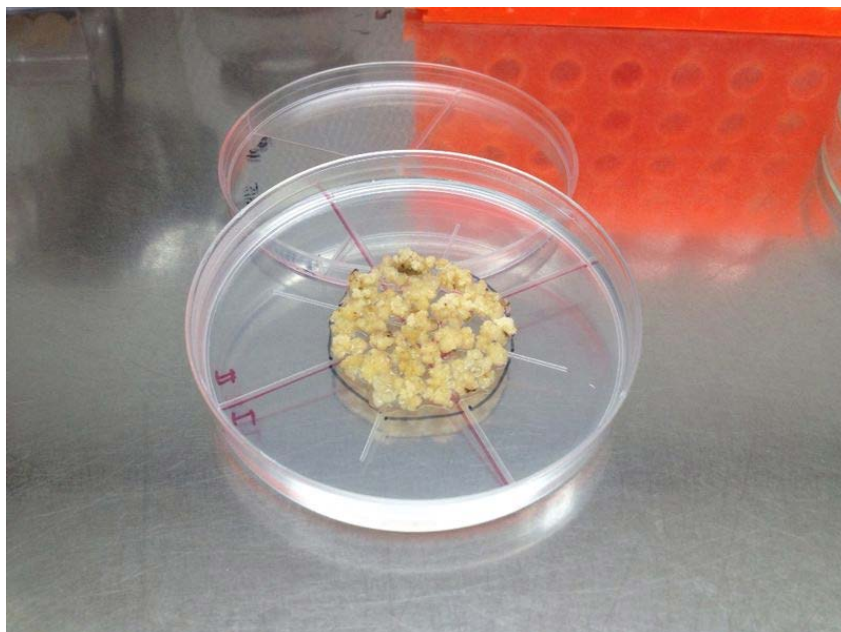


Foto 7: Callos embrionarios de *Chloris gayana* dispuestos para ser bombardeados con un cañón génico.

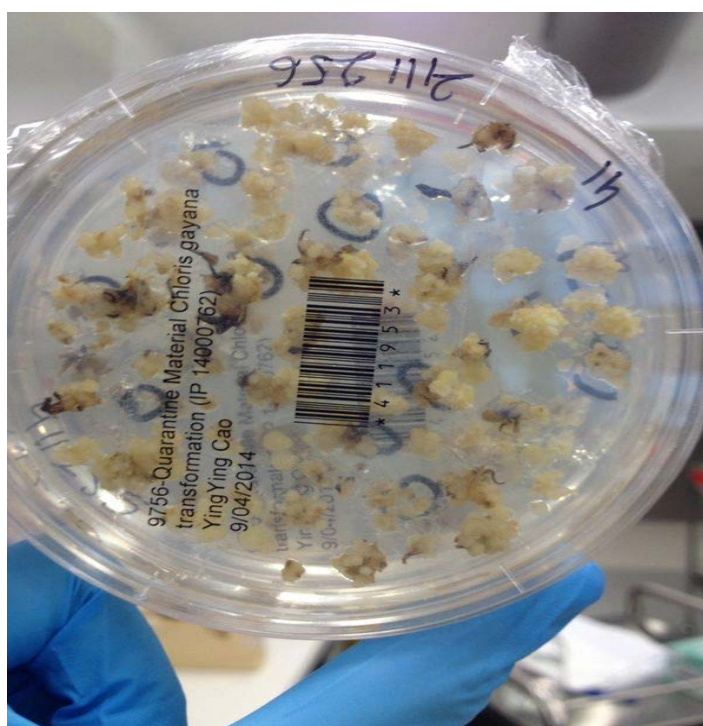


Foto 8: Callos embrionarios de *Chloris gayana* mantenidos en cultivo *in vitro* posteriormente a la transformación genética.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

El proceso de llevar variedades transgénicas a un estadio comercial es un proceso largo que toma 10 años o más desde tener el gen de interés aislado, pasando por la transformación de plantas, la evaluación de las variedades generadas y de semillas antes de que comiencen la etapa comercial. Este es un proceso muy caro, por lo que deben descartarse primero las opciones de mejora vegetal, incluida la selección asistida por marcadores moleculares antes de encarar la vía de la transformación de plantas.

3. PERSPECTIVAS EN EL AVANCE DE LA BIOTECNOLOGÍA.

Es claro que aún queda mucho camino por explorar en el mejoramiento de *Chloris gayana*. Desde un mayor desarrollo de marcadores moleculares hasta el cabal entendimiento de su fisiología en condiciones adversas, el mejoramiento en esta especie está lejos de haber llegado a su máximo potencial.

La investigación y desarrollo con marcadores moleculares permitirá el mapeo de los genes de esta especie, información que resulta básica a la hora de pensar en estrategias biotecnológicas. Además, en esta misma línea de trabajo puede ubicarse y caracterizarse QTLs (por sus siglas en inglés *Quantitative Trait Locus*), que son elementos que contribuye de forma cuantitativa a un fenotipo.

Todas estas herramientas dan paso al uso de estrategias de vanguardia que permitirá que el mejoramiento de esta forrajera subtropical entre en la era de la genómica para selección de genotipos específicos. Esto implica el descubrimiento de genes, el análisis funcional y la aplicación de técnicas bioinformáticas.

Otras áreas que han tomado interés en los últimos años son la asociación con endosimbiontes (endófitos) útiles y el desarrollo de híbridos. Es evidente que aún queda mucho que explorar en *Chloris gayana* para poder aplicar todas las herramientas biotecnológicas que hoy existe y explotar así todo su potencial.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

4. BIBLIOGRAFÍA

1. **Ahloowalia, B. S.; M. Maluszynski y K. Nichterlein**, 2004. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica* 135 (2): 187-204
2. **Avila, R.; P. Barbera; L. Blanco; V. Burghi; J. P. De Battista; C. Frasinelli; K. Frigerio; L. Gándara; M. C. Goldfarb; S. Griffa; K. Grunberg; K. Leal; C. Kunst; S. M. Lacorte; A. Lauric; L. Martínez Calsina; G. Mc Lean; F. Nenning; J. Otondo; H. Petruzzi; R. Pizzio; J. D. Pueyo; A. E. Ré; A. Ribotta; L. Romero; N. Stritzler; M. A. Tomas; C. Torres Carbonell; C. Ugarte; J. Veneciano**. 2014. Gramíneas forrajeras para el subtrópico y el semiárido central de la Argentina. ISBN-978-987-521-551-1
3. **Basu, S. K y R. Prasad**. 2011. Trends in new technological approaches for forage crop improvement. *Australian Journal of Agricultural Engineering* 2 (6):176-185. ISSN:1836-9448.
4. **Brian, P. F.** 2013. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs ISBN: 978-3-902849-00-7. 2014 Lehr und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein
5. **Brunner, H.** 1995. Radiation induced mutations for plant selection. *Applied Radiation and Isotopes* 46 (6-7): 589-594.
6. **Colomba, E. L.; K. Grunberg; S. Griffa; A. Ribotta; L. Mroginski y E. Biderbost**. 2006. The effect of genotype and culture medium on somatic embryogenesis and plant regeneration from mature embryos of fourteen apomictic cultivars of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Grass and Forage Science* 61 (1): 2-8.
7. **De León, M.** 2010. Megatérmicas para mejorar la ganadería subtropical. *Revista técnica de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa*. AAPRESID: 47-53
8. **De León, M.** 2009. Utilización de pasturas megatérmicas. *Rev. Braford* 25 (61): 66-69.
9. **Dhlamini, Z.** 2009. Agricultural Biotechnology. En: Biosafety of Genetically Modified Organisms: Basic concepts, methods and issues. Chowdhury M. K. A.; M. I. Hoque y A. Sonnino (Eds.). pp. 1-50 © FAO.
10. **Doi, O.; Y. Turumi y T. Nagatani**. 1985. Variations in plants regenerated from tissue culture of bahiagrass and rhodesgrass. En: Proceedings of the 15th International Grassland Congress, Kyoto, Japan: 267-268.
11. **Duarte, P. A.; C. P. Petignat y A. V. Fassiano**. 2015a. Looking for low lignin content individuals in a mutagenized population of *Chloris gayana* cv. Katambora. Libro de resúmenes del 5th International Symposium of Forage Breeding, Buenos Aires, Argentina: 9.
12. **Duarte, P. A.; C. P. Petignat y A. V. Fassiano**. 2015b. High throughput platform to screen lignin content in a C4 forage grass. Libro de resúmenes de la First Latin-American Conference on Plant Phenotyping and Phenomics for Plant Breeding, Talca, Chile: 49.
13. **Echenique, V.; P. Polci y L. Mroginsk**. 1996. Plant regeneration in weeping lovegrass, (*Eragrostis curvula*) through inflorescence culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 46 (2), 123-130.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

14. **Giri, C. C. y M. Praveena.** 2015. In vitro regeneration, somatic hybridization and genetic transformation studies: an appraisal on biotechnological interventions in grasses. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 120 (3): 843-860
15. **Gondo, T.; J. Matsumoto; K. Yamakawa; S. I. Tsuruta; M. Ebina y R. Akashi.** 2007. Somatic embryogenesis and multiple-shoot formation from seed-derived shoot apical meristems of rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth). *Grassland Science* 53 (3): 138-142.
16. **Gondo, T.; J. Matsumoto; S. I. Tsuruta; M. Yoshida; A. Kawakami; F. Terami y R. Akashi.** 2009. Particle inflow gun-mediated transformation of multiple-shoot clumps in rhodes grass (*Chloris gayana*). *Journal of Plant Physiology* 166 (4): 435-441.
17. **Ishigaki, G.; T. Gondo; K. Suenaga y R. Akashi.** 2009. Multiple shoot formation, somatic embryogenesis and plant regeneration from seed-derived shoot apical meristems in ruzigrass (*Brachiaria ruziziensis*). *Grassland Science* 55 (1): 46-51.
18. **Jiang, G. L.** 2013. Chapter 3: Molecular markers and marker-assisted breeding in plants. *Plant Breeding from Laboratories to Fields*. Book edited by Sven Bode Andersen, ISBN 978-953-51-1090-3
19. **Jonah, P. M.; L. L. Bello; O. Lucky; A. Midau y S. M. Moruppa.** 2011. Review: the importance of molecular markers in plant breeding programmes. *Global Journal of Science Frontier Research* 11 (5): 5-12.
20. **Krishna, G.; G. Shivashankar y J. Nath.** 1984. Mutagenic response of rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.) to gamma rays, *Environmental and Experimental Botany* 24 (2): 197-205. ISSN 0098-8472, [http://dx.doi.org/10.1016/0098-8472\(84\)90022-4](http://dx.doi.org/10.1016/0098-8472(84)90022-4).
21. **Loch, D. S.; N. F. Rethman y W. A. Van Niekerk.** 2004. Rhodesgrass. Warm-season (C₄) grasses, (warmseasonc4gra): 833-872.
22. **Luan, Y. S.; J. Zhang; X. R. Gao y L. J. An.** 2007. Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS), in vitro screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 88 (1): 77-81.
23. **Mohan Jain, S.** 2001. Tissue culture-derived variation in crop improvement. *Euphytica* 118 (2): 153-166.
24. **Mohan Jain, S.** 2005. Major mutation-assisted plant breeding programs supported by FAO/IAEA. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 82(1): 113-123.
25. **Parry, M. A. J.; P. J. Madgwick; C. Bayon; K. Tearall; A. Hernández-López; M. Baudo; M. Rakszegi; W. Hamada; A. Al-Yassin; H. Ouabbou; M. Labhilili y A. L. Phillips.** 2009. Mutation discovery for crop improvement. *Journal of Experimental Botany* 10: 2817-2825.
26. **Pérez H. E.; S. Bravo; V. Ongaro; A. Castagnaro; L. García Seffino L; E. Taleisnik.** 1999. *Chloris gayana* cultivars: RAPD polymorphism and field performance under salinity. *Grass and Forage Science* 54: 289-296. doi: 10.1046/j.1365-2494.1999.00189.x
27. **Ribotta, A.; G. Bollati; S. Griffa; E. López Colomba; E. Carloni; M. Quiroga y K. Grunberg.** 2013. Mejoramiento genético para la tolerancia a la salinidad en grama Rhodes diploide. En: Informe Técnico N° 58: Información Técnica de Forrajeras



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

- Megatérnicas. I^a Jornada Nacional de Forrajeras Tropicales 2013. Eds. Tomás M. A.; M. L. Iacopini; J. Mattera y L. A. Romero: 49-55.
28. **Ribotta, A. N.; S. M. Griffa; D. Díaz; E. J. Carloni; E. L. Colomba; E. A. Tommasino y K. Grunberg.** 2013. Selecting salt-tolerant clones and evaluating genetic variability to obtain parents of new diploid and tetraploid germplasm in rhodesgrass (*Chloris gayana* K.). *South African Journal of Botany* 84: 88-93.
 29. **Seo, M. S.; M. Takahara y T. Takamizo.** 2010. Optimization of culture conditions for plant regeneration of *Panicum spp.* through somatic embryogenesis. *Grassland Science* 56 (1): 6-12.
 30. **Sikora, P.; A. Chawade; M. Larsson; J. Olsson y O. Olsson.** 2011. Mutagenesis as a Tool in Plant Genetics, Functional Genomics, and Breeding. *International Journal of Plant Genomics* Article ID 314829: pp. 13.
 31. **Spangenberg, G.; Z .Y. Wang; R. Heath; V. Kaul y R. Garrett.** 1999. Biotechnology in Pasture Plant Improvement: Methods and Prospects. En: Proceedings XVIII International Grassland Congress, Session 4 - Conventional and Novel Methodologies for Plant Improvement. Winnipeg y Saskatoon, Vol 3.
 32. **Ubi, B. E.; R. Kölliker; M. Fujimori y T. Komatsu.** 2003. Genetic diversity in diploid cultivars of rhodesgrass determined on the basis of amplified fragment length polymorphism markers. *Crop Science* 43 (4): 1516-1522.
 33. **Ubi, B. E.; M. Fujimori; Y. Mano y T. Komatsu.** 2004. A genetic linkage map of rhodesgrass based on an F₁ pseudo-testcross population. *Plant Breeding* 123: 247–253. doi: 10.1111/j.1439-0523.2004.00974.x
 34. **Ubi, B. E.; M. Fujimori; M. Ebina y T. Komatsu.** 2001. Amplified fragment length polymorphism analysis in diploid cultivars of rhodesgrass. *Plant Breeding* 120 (1): 85-87.
 35. **Ubi, B. E.; M. Fujimori; M. Ebina; Y. Mano y T. Komatsu.** 2000. AFLP variation in tetraploid cultivars of rhodesgrass (*Chloris gayana* Kunth). *Grassland Science* 46 (3/4): 242-248.
 36. **Vasil, I. K.** 2013. Plant Biotechnology 2002 and Beyond: Proceedings of the 10th IAPTC&B Congress, June 23-28, 2002, Orlando, Florida, USA. Springer Science & Business Media.
 37. **Vishnoi, R. K., y S. L. Kothari.** 1996. Somatic embryogenesis and efficient plant regeneration in immature inflorescence culture of *Setaria italica* (L.) Beauv. *Cereal Research Communications*: 291-297.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

COMPOSICIÓN MACROMINERAL DE GRAMÍNEAS (POÁCEAS) FORRAJERAS TROPICALES ESTIVALES PERENNES, EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS EN EL OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO.

J. R. Toll Vera; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.
Cátedra de Forrajes y Cereales. Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT.
redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN.

La expansión de la frontera agropecuaria del Noroeste Argentino, acontecida a mediados de la década de 1970, fue favorecida por el bajo precio de las tierras, ciclos pluviométricos favorables y precios para la soja. En Tucumán el avance de la agricultura, significó el desplazamiento de la ganadería hacia regiones de mayor marginalidad, ya sea por menores precipitaciones o por problemas de suelos.

El aprovechamiento de las tierras salinizadas con destino forrajero, ha sido una de las alternativas propuestas para diversas regiones tanto templadas como subtropicales del mundo. La búsqueda para el NO Argentino de nuevas variedades de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) que pudiesen ampliar el horizonte, es una actividad constante y así en 1957 se introdujo el cv. Katambora, recomendado y caracterizado en la década de 1960 (Díaz, 1963; Díaz y Lagomarsino, 1969). Estos últimos autores, en sus evaluaciones observaron que en suelos salinos y salinos- sódicos *Chloris gayana* cv. Común y Katambora; *Cynodon plectostachyus* aumentaron el contenido foliar de Sodio cuando comparado con aquellos que crecieron en suelos Buenos.

En las especies tolerantes a sales, la estimulación del crecimiento radicular (que resulta en un aumento de la masa radicular y/o mayor profundidad radicular) es generalmente la más común y marcada respuesta al estrés salino moderado respecto al desarrollo de brotes (Mass y Hoffman, 1977). El resultado neto es un aumento de la relación raíces/brotes, el cual puede ser un mecanismo adaptativo para contrarrestar un bajo potencial de agua externo mediante el aumento del área de absorción (masa radicular). En especies tolerantes a las sales como Grama Rhodes (*Chloris gayana*) el aumento de la masa radicular bajo condiciones de estrés salino moderado no está acompañado por un incremento en la capacidad de brotación.

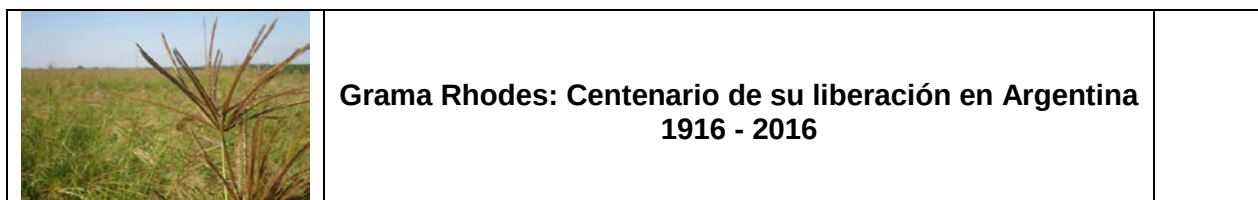
	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Malkin y Waisel (1985) demostraron que el nivel de tolerancia en Grama Rhodes puede ser sustancialmente aumentado a lo largo de cinco generaciones de selección. A su vez, con un mejor entendimiento de los mecanismos involucrados en la tolerancia a las sales, se pueden desarrollar métodos de evaluación más rápidos basados en características tales como la densidad de glándulas salinas (de Luca *et al.*, 2001). Las plantas de Grama Rhodes tolerantes a sales también excluyen en forma selectiva iones salinos, y también acumulan menor cantidad de Sodio (Na^+) en sus brotes que los clones sensibles bajo condiciones de estrés salino (de Luca *et al.*, 2001; Luna *et al.*, 2002).

Excepto para el cv. Boma y otros del Este de África, la Grama Rhodes que crece en condiciones no salinas posee un mayor contenido en Sodio (Na^+) y menor en Potasio (K^+) que la mayoría de los otros pastos tropicales (Andrew y Robins, 1969; Jones *et al.*, 1995). En respuesta al aumento de la salinidad, Grama Rhodes acumula niveles aún más altos de Sodio a expensas del Potasio, especialmente en los brotes (Smith 1974, 1981). El nivel de nitratos libres en los brotes también decrece a medida que el NaCl aumenta en el medio (Guggenheim y Waisel, 1977).

Con el objetivo de evaluar las variaciones en la composición foliar de gramíneas (Poáceas) forrajeras tropicales estivales perennes, en diferentes tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero, se condujo un ensayo en Finca Rancho Grande, Depto. Jiménez, Santiago del Estero. El tipo de clima según Thornthwaite es Mesotermal semiárido (DB^4da), presenta un período libre de heladas de 306 días y una precipitación media de 650 mm concentradas en verano.

Los Suelos Agrícolas no presentan limitaciones para su aprovechamiento. En los Suelos Salinos no existe presencia de napa freática ($\text{CE } 3,94 \text{ a } 6,48 \text{ dS.m}^{-1}$). La preparación de suelos fue similar en ambas situaciones mediante doble pasada de rastra pesada y rastra liviana presiembra. La siembra se efectuó en forma manual y al voleo (05-03-99) con una densidad de siembra de 5 Kg.ha^{-1} , se cubrió con rastra de ramas y rolo compactador estando cada parcela compuesta por 200 m^2 . Por tratarse de fecha de siembra tardía el conjunto de cultivares no fue pastoreado, se dejó crecer libremente hasta semillazón para lograr la máxima acumulación de



reservas y un banco activo de semillas en el suelo. Los cortes de evaluación de disponibilidad de diferido y rebrote primaveral (28-09-99) se efectuaron con guadaña a la altura de un puño (10 cm), con tres repeticiones por parcela.

Los análisis para los distintos suelos se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1: Caracterización de los "Suelos Agrícolas", Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero*.

Prof cm	pH	Capilaridad mm		M.O. %	CaCO ₃ %	K ⁺ meq/100	P (ByK I) ppm
		1 h	5 h				
0-20	6,70	115	235	1,95	0,08	2,78	104,2
20-40	7,08	117	245	1,17	0,09	1,65	126,5
40-60	8,18	112	235	1,13	0,18	2,00	129,6

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.

Los Suelos Agrícolas (Cuadro 1) corresponden al sector más alto del predio y no presentan limitaciones para su aprovechamiento.

Cuadro 2: Caracterización de los "Suelos Salinos", Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero*.

Prof. cm	pH	Capilaridad mm		M.O. %	CaCO ₃ %	K ⁺ meq/100	P (ByK I) ppm	CE dS.m ⁻¹
		1 h	5 h					
0-20	7,43	75	150	2,15	0,13	3,15	26,7	3,94
20-40	7,95	80	155	1,23	0,64	5,23	6,24	5,80
40-60	8,10	77	140	1,20	0,48	7,41	6,73	6,48

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.

Los Suelos Salinos (Cuadro 2) se encuentran en los sectores más bajos del campo y conforman el lugar de depósito de las sales lavadas de tierras superiores, ya que no existe presencia de napa freática. Los niveles de sales son limitantes para el adecuado desempeño de la mayoría de los cultivos estivales tradicionales a secano, pero no así para forrajeras tolerantes a la salinidad (USSS, 1954). El pH aumenta a profundidad por el mayor nivel de sales y la capilaridad es menor que en los suelos Agrícolas. Están bien dotados de materia orgánica y P en el horizonte superficial (0-20 cm).

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

1. Composición Foliar.

La composición foliar del conjunto de gramíneas forrajeras perennes evaluadas se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Composición foliar del conjunto de gramíneas forrajeras estivales perennes evaluadas bajo condiciones de Suelos Buenos y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Suelos	% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
BB Marandu	1*	2.35	0.12	0.68	0.19	0.319	1.22	7.60
PM Gatton	1	3	0.46	0.8	0.17	0.281	1.31	8.16
UM SabiGrass	1	3.12	0.1	0.64	0.2	0.291	1.41	8.78
PM Green Panic	1	2.75	0.27	0.95	0.24	0.276	1.52	9.47
PM Tanzania	1	3.31	0.05	0.61	0.26	0.276	1.74	10.84
CC Texas	1	3.05	0.07	0.69	0.2	0.219	1.58	9.84
CC Biloela	1	2.87	0.12	0.88	0.21	0.252	1.62	10.09
CC Bella	1	2.67	0.14	0.4	0.14	0.244	1.37	8.54
GR TopCut	1	1.42	0.5	0.45	0.1	0.259	1.5	9.35
GR Común	1	1.8	0.24	0.5	0.14	0.286	1.62	10.09
GR Callide	1	2.65	0.26	0.59	0.15	0.266	1.84	11.46
GR Fine Cut	1	1	0.44	0.47	0.13	0.283	1.62	10.09
GR Katambora	1	1.62	0.51	0.54	0.11	0.221	1.77	11.03
BB Marandu	2**	2.25	0.57	0.63	0.21	0.211	2.36	14.70
PM Gatton	2	2.15	0.69	1	0.33	0.266	2.91	18.13
UM SabiGrass	2	2.15	0.47	0.86	0.35	0.291	2.82	17.57
PM Green Panic	2	1.37	0.75	0.86	0.26	0.209	2.02	12.58
PM Tanzania	2	3	0.35	0.53	0.18	0.231	2.18	13.58
CC Texas	2	3.25	0.19	0.66	0.22	0.233	1.92	11.96
CC Biloela	2	2.9	0.27	0.86	0.19	0.192	2.25	14.02
CC Bella	2	2.47	0.34	0.96	0.17	0.189	1.85	11.53
GR TopCut	2	1.37	0.92	0.4	0.1	0.214	2.44	15.20
GR Callide	2	2.5	0.34	0.71	0.17	0.255	2.07	12.90
GR Fine Cut	2	1.3	0.55	0.45	0.11	0.258	1.97	12.27
GR Común	2	1.72	0.37	0.68	0.23	0.276	2.02	12.58
GR Katambora	2	1.3	0.55	0.66	0.14	0.221	1.77	11.03
		% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
Media	1*	2.43	0.25	0.63	0.17	0.27	1.55	9.64
Media	2**	2.13	0.49	0.71	0.20	0.23	2.20	13.70

*= Suelo Agrícola **= Suelo Salino ⁺ Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.

Cuando en el Cuadro 3 se compara el conjunto de forrajeras bajo las dos condiciones de suelos se observa que existió una disminución en el contenido de

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Potasio (K^+) y Fósforo (P) mientras que aumentaron los de Sodio (Na^+), Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}). El superior contenido en Nitrógeno Total y por ende en Proteínas Brutas se debió al mayor rebrote de las forrajeras en los Suelos Salinos, dada su mayor humedad edáfica (Toll Vera *et al.*, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b).

Para un mejor análisis se dividieron las especies en tres grupos de acuerdo a su tolerancia a la salinidad, a saber: **a-) Especies Sensibles:** *Panicum maximum*; *Brachiaria brizantha* y *Urochloa mosambicensis*; **b-) Especie con Baja Tolerancia:** *Cenchrus ciliaris* y **c-) Especie Tolerante:** *Chloris gayana*.

a-) Especies Sensibles.

Cuadro 4: Composición foliar de **Especies Sensibles:** *Panicum maximum*; *Brachiaria brizantha* y *Urochloa mosambicensis*. Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Suelos	% K^+	% Na^+	% Ca^{++}	% Mg^{++}	% P	% N	Prot
BB Marandú	1*	2.35	0.12	0.68	0.19	0.32	1.22	7.60
	2**	2.25	0.57	0.63	0.21	0.21	2.36	14.70
PM Gatton	1	3	0.46	0.8	0.17	0.28	1.31	8.16
	2	2.15	0.69	1	0.33	0.27	2.91	18.13
UM SabiGrass	1	3.12	0.1	0.64	0.2	0.29	1.41	8.78
	2	2.15	0.47	0.86	0.35	0.29	2.82	17.57
PM Green	1	2.75	0.27	0.95	0.24	0.28	1.52	9.47
	2	1.37	0.75	0.86	0.26	0.21	2.02	12.58
PM Tanzania	1	3.31	0.05	0.61	0.26	0.28	1.74	10.84
	2	3	0.35	0.53	0.18	0.23	2.18	13.58
		% K^+	% Na^+	% Ca^{++}	% Mg^{++}	% P		
Medias	1*	2.91	0.2	0.736	0.212	0.29	1.44	8.971
	2**	2.18	0.57	0.776	0.266	0.24	2.46	15.31

En el Cuadro 4 se observan que en todos los parámetros, excepto Ca^{++} , las especies sufrieron variaciones en su composición foliar. Estas variaciones para su mejor apreciación se tradujeron a porcentajes donde se aprecia que el mayor impacto es el marcado cambio en el aumento el contenido de Na^+ (+183%) y en menor medida Mg^{++} (+25%); mientras que disminuyeron K^+ (-25%) y P (-16%).

Para ejemplificar las variaciones acontecidas, se realizó su graficación comparativa entre suelos (Figura 1).



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

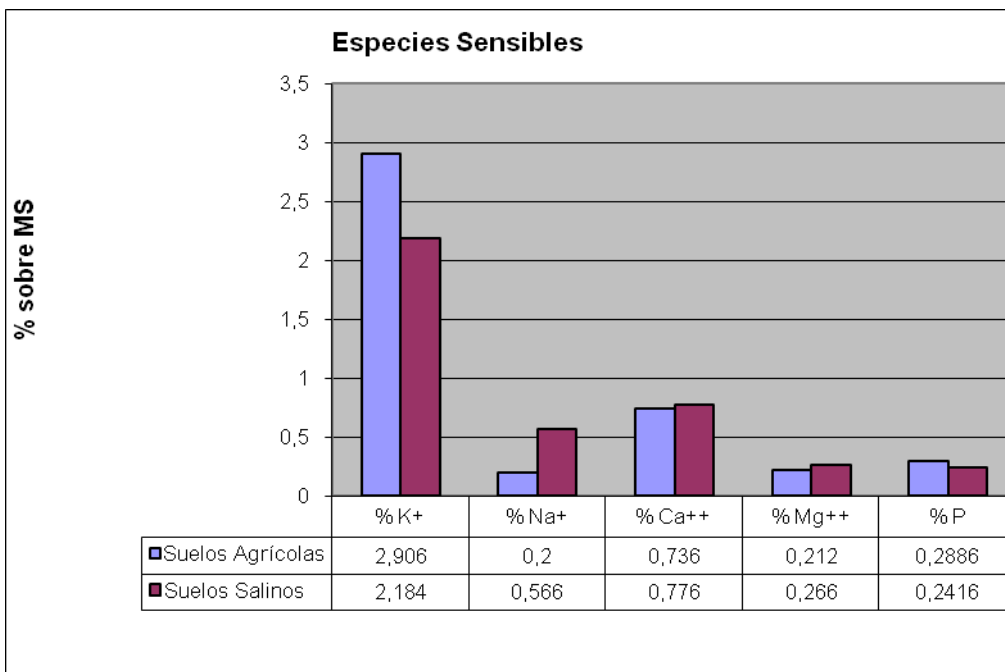


Figura 1: Variaciones de la composición foliar de **Especies Sensibles:** *Panicum maximum*; *Brachiaria brizantha* y *Urochloa mosanbisensis*, bajo condiciones de Suelos Agrícolas y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

b-) Especies con Baja Tolerancia.

Cuadro 5: Composición foliar de **Especie con Baja Tolerancia:** *Cenchrus ciliaris*, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Suelos	% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
CC Biloela	1*	2.87	0.12	0.88	0.21	0.25	1.62	10.09
	2**	2.9	0.27	0.86	0.19	0.19	2.25	14.02
CC Texas	1	3.05	0.07	0.69	0.2	0.22	1.58	9.84
	2	3.25	0.19	0.66	0.22	0.23	1.92	11.96
CC Bella	1	2.67	0.14	0.4	0.14	0.24	1.37	8.54
		% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
Medias	1*	2.86	0.11	0.66	0.18	0.24	1.52	9.49
	2**	2.87	0.27	0.83	0.19	0.20	2.01	12.50

*= Suelo Agrícola **= Suelo Salino

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En el Cuadro 5 se observan que en los Suelos Salinos, respecto al K^+ , los cultivares tuvieron un comportamiento diferencial; Biloela casi sin cambios, Texas 4464 aumenta y Bella lo disminuye. Para los tres cultivares se eleva Na^+ y Ca^{++} , disminuye P y Mg^{++} permanece sin cambios. Estas variaciones para su mejor apreciación se tradujeron a porcentajes donde se aprecia que el mayor impacto es el marcado cambio en el aumento el contenido de Na^+ (+142%) y en menor medida Ca^{++} (+ 26%) y Mg^{++} (+5%); mientras que disminuyó P (-14%).

Para ejemplificar las variaciones acontecidas, se realizó su graficación comparativa entre suelos (Figura 2).

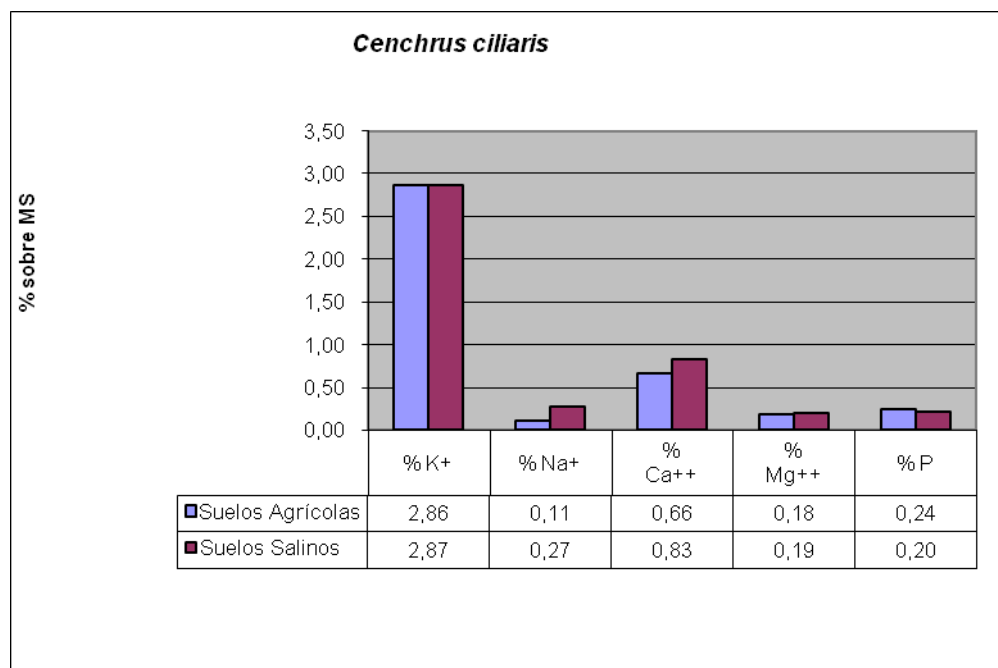


Figura 2: Variaciones de la composición foliar de **Especie Baja Tolerancia: Pasto Salinas** (*Cenchrus ciliaris*), bajo condiciones de Suelos Agrícolas y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

En la Figura 2 dado que es un promedio no se puede apreciar el comportamiento individual de cada cultivar de *Cenchrus ciliaris* respecto el K^+ pero sí la tendencia de esta forrajera en los restantes elementos estudiados.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

c-) Especie Tolerante.

Cuadro 6: Composición foliar de **Especie Tolerante:** *Chloris gayana*, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Suelos	% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
GR Top Cut	1*	1.42	0.5	0.45	0.1	0.26	1.5	9.35
	2**	1.37	0.92	0.4	0.1	0.21	2.44	15.20
GR Callide	1	2.65	0.26	0.59	0.15	0.27	1.84	11.46
	2	2.5	0.34	0.71	0.17	0.26	2.07	12.90
GR Fine Cut	1	1	0.44	0.47	0.13	0.28	1.62	10.09
	2	1.3	0.55	0.45	0.11	0.26	1.97	12.27
GR Común	1	1.8	0.24	0.5	0.14	0.29	1.62	10.09
	2	1.72	0.37	0.68	0.23	0.28	2.02	12.58
GR Katambora	1	1.62	0.51	0.54	0.11	0.22	1.77	11.03
	2	1.3	0.55	0.66	0.14	0.22	1.77	11.03
		% K ⁺	% Na ⁺	% Ca ⁺⁺	% Mg ⁺⁺	% P	% N	Prot
Medias	1*	1.7	0.39	0.51	0.126	0.26	1.67	10.4
	2**	1.64	0.55	0.58	0.15	0.24	2.05	12.8

*= Suelo Agrícola **= Suelo Salino

En el Cuadro 6 se aprecia que todos los cultivares disminuyeron su contenido en K⁺ y P; aumentaron el de Na⁺, Mg⁺⁺ y Ca⁺⁺. Respecto al Ca⁺⁺, los cultivares Fine Cut y Top Cut tendieron a mantenerlo o a disminuirlo en Suelos Salinos, hecho éste que contrasta con los restantes.

El contenido mineral de los distintos cultivares de Grama Rhodes discrepa con lo expresado por Andrew y Robins, (1971) y Jones *et al.*, (1995) pero son coincidentes con las aseveraciones vertidas por Smith (1974, 1981); de Luca *et al.*, (2001) y Luna *et al.*, (2002).

Las variaciones descriptas para su mejor apreciación se tradujeron a porcentajes (Cuadro 7).

Cuadro 97 Variaciones porcentuales de la composición foliar de **Especie Tolerante:** *Chloris gayana*, bajo condiciones de Suelos Buenos y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	P
- 4%	+ 40%	+ 14%	+ 19%	- 7%

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En el Cuadro 7 se aprecia que el mayor impacto es el cambio en el aumento el contenido de Na^+ (+40%) y en menor medida Ca^{++} (+14%) y Mg^{++} (+19%); mientras que disminuyó P (-14%) y K^+ (-4%).

Para ejemplificar las variaciones acontecidas, se realizó su graficación comparativa entre suelos (Figura 3).

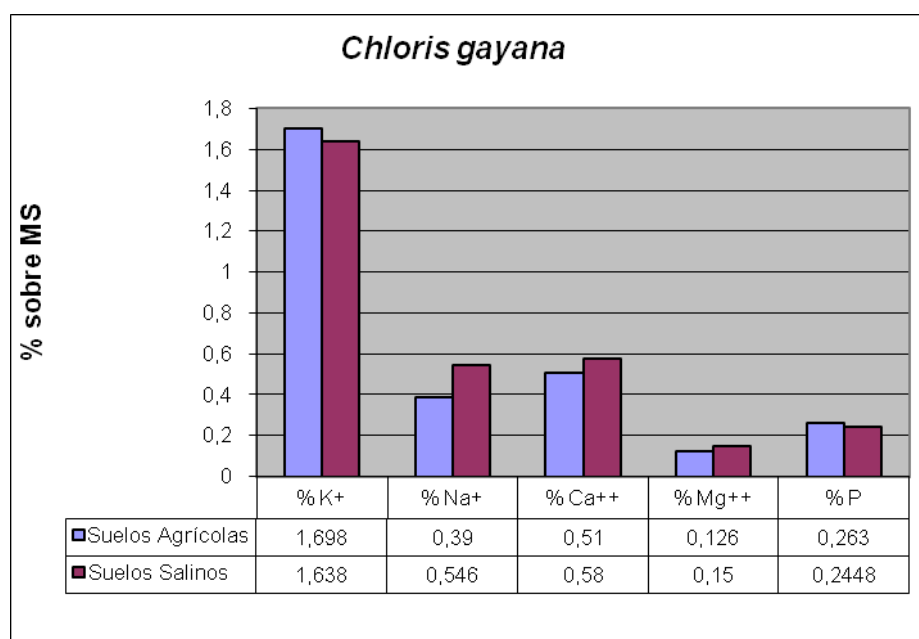


Figura 3: Variaciones de la composición foliar de **Especie Tolerante: Grama Rhodes** (*Chloris gayana*), bajo condiciones de Suelos Agrícolas y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

d-) Comparación en el contenido mineral entre grupos.

El conjunto de parámetros composicionales para los distintos grupos se ilustra en la Figura 4 donde el número 1 en la escala, representa el valor correspondiente a Suelos Agrícolas.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

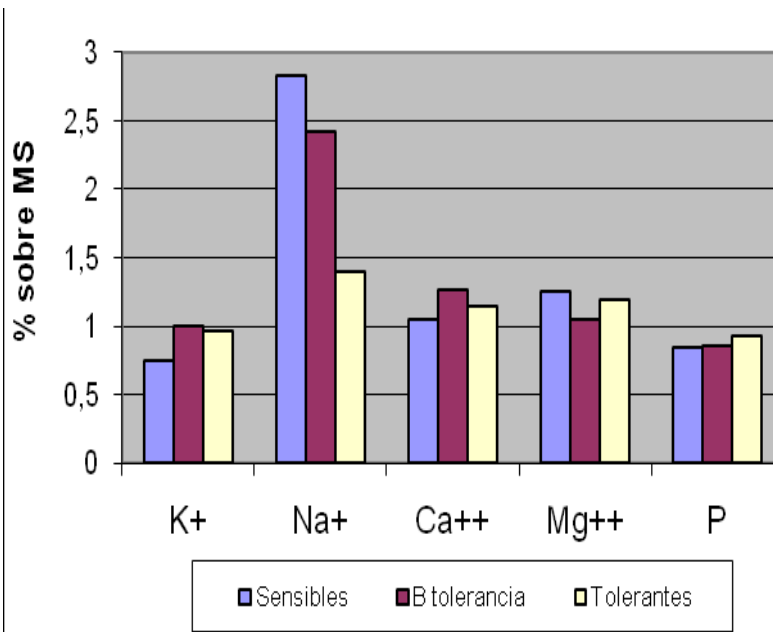


Figura 4: Comparación del contenido mineral entre los grupos de forrajeras, bajo condiciones de Suelos Agrícolas y Salinos, Fca. Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero (1= valor en Suelo Bueno).

Se observa en la Figura 4 que las especies forrajeras sensibles muestran una mayor disminución en el contenido de K^+ y el aumento proporcional mayor en Na^+ , lo que coincide con lo apuntado por Díaz y Lagomarsino, (1969). El Pasto Salinas (*Cenchrus ciliaris*) considerado como de baja tolerancia, mantiene el proporcional de K^+ pero aumenta en forma marcada su contenido en Na^+ , aunque en menor manera que el grupo anterior y registra las mayores variaciones porcentuales en Ca^{++} . Grama Rhodes (*Chloris gayana*) no varía en K^+ y es la especie de menor variación composicional porcentual frente al Na^+ , lo que habla de mecanismos de exclusión a nivel radicular, tal lo planteado por de Luca *et al.*, (2001); Luna *et al.*, (2002).

A pesar que los Suelos Salinos del ensayo se encontraban bien provistos en P (Cuadro 2) se observó en todos los grupos una disminución del contenido en este elemento que siguió la tendencia de tolerancia a las sales.

i) En todas las especies, el Na incrementa su contenido en el tejido foliar, cuando su cultivo se realiza sobre suelo salino.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

- ii) En especies sensibles a salinidad (*P. maximum*, *B. brizantha* y *U. mosambisensis*) y sobre suelo salino, Ca y Mg tienen incrementos del 5 % y 20 % respectivamente, mientras que K y P registran reducciones en el contenido mineral foliar.
- iii) En la semi-tolerante a salinidad *C. ciliaris*, Ca y Mg tienden a mantenerse estables en el contenido foliar, sobre ambos tipos de suelo; el P se reduce levemente sobre suelo salino y el K muestra un comportamiento muy variable según el cultivar evaluado.
- iv) En *C. gayana* (tolerante a salinidad), son P y Mg los minerales que mantienen similar contenido foliar en ambos tipos de suelo, el K muestra reducción de su porcentaje en plantas sobre suelo salino y el Ca presenta un comportamiento variable según el cultivar evaluado.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Andrew, C. S. y M. F. Robins.** 1969. The effect of Phosphorous on growth and chemical composition of some tropical pasture legumes: II. Nitrogen, Calcium, Magnesium, Potassium and Sodium contents. *Aust. J. of Agric. Res.* 27: 611-623.
2. **Díaz, H. B. y E. D. Lagomarsino.** 1969. Suelos salinosódicos y sódicos: su utilización con especies forrajeras. *Rev. Agron. del Noroeste Argentino* 6 (3-4): 221-231.
3. **Guggenheim, J. e Y. Waisel.** 1977. Effects of salinity, temperature and nitrogen fertilization on growth and composition of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.). *Plant and Soil* 47: 431-440.
4. **Jones, R. J.; D. S. Loch y R. P. Lefeuvre.** 1995. Differences in mineral concentration among diploid and tetraploid cultivars of rhodesgrass (*Chloris gayana*). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35:1123-1129.
5. **Maas, E. V. y G. J. Hoffmann.** 1997. Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. and Drain.* 103: 115-134.
6. **Smith F. W.** 1974. The effect of sodium on potassium nutrition and ionic relations in Rhodes grass. *Australian Journal of Agricultural Research* 25: 407-414.
7. **Smith F. W.** 1981. Ionic relations in tropical pasture grasses. *J. of Plant Nutrit.* 3: 813-826.
8. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2001. Germinación, implantación y sobrevivencia de gramíneas (Poáceas) forrajeras tropicales estivales perennes, en diferentes tipos de suelos en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21 (Supl. 1): 83-84.
9. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2009. Composición macromineral de gramíneas (**Poáceas**) forrajeras tropicales estivales perennes en diferentes tipos de suelos en el Oeste de Santiago del Estero. 1º

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Congreso de la Red Argentina de Salinidad, Libro de Resúmenes: 77.

10. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y J. C. Cisint.** 2009. Influencia de la salinidad del suelo sobre la composición mineral foliar de gramíneas forrajeras subtropicales. Avances en la Producción Vegetal del N.O.A. 570-576. ISBN 978-950-554-603-9.
11. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); M. M. Fernández; M. G. Nicosia y J. C. Cisint.** 2010. Determinación del potencial tetanigénico en pasturas cultivadas subtropicales, sobre suelos salinos y no salinos. XXVII Jornadas Científicas Asociación de Biología de Tucumán. Octubre 13 al 15, Tafí del Valle, Tucumán. Libro de Resúmenes: 56.
12. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); M. M. Fernández; M. G. Nicosia y J. C. Cisint.** 2011. Determinación del potencial tetanigénico en pasturas cultivadas subtropicales, sobre suelos salinos y no salinos. Avances en la Producción Vegetal y Animal del N.O.A. 2009-2011: 402-407. ISBN 978-950-554-698-5.



AZOSPIRILLUM Y SU COMPORTAMIENTO EN SUELOS SALINOS

Drs. Agr. Carlos H. Bellone¹; Jorge R. Toll Vera y Silvia Carrizo de Bellone².

1 Profesor Consulto, UNT. chbellone@yahoo.com.ar

2 Profesor Ajunto. Cátedra Microbiología.

Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. sicabellone@gmail.com

INTRODUCCIÓN.

Azospirillum es una bacteria Gram negativa muy estudiada como colonizadora de la superficie de las raíces. Es un bastón curvo de 0,8 a 1 μ de diámetro por 2 a 4 μ de largo y pertenece a la subdivisión α de las proteobacterias de la familia *Rhodospirallaceae* y cuenta con más de 20 especies que han sido aisladas de la rizósfera de cereales y numerosas plantas, en diferentes regiones del mundo, en climas tropicales y templados (Foto 1 a y b). Son oxidasa positiva y crecen bien en sales de ácidos orgánicos tales como malato, succinato, piruvato o lactato. Su temperatura óptima de crecimiento oscila entre 35 y 37°C. El porcentaje molecular de G + C del DNA es aproximadamente de 70%, determinado por los métodos de desnaturalización termal (Amaresh y Mishra, 19844).



Fotos 1: 1.a- *Azospirillum* mostrando flagelos y 1.b- gránulos de poli *b* hidroxibutirato

La mayoría de los miembros del género *Azospirillum* fijan nitrógeno atmosférico (Steenhound y Vanderleyden, 2000) y muestran un versátil metabolismo del carbono y nitrógeno, lo que les permite una buena adaptación en la rizósfera. Pueden fijar el

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

nitrógeno atmosférico en condiciones de vida libre como en asociación con hierbas, pero en todos los casos bajo condiciones estrictas de microaerofilia (Hartman y Zimmer, 1994). Son capaces de utilizar gran variedad de compuestos orgánicos como fuente energética, así como de desarrollar vías alternativas en el metabolismo de los mismos, lo que hasta cierto punto favorece su supervivencia en el suelo. Pueden fijar entre 20 y 60 kg N₂.ha⁻¹.año⁻¹ en gramíneas. Por otro lado poseen capacidad de sintetizar la enzima hidrogenasa (Pedrosa y Yates, 1982), que es responsable del proceso de reciclaje del hidrógeno producido por la enzima nitrogenasa que actúa en la fijación del nitrógeno (Pedrosa, 1988). La hidrogenasa protege a la nitrogenasa contra la inactivación por oxígeno; prevención de la inhibición de la reducción del dinitrógeno por el hidrógeno y recuperación por fosforilación oxidativa de la energía perdida con la formación de hidrógeno (H₂) por la enzima hidrogenasa, lo que implica pérdida de energía que no puede ser utilizada en la síntesis de NH₃ según Dixon (cit. por Pedrosa, 1988).

Observaciones microscópicas, revelan la presencia de dos tipos celulares: una forma celular altamente móvil y una forma sésil que presenta dos tipos de exopolisacáridos (Del Gallo *et al.*, 1989). La producción de polisacáridos extracelulares y capsulares, forma parte del proceso de formación de las morfologías celulares sésiles llamadas quistes (Sadasivan y Neyra, 1985).

Bajo condiciones de estrés los Azospirilos se diferencian a formas redondeadas con cápsula y permanecen inmóviles. Estas formas son llamadas C ^Cyst-like^ o formas C, que poseen mayor resistencia a la desecación, presión osmótica e irradiación ultravioleta (Sadasivan y Neyra, 1987). Los cambios morfológicos producen la formación de flóculos en medios líquidos y son acompañados por la formación de una capa de exopolisacáridos (EPS) y acumulación de gránulos de poli b hidroxibutirato (PHB), regulados por amonio vía sistema a doble componente NtrBC y por los genes glnB, glnZ y glnD (Sun *et al.*, 2000,2002). Estos gránulos pueden ser utilizados como fuente de carbono y energía en condiciones de estrés (Tal *et al.*, 1990). Las formas quísticas no representan un estado de dormición porque son capaces de fijar nitrógeno aunque en forma reducida y tienen alta actividad nitrato reductasa (NR) y glutamina sintetasa (GS) (Bashan y Holguin, 1997). En condiciones desfavorables se convierten

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

en quistes (Lamm y Neyra, 1981; Sadasivan y Neyra, 1987) y el cambio morfológico es acompañado de una capa externa de polisacáridos y gránulos de polibeta hidroxibutirato (PBH), que puede servirle de fuente carbonada en caso de limitación de nutrientes. (Tal *et al.*, 1990).

Los flagelos presentes en algunas especies de *Azospirillum* (*A. brasilense*, *A. lipoferum* y *A. irakense*), les permiten un movimiento natatorio en medios líquidos. Los flagelos laterales son necesarios para el movimiento superficial (swarming) y presentan diferencias antigénicas (Hall y Krig, 1984). Estos flagelos también les permiten desplazarse hacia compuestos exudados del sistema radical y son sensibles a concentraciones de 02 de 3-5 uM (aerotácticos) (Zhulin *et al.*, 1996). La quimiotaxis de *Azospirillum* le permite moverse *in situ* hacia las plantas a distancias, en centímetros, relativamente grandes (Bashan 1986a; Bashan y Levanony 1987).

Por otro lado, las moléculas señales de homoserinas lactonas (AHLs) favorecerían la colonización de la rizosfera, el swarming, las interacciones simbióticas, como así también la capacidad de interrumpir el proceso de señalización de otras bacterias que conviven en el mismo ambiente (Bashan y Levanony 1987).

Componentes que participan en la colonización de *Azospirillum*

Se encontró *Azospirillum* tanto sobre la superficie radicular como en el interior de las mismas (Döbereiner y Pedrosa, 1987; Bellone, 1987) (Figura 2), donde existe una menor competencia por los sustratos disponibles, hecho muy importante por la gran demanda de energía que requieren para la fijación de nitrógeno (Falk, 1985). Esta colonización se realiza sin cambios aparentes en su estructura y morfología (Döbereiner y De Polli, 1981). Sin embargo, Bellone (1996), demuestra que la colonización radicular produce cambios morfológicos en pelos radicales (Figura 3).

También pueden colonizar los espacios intercelulares de la corteza (Andreeva *et al.*, 1991; Levanony *et al.*, 1989; Whallon *et al.*, 1985). Los mecanismos de colonización proponen primero una invasión bacteriana de los tejidos corticales dañados por las raíces emergentes. (Matthews *et al.*, 1983; Patriquin y Döbereiner, 1978; Umali-Garcia *et al.*, 1980), seguido por una invasión a través de pelos radicales dañados y heridas ocasionadas durante el crecimiento de la planta, con penetración directa por lamelas,

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

con degradación de la pectina cuando ingresa la bacteria en la raíz lateral (Umali-Garcia, 1980).

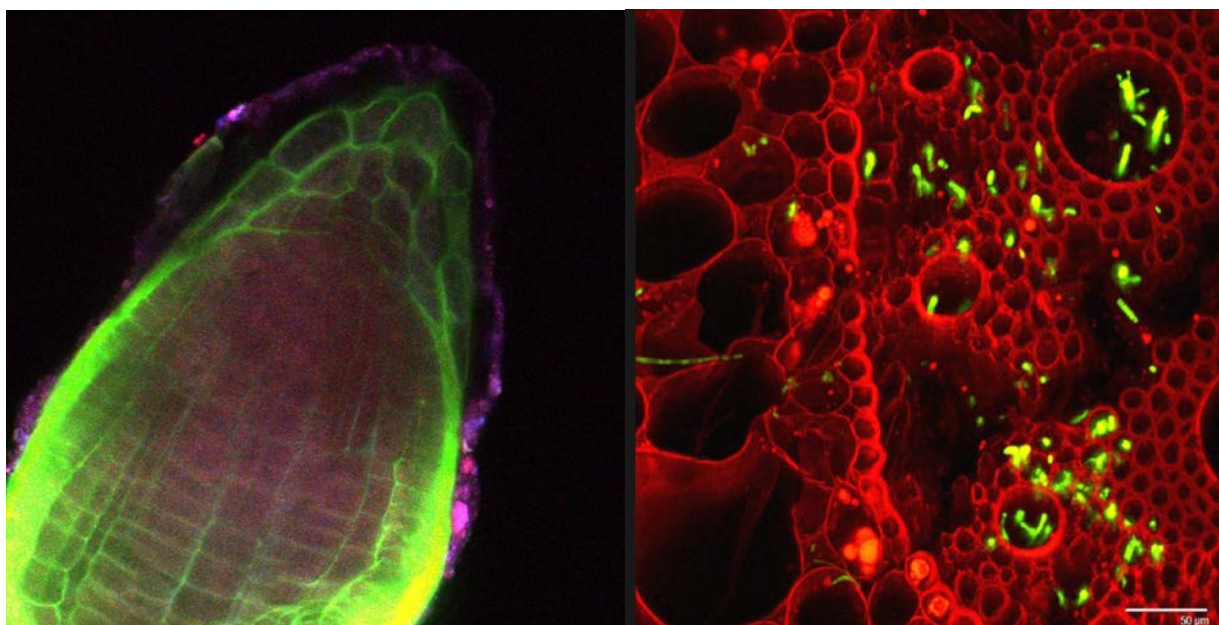


Foto 2: 2.a- *Azospirillum brasilense* (violáceo) en colonización de raíces de sorgo, adhesión externa y 2.b- colonización radicular interna.

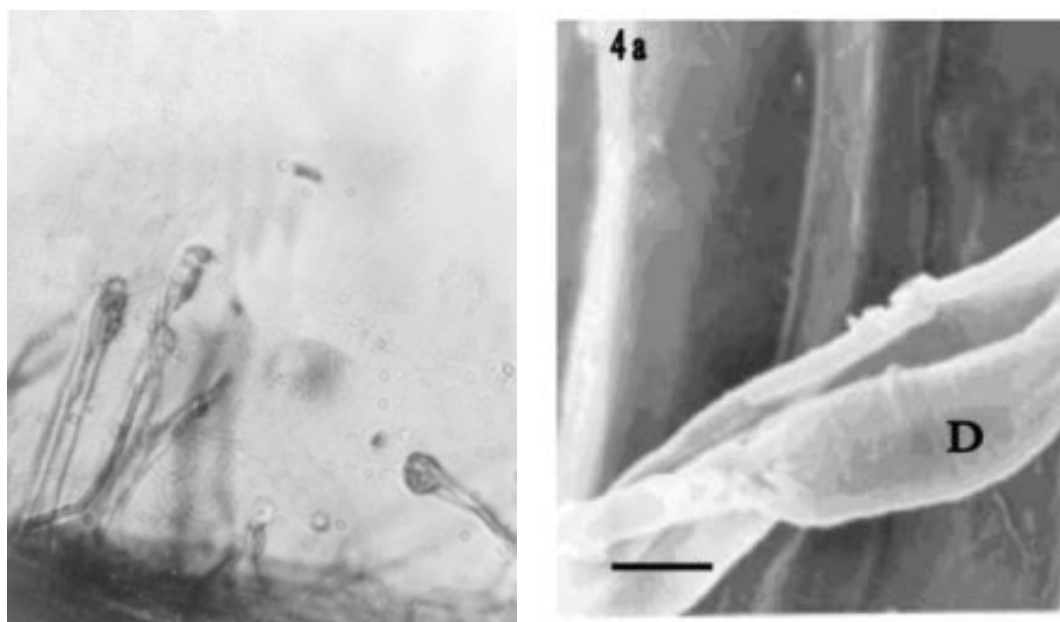


Foto 3: 3.a- Microscopía óptica y 3.b- foto microscopía electrónica, mostrando deformaciones producidas en pelos radicales, en plantas inoculadas con *Azospirillum*

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los mecanismos de adhesión de *Azospirillum*, estudiados en raíces de trigo, presentan una primera fase, que se lleva a cabo dentro de las 2 primeras horas, es una adhesión rápida y débil y depende de las proteínas superficiales (Bashan *et al.*, 1991; Castellanos *et al.*, 1998). Eyers *et al.*, 1988; Sikiman y New, 1990). El segundo paso es un anclaje firme producido por fibrillas largas de naturaleza proteica y polisacáridos, que conecta las células de *Azospirillum* entre sí y a la superficie radicular de las plantas (Bashan *et al.*, 1986; Bashan *et al.*, 1991; Patriquin *et al.*, 1983; Umali-Garcia *et al.*, 1980). Este proceso empieza después de 8 hs de incubación y alcanza un máximo después de 16 hs (Michiels *et al.*, 1991) (Bashan y Levanony, 1989; Michiels *et al.*, 1991). El movimiento de *Azospirillum* sobre la superficie radicular es mínimo, lo que asegura el transporte vertical bacteriano motivado por el crecimiento de la punta radicular hacia capas de suelo más profundas, que es termodinámicamente más estable. (Bashan y Levanony, 1989). Diversos factores químicos, fisiológicos, ambientales y nutricionales regulan la adhesión de *A. brasilense* a las raíces (Bashan y Holguin, 1993; Bashan y Levanony, 1989; Umali-Garcia *et al.*, 1980. Se ha sugerido que el mecanismo de adhesión bacteria-planta está mediado por lectinas expuestas en la superficie celular de la bacteria (Castellanos *et al.*, 1998; Del Gallo *et al.*, 1989).

Las raíces tienen una función importante en la ecología microbiana, al proporcionar un ambiente micro-aerófilico con fuentes de carbono que favorecen la fijación del nitrógeno y se encuentran localizados principalmente en la emergencia de raíces laterales.

Azospirillum muestra quimiotaxis positiva hacia ácidos orgánicos, azúcares, aminoácidos (Zhulin y Armitage, 1993), lo que le permite moverse a través de las películas de agua del suelo, hacia las raíces de la planta, donde se beneficia con los exudados radicales. Esta movilidad es relevante porque le permite a la bacteria acceder a un hábitat más adecuado y ser más competitiva con respecto a otros microorganismos de la raíz.

En el caso particular de la actividad PGPB de *Azospirillum*, su gran movilidad favorece el acercamiento y la adherencia de la bacteria a la superficie radicular. En ese movimiento influyen fenómenos de quimiotaxis y aerotaxis que fueron los caracteres que contribuyeron al éxito del NFb semisólido, desarrollado por Fabio Pedrosa (Fb).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Posterior a la colonización radicular, se inducen en la planta cambios en la morfología del sistema radical, aumento en el número y longitud de los pelos radicales, incremento de raíces laterales y superficie total de la raíz debido a fito-reguladores. Como consecuencia se observa un aumento en la captación de nutrientes (Saring *et al.*, 1992).

En la adhesión firme de *Azospirillum* a la superficie de las raíces de varias plantas, están implicadas diferentes estructuras de la envoltura celular. La unión de la bacteria a la superficie radical se realiza en dos etapas. Una reversible, en la que participa el flagelo polar que funciona como una adhesina y otra irreversible donde actúan una variedad de proteínas, de las cuales se ha caracterizado la porina de membrana externa, que es mayoritaria, MOPM (Dufrene *et al.*, 1996) y funciona como una adhesina con fuerte afinidad por extractos de raíces de cereales más que a extractos de leguminosas (Burdman *et al.*, 2001) (Foto 4). Los grados de adhesión de *Azospirillum* al suelo son afectados por el pH, grado de humedad y disponibilidad de sustancias químicas (Horemans *et al.*, 1988), por que las fibrillas bacterianas, son dependientes de la disponibilidad de nutrientes y esenciales para el anclaje de *A. brasilense*, realiza por puentes proteicos entre la célula bacteriana y las partículas de cuarzo (Bashan y Levanony, 1991; Bashan *et al.*, 1991).

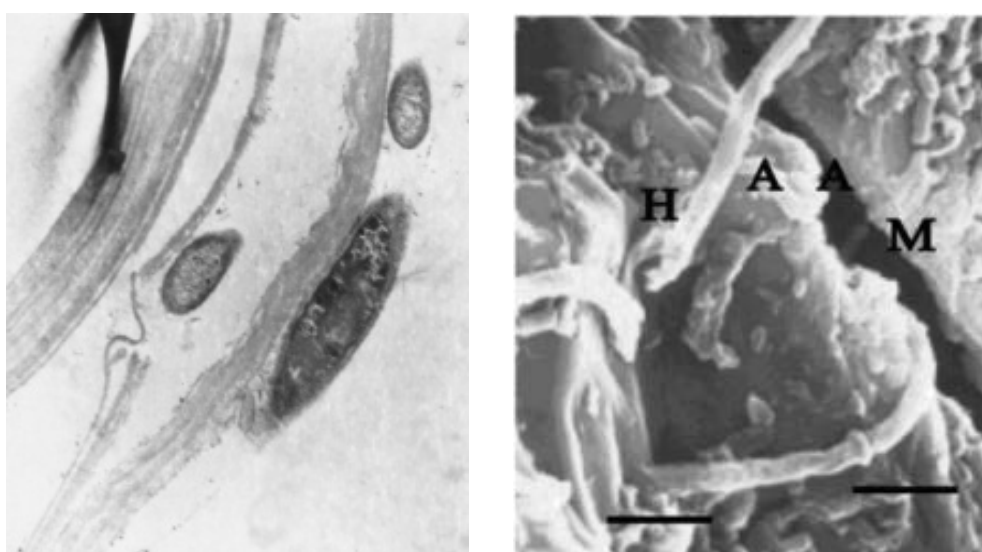


Foto 4: 4.a- y 4.b- Microscopia electrónica de *Azospirillum* adherido a la superficie radicular.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los flagelos laterales participarían posteriormente, ampliando la colonización y permitiendo a la bacteria su desplazamiento sobre la superficie de la raíz y en la elongación de los pelos radicales, durante la segunda etapa de anclaje (Burdman *et al.*, 1991). Los EPS producidos por la bacteria participan en la unión irreversible a la raíz (Jofré *et al.*, 2004) y las proteínas receptoras de la cápsula se une a la aglutinina. Este complejo genera un estímulo que aumenta la transcripción de los genes *nifH* y *nifA* y el promotor *glnBA* lo que sugiere que puede ser una señal en cascada que contribuye a la fijación del nitrógeno (Karpati *et al.*, 1999). Estos eventos también inducen cambios en el metabolismo celular de la bacteria y promueve la fijación del nitrógeno, excreción de amonio y biosíntesis de AIA (Vaneijsden *et al.*, 1995).

Las lectinas de las plantas interactúan con polisacáridos de la superficie bacteriana y actúan como moléculas señal para la asociación con *Azospirillum*, siendo la flagelina del flagelo polar (Fla1) quien podría unirse a las lectinas (glicoproteínas) presentes en las raíces por el segmento glicano de Fla1 (Moens *et al.*, 1995)

Las microfibrillas de celulosa encontradas en los agregados celulares y en los polisacáridos extracelulares, estarían participando en el proceso de infección y en la agregación de las células bacterianas colonizadoras (Sadasivan y Neyra, 1985). La formación de agregados sería una ventaja ecológica para *Azospirillum*, ya que permite a la bacteria establecerse en mayor concentración en la superficie radicular. Además, en condiciones desfavorables, los agregados incrementarían la posibilidad de supervivencia de *Azospirillum* en la rizósfera. La adhesión de *Azospirillum* a las raíces vegetales permiten a la bacteria, establecer una asociación permanente con la planta por medio de las sustancias excretadas por las bacterias que de otro modo se difundirían hacia la rizósfera y serían consumidas por otros microorganismos. Por otro lado si no se encuentran firmemente adheridas, las bacterias pueden ser fácilmente desprendidas de la raíz al suelo, por el agua, donde *Azospirillum* no sobrevive bien. (Bashan y Levanony, 1990; Bashan *et al.*, 1995). La colonización radicular de *Azospirillum* varía según la cepa bacteriana, especie vegetal, condiciones ambientales (humedad del suelo, temperatura y pH), factores químicos, fisiológicos y nutricionales. Las principales zonas de colonización, en la mayoría de plantas estudiadas, son las de elongación y zonas de pelos radiculares.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Producción de fitohormonas y sideróforos

Los cambios morfológicos ocurridos en la planta después de la inoculación con *Azospirillum*, se le atribuyen a la producción de sustancias que estimulan el crecimiento vegetal, como las auxinas, citoquininas o citocinas, giberelinas, ácido absísico y etileno entre otros metabolitos. El ácido indol acético (AIA), es la principal auxina en las plantas y controla procesos fisiológicos en diferentes órganos, como el sistema radical (Taiz y Zeiger, 2002). Análisis bioquímicos y genéticos en *A. brasilense* revelaron diferentes vías para la biosíntesis del AIA (Spaepen *et al.*, 2007). La vía indol-3-piruvato dependiente del triptófano se ha descrito en numerosas bacterias como *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Enterobactercloacae* y cianobacterias (Spaepen *et al.*, 2007). En *A. brasilense* también se ha descrito una vía independiente de triptófano, que es predominante cuando no se adiciona triptófano al medio de cultivo (Prinsen *et al.*, 1993). Si bien la producción de AIA en *Azospirillum* es la más documentada de todas las hormonas que promueven el crecimiento vegetal, y su participación es considerada como el principal mecanismo por el que la bacteria promueve el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, la promoción del crecimiento puede ser el resultado de múltiples interacciones de mecanismos como la producción de giberelinas, citocinas, ácido absísico y etileno, a una concentración suficiente para provocar cambios morfológicos y fisiológicos en las plantas.

La promoción de crecimiento vegetal por *Azospirillum*, parece ser parcialmente debido a la producción de giberelinas, como ocurre con otras PGPR (Bottini *et al.*, 2004). En este sentido se ha demostrado la producción de los precursores inmediatos giberelinas GA9 y GA19 en *A. lipoferum* (Piccoli y Bottini, 1996). Cuando una cepa de *A. lipoferum*, productora de GA fue cultivada en presencia de glucosilester o glucósido de GA A20, ambos conjugados fueron hidrolizados. Estos resultados *in vitro* apoyan la hipótesis de que la promoción del crecimiento vegetal inducido por *Azospirillum* podría deberse a una producción combinada de GA tanto por la bacteria como por la planta (Piccoli *et al.*, 1997).

Otra de las hormonas de interés es el ácido absísico (ABA) y juega un papel muy importante en las plantas, cuando están en estrés abiótico, como el estrés hídrico, por luz, por salinidad, o por herida. Esta molécula es considerada una molécula de estrés y

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

también es importante en condiciones de desarrollo normal de las plantas. En estudios de inoculación con *A. lipoferum* se observó que se revierte el efecto de fluoridona que afecta la síntesis del ABA en plántulas de maíz, sugiriendo que esta bacteria puede producir este tipo de hormona (Cohen *et al.*, 2001).

A. brasilense Sp245 produce ácido abscísico (ABA) en medio de cultivo y se incrementa cuando el NaCl (100 mM) es incorporado al medio de cultivo (Cohen *et al.*, 2007). Inoculaciones de *A. thaliana* con *A. brasilense* Sp245 incrementó dos veces la cantidad de ABA en la planta (Cohen *et al.*, 2007). Estos resultados pueden explicar los efectos benéficos de *Azospirillum* en plantas bajo condiciones de estrés.

Las citocininas son una clase de fitohormonas tipo purina que promueven la división celular y la morfogénesis de la raíz. La mayoría de los microorganismos rizosféricos son capaces de sintetizar citocininas en cultivos.

El etileno es una fitohormona que regula varios procesos fisiológicos como la senescencia y la latencia de semillas; es producido por plantas superiores y algunos microorganismos. La enzima clave para la síntesis de esta molécula es la 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico desaminasa (ACC-deaminasa), que fue encontrada en plantas y rizobacterias. Como *Azospirillum* tiene capacidad de degradar este metabolito, regula la producción de etileno. En otros estudios, se determinó que la aplicación exógena de etileno a la planta fue similar al efecto de la inoculación y la aplicación de inhibidores de la actividad o síntesis del etileno bloquea completamente la promoción del crecimiento vegetal inducido por *A. brasilense* (Ribaudó *et al.*, 2006).

A. brasilense Sp245, también produce óxido nítrico (ON) (Creus *et al.*, 2005). El ON es un radical libre lipofílico y volátil que participa en varios procesos como; vías metabólicas, señalización, defensa y desarrollo de las plantas. En bacterias, esta molécula puede ser producida por varias vías bajo condiciones aeróbicas (Molina-Favero *et al.*, 2007). La desnitrificación aeróbica catalizada por la enzima nitrato reductasa periplásmica y la actividad de la enzima óxido nítrico sintasa son algunas de las vías por las que se produce el ON (Pothier *et al.*, 2007). Existe una importante conexión entre el ON y las hormonas vegetales clásicas, particularmente las auxinas, durante el desarrollo del sistema radical. Recientemente se demostró la participación

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

del ON en la formación de raíces laterales en tomate inducidas por *A. brasilense* Sp245, utilizando un secuestrador específico de ON, cuya aplicación resulto en la inhibición de la formación de raíces laterales (Creus *et al.*, 2005; Molina-Favero *et al.*, 2007). Otra evidencia que apoya esta hipótesis es la utilización de una mutante de *A. brasilense* sp245, que solo produce el 5% del ON comparado con la cepa silvestre, y que fue incapaz de inducir la formación de raíces laterales (Molina-Favero, 2008). Estos resultados muestran que el ON es un componente clave en la promoción del crecimiento inducido por *Azospirillum*. También se ha encontrado en las rizobacterias otros metabolitos que influyen decididamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como los sideróforos, ácido cianhídrico, Acetil metil carbinol, etc. *Azospirillum* también presenta la capacidad de solubilizar formas insolubles de fosforo.

RESPUESTA DE *AZOSPIRILLUM* A CONDICIONES DE ESTRÉS

La composición iónica del citoplasma de las células, mantienen concentraciones de sal, con estrategias que difieren con de las del medio, que la mayoría de las veces contiene NaCl como principal componente salino (Bayley y Morton 1978; Oren 1986; Oren *et al.*, 1997). En las células que usan la estrategia *salt-in* para la adaptación osmótica, las enzimas y componentes estructurales se han adaptado a la presencia de altas concentraciones de sal para asegurar el funcionamiento de la maquinaria enzimática intracelular.

Se ha observado que los organismos halófilos muestran adaptaciones moleculares, dentro de las cuales existe un exceso de aminoácidos con carácter ácido y pocos aminoácidos hidrofóbicos en sus proteínas (Langworthy *et al.*, 1974). En otros microorganismos halófilos y halotolerantes, el balance osmótico se establece mediante pequeñas moléculas que son sintetizadas por las células, o tomadas del medio donde se encuentran disponibles. Los solutos compatibles son solutos que a altas concentraciones permiten a las enzimas funcionar eficientemente (Brown, 1990). Dentro de los solutos compatibles que se han encontrado en los microorganismos halófilos y halotolerantes, hay algunos polioles, como el glicerol y arabinitol, azúcares y sus derivados (sacarosa, trehalosa, glucosilglicerol), aminoácidos y derivados de aminas cuaternarias como la glicina, betaína. Los solutos son componentes de bajo

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

peso molecular, altamente solubles en agua y sin carga. La concentración intracelular de estos solutos orgánicos compatibles permite una adaptación de las células a los cambios de la concentración de sal en el medio (Galinski, 1993, 1995). En condiciones de estrés, *Azospirillum* es capaz de producir quistes, ricos en poli-β-hidroxibutirato (PHB), y flóculos (agregados visibles), los que incrementan su supervivencia.

Azospirillum es osmotolerante y en condiciones de campo está usualmente asociado a condiciones no óptimas para el crecimiento de la planta (limitación en la fertilización y agua) y ocurre principalmente bajo condiciones adaptadas para la agricultura de zonas semiáridas.

Un mecanismo celular común en las adaptaciones a estrés osmótico es la acumulación intracelular de solutos orgánicos (osmolitos). El osmolito principal en *A. brasilense* es un cambio de glutamato a prolina, lo que aumenta la presión osmótica del medio. Se detectó también en el periplasma de células de *A. brasilense*, que crecían en un medio de baja presión osmótica, un nuevo osmolito, un β (1-3), β (1-6) glucano linear. Estos osmolitos pueden atenuar el efecto del estrés salino y la toxicidad de los ácidos húmicos en los suelos.

El estrés metabólico o por cambios en el ambiente, induce una activación transcripcional a través del elemento, logrando un estado de tolerancia hacia esa condición de estrés. Posiblemente, la carencia de peptidoglicanos en las bacterias halófilas, se debe a una incapacidad para sintetizar ácido murámico, lo que hace variar las características de la pared celular (Galinski, 1993). Brown plantea que la inestabilidad de la pared celular es por defecto de solutos y de la concentración de sal necesarios para el mantenimiento de la estructura de la envoltura célula. Baxter (1959) atribuyó los eventos electrostáticos en la membrana a una carga negativa causada por un exceso de aspartato y glutamato en las proteínas de membrana. Lanyi (1974) propone que las interacciones hidrofóbicas son los principales factores que suelen intervenir en las proteínas de los halófilos.

La fisiología intracelular de los organismos halófilos está dominada por la acumulación de K⁺ y Cl⁻ y por una eficaz exclusión del Na⁺ y pueden crecer en medios de cultivo con contenidos altos de sales, que pueden llegar 4 M (Christian y Waltho, 1962). Las enzimas de los organismos halófilos, tienen un óptimo de actividad en

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

concentraciones de 4M de NaCl o KCl. Las del metabolismo intermedio entre 0,5 y 1M de ambos y las citoplasmáticas (que se inhiben con altas concentraciones de sal), pueden funcionar porque intracelularmente el impacto de las sales es menor. Si el KCl no se acumulara, la actividad relativa de agua (a_w) y la concentración total de soluto podrían ser iguales, por un ajuste termodinámico. De esta manera, en las bacterias halófilas, el KCl tiene una función fisiológica muy similar a la de los compuestos poliólicos de las levaduras xelotolerantes y algas halófilas (Brown y Simpson, 1972).

Gramíneas

La rizófera es una zona con elevada concentración de compuestos orgánicos fácilmente degradables debido a la exudación radicular, razón por la cual las bacterias fijadoras libres encuentran un lugar muy apropiado para fijar nitrógeno. En la evolución, las plantas han llegado a estar asociadas con los rizobacterias, lo que plantea la posibilidad de que estas poblaciones puedan haber desarrollado mecanismos para interactuar con las raíces de las plantas. Por otro lado, las *Pseudomonas* aisladas, también de la rizósfera, producen el metabolito 2,4 diacetilfloroglucinol (DAPG) que puede actuar como una molécula señal en *Azospirillum* mejorando los efectos de fitoestimulación de esta bacteria.

La materia orgánica tanto en superficie como en profundidad es la responsable de la estabilidad de los microagregados, los que favorecen la estructura del suelo, el movimiento de agua a través del mismo y la difusión de los gases que facilitan la proliferación de la biota en el perfil edáfico. Los mayores contenidos de Carbono Orgánico Total (COT) se evidenciaron en los primeros centímetros de profundidad. Ello podría estar relacionado con una intensa actividad biológica con las plantas. La actividad biológica es producto del sistema radical, y de la concentración de microorganismos en la rizósfera.

A pesar que en cada 100 m² de suelo existen alrededor de 800.000 Kg de nitrógeno, rara vez hay en el suelo suficiente cantidad de este elemento en forma de nitrato y sales de amonio, para satisfacer las necesidades de las plantas (Brill, 1977). Motivo por el cual la utilización de microorganismos como *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Beijerinckia sp.*, entre otras, mejoran la implantación de los cultivos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Estas poblaciones se desarrollan, debido a la provisión de nutrientes orgánicos del suelo y de los exudados radiculares, afectando profundamente la biología de la raíz en relación a la nutrición y sanidad. Los efectos positivos de estos microorganismos, están siempre correlacionados con cambios en la morfología, longitud de las raíces laterales y número de pelos radicales (Bertrand *et al.*, 2000; Bellone y Carrizo de Bellone, 2002). Se asume que estas respuestas son disparadas por fitohormonas producidas por las bacterias (Percello-Catieaux *et al.*, 2003) y son recepcionadas por el tejido vegetal produciendo cambios morfológicos en las raíces.

Las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPB) como *Azospirillum*, satisfacen estas necesidades fijando el nitrógeno del aire (FBN) convirtiéndolo, con elevado gasto energético en amonio, favoreciendo así su disponibilidad a las plantas (Forde, 2002). Estos microorganismos pueden conseguir energía, directamente del sustrato sobre el que desarrollan, o bien colonizando raíces de ciertas plantas, que les suministran fotosintatos que utilizan como fuente energética.

Existen antecedentes sobre la presencia de fijadores diazotróficos en Tucumán, sobre cultivos tales como caña de azúcar (Bellone y Monzón, 1987), amaranto (González *et al.*, 1997), gramíneas naturales (Morris y Bellone, 1994), malezas (Bellone y Chaila, 1997), pero existen pocos antecedentes en gramíneas forrajeras cultivadas en un mismo suelo, donde el nitrógeno es probablemente el factor limitante más común del crecimiento vegetal. La fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico asociado a pastos tropicales, tomó fuerza a partir del trascendental descubrimiento y desarrollo de la técnica de reducción del acetileno que permitió la determinación de la actividad nitrogenasa, con lo cual quedó demostrado inequívocamente la fijación asimbiótica del nitrógeno atmosférico en cereales y algunas variedades de pastos tropicales (Von Bülow y Döbereiner, 1975; Smith, Bouton. Schank, Quesenberry. Tyler, Milam, Gaskins y Little, 1976).

En Grama Rhodes, utilizando la técnica de la dilución natural del isótopo pesado de nitrógeno, bajo condiciones normales de suelos se encontró que son capaces de fijar entre 30 y 50 Kg N₂.ha⁻¹. En cambio bajo condiciones salinas la fijación se reduce drásticamente desde 6 dS.m⁻¹ con, hasta valores 0 con 10 dS.m⁻¹.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La disponibilidad potencial de fijadores de nitrógeno en pasturas de gramíneas tropicales, ha llevado al estudio, en diversas regiones del mundo, de biofertilizantes nitrogenados, donde el género *Azospirillum*, desempeña un importante papel (Pereira, 1993).

Este género de bacterias colonizan la rizósfera de plantas forrajeras y cereales (Fallik y Okon, 1996), pudiendo encontrarse libres en el suelo o en asociación con las raíces de las plantas (Burdman *et al.*, 2000; Okon y Labandera-Gonzales, 1994). Muestran también considerables grados de especificidad en su capacidad de infectar las raíces (Baldani y Döbereiner, 1980). *A. lipoferum* por ejemplo, presenta afinidad con las plantas de tipo C4, tales como gramíneas tropicales (*Panicum*, *Cynodon*, *Pennisetum*, *Digitaria*, etc.) y otras como maíz y sorgo; mientras que *A. brasilense* muestra afinidad con las plantas de tipo C3, tales como trigo, avena y arroz. La caña de azúcar constituye una excepción, porque aunque es una especie C4, *A. brasilense* presenta afinidad con ella (Mandimba *et al.*, 1986).

Estudios del efecto de la inoculación con *A. brasilense* en diferentes gramíneas, en condiciones de invernadero, revelaron incrementos significativos en el rendimiento y el contenido total de nitrógeno (Okon, 1982). Esto se debe a que *Azospirillum* puede actuar fijando el N₂ atmosférico, dejándolo a disposición de la planta y aumentando la absorción de iones minerales como NO₃⁻, K⁺ y H₂PO₄, por el desarrollo notable del sistema radical, lo que está estrechamente relacionado con la producción de auxinas citoquininas y giberelinas por parte de este microorganismo (Anderson, 1985). (Horemans *et al.*, 1986; Zimmer *et al.*, 1988).

Analizando la quimiotaxis hacia raíces de Grama Rhodes, utilizando bacterias aisladas marcadas con el plásmido pHRGFP, se encontró que la bacteria se mueve de raíz en raíz, en un proceso activo inespecífico, formando una banda de colonización con agregados bacterianos que rodean una limitada parte de la raíz. Las cepas no móviles de las bacterias se quedaron en el sitio de inoculación.

Suelos Salinos

El aislamiento de *Azospirillum sp.* en suelos con alta salinidad podrían también indicar la existencia de líneas con osmoprotectores que ayudan al mantenimiento de la

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

turgencia y de las funciones metabólicas proteicas de estas bacterias (Fabra *et al.*, 1997). Por otro lado existe una alta especificidad entre el genotipo del vegetal y el de la bacteria con respecto a la capacidad de la misma para estimular el crecimiento de la planta. Esto favorece la selección de cepas de *Azospirillum sp.*, con tolerancia a altos niveles de salinidad y la posibilidad de producción de inoculantes para el cultivo de gramíneas en suelos salinos. El empleo de cepas tolerantes a salinidad, en conjunto con prácticas de pildorado de semillas (Vella *et al.*, 2005), favorece mejores implantaciones en la producción forrajera de suelos salinos en zonas con climatología adversa. Así *Azospirillum* aislado de suelos salinos son capaces de producir auxinas, giberelinas y etileno con concentraciones salinas hasta 4 dS.m⁻¹. Con mayores concentraciones decaen los valores hasta valores de 0 con 10 dS.m⁻¹. Por otra parte, las bacterias aisladas sometidas a concentraciones salinas crecientes, son capaces de producir sideróforos y otros metabolitos hasta concentraciones de 4 dS.m⁻¹, siendo negativa la producción cuando se superan esos valores de salinidad.

Aislamientos e Inoculaciones

En Tucumán, Argentina, se inoculó Grama Rhodes con *Azospirillum brasilense* reaislado de gramíneas homólogas, tanto en suelos salinos como no salinos y se obtuvieron incrementos significativos en los rendimientos. El crecimiento de estas bacterias en presencia de diferentes concentraciones de NaCl, mostró que crecían con 300 mM NaCl. En el año 2010 se estudió el efecto de la salinidad sobre el crecimiento de cepas de *Azospirillum brasilense*, aislado de Grama Rhodes, con diferentes concentraciones de NaCl, SO₄Na₂ y NaCO₃: 2, 4, 6, 8 y 10 dS.m⁻¹ durante diferentes períodos de incubación: 5, 10, 15 y 20 días. Los resultados mostraron que el aumento de los niveles de salinidad causaron una reducción significativa del número de bacterias, independientemente del tipo de sal, lo que indica que la disminución de la tasa de crecimiento era puramente osmótica y no el resultado de iones específicos presentes por altas concentraciones de sales (Datos no publicados). Con niveles de 10 dS.m⁻¹ los aislamientos de *Azospirillum brasilense*, de los diferentes ambientes edáficos cultivados con Grama Rhodes, muestran imposibilidad de crecimiento. Así, en suelos con valores de conductividad eléctrica considerados normales, los valores oscilan entre

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

4 a 5×10^5 bacterias por gramo de raíces. En cambio cuando la CE incrementa a valores de 2, 4, 6, 8 y 10 dS.m^{-1} de CE el número disminuye a valores menores de 1.2×10^1 ufc por gramo de raíz, siendo negativa la presencia con valores superiores de CE de los suelos. Estos resultados muestran que el efecto de la salinidad sobre la presión osmótica de la solución de crecimiento de las bacterias tanto *in vitro* como en la planta es el responsable de la caída en los números de las bacterias en ambas condiciones.

Un aspecto relevante a destacar en la asociación de *Azospirillum* con Grama Rhodes, es la presencia de la bacteria en las semillas, las que se pueden encontrar tanto en la parte externa como interna (endofítica), independientemente del origen de las semillas, ya sean obtenidas de zonas con concentraciones normales o altas de sales. *Azospirillum* también fue aislada en semillas de variedades como Callide, Katambora, Fine Cut y Top Cut. En estos cultivares la concentración salina tiene un aspecto relevante, ya que la concentración máxima de CE que permite el crecimiento y recuento de las bacterias son de 10 dS.m^{-1} tanto para las raíces como para semillas.

En cultivos *in vitro*, con concentraciones salinas que superan los 10 dS.m^{-1} , los aislamientos de *Azospirillum brasilense* de raíces de Grama Rhodes, no muestran la presencia de biofilm ni de exopolisacáridos por lo que las bacterias no están adheridas a las raíces ubicándose únicamente como endófitos.

En bioensayos realizados con la cepa biosensora de *Agrobacterium tumefaciens* KYC55, se detectó moléculas con actividad (AHL) de quórum en todas las variedades de Grama Rhodes analizadas, esto es importante porque no existen antecedentes de la presencia de estas moléculas en esta gramínea. En condiciones de alta salinidad, más de 10 dS.m^{-1} no se puede detectar estas moléculas señales. Esto da lugar al éxito de los tratamientos con *Azospirillum*, que se practican a la semilla, que ayudan a la implantación y estimulación del enraizamiento temprano, permitiendo a la planta una mejor exploración en busca de agua y nutrientes por el perfil de suelo. También el tratamiento de peleteado a la semilla de Grama Rhodes, facilita la siembra, otorgando mejores condiciones para la germinación.

El análisis de las raíces de Grama Rhodes en dos localidades del Oeste de la Provincia de Santiago del Estero, bajo tres condiciones de suelos: a-) Suelos No

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Salinos; b-) Suelos Salinos sin napa freática (CE 3,9 a 7 dS.m⁻¹) y c-) Suelos Salinos con presencia de napa freática salina (CE 17 a 22 dS.m⁻¹) (Cuadro 1)

Cuadro 1: Aislamiento de Fijadores No Simbióticos en gramíneas forrajeras perennes subtropicales hospederas. Est. La Celina, Depto. Río Hondo, Santiago del Estero (Carrizo de Bellone *et al.*, 2006).

CE (dS.m ⁻¹)	Pastura	Suelo Salino	Suelo Agrícola
2,82	<i>Chloris gayana</i> cv. Común		1,5x10 ² ufc <i>Azospirillum</i> sp.
2,82	<i>Sorghum</i> sp.		1,4x10 ³ ufc <i>Herbaspirillum</i> sp
2,82	<i>Panicum maximum</i> cv. Gatton		1,3x10 ³ ufc <i>Azospirillum</i> sp. 1,1x10 ² ufc <i>Herbaspirillum</i> sp
8,3	<i>Trichloris crinita</i>	1,7x10 ³ ufc <i>Bacillus</i> sp.	
12,4	<i>Chloris gayana</i> cv. Callide	1,5x10 ³ ufc <i>Azospirillum</i> sp.	
25,2	<i>Panicum pyramidalis</i>	1,6x10 ⁴ ufc <i>Azospirillum</i> sp.	
25,2	<i>Chloris gayana</i> cv. Callide	1,3x10 ² ufc <i>Azospirillum</i> sp.	
34,3	<i>Sporobolus airoides</i>	1,4x10 ¹ ufc <i>Herbaspirillum</i> sp.	

Cuando las concentraciones de sales de los suelos analizados superan los 10 dS.m⁻¹ de CE, los bajos recuentos de *Azospirillum brasilense* obtenidos, de raíces de Grama Rhodes, se encuentran acompañados con bacterias de los géneros *Pseudomonas*. El análisis de solutos compatibles de estos aislamientos, por técnicas de purificación con HPLC e identificados por espectrometría de masa, dan como resultado que los metabolitos producidos correspondían a moléculas de Ectoina. Estas moléculas producidas por *Pseudomonas*, son osmoprotectoras las que sumadas a los metabolitos que produce *Azospirillum*, pueden acceder a protecciones superiores a las que realiza una sola bacteria. De esta forma podría explicarse la presencia de ambas bacterias bajo estas condiciones de salinidad como endófitos en las raíces de Grama Rhodes.

En aislamientos realizados en especies de *Panicum*, cultivados en zonas salinas en la provincia de Tucumán, el porcentaje más alto de microorganismos aislados,

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

corresponde a *Azospirillum* y en el caso de *Pennisetum*, el único microorganismo aislado corresponde al género *Herbaspirillum*.

Cuadro 2: Aislamiento de Fijadores No Simbióticos en gramíneas forrajeras perennes subtropicales hospederas. Monte Redondo, Tucumán, 1998-99 (Carrizo de Bellone et al., 2000).

Gramíneas	Fijadores No Simbióticos			
	<i>Beijerinckia sp.</i>	<i>Bacillus sp.</i>	<i>Azospirillum sp.</i>	<i>Herbaspirillum sp.</i>
<i>Bothriochloa insculpta</i>	15*	72	20	
<i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Biloela	20	65		
<i>Panicum maximum</i> cv. Gatton	10	76	100	
<i>Setaria anceps</i> cv. Kazungula	20			
<i>Cynodon plectostachyus</i>	100		7	
<i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandú	100		10	
<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Panamá	10			100
<i>Panicum coloratum</i> cv. Bambatsii	15		100	
<i>Chloris gayana</i> cv. TUC La Oriental	100		4	
<i>Paspalum notatum</i>	100		15	

Esta especiación de la diversidad bacteriana que se manifiesta en el resto de las gramíneas, depende posiblemente de las condiciones metabólicas, ecológicas y de manejo a que es sometida cada pastura. En general se observa que el nivel de diversidad genética bacteriana está limitada y altamente conservada, debido a la selección del cultivo que contribuye a la homogeneidad de cada diazotrofo.

Así, *Cynodon plectostachyus*; *Urochloa brizantha* cv. Marandú; *Chloris gayana* cv. TUC La Oriental y *Paspalum notatum* exhiben una marcada especialización hacia *Beijerinckia sp.* Mientras que *Panicum maximum* cv. Gatton y *Panicum coloratum* cv. Bambatsii lo hacen hacia *Azospirillum sp.* y *Pennisetum purpureum* para *Herbaspirillum sp.* *Bothriochloa insculpta*, *Cenchrus ciliaris* cv. Biloela y *Setaria anceps* cv. Kazungula poseen un comportamiento diferencial ya que si bien muestran mayor tendencia hacia *Bacillus sp.*, poseen cantidades regulares de otros diazotrofos.

Esta asociación zona específica permite inferir que existen condiciones particulares que concuerdan con las necesidades de cada uno de los diazotrofos asociados y existen condiciones metabólicas diferentes en cada uno de los sistemas radicales.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La diferencia de genotipos bacterianos en las gramíneas forrajeras perennes subtropicales, pone de manifiesto que el ecosistema expresa capacidad de mantener la función fijadora de nitrógeno en cada una de ellas.

Aislamientos en otras partes del mundo coinciden con los mencionados anteriormente así Malik y Zafar (1985) obtuvieron resultados significativos en la fijación del nitrógeno atmosférico en inoculaciones de *A. halopraeferans* con Kallargrass (*Leptochloa fusca*) en suelos salinos y básicos de Pakistán; la fijación de N₂ fue cuantificada mediante el empleo de técnicas con 15N y el balance de N. Otros investigadores, auxiliándose también de estas mismas técnicas, han obtenido buenos resultados en la fijación de N₂ para cultivos como el arroz, la caña y algunos pastos inoculados con *Azospirillum spp.* (App et al., 1986; Lima et al., 1987).

También se han realizado aislamientos de *Azospirillum spp.* de raíces de guinea en suelo Pardo con Carbonatos y Ferralítico Rojo (Hernández et al., 1990); kinggrass, sorgo, caña de azúcar, brachiaria y rhodes en suelo Ferralítico Rojo (Hernández y Prieto, 1992; González et al., 1992).

Estudios realizados en con cepas de *Azospirillum spp* sobre suelo Ferralítico Rojo, en kinggrass en condiciones de invernadero, se lograron incrementos notables en el peso de las raíces y la masa verde para esta especie (Vázquez y Gonzáles, 1990); y se obtuvieron incrementos en los rendimientos con valores que oscilaron entre un 50 y 100% de las plantas inoculadas con respecto al testigo.

Hernández et al. (1992) estudiaron el efecto de tres cepas de *Azospirillum* sobre el comportamiento agronómico de *Sorghum* en suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de La Habana y obtuvieron incrementos significativos para el rendimiento de materia verde, materia seca y contenido de nitrógeno con respecto al control sin inocular. Resultados similares fueron obtenidos al inocular 2 gramíneas tropicales (*P. maximum* cv. Likoni y *Chloris gayana* cv. Callide) con 5 cepas de *Azospirillum spp.* en condiciones de invernadero sobre suelo Ferralítico Rojo de la provincia de Matanzas (Pereira, Madeline et al., inédito).

Con respecto a la morfologías encontradas de las bacterias del genero *Azospirillum* aisladas de las raíces y semillas de Grama Rhodes en suelos salinos, muestran características que no están asociadas al ambiente de crecimiento de las

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

plantas, ni de los cultivares analizados. Esto sugiere que las bacterias se adaptan a las condiciones de crecimiento de las plantas de acuerdo a las características morfológicas originales en que se encontraban durante la asociación con las plantas. Estas características coinciden con las morfologías de las formas celulares y el color de las colonias desarrolladas en los medios de cultivos.

pH temperatura y características bioquímicas

Estudios de pH realizados *in vitro* con las cepas de *Azospirillum* aisladas de las gramíneas en suelos salinos mostraron que ninguno de los aislamientos crece a pH inferiores a 5, y hasta pH 10. Estos valores coinciden con los obtenidos de aislamientos de la rizósfera, raíces y semillas de las plantas cultivadas en los ambientes naturales como de los suelos salinos.

Con respecto a la temperatura, el comportamiento es similar al del pH, con valores muy homogéneos entre los diferentes aislamientos y las condiciones de salinidad de los suelos analizados. La temperatura de crecimiento de las bacterias se encuentra entre los rangos de 27 a 50°C.

Desde el punto de vista de las características bioquímicas analizadas, los diferentes aislamientos muestran la utilización de la biotina, almidón, citrato, cambio de pH, ureasa y catalasa. También utilizan fuentes carbonadas como el manitol, sacarosa, fructosa, lactosa, succinato y ácido málico. Estos resultados sugieren una homogeneidad en las características genéticas de los diferentes aislamientos.

El estudio profundo de selección de cepas eficientes para gramíneas promisorias y determinados cultivos, específicamente en diferentes tipos de suelos de nuestro país, permitirá explotar al mismo nivel y con eficiencia el potencial nitrofixador de esta bacteria y su capacidad de producir hormonas estimulantes del crecimiento y desarrollo vegetal.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Andreeva, I. N.; K. Mandkhan; T. V. Reed'Kina; E. N. Misbustin y S. F. Izmailov.** 1991. Effect of *Azospirillum brasilense* on formation and nitrogen-fixing activity of vean and soybean nodules *Soviet Plant Physiology* 38: 646-6521

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

2. **Banegas, N. R.; A. S. Albanesi; R. Pedraza; J. A. Nasca y M. R. Toranzos.** 2007. Determinación de fracciones de carbono edáfico en un sistema pastoril bovino de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, Argentina. APPA. ALPA. Cuzco, Perú, 2007.
3. **Bashan, Y. y G. Holguin.** 1997a. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can J Microbiol* 43: 103-121
4. **Bashan, Y. y H. Levanony.** 1987. Horizontal and vertical movement of *Azospirillum brasilense* Cd in the soil and along the rhizosphere of wheat and weeds in controlled and field environments. *Journal of General Microbiology* 133: 3413-3480.
5. **Bashan, Y.; M. E. Puente; M. N. Rodriguez-Mendoza; M. N. Toledo; G. Holguin; R. Ferrera-Cerrato y S. Pedrin.** 1995. Survival of *Azospirillum brasilense* in the bulk soil and rhizosphere of 23 soil types. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1938-1945.
6. **Bashan, Y. y H. Levanony.** 1989. Factors affecting adsorption of *Azospirillum brasilense* Cd to root hairs as compared with root surface of wheat. *Canadian Journal of Microbiology* 35: 936-944.
7. **Bashan, Y. y H. Levanony.** 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Canadian Journal of Microbiology* 36: 591 -608.
8. **Bashan, Y.** 1986. Enhancement of wheat root colonization and plant development by *Azospirillum brasilense* Cd, following temporary depression of rhizosphere microflora. *Applied and Environmental Microbiology* 51:1067-1071.
9. **Bashan, Y.; H. Levanony; y R. E. Whitmoyer.** 1991. Root surface colonization of non-cereal crop plants by pleomorphic *Azospirillum brasilense* Cd. *Journal of General Microbiology* 137: 187-196.
10. **Bayley, R. M. y R. A. Morton.** 1978. Recent developments in the molecular biology of extremely halophilic bacteria. *Crit. Rev. Microbiol.* 6:151-205.
11. **Baxter, R. M.** 1959. An interpretation of the effects of salts on the lactic dehydrogenase of *Halobacterium salinarum*. *Can. J. Microbiol.* 5:47-57.
12. **Bellone, C.** 1996. Micorrización y Fijación de Nitrógeno en el Área Cañera de la Provincia de Tucumán. FAZ - Universidad Nacional de Tucumán. Tesis Doctoral. 317 págs.
13. **Bellone, C. H. y D. Chaila.** 1997. Presencia de *Azospirillum* en raíces de *Eragrostis paniculatum* Cav. Et. Domb. Ex De la Roche. Biología del Suelo. Fijación Biológica del Nitrógeno: 165-168.
14. **Bellone, C. H. y M. A. Monzón de Asconegui.** 1987. Electron microscopy observation of *Azospirillum* spp. cell within sugar cane (*Saccharum* sp. L.) roots. Forth International Symposium on Nitrogen Fixation with non-legumes 1: 23-28, Rio de Janeiro, Brasil.
15. **Bellone, C.H. y S. Carrizo de Bellone.** 2002. Interacciones entre diazotrofos y hongos con caña de azúcar. P 128.
16. **Bertrand, H.; C. Plassard; X. Pinochet; B. Touraine; P. Normand y J. C. Cleyet-Marel.** 2000. Stimulation of the ionic transport system in *Brassica napus* by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.). *Canadian Journal of Microbiology* 46: 229-236.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

17. **Bottini, R.; F. Cassán y P. Piccoli.** 2004. Gibberellin production by bacteria and its involvement in plant growth promotion and yield increase. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 65:497-503.
18. **Brown, A. D. y J. R. Simpson.** 1972. Water relations of sugar-tolerant yeasts: the role of intracellular polyols. *J. Gen. Microbiol.* 72:589-591.
19. **Brown, A. D.** 1990. Microbial water stress physiology. Principles and perspectives. Jhon Wiley & Sons, Ltd., Chichester, Uniten Kingdom.
20. **Burdman, S.; E. Jurkevitch; B. Schwartsburd; M. Hampel e Y. Okon.** 1998. Aggregation in *Azospirillum brasilense*: effects of chemical and physical factors and involvement of extracellular components. *Microbiology* 144:1989-1999
21. **Burdman, S.; Y. Okon y E. Jurkevitch.** 2000. Surface Characteristics of *Azospirillum brasilense* in Relation to Cell Aggregation and Attachment to Plant Roots. *Critical Reviews in Microbiology* 26 (2): 91-110.
22. **Castellanos, T.; F. Ascencio y Y. Bashan.** 1998. Cell-surface lectins of *Azospirillum spp.* *Curr. Microbiol.* 36: 241-244.
23. **Burdman, S.; J. Kigel y Y. Okon.** 1997. *Effects of Azospirillum brasilense* on nodulation and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil Biol. Biochem.* 29 (5/6),
24. **Cohen, A.; C. R. Bottini y P. N. Piccoli.** 2007. *Azospirillum brasilense* Sp245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increase ABA content in Arabidopsis plants. *Int. J. Plant Growth Regul.* 12: 52-60.
25. **Cohen, A.; C. Travaglia; H. Reinoso; P. N. Piccoli y R. Bottini.** 2001. *Azospirillum* inoculation and inhibition of gibberellins and ABA synthesis in maize seedlings under drought. *Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am.* 28: 88-93.
26. **Conant, R. T.; K. Paustasian y E. T. Elliot.** 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11 (2): 343-355.
27. **Creus, C. M.; M. Graziano; E. M. Casanovas; M. A. Pereyra; M. Simontacchi; S. Puntarulo; C. A. Barassi y L. Lamattina.** 2005. Nitric oxide is involved in the *Azospirillum brasilense*-induced lateral root formation in tomato. *Planta* 221: 297-303.
28. **Del Gallo, M.; M. Negi y C. A. Neyra.** 1989. Calcofluor- and lectin-binding exocellular polysaccharides of *Azospirillum brasilense* and *Azospirillum lipoferum*. *Journal of Bacteriology* 171: 3504-3510.
29. **Dobereiner, J. y J. M. Day.** 1976. Associative symbioses in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen fixing sites. In Proceedings of the 1st International Symposium on Nitrogen Fixation: 518-538. Eds. W. E. Newton y C. J. Nyman. Pullman, Washington, U.S.A.: Washington State University Press.
30. **Döbereiner, J. y F. O. Pedrosa.** 1987. Nitrogen Fixing Bacteria In Non-Leguminous Crop Plants. Science Tech Publishers, Madison, WI, USA. Döbereiner, J. 1977. N₂ fixation associated with non-leguminous.
31. **Döbereiner, J. y A. De Polli.** 1980. Diazotrophic rhizocenoses, In: Stewart, W. D. P. y J. R. Gallon (Eds). Nitrogen fixation. Academic Press, London: 301-333
32. **Dufrene, Y. F. y P. G. Rouxhet.** 1996. "Surface Composition, Surface Properties, and Adhesiveness of *Azospirillum brasilense* - Variation during Growth." *Canadian Journal of Microbiology* 42(6):548-56.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

33. **Eckert, B. O.; B. Weber; G. Kirchhof; A. Halbritter; M. Stoffels y A. Hartmann.** 2001. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 51: 17 – 26.
34. **Eyers, M; J. Vanderleyden y A. Van Gool.** 1988. Attachment of *Azospirillum* to isolated plant cells *FEMS Microbiol Lett.* 49: 435-439.
35. **Fabra, A.; E. Jofré; R. Garnica; G. Mori; S. Castro; V. Rivarola y H. Balegno.** 1997. Efectos de la salinidad sobre *Azospirillum brasilense*. I° Reunión de Biología el Suelo y Fijación Biológica de Nitrógeno, Tucumán, Vol. I: 157-159.
36. **Fallik, E. y Y. Okon.** 1996. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: Biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea mays*. *Soil Biol. Biochem.* 123-126.
37. **Forde, B. G.** 2002. Local and long-range signaling pathways regulating plant responses to nitrate. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 53: 203-224.
38. **Galinski, E. A.** 1993. Compatible solutes of halophilic eubacteria: molecular principles, water-solute interaction, stress protection. *Experientia* 49:487-496.
39. **Galinski, E. A.** 1995. Osmoadaptation in bacteria. *Adv. Microb. Physiol.* 37: 273-328.
40. **González, M. C.; S. A. Guillén; J. Vidal; L. F. Medina; S. Carrizo de Bellone; R. Pedraza y C. H. Bellone.** 1997. *Azospirillum* asociado a especies de amaranto. Biología del Suelo. Fijación Biológica del Nitrógeno:
41. **Hall, P. G y N. R Krieg.** 1984. Application of the indirect immunoperoxidase stain technique to the flagella of *Azospirillum brasilense*. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 433-435.
42. **Hartmann, A., y W. Zimmer.** 1994. Physiology of *Azospirillum*. En Okon, Y. (ed), *Azospirillum/Plant Associations*. CRC Press. Boca Raton, FL.: 15-39.
43. **Horemans, S., K. De Koninck y K. Vlassak.** 1988. Aspects of the ecology of *Azospirillum* sp. in Belgian soils. In: *Azospirillum* IV: Genetics, Physiology, Ecology, ed. W. Klingmüller: 207-214, Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag.
44. **James, E. K.** 2000. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. *Field Crops Research* 65:197-209.
45. **Jastrow, J. D.; J. E. Amonette y V. L. Bailey.** 2007. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Climatic Change* 80: 5–23.
46. **Kell, D. B.** 2011. Breeding crop plants with deeper roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany* 108: 407-418.
47. **Khammas, K. M. /et al./.** *Azospirillum irakense* sp. nov, a nitrogen-fixing bacterium associated with rice roots and rhizosphere soil. 1989. *Res. Microbiol.* vol. 140, p. 679-693. 8.
48. **Kardol, P. y D. A. Wardle.** 2010. How understanding aboveground–belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 670–679.
49. **Lamm R. B y C. A. Neyra.** 1981.Characterization and Cyst production of azospirilla isolation from selected grasses grown in New Jersey on New York *Can. J. Microbiol.* 27: 1320-1325.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

50. **Langworthy, T. A.; W.R. Mayberry y P. F. Smith.** 1974. Longchain glycerol diether and poliol dialkyl glycerol triether lipids of *Sulfolobus acidocaldarius*. *J. Bacteriol.* 119:106-116.
51. **Lanyi, J. K.** 1974. Salt-dependent properties of proteins from extremely halophilic bacteria. *Bacteriol. Rev.* 38:272-290.
52. **Levanony, H.; Y. Bashan; B. Romano y E. Klein.** 1989. Ultrastructural localization and identification of *Azospirillum brasilense* Cd on and within wheat root by immunogold labeling. *Plant and Soil* 117: 207 -218.
53. **Magalhães, F. M.; J. I. Baldani; S. M. Souto; J. R. Kuykendall y J. Döbereiner.** 1983. A new acid-tolerant *Azospirillum* species. *An. Acad. Brasil. Cienc.* 55: 417 – 430.
54. **Mehnaz, S.; B. Weselowski y G. Lazarovits.** 2007. *Azospirillum zeae* sp. nov., a diazotrophic bacterium
55. **Matthews, S. W.; S. C. Schank; H. C. Aldrich y R.L. Smith.** 1983. Peroxidase-antiperoxidase labeling of *Azospirillum brasilense* in field-grown pearl millet. *Soil Biol. Biochem.* 15: 699-703
56. **Michiels, K. W.; C. L. Cross y J. Vanderleyden.** 1991. Two different modes of attachment of *Azospirillum brasilense* Sp7 to wheat roots. *Journal of General Microbiology* 137: 2241-2246.
57. **Molina-Favero, C.; C. M. Creus; M. L. Lanteri; N. Correa-Aragunde; M. C. Lombardo; C. A. Barassi y L. Lamattina.** 2007. Nitric oxide and plant growth promoting rhizobacteria: Common features influencing root growth and development. *Adv. Bot. Res.* 46:1-33.
58. **Moni, C.; C. Rumpel; I. Virto; A. Chabbi y C. Chenu.** 2010. Relative importance of sorption versus aggregation for organic matter storage in subsoil horizons of two contrasting soils. *European Journal of Soil Science* 61: 958–969.
59. **Morris, M. y C. H. Bellone.** 1994. Nitrogen fixing bacteria associated with roots of 60 natural grasses species. En: "Nitrogen Fixation Non Legumes": 359-360. Hegazi, N. et al. (Eds). Ismalia, Egipto.
60. **Okon, Y.** 1985. *Azospirillum* as a potential inoculant for agriculture. *Trends in Biotechnology* 3: 223-228.
61. **Okon, Y. y C. Labandera-González.** 1994. Agronomics applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1591-1601.
62. **Oren, A.** 1986. Intracellular salt concentrations of the anaerobic halophilic eubacteria *Haloanaerobium praevalens* and *Halobacteroides halobius*. *Can. J. Microbiol.* 32:4-9.
63. **Oren, A.; M. Heldal y S. Norland.** 1997. X-ray microanalysis of intracellular ions in the anaerobic halophilic eubacterium *Haloanaerobium praevalens*. *Can. J. Microbiol.* 43: 588-592.
64. **Patriquin, D. G.; J. Döbereiner y D.K. Jain** 1983. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. *Can. J. Microbiol.* 29: 900-915.
65. **Pereira, M.; R. Rolo; O. Rodríguez y V. Ávila.** 1993. Selección de cepas de *Azospirillum* en gramíneas promisorias bajo condiciones de casa de cristal. *Pastos y Forrajes* 16: 251-254.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

66. **Persello-Cartieaux, F.; L. Nussaume y C. Robaglia, C.** 2003. Tales from the underground: molecular plant-rhizobia interactions. *Plant Cell and Environment*. 26: 189-199.
67. **Piccoli, P. N.; C. Lucangeli; G. Schneider y R. Bottini.** 1997. Hydrolysis of 17,17-[2H₂]-gibberellin A20-glucoside and 17,17-[2H₂]-gibberellin A20-glucosyl ester by *Azospirillum lipoferum* cultured in nitrogen-free biotin-based chemically defined medium. *Plant Growth Regul.* 23: 179–182.
68. **Piccoli, P. N. y R. Bottini.** 1996. Light enhancement of gibberellin production by *Azospirillum lipoferum* cultures. *Biocell*. 20: 200-207.
69. **Pothier, J. F.; F. Wisniewski-Dyé; M. Weiss-Gayet; Y. Moënné-Loccoz y C. Prigent-Combaret.** 2007. Promoter-trap identification of wheat seed extract-induced genes in the plant-growth-promoting rhizobacterium *Azospirillum brasilense* Sp245. *Microbiology*. 153: 3608-22.
70. **Prinsen, E.; A. Costacurta; K. Michiels; J. Vanderleyden y H. Van Onckelen.** 1993. *Azospirillum brasilense* indole-3-acetic acid biosynthesis: evidence for a non-tryptophan dependent pathway. *Mol. Plant–Microbe Interact.* 6: 609–15.
71. **Reinhold, B.; T. Hurek.; I. Fendrik; B. Pot; M. Gillis; K. Kersters; S. Thielemans y J. de Ley.** 1987. Description of *Skermanella parooensis* sp. nov., a nitrogen-fixing organism associated with roots of Kallar grass (*Leptochloa fusca* L.) Kunth. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 37: 43 – 51.
72. **SAS.** 1998. SAS Institute. Release.6.03 Edition.
73. **Ribaudó, C. M.; E. M. Krumpholz; F. D. Cassan; R. Bottini; M. L. Cantore y J. A. Cura.** 2006. *Azospirillum* sp. promotes root hair development in tomato plants through a mechanism that involves ethylene. *J. Plant Growth Regul.* 25: 175-85.
74. **Ruschel, A. P. y J. Döbereiner.** 1965. Bactérias assimióticas fixadoras de N na rizosfera de gramíneas forrageiras. En: Congresso Internacional de Pastagens, 9, São Paulo, SP, Brasil: 1103–1107.
75. **Sadasivan, I. y C. A. Neyra.** 1987. Cyst production and brown pigment formation in aging cultura of *Azospirillum brasilense* ATCC 29145. *J. Bacteriol* 169: 1670-1677.
76. **Spaepen, S.; J. Vanderleyden y R. Remans.** 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiol. Rev.* 31:425–48.
77. **Sarig, S.; Y. Okon y A. Blum.** 1992. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulic conductivity of *Sorghum bicolor* roots. *Journal of Plant Nutrition*. 15: 805-819.
78. **Sly, L. I. y E. Stackebrandt.** 1999. Description of *Skermanella parooensis* gen. nov., sp. nov. to accommodate *Conglomeromonas largomobilis* sub sp. parooensis following the transfer of *Conglomeromonas largomobilis* sub sp. largomobilis to the genus *Azospirillum*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 541 – 544.
79. **Steenhoudt, O. y J. Vanderleyden.** 2000. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiol. Reviews* 24: 487 – 506.
80. **Sun, J.; X. Peng; J. Van Impe, y J. Vanderleyden.** 2000. ThentrB and ntrC genes are involved in the regulation of poly-3-hydroxybutyrate biosynthesis by ammonia in *Azospirillum brasilense* Sp7. *Appl. Environ. Microbiol.* 66:113-117.
81. **Sun, J.; A. V. Dommelen; J. V. Impe y J. Vanderleyden.** 2002. Involvement of glnB, glnZ and glnD genes in the regulation of poly-3-hydroxybutyrate biosynthesis

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

- by ammonia in *Azospirillum brasilense* Sp7. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 985–988.
82. **Taiz, L. y E. Zeiger.** 2002. Auxin: the growth hormone. In *Plant Physiology*, pp. 423–460, Sinauer Associates, Sunderland, Mass, USA.
 83. **Tal, S.; P. Smirnov y Y. Okon.** 1990. The regulation of poly- β -hydroxybutyrate metabolism in *Azospirillum brasilense* during balanced growth and starvation. *J. Gen. Microbiol.* 136:1191-1196.
 84. **Tarrand, J. J.; N. R. Krieg y J. Döbereiner.** 1978. A taxonomic study of the *Spirillum lipoferum* group, with descriptions of a new genus, *Azospirillum* gen. nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) nov. and *Azospirillum brasilense* sp. nov. *Canadian Journal of Microbiology* 24: 967-980.
 85. **Ton, J. y B. Mauch-Mani.** 2004. B-amiobutyric acid-induced resistance against necrotrophic pathogens is based on ABA-dependent priming for callose. *Plant Journal.* 38:119-130.
 86. **Tyler M. E.; J. R. Milam; R. L. Smith; S. C. Schank y D. A. Zuberer.** 1979. Isolation of *Azospirillum* from diverse geographic regions. *Canadian Journal of Microbiology* 25, 693-697
 87. **Umali-Garcia, M.; D. H. Hubbell; M. H. Gaskins y F. B. Dazzo.** 1980. Association of *Azospirillum* with grass roots. *Appl. Environ. Microbiol.* 39: 219-226.
 88. **Vella, M.; O. Masciarelli; R. Peman; F. Cassán y V. Luna.** 2005. Evaluación de la germinación, establecimiento y crecimiento temprano de semillas de *Chloris gayana* y *Panicum maximum* inoculadas con *Azospirillum brasilense* AZ39. V Reunión Científico Técnica de Biología del Suelo.
 89. **Zhulin, L. B. y J. P. Armitage.** 1993. Motility chemokinesis and methylation-independent chemotaxis in *Azospirillum brasilense*. *J. Bacteriol.* 175: 952-958.
 90. **Zhuling, I. B.; L. E. Sarmiento y B. L. Taylor.** 1995. Changes in membrane potential upon chemotactic stimulation of *Azospirillum brasilense*. En *Azospirillum VI and related microorganisms genetics-ecology*. I. Fendrik; M. Del Gallo; J. Vanderleyden y M. de Zamaroczy (Eds) NATO ASI Series, Series G: Ecological Sciences, Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, Germany. Vol. G37: 299-305.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

**PRESENCIA DE PLANTAS TÓXICAS EN CULTIVOS DE *Chloris gayana*
(GRAMA RHODES), EN LA LLANURA DEPRIMIDA SALINA DEL ESTE
DE TUCUMÁN Y OESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO.**

J. R. Toll Vera¹; M. M. Fernández¹; L. Reid²; M. G. Nicosia¹;

J. Luca^{s3} y G. O. Martín (h)¹

Docentes-Investigadores de las Cátedras de 1 Forrajes y Cereales,
2 Enfermedades Transmisibles y Tóxicas de los Pequeños Animales y

3 Botánica, FAZ-UNT. redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El avance de la agricultura ha producido el desplazamiento de la ganadería hacia regiones consideradas marginales por problemas climáticos (sequía, calor), edáficos (sales) e hídricos (anegamientos). En estos nuevos ambientes, la implantación y manejo de forrajeras subtropicales enfrenta la presencia de “plantas tóxicas” para el ganado. El productor agropecuario, generalmente maneja su campo sin tener una visión integral del ambiente en el que conviven cultivos, animales, malezas, insectos, hongos, microorganismos y otras especies. Por ejemplo, dentro de las malezas presentes en lotes, alambrados, cortinas, canales de riego, etc., algunas son tóxicas para los animales. Éstas suelen ser conocidas e identificadas por quienes habitan o trabajan en las zonas donde crecen, pero como en mayor medida el ganado las rechaza, no se les da la importancia clínica y económica que poseen. Si bien muchas no les son palatables a los animales, sucede que por ejemplo, de *Wedelia glauca* (sunchillo) les atrae la masa verde o la coloración de su flor. Condiciones de pastoreo con altas cargas animales, penuria nutricional o fardos con presencia de tóxicas, pueden inducir a su consumo y producir problemas. Para prevenir la ingestión de las mismas y evitar la aparición de cuadros clínicos que causen pérdidas económicas, es preciso identificarlas, conocer su ubicación, sus estadios fenológicos, sus principios tóxicos y su metodología de control.

El objetivo del presente trabajo fue identificar la presencia de plantas tóxicas en cultivos de *Chloris gayana* (Grama Rhodes), según la condición y antigüedad del lote y su ubicación en el mismo, dentro de la Llanura Deprimida Salina del Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los materiales se acondicionaron y se identificaron según los procedimientos corrientes en taxonomía. La identificación sistemática se realizó mediante el empleo de claves taxonómicas y observación en lupa. Se trabajó con material fresco y se consultó la bibliografía específica (Díaz y de Andrada, 2007; Gallo, 1987; Marzoca, 1997; Roncaglia *et al.*, 1993).

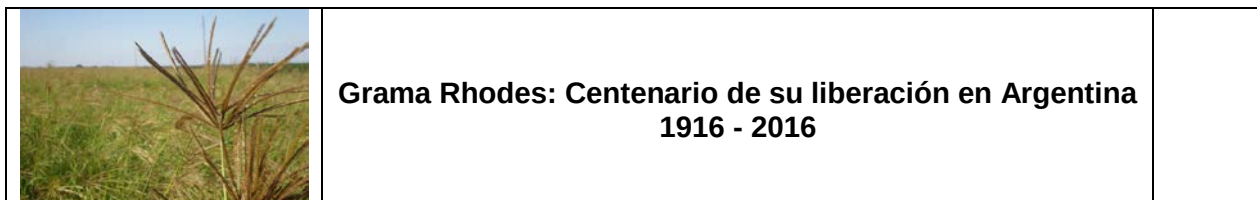
El relevamiento se llevó a cabo en tres establecimientos: Los Llanos S.R.L. (ubicado en la localidad de Cachi Yaco, Dpto. Leales, Tucumán); Estancia La Celina (La Celina, Dpto. Río Hondo, Sgo. del Estero) y Estancia del Valle (El Palomar, Dpto. Jiménez, Sgo. del Estero). Se evaluaron las poblaciones de plantas tóxicas, mediante censo florístico durante el período estivo-otoñal en: a) lotes de *Chloris gayana* en implantación; b) lotes de *Chloris gayana* de 2 a 4 años de pastoreo; c) lotes de *Chloris gayana* de 5 a más años de implantados y d) alambrados, cortinas y caminos. Se llevó registro fotográfico de las especies recolectadas y comparó con las referencias.

Las especies tóxicas encontradas en las distintas situaciones y establecimientos evaluados, se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Presencia de plantas tóxicas en cultivos de *Chloris gayana* (Grama Rhodes), en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero.

Situación	Los Llanos S.R.L.	Estancia La Celina	Estancia del Valle
Lotes en implantación	<i>Datura ferox</i> (Chamico) <i>Sorghum halepense</i> (Pasto ruso)	<i>Datura ferox</i> (Chamico) <i>S. halepense</i> (Pasto ruso)	<i>Datura ferox</i> (Chamico) <i>S. halepense</i> (Pasto ruso)
Lotes de 2 a 4 años de pastoreo	<i>Wedelia glauca</i> (Sunchillo)	-----	-----
Lotes de 5 a más años de implantados	<i>Wedelia glauca</i> (Sunchillo)	<i>Wedelia glauca</i> (Sunchillo)	<i>Senecio sp.</i> (Senecio)
Alambrados, cortinas y caminos	<i>Wedelia glauca</i> (Sunchillo)	<i>Cissampelos pareira</i> (Charrúa) <i>Clematis montevidensis</i> (Barba de chivo)	<i>Senecio sp.</i> (Senecio) <i>Wedelia glauca</i> (Sunchillo) <i>Clematis montevidensis</i> (Barba de chivo)

Se observan cambios significativos de las especies presentes entre situaciones, más que entre establecimientos. De *Datura ferox* y *Sorghum halepense*, frecuentes en lotes en implantación, se cambia a *Wedelia glauca* y *Senecio sp.* en lotes de 5 a más años de antigüedad del cultivo de *Chloris gayana*. En lotes más jóvenes (de 2 a 4 años de pastoreo), no se observó la presencia de plantas tóxicas en los establecimientos ganaderos ubicados en la Prov. de Sgo. del Estero; si de *Wedelia glauca* en el campo



de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán. En áreas de alambrados, cortinas y caminos, a *Wedelia glauca* y *Senecio sp.*, se suman *Cissampelos pareira* (particularmente en alambrados de Estancia La Celina) y *Clematis montevidensis* en los dos establecimientos ubicados en Santiago del Estero.

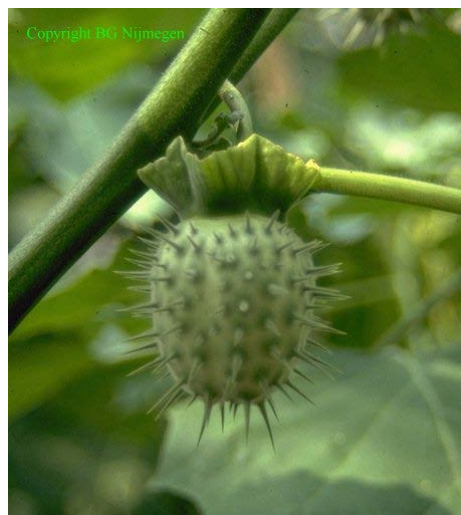


Figura 1: 1.a- Flores y hojas, y 1.b- Fruto de Chamico (*Datura ferox*).

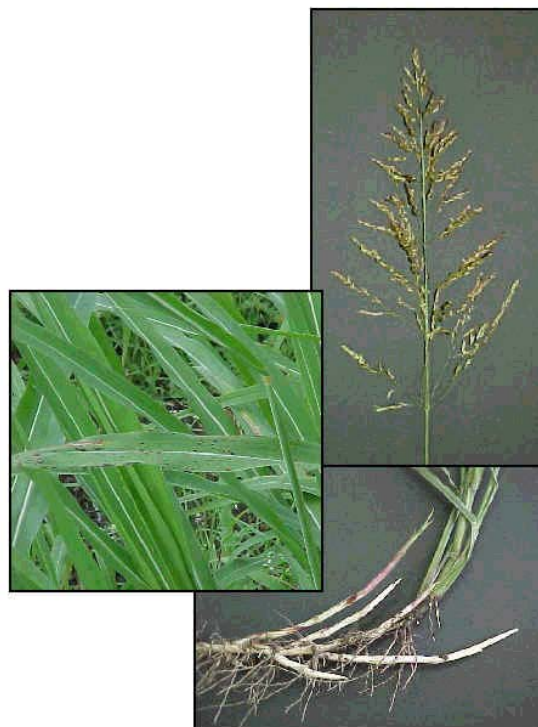


Figura 2: 2.a- Planta florecida y 2.b- Hojas, inflorescencia y rizomas de Pasto Ruso (*Sorghum halepense*).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Figura 3: 3.a- Planta, flores y detalle de hojas; 3.b- Invasión en canal de Sunchillo (*Wedelia glauca*).



Figura 4: 4.a- Lote invadido con Senecio y 4.b- Detalle de flores y frutos (*Senecio sp.*)



Figura 5: 5.a y 5.b- Talud invadido con Barba de chivo (*Clematis montevidensis*).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

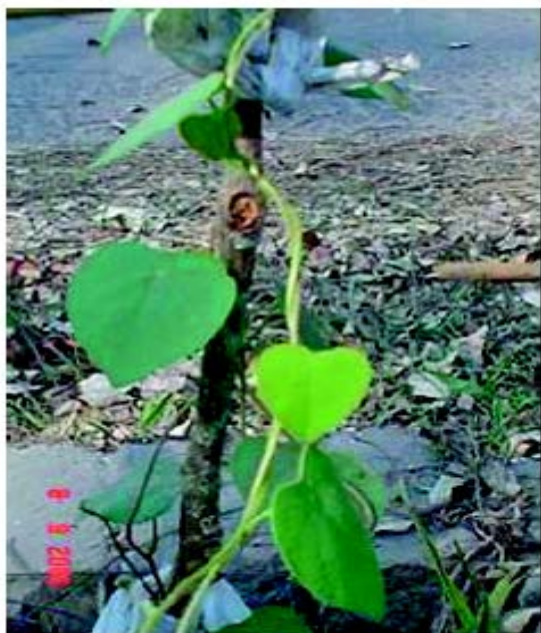


Figura 6: 6.a- Detalle de Hojas acorazonadas y Tallo voluble; 6.b- Hojas y Flores de Charrúa (*Cissampelos pareira*).

BIBLIOGRAFÍA

1. **Díaz, B. y N. Mansilla de Andrada.** 2007. *Cissampelos pareira* L. (*Menispermáceas*) una especie tóxica para el ganado en la Provincia de Tucumán. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA. FAZ. UNT 2005 – 2007: 216-223.
2. **Gallo, G. G.** 1987. Plantas Tóxicas para el ganado en el cono sur de América. Editorial Hemisferio Sur. 2ª edición. 213 pág.
3. **Marzocca, A.** 1997. Vademécum de Malezas Medicinales de la Argentina. Indígenas y Exóticas. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. Argentina. 363 pág.
4. **Roncaglia, R. V. R.; N. De Marco de Roncaglia; B. Díaz; N. Mansilla de Andrada; E. Gallo; L. F. de Krapovickas; O. Arce.** 1993. Malezas Frecuentes en el Noroeste Argentino. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán-Dow Elanco. 79 pág.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

PRINCIPALES PLAGAS INSECTILES EN GRAMA RHODES.

Mag. Ing. Agr. Jorge G. Raimondo y Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera.
Cátedra de Terapéutica Vegetal. jraimondo@faz.unt.edu.ar
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT.

Las pasturas subtropicales se encuentran confinadas en ambientes con limitaciones productivas para cultivos agrícolas y muy en especial, Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en condiciones de salinidad/sodicidad de suelos. Ello hace que el empleo de agroquímicos sea mínimo en el sistema de producción o bien de uso focalizado en sectores problemas.

Dentro de las limitantes a la producción, las plagas insectiles pueden ser clasificadas en **a-) Presencia:** permanente o eventual y **b-) Impacto negativo:** alto o bajo. En base a encuestas a productores se identificaron como principales problemas

Presencia permanente y alto impacto: Hormigas cortadoras.

Presencia permanente y bajo impacto: Grillos Topos.

Presencia eventual y alto impacto: Salivazo; Tucuras y Langostas.

Presencia eventual y bajo impacto: Orugas cortadoras.

1- HORMIGAS.

Las hormigas cortadoras de hoja (*Hymenoptera: Formicidae*) son exclusivas del Continente Americano. Se encuentran ampliamente distribuidas en casi todo el territorio, desde el Sur de Norteamérica hasta la Patagonia, ocupando una gran variedad de ambientes (selvas, pastizales, bosques, estepas).

Viven en hormigueros subterráneos y poseen organización social; vale decir que constituyen colonias organizadas, comportamiento dirigido a la supervivencia de la colonia, cuidado de la prole, castas reproductivas, superposición de generaciones y división del trabajo. La población de un hormiguero está compuesta por individuos que se diferencian morfológicamente de acuerdo con la función y el trabajo que desarrollan en la colonia. Encontramos la reina, los reproductores alados y las obreras. A medida que la colonia se desarrolla, los individuos cumplen diferentes funciones y la distribución del trabajo es perfecta, desempeñando su labor de acuerdo con la



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

capacidad y constitución física (nodrizas, jardineras, cortadoras, transportadoras, soldados).

Un comportamiento particular de las hormigas es su capacidad de encontrar el mejor camino entre sus fuentes de alimento y sus nidos. Los caminos de acarreo son trazados lineales para el tránsito y de extensión variable.

La tribu *Attini* está integrada por 12 géneros (Harcourt *et al.*, 1986), siendo *Acromyrmex* y *Atta* los más evolucionados. Las diferencias entre los dos géneros pueden sintetizarse de la siguiente manera: las operarias de *Acromyrmex* alcanzan 8-10 mm de longitud corporal, presentan cuatro o cinco pares de espinas en el tórax (Figura 1) y el nido generalmente no presenta túmulo. Las operarias de *Atta* presentan tres pares de espinas dorsales, son de un tamaño aproximado a 12–15 mm y el nido presenta una sede aparente constituida por un montículo de tierra suelta (Fowler *et al.*, 1993; Ricci *et al.*, 2005).

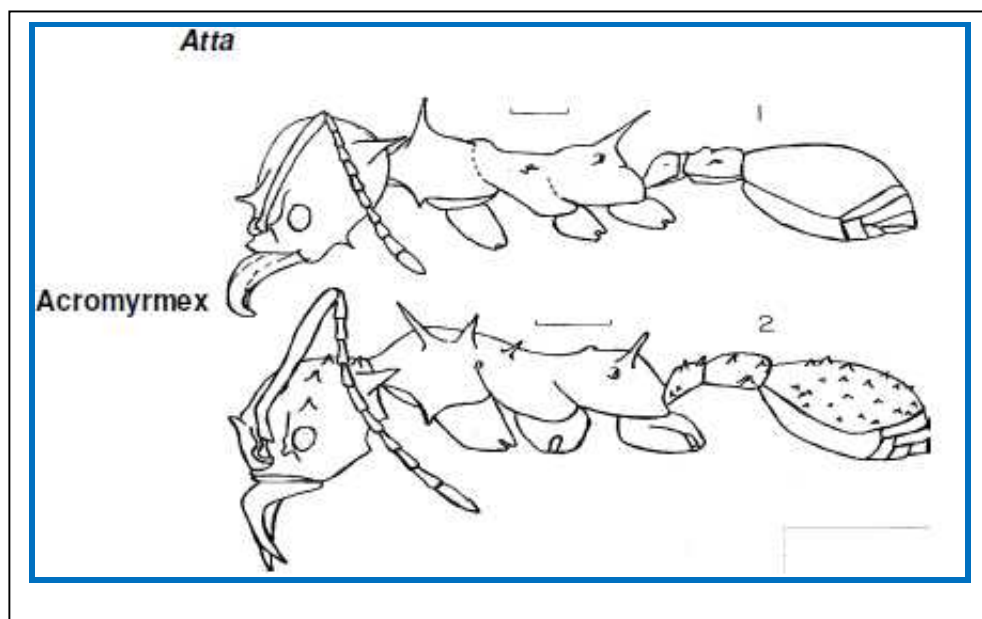


Figura 1: Morfología de *Acromyrmex* y *Atta* (Cuezzo y Fuentes, 2004).

Las hormigas Myrmicinae - *Solenopsis sp.* por ser omnívoras tienen un impacto serio en la agricultura y en la ganadería. En ecosistemas de pasturas tropicales y subtropicales las pérdidas de forraje por la incidencia de hormigas pueden llegar a ser importante (10 hormigueros por hectárea producen una pérdida de 21 kilogramos de forraje por día) (Adams, 1986).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Las hormigas cortadoras del género *Acromyrmex striatus*, *Acromyrmex lobicornis* y *Acromyrmex lundii* son una de las plagas comunes en potreros (Roncedo et al., 2003).

El control de hormigas (*Atta spp.* y *Acromyrmex spp.*) en forma localizada, esto consiste en:

- ❖ **Identificación de hormigueros** (en el lote a implantar y en áreas que los rodean) y **ataque con insecticidas** líquidos o en polvo de contacto, esta tarea facilita el control posterior. Debe preverse entre 0.5 y 1 l.ha⁻¹ de insecticida (a usar diluido según las recomendaciones del envase) para el ataque directo en hormigueros por cada hectárea.
- ❖ **Distribución de cebos tóxicos granulados:** que se disponen al lado del camino de las hormigas o regularmente en el lote, son recogidos por las hormigas y llevados al hormiguero. Como este producto pierde efectividad una vez que se humedece, se recomienda usar dosificadores caseros que lo protejan del rocío y la lluvia, tales como vasitos de plástico (agujereados) con tapa, pedazos de caña, manguera, o botellas. Se recomienda distribuir en el lote entre 1 y 2 Kg.ha⁻¹.



Foto 1: Túmulo de hormigas *Atta spp.* en Grama Rhodes. Llanura Deprimida, Depto. Leales, Tucumán. Foto: JRTV.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



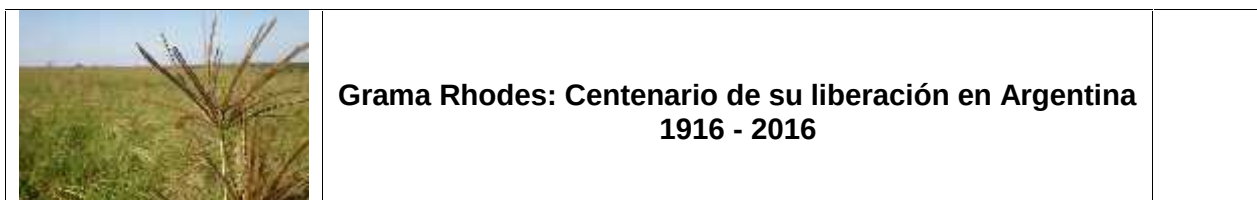
Foto 2: Control de hormigas. Aplicación de insecticidas en bocas de entradas. Foto: JRTV.

Control Químico.

Es el método más difundido y consiste en la aplicación de productos químicos de reconocida actividad biológica sobre las colonias de hormigas. Los lugares o áreas de aplicación se seleccionan para poner en contacto o llegar directamente a los ejemplares con los principios activos que contienen las formulaciones comerciales. En todos los casos, es importante alcanzar a los individuos para provocar su muerte y de esa forma lograr una disminución de la población, que nos permita desarrollar la actividad agrícola y productiva que estaba afectada por la acción de esas especies.

El concepto de disminución de la población en su número de ejemplares o individuos, es al que se refiere el término control de plagas, dado que su total eliminación o erradicación rompería la cadena trófica y se produciría un desequilibrio de los ecosistemas.

Las vías de ingreso de los productos químicos al organismo de los insectos pueden ser por contacto, ingestión o inhalación, precisamente las formulaciones de hormiguicidas desarrolladas utilizan esta característica para incorporar los principios activos y exaltar su modo de acción insecticida.



Los productos en base a los diferentes principios activos tienen diversos modos de acción, detalle que se debe tener en cuenta al momento de plantear un programa de control (Cuadro 1, CASAFA, 2003).

Cuadro 1: Productos Hormiguicidas de mayor difusión en Argentina.

Producto	Grupo Químico	Modo de Acción
Beta ciflutrina	Piretroide	Contacto e Ingestión
Deltametrina	Piretroide	Contacto e Ingestión
Clorpirifós	Órgano fosforado	Contacto e Ingestión
Fenitrotión	Órgano fosforado	Contacto, Ingestión e Inhalación
Fipronil	Fenil pirazol	Ingestión
Sulfluramida	Sulfluramida fluoralfática	Ingestión

Del Cuadro 1 se desprende que los principales **principios activos** recomendados:

Fipronil: pertenece a la familia de los fenil pirazoles, actúa por ingestión, ejerciendo su acción sobre el Sistema Nervioso Central (SNC), interfiere en la transmisión del GABA (Ácido gama amino butírico) sobre los canales del ión cloro, especialmente recomendado para incluir en rotaciones con el objeto de prevenir la aparición de resistencias. Es de acción lenta lo que facilita la contaminación de toda la colonia sin ser detectado y la dispersión se realiza por el intercambio de alimento de boca en boca de los insectos.

Fosforo de Aluminio: es un producto fumigante sólido que actúa en estado gaseoso, sumamente peligroso y requiere mucho cuidado en su manipulación por parte de los operarios. El formulado libera fosfina o fosfamina (PH₃) al entrar en contacto con la humedad ambiente que es un gas de gran poder de difusión que penetra por todos los espacios libres incluidos los materiales de embalajes. Actúa por inhalación y su acción se ve favorecida si se puede confinar el ambiente donde se lo aplica evitando la fuga de gases. Las condiciones de hermeticidad del recinto o ámbito de aplicación son deseables a la hora de realizar la aplicación.

Clorpirifos: es un producto órganofosforado y como tal inhibidor de la colinesterasa, que posee un efecto neurotóxico sobre los insectos. Actúa por contacto, ingestión e inhalación. Las formulaciones sólidas, polvos para espolvoreo, se pueden

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

aplicar en los senderos de acceso a los hormigueros o dentro de las bocas mediante el uso de máquinas insufladoras con el objeto de alcanzar a los insectos y ponerlos en contacto con el principio activo. Las formulaciones líquidas son recomendadas en el tratamiento de los hormigueros o sobre los caminos y las hormigas.

Sulfluramida: es una Sulfluramida fluoralfática que actúa por ingestión inhibiendo la formación de ATP (adenosin tri fosfato). Es de acción lenta, demora de tres a cinco días para notar su efecto. Al no producir nuevo ATP los insectos mueren y por la lentitud de acción no desconfían.

Bromuro de metilo: es un fumigante que actúa en la fase gaseosa, derivado alquilo halogenado altamente tóxico que requiere condiciones especiales para su aplicación. Por tratarse de un gas, el principio activo llega a todos los lugares al difundirse por los espacios libres pero requiere condiciones de hermeticidad y mucho cuidado en la aplicación. Actualmente en desuso.

Fenitrotion: órgano fosforado que actúa por contacto e ingestión. Es necesario aplicarlo sobre los senderos y bocas de los hormigueros para ponerlo en contacto con los insectos.

Beta Ciflutrina: es un piretroide que actúa por contacto e ingestión. Ejerce su acción sobre el sistema nervioso.

Deltametrina: es un piretroide de última generación que actúa por contacto e ingestión. La formulación de microcristales en solución acuosa le asegura una mejor biodisponibilidad facilitando la adherencia sobre los insectos. Posee un alto poder de repelencia o desalojo de algunas especies, obligando a los ejemplares a moverse fuera de su habitáculo y aumentando de esta manera el contacto del producto con los insectos.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

2- TUCURAS.

Tucuras palabra de origen guaraní que significa "parecido a langosta".

Las tucuras son plagas de importancia agrícola durante los meses estivales, señalándose a los géneros *Dichroplus* y *Rhammatocerus* como los más perjudiciales en la República Argentina.

Son insectos pertenecientes al orden de los Ortópteros (Alas rectas), emparentadas directamente con las langostas, aunque presentan algunas diferencias puntuales que ya señalaremos. La cabeza esta bien desarrollada. Los ojos compuestos son generalmente grandes, aquí se encuentran insertadas las antenas que son cortas (en los grillos verdes son muy largas, a veces mas largas que el cuerpo, esta es una forma de diferenciarlos).

Poseen un aparato bucal de tipo masticador. Las piezas bucales son mandibuladas y relativamente primitivas. En las especies fitófagas las mandíbulas están bien desarrolladas con fuertes protuberancias moledoras, que le brindan notables aptitudes y las hacen muy voraces.

El segmento torácico se divide en protórax (con aspecto de silla de montar), mesotórax y metatórax; en cada uno de ellos se insertan las patas, tres pares, siendo los dos primeros adaptados para caminar o correr y el último par se especializa en el salto siendo característico el engrosamiento del fémur. Presenta dos pares de alas, el primero de consistencia apergaminada, acelofanada y el segundo membranoso más suave, que se encuentra plegado en forma de abanico debajo del primer par, a veces coloreadas.

El abdomen esta formado en general por once urómeros o segmentos, aunque el primer segmento esté reducido y los terminales se hayan modificado con la genitalia. Las hembras poseen un ovipositor bien desarrollado denominado gonapofisis, es corto, fuerte, y permite colocar huevos bajo tierra (oviposición hipodáfica)

La presencia simultánea durante el verano de ninfas y adultos de diferentes especies de tucuras se relaciona con el tipo de diapausa. Las especies univoltinas presentan diapausa obligatoria (una generación anual), mientras que las bivoltinas poseen diapausa facultativa (dos generaciones anuales) (Campodónico, 1968).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Orphulella punctata y *Dichroplus elongatus* (Foto 3) resultaron bivoltinas, con una generación precoz en primavera y una tardía a fines del verano. *Aleuas lineatus*, *Dichromorpha australis*, *Rhammatocerus pictus* (Foto 3), *Staurorhectus longicornis*, *Amblytropidia australis* y *Allotruxalis strigata* presentaron una sola generación anual (Sánchez y Wysiecki, 1999; Zequín et al., 1999, 2001).



Foto 3: Tucura de los alfalfares *Dichroplus elongatus* y Tucura pintada *Rhammatocerus pictus*.

Se reproducen sexualmente y se multiplican a través de huevos. Son insectos Heterometábolos, Paurometábolos es decir que poseen metamorfosis incompleta, los estadios ninfales y adultos comparten el mismo hábitat y el mismo régimen alimenticio.

Su ciclo consta de huevo, cinco estadios ninfales (existen casos de mayor número de estadios), y luego el adulto. Al nacer del huevo, la ninfa ya se parece al adulto del cual se diferencia por su falta de alas y de madurez sexual.

Los distintos estadios ninfales se alcanzan por mudas o pelechos que permiten su crecimiento y desde la segunda ecdisis aparecen los esbozos alares cuyo total funcionamiento y desarrollo se realiza en la última muda. Las tucuras presentan diapausa embrional es decir que el invierno lo transcurren en estado de huevo bajo tierra, no ocurre lo mismo con las langostas que lo hacen en estado adulto.

Colocan los huevos en espiga, bolsa o vaina. El resto de la cámara la llenan con una secreción glutinosa, que es producto de las glándulas coletéricas, que protege al huevo de otros insectos o ácaros. El abdomen se estira por medio de las pleuras.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En primavera cuando la temperatura del suelo aumenta (alrededor de 20 ° C), se producen los nacimientos. La textura del suelo, su vegetación, exposición al sol y vientos fríos, determinan la época de eclosión.

Las tucuras recién nacidas se conocen en el campo con el nombre de "mosquitas" y se caracterizan por sus costumbres gregarias, se agrupan durante la noche y solamente se dispersan para comer en las horas de sol pleno. El estado ninfal de "mosquita" dura alrededor de tres semanas, son dos estadios con una muda intermedia.

Luego de la segunda muda, pierde su condición gregaria y se dispersa activamente comiendo con gran voracidad, a este estadio se lo conoce en el campo con el nombre de "saltona", sufren tres mudas intermedias y puede durar entre 45 y 60 días, según el clima y el alimento disponible. Estos últimos estadios ninfales presentan esbozos alares o "pterotecas".

La última muda ninfal convierte la saltona en adulto, ya dotada de sus alas funcionales y su sistema reproductor desarrollado, conocidas con el nombre de "voladoras". Las voladoras de algunas especies, agrupadas eventualmente, vuelan hacia otros sitios distantes varios kilómetros para acoplarse y desovar.

Representan un grave problema en zonas ganaderas de forrajes cultivados así como también de pastizales naturales, en los cuales se ha calculado que 40 tucuras.m⁻², comen la misma cantidad de forraje que un bovino. En años favorables al desarrollo de las tucuras se han contado más de 100.m⁻². El control temprano, cuando el número de individuos y su estadio es más proclive a productos químicos de mayor inocuidad y por ello más amigable con el medio ambiente, es la herramienta moderna para controlar la plaga (Campodónico, 1971).

El Programa Nacional de Monitoreo y Control de Tucura ha implementado el **0800 222 TUCURA** que se constituye en un centro de recepción de denuncias de productores (SENASA, 2010a)



	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los productos en base a los diferentes principios activos tienen diversos modos de acción, detalle que se debe tener en cuenta al momento de plantear un programa de control (Cuadro 2, CASAFA, 2003, SENASA, 2010b).

Cuadro 2: Productos insecticidas, dosis a aplicar por hectárea y el estadio de crecimiento que controla cada uno de los insecticidas autorizados por el SENASA.

Nombre Químico	Clasificación Química	Acción	Cultivos	Dosis	Momento
Fipronil	Fenilpirazol	Sistémico	Pasturas	PC 20% 20cc.ha ⁻¹	10 mosquitas x m lineal
Carbaryl	Carbamato	Contacto e Ingestión	Praderas	Cobertura Total y cebos tóxicos	Aparición de Saltonas.
Mercaptotion	Órgano Fosforado	Contacto e Ingestión	Pasturas	1200 cc.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Dimetoato	Órgano Fosforado	Contacto, Sistémico e Ingestión	Praderas	PC 50% 700cc.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Acefato	Órgano Fosforado	Ingestión y Sistémico	Pasturas Campos Naturales	200 gr.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Ciper Low Cis + Profenofos	Piretroide + Órgano Fosforado	Contacto, Ingestión e Inhalación	Pasturas Polifíticas	600cc.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Deltametrina + clorpirifos etil	Piretroide + Órgano Fosforado	Contacto, Ingestión e Inhalación	Pasturas consociadas	400cc.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Fenvalerato + Fenitrothion		Contacto, Ingestión y Repulsión	Pasturas	300cc.ha ⁻¹	Aparición de Saltonas.
Esfenvalerato + fenitrothion		Contacto e Ingestión	Pasturas	500cc.ha ⁻¹	20 saltonas chicas.m ⁻²



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

3- LANGOSTAS

En Argentina *Schistocerca cancellata* (Foto 4) es la langosta (Orden *Orthoptera* Familia *Acrididae*) que ha producido los mayores daños desde mediados del Siglo XX.

El nombre actual de la especie es *S. cancellata*, también se utilizan los nombres previos que esta especie ha tenido: *S. paranaenses*, *S. americana cancellata* y *S. americana* (Shannon y Alboleda-Sepúlveda, 1998).



Foto 4: Langosta voladora adulto (*Schistocerca cancellata* sin. *Schistocerca americana*).

El área de distribución de *S. cancellata* abarca el centro y norte de Argentina, Uruguay, Paraguay, sur de Brasil, sudeste de Bolivia, centro y norte de Chile. El área de origen de explosiones demográficas se extiende desde el centro-sudeste de Catamarca y La Rioja, este de San Juan, norte de San Luis y Córdoba y Sudoeste de Santiago del Estero (Waloff y Pedgley 1986; Hunter y Consenzo, 1990).

En la zona de explosión demográfica, las lluvias normalmente ocurren de noviembre a marzo-abril, permitiendo el desarrollo de dos generaciones anuales de *S. cancellata*, una primaveral, corta y rápida, y una estival más larga, en la cual los adultos

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

pasan la temporada seca en diapausa reproductiva hasta las primeras lluvias primaverales. Si las lluvias primaverales son suficientes se puede presentar una tercera generación (Barrera y Turk, 1983; Hunter y Cosenzo, 1990).

La langosta invasora se mantiene en forma solitaria, debido a un cuidadoso control en la “zona de cría permanente” que incluye las provincias de La Rioja, Catamarca, San Juan, San Luis, Tucumán, Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Córdoba. En esta área la langosta permanece y se reproduce mientras las condiciones del suelo, clima y flora les sean favorables. Si estas condiciones cambian y no le son propicias, el número de individuos de la población crece y migra formando verdaderas “mangas”, invadiendo las zonas de cultivo con los consiguientes daños.

Los adultos llegan en primavera a regiones agrícolas en grandes mangas aladas, en sus vuelos de invasión. Se aparean durante los descansos y a los 10 días las hembras desovan. Perforan un orificio de hasta 8 cm de profundidad en el suelo, donde depositan 50-120 huevos agrupados en forma de espiga, que ocupan más de la mitad de la perforación, y el resto lo llenan con una secreción aglutinante que protege a los huevos del ataque de otros artrópodos.

Producida la eclosión, las ninfas neonatas de 8 mm, semejantes al adulto pero sin alas, atraviesan la espuma protectora, salen al exterior se dispersan buscando protección en la vegetación circundante (Figura 2). Los primeros estadios son de color verde pálido con un medio-dorsal negro franja que recorre el largo del cuerpo. Los individuos del primer estadio miden de 6 a 9 mm y cuentan con 13 segmentos antenales. Son gregarias, se reúnen de noche en arbustos y allí permanecen hasta que calienta el sol y se dispersan nuevamente para alimentarse. A los 4-8 días, según temperatura y alimentación, se produce la primera muda, dando lugar al segundo estadio, que es más activo y también gregario, durante este estadio se observan los esbozos alares así como cuatro segmentos más en la antena, los individuos llegan a medir 12 a 16 mm.

Saltonas: A los 15 días se hacen visibles los rudimentos alares que caracterizan al tercer estadio ninfal, miden 16 a 20 mm, tienen 21 a 22 segmentos antenales. Son activas, pierden la conducta gregaria, abarcan zonas más extensas, se alimentan día y noche sin descanso y su voracidad hace estragos en campos cultivados.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Saltonas II: A los 10 días experimentan otra muda, que da lugar al cuarto estadio ninfal, midiendo de 20 a 26 mm, antenas de 22 a 24 segmentos y alas con venación.

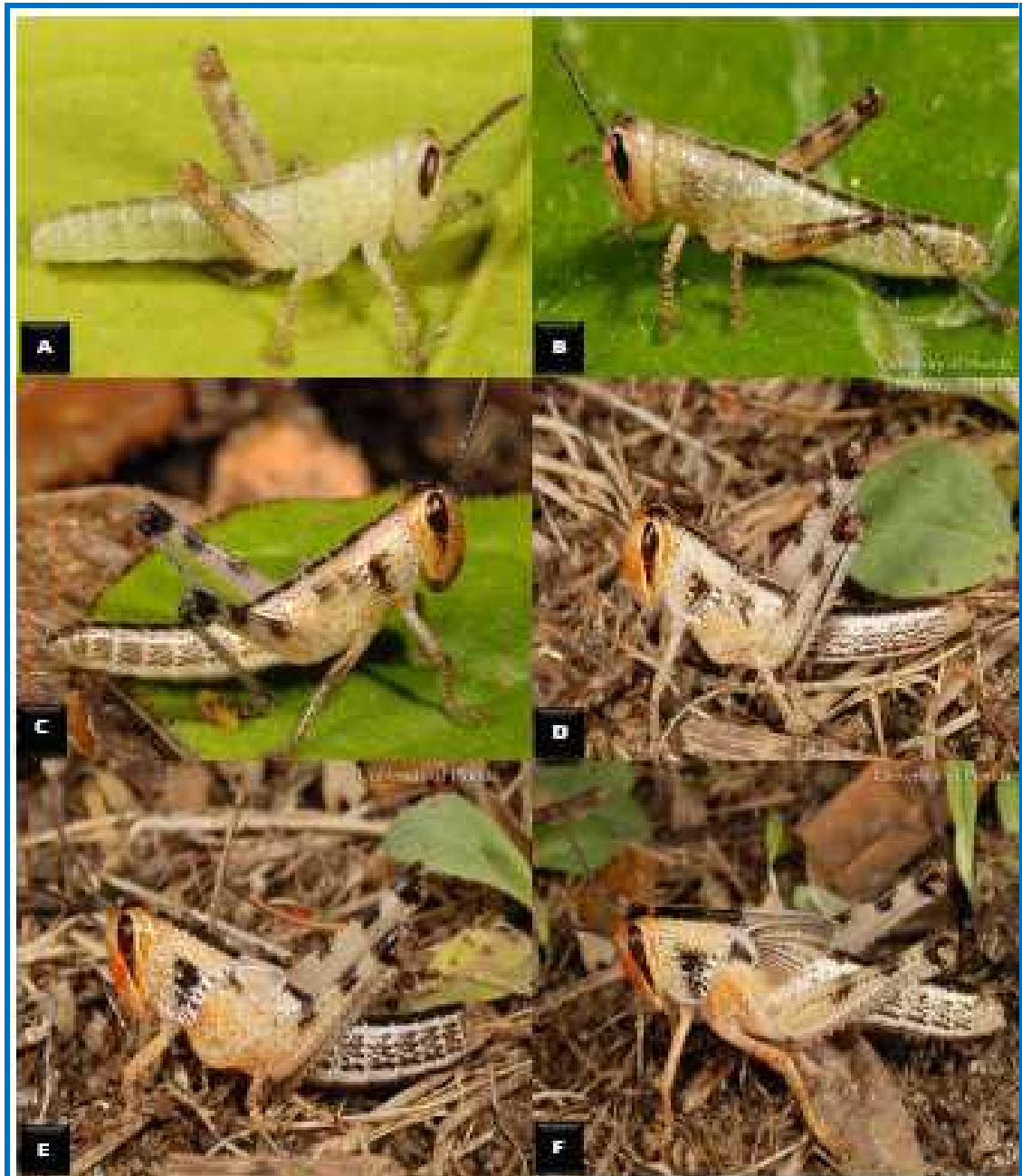


Figura 2: Estadios ninfales de langosta americana (*Schistocerca cancellata*)
A. Primer estadio ninfal. B. Segundo estadio ninfal. C. Tercer estadio ninfal. D. Cuarto estadio ninfal. E. Quinto estadio ninfal. F. Sexto estadio ninfal.

Saltonas III: luego sufren la última muda de ese estado, dando lugar a la quinta ninfa (saltona III), que mide 26 a 35 mm y con 24 a 25 segmentos antenales. Es más activa y

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

destructora, con alas bastante desarrolladas, pero no funcionales. A veces puede darse un sexto estadio ninfal en el que los individuos miden 35 a 45 mm y tienen 25 a 26 segmentos antenales. Las alas se extienden hacia atrás para cubrir varios segmentos abdominales

Seis estadios son normales, pero si las densidades son bajas se completarán sólo cinco estadios. Si hay bajas densidades, las ninfas pueden ser en su mayoría de color verde. En cambio, en alta densidad de ninfas, en los últimos estadios los insectos serán más amarillos, anaranjados y negros (Capinera y Squitier, 2014). En altas densidades, las ninfas tienden a agruparse en “bandas” y trasladarse a través de la vegetación, caminos y rutas.

Cuando ocurre la muda del quinto y/o sexto estadio ninfal emerge la **voladora**. Son adultos con alas completas y funcionales. Las hembras miden 5,5 cm y los machos 4,5 cm. Los individuos que nacen en primavera completan su madurez sexual en 10 días, se aparean y la hembra desova durante 15 o más días, dando lugar a otra generación en un término de 44 a 58 días (Figura 3) (Wysiecki y Lange, 2005).

La langosta voladora se desplaza en enjambres recorriendo largas distancias, llamados mangas. Es difícil de combatir cuando se trata de millones de insectos. Cuando vuela en mangas, comiendo y desovando se llama langosta **voladora pesada**.

Si la emergencia del adulto ocurre en otoño, no madura sexualmente y las mangas migran en busca de climas benignos, ahorrando movilidad, comiendo poco y permaneciendo agrupados, sin aparearse, hasta cuatro meses. Estas mangas de otoño-invierno son denominadas **voladoras livianas**. Llegada la primavera se reinicia el ciclo. Según la estación en que se produzcan invasiones a la zona agrícola, la región puede sufrir los daños de una a dos generaciones de langostas sobre cultivos o campos de pastoreo (Lange *et al.*, 2005).



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

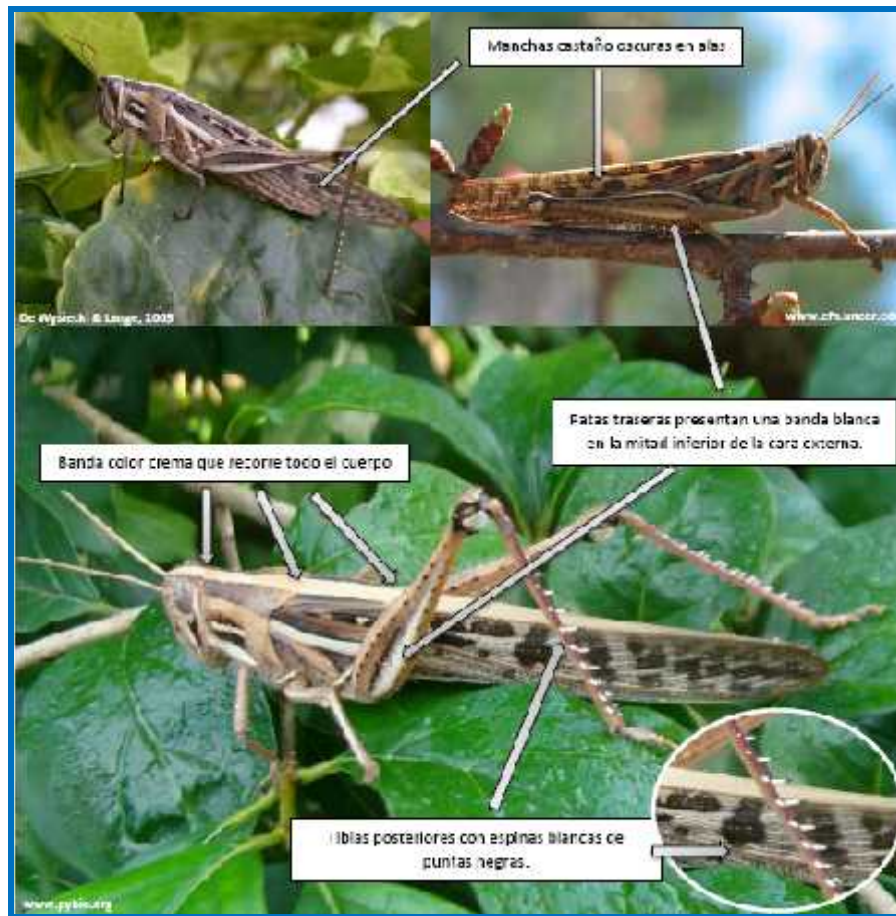


Figura 3: Características externas en ejemplares adultos de *Schistocerca cancellata*



Foto 5: Manga de langosta en Santiago del Estero, Diciembre 2015.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Manejo y control

El control de la langosta se basa en 2 aspectos importantes:

A) **Monitoreo.** Se deben realizar monitoreos periódicos determinándose la presencia de ninfas y adultos. Esta plaga es de hábito crepuscular o sea que cuando las temperaturas comienzan a descender, al atardecer, noche y primeras horas de la mañana, permanecen asentadas en el suelo (éste es el momento oportuno para control, cuando las densidades así lo indiquen). Mientras que al aumentar la temperatura se vuelven muy movedizas. El momento oportuno de control es cuando la langosta esta en estadio ninfal I o II y en bandas.

B) **Control químico.** El control químico se realizar para bajar la densidad poblacional de la langosta. La efectividad del mismo dependerá de la forma de aplicación y el tipo de producto a utilizar (**VER TUCURAS CUADRO 2**)

En el marco del Programa Nacional de Acridios (PNA), el SENASA (2010a) implementa una estrategia de manejo preventivo que tiene como objetivo lograr una detección eficiente que permita la identificación temprana de focos y el control de la langosta en sus estadios ninfales “mosquita” y “saltona” evitando su dispersión en mangas. Para ello es necesario realizar monitoreos continuos y tratar individualmente los focos activos con insecticidas autorizados por el organismo.

Sería importante efectuar los tratamientos de control cuando se observen en el campo aproximadamente **un 20 por ciento en estado de “voladora” y un 80 por ciento en estado de “saltona”**; de esta manera, aunque se haya tenido un porcentaje de daño, se estará en condiciones de abarcar la mayor cantidad de nacimientos posibles y se logrará cortar el ciclo antes de que comience la oviposición. Esta situación sucede alrededor de los 45 días de los nacimientos, en condiciones normales.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

4- TUCURA QUEBRACHERA

Los insectos del género *Tropidacris* (Orden: *Orthoptera* Familia: *Acriidae*) pertenecen a los acridoideos más grandes que se conocen. El género se encuentra distribuido desde el sureste de México hasta el centro de Argentina, siendo su área de distribución típica los ambientes tropicales (Figura 4).

El adulto de la tucura quebrachera (*Tropidacris collaris*) es un insecto arborícola que alcanza entre 10 y 13 centímetros de longitud y 24 cm. de extensión alar, que le permite volar en forma similar a un pájaro. Esta tucura es de mayor tamaño, a diferencia de otras especies comunes en nuestra zona.



Figura 4: Características diferenciales de Tucura quebrachera y Langosta.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Tropidacris collaris (Stoll), la “tucura quebrachera”, es un insecto muy grande cuyos ejemplares adultos machos figuran entre los de mayor tamaño (73-101 mm) que se conocen en las especies de tucuras (*Acridoidea*). A pesar de ser conocida comúnmente como “langosta quebrachera”, se trata en realidad de una tucura típica, pues no alterna entre fases solitaria y gregaria con distinta coloración, morfometría, fisiología y comportamiento, como sí lo hacen las verdaderas langostas. En nuestro país, *T. collaris* tiene una amplia distribución geográfica y suele ser abundante en zonas localizadas del Norte (Carbonell *et al.*, 2006). Aunque es considerada una especie polífaga, los adultos prefieren el follaje de árboles y arbustos de hoja dura como los “quebrachos” (*Aspidosperma*, *Schinopsis*), los “algarrobos” (*Prosopis*) y el “mistol” (*Zizyphus mistol*) (Carbonell *et al.*, 1986). Sin embargo, las ninfas, de hábitos gregarios, consumen prácticamente todo material vegetal que encuentran a su paso.

En años recientes, por factores aún no determinados, *T. collaris* parece haber incrementado sus poblaciones en algunas zonas, particularmente en el Norte de Córdoba y Este de Santiago del Estero, hecho que ha motivado un incremento en la aplicación de insecticidas para su control(**VER TUCURAS CUADRO 2**).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

5- SALIVAZO.

Esta plaga, se extiende desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina y se conoce con varios nombres de acuerdo al lugar o país “salivazo” o “mión” en Colombia, “candelilla” en Venezuela; “mosca pinta” en México y “cigarrinha” en Brasil (Figura 5).

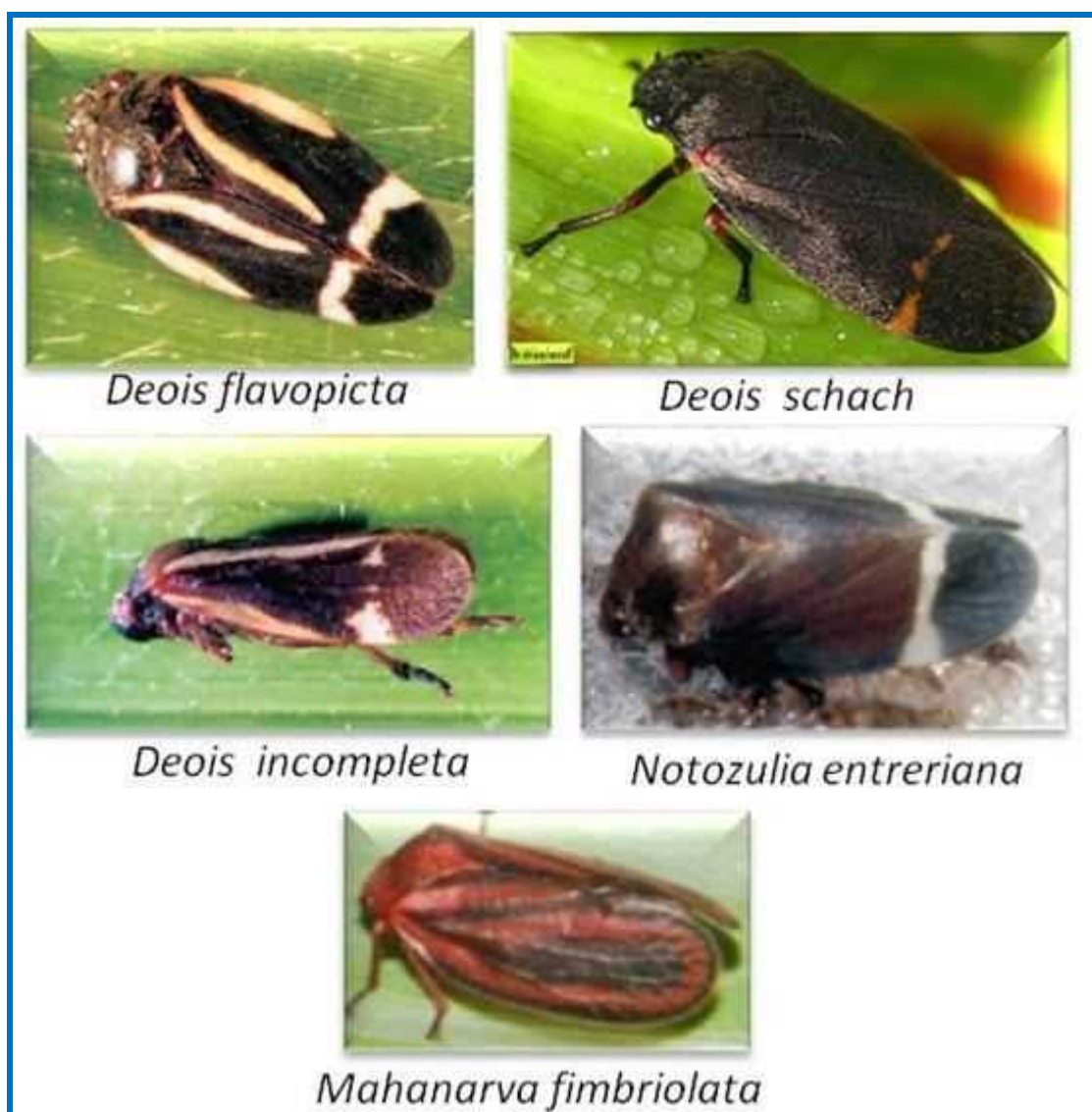


Figura 5: Características morfológicas descriptivas de los principales géneros de Salivazo.

Con el nombre “**Salivazo**” o mión de los pastos, se le denomina a un grupo que involucra diferentes especies de insectos chupadores pertenecientes al orden Homóptera y a varios géneros de la familia Cercopidae.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los *Cercopidae* afectan a la agricultura y ganadería en la región Neotropical. En el norte y centro de la Argentina causan un deterioro considerable en la calidad de los pastos que sustentan la producción ganadera. Comprenden aproximadamente 1450 especies de las cuales 15 especies en 7 géneros están citadas para el territorio argentino (Figura 5).

Notozulia entreriana Berg es una de las especies más abundante de salivazo que habita la región subtropical del país. En Argentina está citada afectando a quince provincias argentinas (Foieri *et al.*, 2015).

La característica principal de esta plaga es la gran cantidad de espuma similar a la saliva, de ahí su nombre de salivazo. Esta espuma, es lo que protege al insecto en su etapa de ninfa, y está constituida por residuos de jugos nutritivos de la planta y exudaciones del insecto (Figura 6).

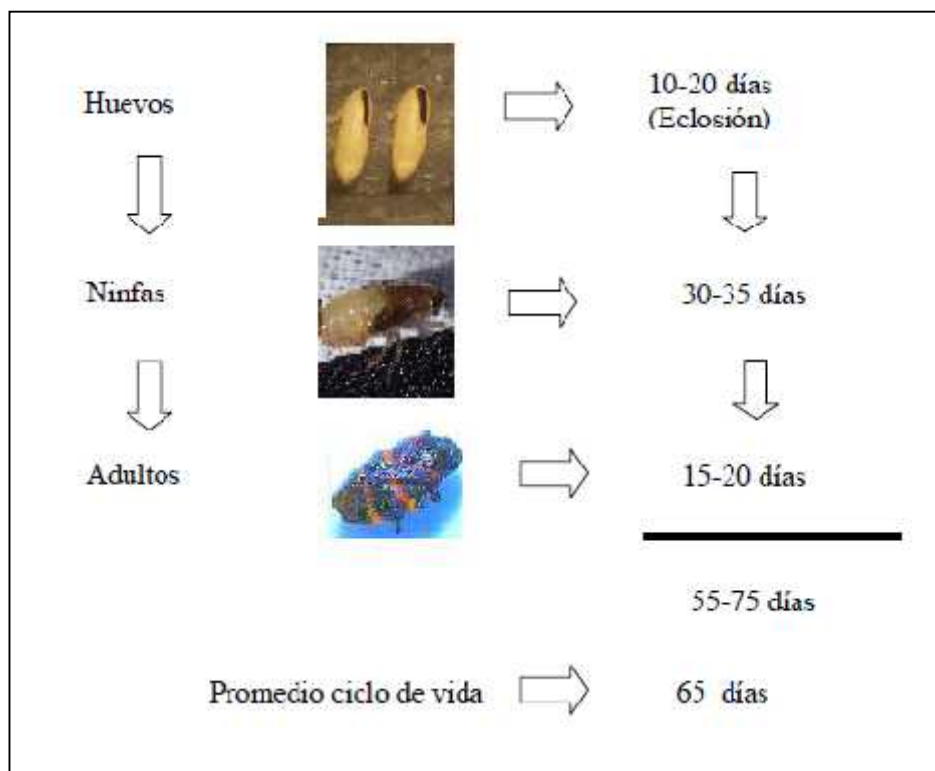


Figura 6: Ciclo de vida del “salivazo”.

Los adultos que de hábitos crepusculares nocturnos, permanecen escondidos dentro del cogollo y las vainas de las hojas durante parte del día, presentan fototropismo positivo a luces artificiales. Son voladores de poco alcance y tienden a

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

saltar entre las hojas sin superar grandes distancias. Durante su alimentación chupan la savia de la epidermis foliar basta alcanzar el tejido parenquimatoso, más rico en cloroplastos. Presentan variaciones en la disposición y tamaño de las manchas de color en sus alas. Para facilitar el flujo de líquidos y para mejorar su digestión, inyectan algunas enzimas (amilasas y oxidasas) y aminoácidos que destruyen los cloroplastos, causando la obstrucción de los elementos vasculares del floema y una necrosis gradual. El daño causado en las hojas se muestra como la típica intoxicación sistemática llamada **“quema de las hojas”**. La "quema de las hojas" reduce el proceso fotosintético.

Las ninfas, se alojan en la base del cuello de la raíz, alimentándose de la savia que extraen de las raíces superficiales y se cubren de espuma en forma de saliva (**Foto 6**) para evitar su desecación.



Foto 6: Espuma o “salivazo” en el cuello de sorgo consociado con Grama Rhodes.
Foto: JRTV.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Las larvas de este insecto (*Zulia entrerriana* y *Deois spp.*), se encuentran en una gota de espuma con aspecto de saliva, ubicada en la base de los tallos. De allí succionan la savia de los pastos provocando la marchitez de toda o parte de las plantas.

Cuando se presentan muchas ninfas en una sola planta, por lo regular las hojas ubicadas en la parte baja de la planta se tornan amarillentas por debilitamiento (Foto 7).



Foto 7: Daño por toxicidad o “quemado de las hojas” en Grama Rhodes, Llanura Deprimida, Depto. Leales, Tucumán.

Para el NO Argentino se han realizado aportes de revisión bibliográfica anteriores (Carlino, 2001; Miñón y Pérez, 1985) a la problemática apuntada.

Painter (1958) definió tres categorías de resistencia de las plantas a los insectos plaga que denominó: antibiosis, tolerancia y no-preferencia o antixenosis.

Antibiosis es una resistencia de la planta que afecta la biología del insecto de modo que la abundancia de la plaga y el daño se reducen en comparación con el que sufriría una variedad susceptible. La resistencia por antibiosis resulta en un aumento de la mortalidad o reducción en la longevidad y reproducción del insecto. Representa

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

aquellas características físicas o químicas de la planta que actúan en contra de la biología del insecto.

Antixenosis es una resistencia que afecta el comportamiento de un insecto plaga y usualmente se expresa como no preferencia del insecto por una planta resistente en comparación a una planta susceptible. Incorpora aquellas características que hacen que la planta no sea preferida por el insecto cuando se compara con variedades susceptibles o preferidas. Cuando el insecto consistentemente "rechaza" una variedad se dice que es antixenótica.

Tolerancia es una resistencia en la cual una planta es capaz de resistir o se puede recuperar del daño causado por una abundancia del insecto plaga igual a la que dañaría una planta susceptible. La tolerancia es la respuesta de una planta a un insecto plaga. Por lo tanto, la resistencia por tolerancia difiere de la resistencia por antibiosis y antixenosis en cómo afecta la relación entre el insecto y la planta. La resistencia por antibiosis y antixenosis causan una respuesta del insecto cuando trata de usar la planta resistente para alimento, oviposición, o refugio.

En el caso de ataque de salivazo, el método de control más efectivo es proceder a un corte o pastoreo profundo para facilitar la entrada de luz y desecar la base de las plantas creando un ambiente hostil para las ninfas.

La quema es una práctica común que realizan los productores de ganado. En un experimento realizado con **Pasto Pangola** (*Digitaria decumbens*), en el cual se evaluaron parcelas quemadas y parcelas sin quemar; se encontró que el número de ninfas fue inferior en las parcelas quemadas, pero después de algún tiempo la población alcanzó niveles semejantes a las parcelas sin quemar (Coronado, 1978). Cerca del área experimental se observó un área recién quemada y con ninfas activas, lo que indica que el fuego no afecta todos los huevos.

Control Biológico del Salivazo.

Uno de estos servicios es la regulación de la abundancia de organismos indeseables a través de la depredación, el parasitismo y la competencia. En este

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

sentido, la aplicación del control biológico por medio de entomopatógenos puede ser considerada como una estrategia válida para restaurar la biodiversidad funcional en ecosistemas agrícolas, utilizando las siguientes alternativas: introducción y colonización; liberación inoculativa; liberación inundativa y manejo del agroecosistema.

El empleo de hongos entomopatógenos en el campo comenzó a fines del siglo XIX, sin embargo, en Brasil fue a partir de 1964, después de la aparición epizootica de *Metarhizium anisopliae* sobre Cercópodos de la caña de azúcar es que adquirió importancia su estudio.

Mejoramiento Genético por Tolerancia a Salivazo.

La mayor parte de los materiales en el gran cultivo de Grama Rhodes en el país tienen su origen en programas de mejoramiento australianos que no contemplan la búsqueda de resistencia/tolerancia a Salivazo dado que no existe en Australia.

La selección y mejoramiento de Grama Rhodes es de tiempo reciente en Argentina. Los objetivos primarios han sido en primer lugar, lograr materiales productivos y tolerantes a condiciones de salinidad (ventaja comparativa y competitiva) y recientemente, mejoras en su digestibilidad respecto materiales parentales.

La búsqueda de resistencia/tolerancia a Salivazo como así también a Hormigas es una asignatura pendiente.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

6- GRILLOS TOPOS

Los grillos topos pertenecen a la misma familia de los grillos comunes, *Grillotalpidae*. Las dos especies más perjudiciales son: El grillo topo del sur (*Scapteriscus vicinus*), y el grillo topo gris (*Scapteriscus acletus*). Como su nombre vulgar lo indica (topo), son especies que pasan el mayor tiempo de sus vidas debajo del suelo, por lo tanto son muy difíciles de visualizar e identificar. En consecuencia su control también se torna muy dificultoso. Estos insectos producen túneles en el suelo, y perforan los primeros 20 cm de profundidad (Foto 8).

La especie más agresiva y voraz es el grillo topo gris.



Foto 8: Grillo topo adulto (*Scapteriscus borellii*).

Son grillos grandes miden de 32 a 39 mm de longitud. Colocan huevos en cámaras que están a una profundidad de 15 cm debajo del suelo, y lo más importante es que una hembra puede excavar de 3 a 5 cámaras, y colocar aproximadamente 35 huevos en cada una. Esto resulta en una postura de 100 a 175 huevos por hembra y por año.

Los adultos son alados y tienen una gran capacidad de vuelo.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los daños más serios causados por los grillos topos son en el césped y pasturas, donde virtualmente pueden destruir el sistema radicular. Debido a la importante pérdida de masa radicular, se observa un decaimiento, pérdida de forraje y muerte de plantas. En esas zonas se pueden observar pequeños montículos de tierra que son acumulaciones de suelo a la entrada de los túneles que ellos cavan.

La mayor oviposición y emergencias de ninfas, se produce desde Septiembre a Noviembre. Luego a partir de Diciembre y hasta Abril se ven los mayores daños a causa de los adultos y ninfas de últimos estadíos de desarrollo.

Al tratarse de insectos subterráneos, es muy difícil efectuar el control. En el mercado se pueden obtener varios tipos de productos (en general de aplicación líquida), que luego deben ser regados para su incorporación en el suelo. Mediante este proceso el grillo topo toma contacto con el insecticida y muere. En general estos productos son organofosforados y deben ser manejados con las precauciones que un insecticida fosforado determina. Los controles obtenidos con estos productos son cortos. Esto significa 20-25 días de control. Los grillos topos poseen una alta sensibilidad en detectar los insecticidas, y por lo tanto ante la presencia del mismo huyen profundizando el suelo. Luego de un tiempo regresan a la superficie a alimentarse donde ya no encuentran el efecto insecticida, reiniciando los ataques.

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

7- ORUGAS DEFOLIANTES.

Las plagas como orugas o isocas pueden ser graves si atacan en forma temprana (primavera) a la pastura porque afectan el rebrote y debilitan el futuro desempeño productivo de la forrajera. En diferentes momento de su ciclo pueden ser una limitante importante (Oruga militar *Spodoptera frugiperda*; Isoca cuarteadora *Rachiplusia nu*, etc.), y generalmente son controladas con insecticidas de contacto e ingestión.

A los fines de minimizar la utilización de químicos en pasturas, también es importante que este se encuentre enmarcado de un manejo integral de las mismas, contemplando los tiempos biológicos no solo de la especie plaga (periodo ovoposición – fase de desarrollo más pernicioso) sino también los inherentes al aprovechamiento de la pastura (distancia entre aplicación y corte o pastoreo) a los fines de respetar periodos de carencias y evitar re aplicaciones.

El nivel de plaga que un cultivo puede “tolerar” sin que se produzcan pérdidas significativas de rinde está determinado por la capacidad del cultivo de generar área foliar nueva.

Las especies mencionadas presentan entre cinco y ocho estadios larvales. Tanto el número de estadios como la duración de los mismos dependen de la temperatura y de la calidad del alimento. Generalmente el número de estadios aumenta cuando la temperatura es baja o cuando la calidad nutricional del alimento es menor. El ciclo completo de estas especies dura en el entorno de los 45 a 70 días.

Los resultados de capturas de adultos con trampa de luz, muestran que los adultos comienzan a aparecer la última semana de setiembre y permanece activos hasta las primeras semanas de mayo. Durante el invierno no se registran capturas.

Las especies del género *Spodoptera* pueden tener actividad durante todo el año pero su abundancia y actividad se incrementa en los períodos más cálidos.

El aumento de la temperatura hace que los ciclos se acorten en cualquiera de las etapas, embrional (4 a 7 días), larvas (15 a 25 días), pupas (7 a 10 días), adultos. En función de ésto se necesita como mínimo casi 30 días desde un pico de captura hasta el siguiente.

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Una eficiente alternativa en el manejo integrado de plagas lo constituye la utilización de los productos insecticidas (Cuadro 3) a las dosis recomendadas por su mayor residualidad en el control de la plaga con un mínimo efecto sobre los enemigos naturales presentes.

Cuadro 3: Insecticidas piretroides, principios activos, marcas comerciales, artrópodos que controlan y características sobresalientes.

Modo de acción en el insecto	Grupo químico	Marcas comerciales comunes
Contacto, Ingestión e Inhalación	Piretroides	Cipermetrina; Permetrina; Deltametrina; alfacipermetina; Betacipermetrina; Zetacipermetrina; Lambdaciolotrina; Esfenvalerato
	Organofosforados	Clorpirifós; Metamidofós; Acefato
Contacto e Ingestión	Carbamatos	Thiodicarb; Metamil
	Neonicotinoides	Imidacloprid; Tiametoxan; Dinotefuran
	Diamidas	Clorantraniprole; Flubendiamide
	Benzoilureas	Novalurón; Lufenurón; Teflubenzurón; Triflumurón; Clorfluazurón; Bistriflurón
	Pirroles	Clorfenapir
Ingestión	Naturales	Spinosad
	Avermectinas	Abamectina

La rotación con insecticidas es fundamental en un plan de manejo racional, el uso de moléculas de manera masiva durante mucho tiempo puede causar un aumento de la tolerancia de los insectos a las dosis recomendadas.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

BIBLIOGRAFIA

1. **Adams, C. T.** 1986. Agricultural and medical impact of the imported fire ant. En: C. S. Lofgren y R. K. van der Meer (Eds). Fire ants and Leaf-cutting ants. Biology and management. Westview Press: 48 - 57.
2. **Barrera, M. y S. Turk.** 1983. Estado actual de la langosta *Schistocerca cancellata paranensis* en la Argentina. Nuevos aportes a su bioecología. *Act. Zool. Lill.*, 37: 15-29.
3. **Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, CASAFE.** 2003. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina. **Tomo II:** Insecticidas, Fungicidas, Productos Varios y Fertilizantes. Bs. As.
4. **Campodónico, M.** 1968. Biología comparada de tucuras del género *Dichroplus* (Orthoptera: *Acrididae*). INTA CNIA. Hoja Informativa N° 29. 2 págs.
5. **Campodónico, M.** 1971. La biología de las tucuras y su relación con el control. IDIA 278: 54 – 57.
6. **Carbonell, C. M.; M. M. Cigliano y C. E. Lange.** 2006. Acridomorph (Orthoptera) species of Argentina and Uruguay. CD-ROM. Publications on Orthopteran Diversity, The Orthopterists Society at the Museo de La Plata, Argentina.
7. **Carlino, G.** 2001. Salivazo de las pasturas tropicales. Public. Informativa N° 1, INTA Leales: 29 págs.
8. **Coronado Padilla, R.** 1978. Memoria de la campaña contra la mosca pinta. Coyoacán, México. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 126 págs.
9. **Cuezzo, F. y M. B. Fuentes.** 2004. HYMENOPTERA: *Formicidae*. En: H. A. G. Cordo; K. Logarzo Braun y O. R. Di Lorio (Eds.). Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus Plantas asociadas. *Sociedad Entomológica Argentina*: 395-408.
10. **Foieri, A.; E. G. Virla; A. M. Marino de Remes Lenicov.** 2015. New host plants records for the froghopper *Notozulia entreriana* (Hemiptera: *Cercopidae*) with new data on its occurrence in diverse ecological zones in Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 74 (1-2): 79-84
11. **Fowler, H. G.; T. M. C. Della Lucía y D. D. O. Moreira.** 1993. Posição taxonomica das formigas cortadeiras. En: T. M. C. Della Lucia (Ed.). *As Formigas Cortadeiras*. Cap.2. Viçosa - Minas Gerais, Brasil: 4-25.
12. **Harcourt, D. G.; J. R. Aragón y R. González.** 1986. Plagas de la alfalfa. En: Barigii; L. Marble; C. D. Itria y J. M. Brun (Eds). *Investigación, Tecnología y producción de alfalfa*. Colección Científica del INTA Tomo XXII, Buenos Aires.
13. **Hunter, D. M., y E. L. Cosenzo.** 1990. The origin of plagues and recent outbreaks of the South American locust *Schistocerca cancellata* (Orthoptera: *Acrididae*) in Argentina. *Bull. Ent. Res.* 80: 295-300.
14. **Lange, C. E.; M. M. Cigliano y M. L. de Wysiecki.** 2005. Los acridoideos (Orthoptera: *Acridoidea*) de importancia económica en la Argentina. En: L. Barrientos Lozano y P. Almaguer Sierra (Eds.). Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en América Latina. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: 93-135.
15. **Miñón, D. P. y H. E. Pérez.** 1985. "Chicharrita de los pastos. Plaga de las pasturas". Publicación Especial EEA INTA Santiago del Estero, 12 págs.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

16. **Painter, R. H.** 1958. Resistance of plants to insects. *Annual Review of Entomology* 3: 267-290.
17. **Ricci, M.; D. Benítez; S. Padín y A. Maceires.** 2005. Hormigas Argentinas: comportamiento, distribución y control. Fac. Cie. Agrop. y Forest. UN La Plata, 27 págs.
18. **Roncedo, C. S.; H. E. Pérez y R. Corbella.** 2003. Metodología para evaluar pasturas tropicales degradadas: Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Común en la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina. En: Tercera Reunión de Producción Vegetal y Primera de Producción Animal del NOA. Soporte Informático. 9 págs.
19. **Sánchez, N. y M. de Wysiecki.** 1993. Abundancia y diversidad de acridios (Orthoptera: *Acrididae*) en pasturas de la provincia de La Pampa, Argentina. *Rev. Inv. Agrop.* 24 (1): 29 –39.
20. **Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, SENASA.** 2010a. Programa Nacional de Monitoreo y Control de Acrididos. <https://geonode.senasa.gov.ar/maps>.
21. **SENASA.** 2010b. Resolución 241/2010. Disponible en www.senasa.gov.ar/contenidowap.php?to=n&in=1447&io=12764
22. **Shannon, P. J. y O. Arboleda Sepúlveda.** 1998. Las langostas del género *Schistocerca*, nomenclatura, biología y distribución geográfica de las especies migratorias de Centro y Sur América; notas breves y literatura selecta. Serie: Manejo Integrado de Plagas (CATIE) N° 10: 53-71.
23. **Waloff, Z., y D. E. Pedgley.** 1986. Comparative biogeography and biology of the South American locust, *Schistocerca cancellata*, and the South African locust, *S. gregaria flaviventris* (Orthoptera: *Acrididae*): a review. *Bull. Ent. Res.* 76: 1-20.
24. **Wysiecki, M. L. de y C. Lange.** 2005. La langosta *Schistocerca cancellata* Serville (Orthoptera: *Acrididae*: *Cyrtacanthacridinae*) en Argentina: biología, ecología, historia y control. En: L. Barrientos Lozano y P. Almaguer Sierra (Eds.). Manejo integrado de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) y acridoideos plaga en América Latina. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México: 151-156.
25. **Zequín, L.; R. Beltrame; S. Luiselli; C. Salto y R. Strasser.** 1999. Abundancia y diversidad de tucuras (Orthoptera: *Acridoidea*) en el centro oeste de Santa Fe y centro este de Córdoba. INTA EEA Rafaela. Anuario 1999: 113–125.
26. **Zequín, L.; R. Beltrame; S. Luiselli; C. Salto y R. Strasser.** 2001. Abundancia y diversidad de tucuras (Orthoptera: *Acridoidea*) en el centro oeste de Santa Fe y centro este de Córdoba. INTA EEA Rafaela. Anuario 2001: 5-14.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

PROBLEMÁTICA Y CONTROL DE MALEZAS LEÑOSAS EN GRAMA RHODES.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera e Ing. Zoot. Guillermo O. Martín (h).
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN.

En el Gran Chaco Sudamericano el ecotono es de leñosas en sus distintas formaciones fitogeográficas. Por ello, tienden a convertirse en especies invasoras, muy en especial aquellas que poseen raíces gemíferas, espinas protectoras, tolerancia a salinidad/anegamiento/fuego.

La salinidad de los suelos condiciona la vegetación y, según las condiciones particulares, se encuentran distintos tipos de arbustales, muchas veces dominados por el jume (*Suaeda sp.* y *Allenrolfea sp.*) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Caracterización del tenor salino del suelo de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán en función de las especies dominantes y acompañantes en cada caso (Adaptado de Martín et al., 2003).

SITIO A (6 a 8 dS.m ⁻¹)	SITIO B (10 a 12 dS.m ⁻¹)
Especies Dominantes	Especies Dominantes
<i>Allenrolfea patagónica</i> (jume)	<i>Allenrolfea patagónica</i> (jume)
<i>Atriplex cordobensis</i> (cachi yuyo)	<i>Atriplex cordobensis</i> (cachi yuyo)
<i>Cyclolepis genistoides</i> (palo azul)	<i>Geoffroea decorticans</i> (chañar)
Especies Acompañantes	Especies Acompañantes
<i>Lycium chilense</i> (yaullín)	<i>Allenrolfea vaginata</i> (jume)
<i>Geoffroea decorticans</i> (chañar)	<i>Lycium infaustum</i> (chivil)
	<i>Sesuvium portulacastrum</i>

Dentro del manejo de las pasturas de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cobra particular importancia el sistema de habilitación de tierras ya que determina el tipo y grado de problemática de malezas a enfrentar.

El Control de Leñosas, que se define como la práctica de manejo cuyo objetivo es reducir y mantener el volumen y densidad de la cobertura arbustiva improductiva al

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

mínimo posible, para mejorar la producción y disponibilidad de forraje y facilitar el manejo del ganado, teniendo en cuenta que el costo que requiera su aplicación debe guardar relación con la productividad potencial del suelo del lugar (Knudtsen, 1983).

Habilitación de tierras tipo agrícola.

Por lo general se trata de sistemas de topado, acordonado, rastra pesada, desraizado/despaldo, quema; repetición de rastra pesada y tareas complementarias.

Al momento de siembra el suelo se encuentra desnudo, con fuerte remoción del horizonte superficial lo que libera gran cantidad de nutrientes pero falta de compactación. La siembra se hace al voleo con sembradora de tachos perforados y rolo compactador. La eficiencia de implantación es alta y la gran competencia de malezas es de tipo herbácea anual. Posee la problemática de la necesidad de un ciclo húmedo y el logro de una adecuada cobertura a la entrada del invierno próximo. Cuando ello no se logra, sobreviene el afloramiento salino por el aumento de la evapotranspiración que arrastra las sales a la superficie (blanqueo de suelos).

Con el paso de los años, comienza a cambiar la población de malezas anuales hacia perennes, tanto herbáceas como así también la lenta pero continua aparición de leñosas arbustivas. Procedentes de la activación del banco de semillas del lote como de terrenos linderos gracias a la esorrentía de aguas; ingesta de frutos y deyección semillas escarificadas por bovinos (chañar *Geoffroea decorticans*, mistol *Ziziphus mistol*, tusca *Acacia aroma*, garabato *Acacia praecox*, brea *Cercidium praecox*, chilca *Baccharis dracundifolia*, vinal *Prosopis ruscifolia*, suncho negro *Baccharis salicifolia*, etc.); rebrotes desde yemas basales no extraídas e invasión desde cortinas por especies con yemas gemíferas (chañar).

Las especies arbustivas sin raíces gemíferas se establecen como plantas aisladas protegidas por sus espinas y pueden crecer en tamaño como así también favorecer el flujo de semillas para la colonización de tierras adyacentes.

Las especies arbustivas con yemas gemíferas (chañar) comienzan a formar pequeñas isletas que se agrandan en porte y superficie de manera creciente con los años. Ocasionalmente ocasionan severas reducciones tanto de la accesibilidad forrajera como del tránsito dentro del potrero por parte de los animales.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 1: Invasión de Tusca (*Acacia aroma*) en lote de Grama Rhodes cv. Pioneer. Dpto. Leales, Tucumán.



Foto 2: Invasión de Chañar (*Geoffroea decorticans*) en lote de Grama Rhodes cv. Pioneer. Leales, Tucumán.

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Habilitación de tierras con árboles.

Hasta la década de 1970 la mayor parte de las tareas de desbajado o raleo de monte se hacían en forma manual y con el empleo de topadoras livianas (Caterpillar D4 o D5) solas o con el auxilio de rolos picadores (Foto 3).



Foto 3: Topadora liviana Caterpillar D4, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Sgo. del Estero.

La aparición en el mercado nacional de tractores articulados (Zanella) aptos para estas tareas significó el desarrollo de la técnica denominada “Rolado de Baja Intensidad” (RBI), que se difundió y es de amplia difusión en Argentina (Berti, 1999; Berti *et al.*, 1997; Kunst *et al.*, 2008).

Estos tractores, refrigerados por agua, adecuadamente protegidos (acorazados) y adaptados (ariete y pala) con el arrastre de rolos picadores (1,5 m de diámetro y 3 m de ancho) lastrados con agua (hasta 10 ton), cuchillas intercaladas reforzadas de autoafilado y cajón giratorio para siembra al voleo (Foto 4) se utilizan en suelos con problemas de salinidad y sodicidad en los denominados “montes abiertos”. La cobertura de la vegetación picada depositada sobre el suelo brinda protección contra el impacto de las lluvias y el sol, generando un ambiente más estable donde proliferan los microorganismos y la mesofauna ligados con una lenta degradación del material que se transforma en materia orgánica.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 4: Tractor Zanello acorazado en rolado de arbustivas leñosas, Fca. El Itín, Depto. Ibarra, Stgo. del Estero.

Técnicas de Control de Leñosas Problemas.

a-) Desarbustado mediante extracción manual (desbrote).

Es el método más antiguo y simple. Se basa en el cavado (30 cm), corte, extracción, apilado y posterior quema de las leñosas invasoras (Foto 5). Es un método lento, requiere de gran cantidad de mano de obra, es detallista pero no elimina la posibilidad de rebrote posterior. Permite identificar y preservar las especies leñosas deseables para evitar su destrucción y favorecer la resiembra con un posterior enriquecimiento natural del monte.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 5: Desbrotado de lotes de Grama Rhodes cv. Común, Estancias del Valle, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero.

b-) Desarbustado mediante extracción mecánica “Grubbing”.

La extracción mecánica de las leñosas invasoras con una importante cantidad de yemas basales y raíces ha sido propuesta y difundida por la Texas A&M University, EEUU, con el nombre de “Grubbing” (Wiedemann, 1981). A tal efecto se han desarrollado distintos equipos tanto accesorios como autopropulsados.

En Tucumán se dispone de maquinarias agrícolas propias del cultivo de caña de azúcar, cargadoras de retromarcha para caña entera o caña semilla, las que adecuadamente dotadas con baldes acondicionadaos pueden efectuar la extracción individual de las leñosas problemas (Foto 6).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 6: Extracción de leñosas con retrocargadora de caña entera. Finca Cachi Yaco, Dpto. Leales, Tucumán.

Los mismos equipos con su tradicional mandíbula de dedos, sirven para la carga y descarga mecánica de los restos vegetales en carros planos (carros semilleros), lo que permite la rápida extracción del lote y su posterior quema fuera de la pastura para evitar todo daño posible (Foto 7).

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 7: Carga de restos de leñosas con retrocargadora de caña entera. Finca Cachi Yaco, Dpto. Leales, Tucumán.

c-) Desarbustado mediante corte mecánico.

El corte mecánico de las leñosas posee como ventajas la rapidez de la operación y bajo requerimiento de mano de obra. Es un método no selectivo que solo hace “poda” y no control. Genera una rápida reinfestación por los numerosos rebrotes que surgen de las yemas basales de los arbustos. Deja un remanente basal leñoso que se torna de riesgo para futuras tareas mecánicas, lo que torna necesario el empleo de coberturas de protección (ponchos de cubiertas) o bien el acorazado de ruedas.

Puede ser efectuado con el empleo de diversos equipos que contemplan: desmalezadora pesada, rolos picadores y rolos aireadores.

c.1-) Desmalezadora pesada.

La desmalezadora pesada posee una polea motriz con mecanismo de trinquete desarrollado especialmente para desvincular automáticamente la transmisión en el caso de frenadas bruscas, neutralizando el efecto inercial del movimiento de las cuchillas, evitando que el tractor sea empujado por la acción de las mismas. El trinquete tiene un dispositivo que permite, además, desengranar la desmalezadora (poniéndola en punto muerto), lo cual facilita el transporte sin que se muevan las cuchillas. Mediante una barra de acople es posible hacer trabajar en tandem tres

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

desmalezadoras con un mismo tractor, aumentando el ancho de trabajo y triplicando el rendimiento con solo un operador en el mismo tiempo (Foto 8).



Foto 8: Desmalezadora pesada marca INRODA, de transmisión cardánica, en tándem, Estancias del Valle, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero.

Es posible también armar tandem de cinco y siete maquinas, utilizando barras de acople apropiadas (Cuadro 2).

Cuadro 2: Características técnicas de desmalezadora pesada INRODA.

Modelo	Peso (Kg)	Ancho de corte	Ancho total	Altura de corte	Potencia mínima	Rendimiento aprox. por día
SP-2	980	1,80 m	2,20 m	12/13 cm	70 Hp	12/16 Has
Tandem de 3 SP-2	3040	5,40 m	5,80 m	12/13 cm	120 Hp	36/42 Has

Estos equipos pueden cortar tallos de leñosas de hasta 7 cm de diámetro gracias a la inercia del giro. La altura de corte por lo general es del desmalezado de mantenimiento, alrededor de 30 cm. Esto deja sectores basales erectos de tallos que

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

atentan contra las cubiertas de caucho (Foto 9) por lo que requieren de la posterior protección de las cubiertas de caucho.



Foto 9: Remanente de tallos de leñosas por corte con desmalezadora pesada marca INRODA, de transmisión cardánica, Estancias del Valle, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero.

c.2-) Desmalezado mediante rolo picador.

El empleo de los rolos picadores para mantenimiento de corte y limpieza en lotes invadidos con leñosas es una de las prácticas más comunes. La simple práctica mecánica tiene un efecto limitado, por lo general 3 años, y luego el impedimento leñoso se recupera casi a la situación original (Fotos 10 y 11).

Corta y trocea arbustos con diámetros de tallos de 10 cm y sus cuchillas pueden penetrar en suelos 15 cm dejando el suelo con cobertura y corrugado; esta roturación aumenta la captura e infiltración del agua (mayor economía de agua). Los residuos vegetales en superficie favorecen el ciclo de la materia orgánica del suelo como la proliferación de microorganismos y mesofauna ligada a descomposición de material fibroso.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 10: Tractor Zanella con rolo picador en lotes de Grama Rhodes cv. Común invadidos con leñosas, Fca. Rancho Grande, Dpto. Jiménez, Stgo del Estero.



Foto 11: Lote de Grama Rhodes en rebrote primaveral con leñosas recién picadas con rolos, Fca. Rancho Grande, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

c.3-) Desmalezado mediante rolo aireador.

Los rolos aireadores de pasturas (Tipo Lawson) poseen hojas espiraladas alternas cuyos filos van dispuestos a 80° y les permite cavar aflojando la tierra en superficie. Pueden ser de uno o dos cuerpos, con y sin tren de traslado. Complementariamente pueden llevar sembradoras para resiembra de enriquecimiento o bien implantación de Grama Rhodes (Foto 12). Pueden trabajar en tándem aumentando la capacidad de trabajo.

Se emplean por lo general en arbustales de porte mediano a bajo por lo que su eficiencia y velocidad de trabajo es alta.

Esta técnica presenta importantes beneficios: a) evita la necesidad de la quema del fachinal o arbustal xerófilo y halófilo, que interfiere en la operación de siembra; b) incorpora en superficie M.O. de las malezas; c) facilita la infiltración del agua de lluvia, al dejar el terreno totalmente labrado con pequeños pozos, y d) posibilita implantar e intersembrar forrajeras sin efectuar la inversión del perfil del suelo, y con ello evita el consecuente afloramiento salino.

Experiencias efectuadas durante el Verano 2005/06 en suelos salinos con 12 a 14 dS.m⁻¹ de CE en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán (Toll Vera *et al.*, 2006), demostraron que los rolos aireadores realizan un adecuado picado de malezas arbustivas como *Atriplex cordobensis* (cachi yuyo) y *Geoffroea decorticans* (chañar), produciendo las cuchillas espiraladas con un ángulo de ataque de 80°, pequeños pozos de 10 a 15 cm de profundidad con distribución uniforme. El movimiento del suelo provocado, el aporte de cobertura vegetal y una adecuada compactación, posibilitaron la implantación de *Chloris gayana* cv. Callide (4n) en siembra temprana (Diciembre-Enero) lográndose una cobertura del 80 % a los 45 días de la siembra y del 100 % al momento de cosecha de semillas (mediados de Mayo), favorecida por un ciclo húmedo. En esta investigación se demostró que aún bajo estas condiciones de salinidad, el agregado de fertilización nitrogenada al suelo, incrementa significativamente la productividad de la pastura; en este caso, Grama Rhodes cv. Callide (4n) sin fertilización rindió alrededor de 6.150 Kg. de M.S.ha⁻¹ en un corte acumulado al momento de maduración de semillas (Foto 13), mientras que la misma pastura

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

fertilizada con 150 Kg. de urea.ha⁻¹ en principio de crecimiento (plántulas de menos de 30 cm de altura), rindió una productividad de 9.750 Kg. de M.S.ha⁻¹.



Foto 12: Arriba. Detalle de disposición de rolos y cuchillas. **Abajo.** Tractor acorazado, rolos aireadores con tren de traslado y sembradora al voleo eléctrica. Fca. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 13: Lote Grama Rhodes cv. Callide en postcosecha de semillas y pastoreo. Fca. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero (Toll Vera *et al.*, 2006)

d-) Control de Leñosas mediante Quema Prescripta.

El empleo del fuego para el refinamiento de pasturas es una de las herramientas más antiguas pero el manejo técnico del mismo se denomina “quema prescripta” y a sido descripta y puesta a punto para condiciones locales (Kunst *et al.*, 2003).

El fuego mata la estructura aérea de las leñosas, que si no tienen capacidad de rebrotar desde la base son eliminadas totalmente.

En cambio las especies adaptadas al fuego, por lo general arbustivas leñosas o con raíces gemíferas, poseen yemas basales que les permiten reconstruir su estructura aérea en un plazo que varía entre 1 a 5 estaciones de crecimiento luego del disturbio. Rara vez el calor del fuego de pastizales penetra lo suficiente para matar la corona de estas plantas.

La gran mayoría de las especies leñosas indeseables están adaptadas al fuego. La mortalidad de sus plantas decrece con la edad, ya que plantas más maduras son más resistentes al fuego (más espesor de epidermis) y además, por competencia, a su alrededor disminuye la cantidad de combustible fino. En general, la mortalidad

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

directa que se atribuye al fuego es baja, y varía entre el 1 y 10%, en función de las características del fuego, época, sitio, clima, etc.

Los fuegos prescritos destinados al control de leñosas deben ser “calientes” a fin de dañar todo lo posible la estructura aérea de las mismas. Por eso son fuegos peligrosos (Foto 14).



Foto 12: Quema prescrita de lotes de Grama Rhodes cv. Fine Cut implantados con rolos picadores. Fca. La Esperanza, Dpto. Ibarra, Stgo. del Estero.

Los “fuegos calientes” en general en contraviento, pueden afectar los estolones de Grama Rhodes y atentar contra la cobertura inicial con lo que se favorece la evapotranspiración con su consecuente revenimiento de sales. Por ello no son recomendables en años secos.

e-) Control Químico de Leñosas.

Se puede emplear en distintas formas de aplicación (cobertura total aérea, con mochila, tratamientos a la base del tallo, de tocones, en diversas épocas, etc.). Esta

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

técnica cobró gran auge con la aparición del 2,4,5-T hasta los problemas sanitarios acontecidos por su contaminante dioxina, que llevaron a su prohibición.

Los productos disponibles actualmente en el mercado son: 2,4-D, Picloram, Tryclopir, Clopyralid y 3,6 ADP. Pueden ser empleados solos o en mezclas herbicidas para ampliar el espectro de control.

La susceptibilidad de las especies nativas a estos productos es en general de media a alta si son correctamente aplicados. En general estos arbusticidas son de tipo hormonal, por tanto para actuar deben ser absorbidos y transportados a los órganos vegetales que aseguran la supervivencia de la especie, denominados órganos objetivos (Foto 15). El proceso es complicado y está afectado por la estación del año, el estado fenológico de la planta, edad, temperatura del aire y del suelo, etc.



Foto 13: Control químico de renoval en lotes habilitados con rolos picadores. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

La época apropiada de aplicación es cuando la corriente de productos fotosintéticos se encuentra dirigida hacia el órgano "blanco", que difiere según sea la especie a tratar. A modo de orientación, se puede decir que los arbusticidas son más

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

efectivos cuando el flujo principal de savia está orientado hacia las raíces, con hojas nuevas completamente desarrolladas y fotosíntesis intensa.

El momento correcto de aplicación, si lo que se busca es eliminar al arbusto, es en estado de fruto maduro. En general, en leñosas Leguminosas, el crecimiento del fruto desde 1 cm a 12 cm, se hace en pocos días. Esto se debe a la gran concentración de hidratos de carbono solubles que están acumulándose allí. Con el comienzo de la fase de maduración de la legumbre, este fenómeno se revierte. En esta fase fenológica, la planta ha cubierto todas sus necesidades de translocación de fotosintatos a la parte aérea. Los frutos maduros se independizan del patrón fisiológico de la planta y la demanda de energía hacia ellos, decae. Es entonces cuando la planta comienza a prepararse para entrar en la fase de latencia invernal y la dinámica de la acumulación de reservas, se invierte. **Los fotosintatos formados van ahora en dirección descendente, para acumularse en troncos, tallos, raíces, etc. El herbicida aplicado en ese momento, será entonces acumulado en estos órganos de renuevo, originando la muerte de la planta. En este momento, la susceptibilidad de la leñosa al producto, es máxima.**

Lo ideal es que el día de aplicación sea soleado y las plantas estén bien provistas de agua, así la fotosíntesis es plena.

Las ventajas de estos productos consisten en su selectividad, la facilidad y la rapidez en su aplicación, sobre todo si es aérea. Las desventajas son su alto costo/unidad de superficie, que limita o directamente impide su uso extensivo, y el peligro de polución ambiental. Esta última es una condicionante cada vez más fuerte, por los efectos biológicos negativos (reales o potenciales).

Una de las recomendaciones que suele darse al momento de diluir el producto, es hacerlo en gasoil. Esto suele ser contraproducente, pues el gasoil quema el tejido foliar e interrumpe el proceso de absorción del producto activo.

Es conveniente hacer la dilución en agua y aplicar a la mañana temprano, pues las altas temperaturas del aire en horas del mediodía o de la tarde en la época de aplicación, suelen potenciar el efecto caústico del producto, afectando la normal absorción del mismo (Martín, 2014).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Control Mecánico – Químico de Leñosas.

Esta alternativa, consiste en efectuar un desmalezado o corte previo en el lote, con posterior aplicación de herbicida en el próximo otoño. Las condiciones y factores a tener en cuenta en la aplicación del herbicida, son las mismas que en el control químico.

Puede usarse tanto en implantación como en manejo de lotes de Grama Rhodes. Permite en implantación el empleo de técnicas de mínimo laboreo (rolos picadores o aireadores) acordes a la estructura de vegetación (arbustal). Evita el revenimiento de sales al mantener la cobertura de los suelos. Produce el gasto metabólico de reservas de los arbustos y, en el otoño inmediato, facilita el mojado de las leñosas y se logra un excelente grado de control (Fotos 16 y 17). El grado de control depende de la comunidad de arbustivas y el momento fisiológico del tratamiento químico.



Foto 16: Implantación de Grama Rhodes cv. Callide (4n) con rolos aireadores (sector derecho) sobre lote dominado por Cachiyuyo (*Atriplex spp.*) (sector izquierdo), Est. La Celina, Depto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 17: Control químico, prueba de productos y dosis, en implantación de Grama Rhodes cv. Callide (4n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo del Estero.

CONTROL BIOLÓGICO: PASTOREO MIXTO CON CABRAS

El impacto de la duración de los métodos de control de leñosas arbustivas es limitada. Se plantea como actividad productiva y permanente el empleo del caprino como un control biológico y a su vez, con un retorno económico directo e indirecto.

El “control biológico” se implementa mediante el pastoreo estratégico mixto, bovinos con caprinos, basado en la afinidad de consumo que estos animales tienen sobre los arbustos, a través del ramoneo de brotes, hojas y frutos. Este método es de aplicación más eficaz en potreros de dimensiones limitadas, en los cuales se realizó previamente un tratamiento de control o desmonte (rolado, desmonte, fuego, etc.) y se pretenda reducir o frenar la reinvasión de renovales de leñosas (Renolfi, 2006).

Ensayos en el Campo Experimental La María del INTA EEA Santiago del Estero (Renolfi, 1994) observó que el pastoreo estratégico con 6 animales.ha⁻¹ o bien continuo con 3 an.ha⁻¹ provocó significativamente una disminución de la cobertura de las arbustivas. Donde el pastoreo continuo afectó en mayor medida el arbustal

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

disminuyendo su cobertura y la presencia de malezas herbáceas latifoliadas sin afectar a las gramíneas forrajeras nativas.

El pastoreo continuo, trabajó a manera de remoción por poda obligando a los arbustos a producir nuevas hojas y brotes, más pequeños y tiernos, que favorecían el consumo. Las arbustivas leñosas decrecen en su crecimiento y se reduce el porte, aumentando la disponibilidad de las gramíneas forrajeras.

BIBLIOGRAFIA

1. **Berti, R. N.** 1999. Sustentabilidad de los sistemas ganaderos. Habilitación de tierras para ganadería. Segunda Jornada ganadera del NOA. Proyecto NOA. INTA. 125 págs.
2. **Berti, R. N.; G. Bravo y H. Jackson.** 1997. Proyecto de Desarrollo de la Ganadería Bovina de Carne en la Pcia. de Salta. INTA - EEA Salta, 10 págs.
3. **EEAOC.** 1981. 1^{ra} Reunión Técnica sobre Desmonte en el NOA. Pub. Misc. N°69, 150 págs.
4. **Knudtsen, O.** 1983. "El uso de arbusticidas para mejorar la producción de forraje y el manejo del ganado en campos de cría con malezas leñosas". *IIº Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas*; Villa Dolores, Córdoba, Argentina: 155-161.
5. **Kunst, C.; S. Bravo y J. L. Panigatti.** 2003. **FUEGO** en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA, 330 págs.
6. **Kunst, C.** 2006. Manejo y Control del Renoval. Ediciones INTA, 193 págs.
7. **Kunst, C.; R. Ledesma y M. Navall.** 2008. **RBI: Rolado Selectivo de Baja Intensidad.** Ediciones INTA, 139 págs.
8. **Kunst, C. y F. Moscovich.** 1996. Fuego prescripto: introducción a la ecología de fuego y manejo de fuego prescripto. INTA EEA Sgo del Estero, 1996.
9. **Martín, G. O. (h); F. Raya; J. Lucas; D. Fernández; E. Ortega; M. B. Colombo; E.D. Lagomarsino; J. R. Toll Vera; M. G. Nicosia; O. Varela y N. De Marco.** 2003. "Diversidad y cobertura de la vegetación halófila de la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Dpto. Leales, Tucumán, Argentina". *IIIº Reunión de Producción Vegetal y Iº de Producción Animal del NOA*; Tucumán, Argentina: CD sección 02 (nº 4): 9 págs.
10. **Martín, G. O. (h).** 2014. Técnicas de refinamiento y recuperación de pastizales. Serie Didáctica N°85, 64 págs. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán.
11. **Renolfi, R.F.** 1994. Control de arbustos mediante pastoreo con caprinos en un arbustal-bosque abierto de la Región Chaqueña Semiárida. Tesis de Magister Scientiae de la Univ. Nac. de Mar del Plata - INTA; Balcarce, Bs. As, Argentina: 66 págs.
12. **Renolfi, R. F.** 2006. Control de arbustos mediante pastoreo con caprinos en arbustal-bosque abierto de la región chaqueña semiárida. En: Kunst, C. (Ed.) Manejo y Control del Renoval. Ediciones INTA: 129-140.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

13. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M.G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2006. "Implantación con rolos aireadores de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide en suelos salino-sódicos del Oeste de Sgo. del Estero". *IIª Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA - Investigaciones Docentes en Ingeniería* Vol. I: 296-299.
14. **Wiedemann, H. T.** 1981. Desarrollo de equipos para el control de malezas leñosas y mejoramiento de pastizales. En: EEAOC. 1981. 1^{ra} Reunión Técnica sobre Desmonte en el NOA. Pub. Misc. Nº69: 53-59.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE GRAMA RHODES.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

La Grama Rhodes (*Chloris gayana*) es una de las pocas gramíneas **C4** de polinización cruzada (outbreeding) con un nivel de autocompatibilidad (self-compatibility) del 1 al 10% (Bogdan, 1959; 1969, 1977; Jones y Pritchard, 1971; Nakagawa *et al.*, 1987; Skerman y Riveros, 1990).

La necesidad de contar con semilla sexual para el establecimiento de lotes llevó a las primeras importaciones desde Australia en 1919 a 1921.

Presenta cultivares diploides ($2n=20$) y autotetraploides ($2n=40$) con gran variabilidad natural dentro y entre las ploidías (Nakagawa *et al.*, 1987) característica empleada para la selección de clones sobresalientes con potencial de convertirse en futuros cultivares comerciales (Hutton, 1961).

Los materiales diploides son menos vigorosos, de floración más temprana comandada por la acumulación de horas térmicas (700 a 780 °C) y se destacan por su mayor tolerancia a sequía, frío y salinidad.

Los cultivares tetraploides son más robustos, vigorosos, con mayores requerimientos hídricos; toleran temperaturas más altas; de floración inducida por el fotoperíodo (días cortos), de inflorescencias más grandes y se conocen con el nombre de "Gigantes" (Kokubu y Taira, 1982; Nakagawa *et al.*, 1987).

La disponibilidad de semilla en cantidad, calidad y continuidad de una dada especie asegura su difusión y permanencia en el gran cultivo. A la vez, es parte de la independencia productiva de un país al no depender de fuentes externas con la consiguiente erogación de divisas. Al ser la mayoría de las pasturas tropicales cultivadas en países denominados en desarrollo, la temática de producción de semillas en general (Fairey *et al.*; 1999; Skerman y Riveros, 1992;) fue abarcada por diferentes instituciones y autores como para especies en particular para Grama Rhodes (Loch, 1983, 1991, 1993; Loch *et al.*, 1998; Skerman *et al.*, 1990)

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Desde las evaluaciones primeras en 1916 la Grama Rhodes cv. Común ($2n=20$) mostró la facilidad para una producción abundante de semilla de alto poder germinativo.

La producción de semillas de Grama Rhodes diploide se caracteriza por presentar una floración y maduración continua a lo largo del ciclo de crecimiento, lo que hace difícil establecer el momento óptimo de cosecha. A la vez, permite disponer de distintas ventanas alternativas de cosecha, lo que facilita y asegura tanto el vuelco/resiembra como la producción de semillas. Por otro lado, en materiales diploides se determinó un efecto positivo de las temperaturas superiores a 22°C con fotoperíodos de 12 hs (Tarumoto, 2005).

El fotoperiodo brinda una medida del cambio de estación y permite a las distintas especies y cultivares adaptar su ciclo de vida a las condiciones climáticas bajo las cuales han evolucionado. Esto ocurre como una selección natural para la producción de semillas antes de la llegada de condiciones adversas, lo que promueve el desarrollo de materiales en los cuales la floración está específicamente controlada por el fotoperiodo. Los materiales de Gramas Rhodes tetraploides sensibles al fotoperiodo, florecen una sola vez en el año durante el otoño pero fracasan de repetir ello bajo condiciones equivalentes de largo de días en la primavera. Esto sugiere algo más que una simple respuesta al fotoperiodo en donde las temperaturas decrecientes tienen importante interacción. Junto con estos factores ligados, las temperaturas nocturnas por encima de los 15°C favorecen el llenado de las semillas (Loch y Butler, 1987).

1.- Producción de Semillas.

Las recomendaciones técnicas son:

Normas de campo

1.1 Aislamiento

El campo de producción de semillas deberá estar aislado de otros campos de *Chloris gayana* o de otras especies de ploidía similar (diploides o tetraploides) por una distancia mínima de 100 m y de otras especies cultivadas con semillas de tamaño

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

similar por una distancia adecuada para prevenir mezclas mecánicas o por una barrera física (zanja, seto vivo, alambrado, etc.).

1.2 Pureza varietal

Por lo menos 98 por ciento de las plantas de *Chloris gayana* deben ajustarse a las características de la variedad.

1.3 Pureza específica

No deberá haber más de dos por ciento de otras especies de poáceas con semillas de tamaño similar.

1.4 Malezas (general)

El campo de producción de semillas deberá estar razonablemente libre de malezas; razonablemente libre significa que el crecimiento de las malezas no deberá ser tal como para impedir una evaluación correcta del *Chloris gayana*.

1.5 Malezas (específico)

No deberá haber más del número especificado de plantas de ciertas malezas por unidad de superficie (a ser especificado por cada país de acuerdo a la situación local).

1.6 Enfermedades transmitidas por las semillas

El campo de producción de semillas deberá estar dentro de las normas para enfermedades transmitidas por semillas especificadas en cada país de acuerdo a la situación local.

1.7 Otras enfermedades

El campo de producción de semillas deberá estar razonablemente libre de otras enfermedades; razonablemente libre significa que la cantidad de enfermedades no debería ser tal como para impedir una evaluación correcta de las características varietales.

La producción de semillas puede realizarse **en la misma área** en que se realiza la **producción comercial**, o **en zonas distintas**, particularmente **aptas**. La semilla de la mayoría de los cultivos se produce en el área principal de adaptación y uso.

a-) En Implantaciones monofíticas a nivel productor.

La producción de semillas de “marca líquida” es una alternativa interesante para el productor ya que implica la factibilidad de disponer de semilla de calidad a menores costos.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Las recomendaciones son que, cuando se implanta una pastura, se debe contemplar:

a.1-) Dejar que la misma logre el máximo crecimiento foliar y radicular potencial posible (anclaje y búsqueda de nutrientes) como acumulación de reservas, libre de competencia de malezas y

a.2-) Permitir que el lote semille para asegurar un adecuado banco de semillas disponible en el suelo.

a.3-) Otra alternativa válida es la cosecha de semillas en los lotes en implantación. Al momento de cosecha, la pastura se encuentra en su máximo de acumulación de forrajimasa. Así, se puede obtener semilla de calidad, hacer una resiembra con la semilla que sale por cola de la máquina y disponer de un forraje acumulado de gran volumen para su pastoreo (**Foto 1**).

La semilla “marca líquida” obtenida conlleva la ventaja de ser el producto de plantas adaptadas a las condiciones propias del campo y son un importante ahorro para las futuras implantaciones.



Foto 1: Foto 1.1 Cosecha de Semilla de Grama Rhodes diploide. Foto 1.2 Forrajimasa disponible. Haciendas del Valle, El Porvenir, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero. Foto: JRTV.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

b-) Lotes Semilleros.

Son lotes específicos en cuanto a manejo y destino. Como tales se mantienen libres de malezas mediante el empleo de herbicidas y/o extracción de plantas o matas problemáticas.

Para garantizar la producción de semillas, son fertilizados con nitrógeno al equivalente de 100 Kg N₂.ha⁻¹.año⁻¹ para potenciar así su desempeño. Estudios de fertilización en Corrientes con cv. Común (2n), demostraron que la dosis citada produjo los mayores rindes de inflorescencias y semilla pura germinable, con fuerte interacción del componente precipitaciones. De las regresiones entre Rendimiento y las variables que lo integran, se destacó la ecuación con Densidad de umbelas

$$\text{Rto (Kg.ha}^{-1}\text{)} = [0,24 \cdot \text{Dens (umbela. m}^{-2}\text{)}] 8,46; \%R^2 = 63,1; p:0,001;$$

lo cual resulta útil para predecir Rendimiento previamente a realizar la cosecha. (Borrajó y Ramírez, 2011).

Los resultados de ensayos de producción de semillas de cv. Callide (4n) en implantación y fertilización sobre suelos salinos en la Llanura Deprimida de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero, se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Rendimiento en espiguillas (Kg MS.ha⁻¹.año⁻¹) y dosis de fertilizante nitrogenado Grama Rhodes cv. Callide (4n) (*Chloris gayana*), Est. La Celina, Año 2005-2006. (Toll Vera *et al.*, 2009).

Tratamiento	Kg MS.ha ⁻¹	
T1 Testigo	124	B
T2 Urea 50 Kg.ha ⁻¹	132	B
T3 Urea 100 Kg.ha ⁻¹	138	B
T4 Urea 150 Kg.ha ⁻¹	160	A*

* Letras distintas por fila, indican diferencias significativas (p<0.05).

En el Cuadro 1 se observa que el único tratamiento distinto y superior al Testigo sin fertilizar (T1) fue el tratamiento de máxima dosis, T4= 150 Kg Urea.ha⁻¹ (69 Kg N₂.ha⁻¹). La técnica de aplicación al voleo del fertilizante, implica una baja eficiencia por la volatilización del NH₃. En el caso de incorporarse o bien, aplicar dosis equivalente en forma de UAN, la eficiencia de la dosis nitrogenada y productividad deberían ser mayores.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La baja respuesta a la fertilización nitrogenada pudo haber sido influenciada por el sistema de preparación de suelos con remoción e inversión (rastra de discos excéntrica semipesada), que favoreció la oxigenación de la materia orgánica y liberación de compuestos nitrogenados.

2.- Cosecha Mecanizada.

La cosecha mecanizada de la semilla de Grama Rhodes puede hacerse de dos formas:

a. In natura

Son lotes con follaje e inflorescencias sin tratamiento alguno. La semilla se cosecha sobre un lote con material verde, lo cual prolonga el tiempo de sudado/secado. Se aprovecha el máximo punto de insolación del día de cosecha para favorecer el desprendimiento de las semillas. A pesar de ello, se pierde una importante cantidad de semillas por cola de cosechadora, en general, adheridas a los restos de las inflorescencias (Foto 2).

Presentan como ventaja que de suceder lluvias a la cosecha, los vástagos florales mantienen su flexibilidad, toleran mejor el viento y se retiene gran cantidad de semilla madura. Es el sistema de producción de semillas de Grama Rhodes más difundido en Argentina.



Foto 2: Cosecha mecánica de Gramas Rhodes diploides. Estancias del Valle, El Porvenir, Dpto. Jiménez, Stgo. del Estero. Foto JRTV.

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

b. Con desecantes

Son lotes con follaje e inflorescencias tratados con desecantes, Gramoxone (Paraquat). Este es un herbicida no selectivo, desecante de contacto, por lo que requiere de un adecuado mojado del follaje e inflorescencias. Actúa dentro de los cloroplastos interrumpiendo la fotosíntesis y el flujo de electrones generando radicales libres fitotóxicos que desintegran el tejido celular. La dosis recomendada es de 2 l p.c.ha⁻¹ en 100 l de agua aplicados 48 a 72 hs antes del momento de cosecha.

Esta técnica facilita la recolección y trilla de las inflorescencias reduciendo las pérdidas por cola de cosechadora. A la par de brindar un rinde mayor con semillas “oreadas” que requieren menor tiempo de desecado/sudado.

Las máquinas trilladoras deben encontrarse en el campo en el momento de pulverización para evitar dilaciones que signifiquen pérdidas por vuelco o desprendimiento de semillas.

Se debe planificar acorde a los pronósticos climáticos porque el material tratado se vuelve cristalino y en caso de lluvias con viento, las pérdidas son elevadas.

3.-Determinación del Punto Óptimo de Cosecha.

Determinar el momento oportuno para iniciar la cosecha, es dificultoso en los cultivos de semillas de pastos tropicales, debido a los diversos grados de desarrollo de las semillas a nivel de la inflorescencia, es decir, a una generalizada desincronización de la floración y de la fructificación, y a la caída o desgrane de las semillas en un corto tiempo, desde el momento en que se madura hasta unos 7 a 12 días después. La determinación del momento óptimo del inicio de la cosecha, permite obtener la mayor cantidad de semillas maduras, a partir de las semillas que han empezado a caer por desgrane natural y de las nuevas semillas que están en proceso de maduración, para de esta manera lograr un equilibrio que eleve la producción y la calidad.

El momento de cosecha está condicionado al tipo de cultivar en producción. Los materiales diploides al tener una floración extendida en el tiempo tienen la factibilidad de diluir los riesgos de producción. Ello abre varias ventanas de oportunidades de cosecha como así también la factibilidad de realizar dos cosechas en un mismo lote.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Por lo general se estiman entre **70 a 80 días desde el momento de panojamiento (Foto 3).**

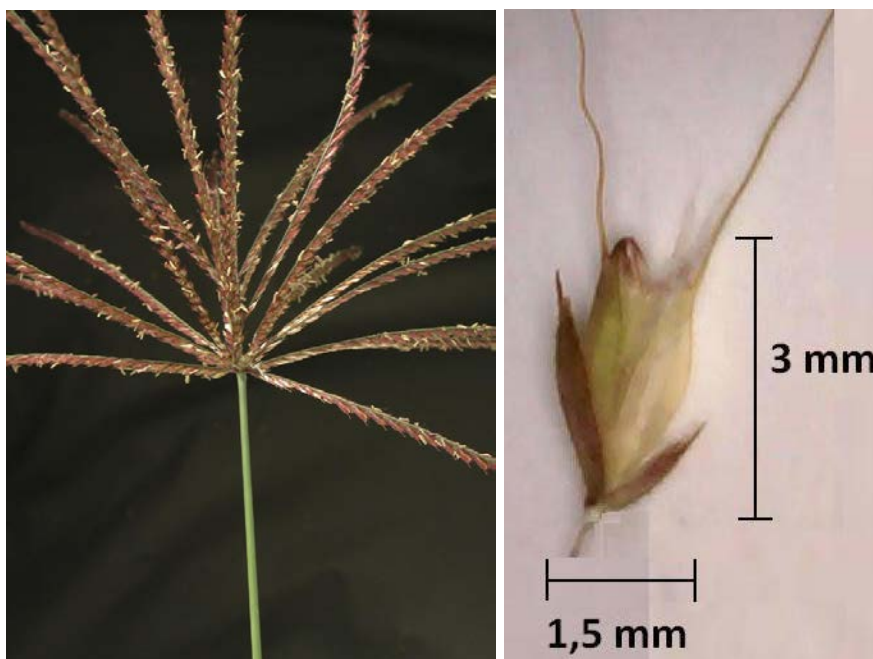


Foto 3: 3.1- Inflorescencia de Grama Rhodes con aparición de estambres y 3.2- espiguilla con caripose.

La maduración de las espiguillas sigue el ritmo de aparición de los estambres en la inflorescencia. En la panoja, de abajo hacia arriba y desde la base de cada raquis al ápice. La colecta manual y observación del llenado del cariopse completan la toma de decisión del momento oportuno de cosecha. El momento de cosecha condiciona la calidad futura de la semilla y su potencial para establecer una pastura de calidad.

Bogdan (1969) planteó que para obtener mayor calidad y a la vez rendimiento, la cosecha debe tener lugar cuando el 10% de las semillas maduras, se hayan desprendido de las espigas. El vuelco de semillas ayuda a mantener el banco de semillas activo.

Bilbao y Matías (1980) sugieren cosechar semillas del cv. Callide a los 56-63 días de floración para lograr una mayor producción y germinación.

Trabajos conducidos en EEA INTA Manfredi, Córdoba, mostraron que desde Enero a Marzo se puede cosechar semilla de calidad para Grama Rhodes cv. Común o Pioneer (2n) (Cuadro 2) (Coraglio *et al.*, 2002).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 2: Rendimiento aparente de semillas ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), Plántulas normales Kilogramo ($\text{n}^\circ \times 1000 \text{ Kg}^{-1}$) y Plántulas normales hectárea ($\text{n}^\circ \times 1000$) de *Chloris gayana*, Manfredi, Córdoba (Coraglio *et al.*, 2002).

Fecha de Cosecha	DDP	RSA*	PN.KG-1	PN.HA-1
06-01-00	30	382 ab	613 abc	231.037 ab
10-01-00	36	519 b	527 ab	287.973 abc
18-01-00	45	398 ab	1110 d	434.868 bcd
24-01-00	57	589 b	1243 d	701.064 d
31-01-00	63	434 ab	1047 cd	455.329 bcd
07-02-00	70	491 ab	1157 d	529.013 cd
16-02-00	76	353 ab	943 bc	353.593 abc
23-02-00	85	429 ab	567 ab	201.353 ab
01-03-00	92	360 ab	600 abc	224.041 ab
09-03-00	100	441 ab	233 a	95.600 a
15-03-00	108	220 a	257	58.360 a
C. V. %		33	33	47

* letras distintas por fila, indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En el Cuadro 2 se aprecia que los valores más altos de RSA se concentraron en la 2ª y 3ª semana de Enero mientras que las mayores cantidades de PN.KG^{-1} se desplazaron en el tiempo con relación a los rendimientos. La relación entre PN.HA^{-1} y DDP fue:

$$\text{PN.HA}^{-1} = 616.239 - 4.561 (\text{DDP}); R^2 = 0,29; p = 0,0843$$

Para Tucumán el tiempo de cosecha de los materiales diploides se extiende hasta fines de Mayo con calidades de hasta $1.260.000$ gérmenes. Kg^{-1} de semilla (Toll Vera *et al.*, 2016).

Para los materiales tetraploides, por lo general representados por Callide ($4n$), en el Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero se inducen a floración a fines de Abril (Foto 4). Continúan desarrollando inflorescencias hasta la llegada de las primeras heladas que interrumpen el ciclo y actúan a manera de un desecante natural. La cosecha mecánica brinda calidades de hasta 650.000 gérmenes. Kg^{-1} de semilla (Toll Vera *et al.*, 2016)

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 4: Grama Rhodes cv. Callide (4n) en producción de semillas. Finca Cachi Yaco, Dpto. Leales, Tucumán. Foto JRTV.

4.- Secado de la Semilla.

La semilla obtenida después de la cosecha, mantiene un alto porcentaje de humedad, que suele estar entre 20 y 35%. Esta semilla se extiende bajo techo y piso de cemento durante 2 semanas, en capas no mayor de 20 cm donde se remueven periódicamente para evitar sobrecalentamiento. Los últimos dos días del secado, las semillas se colocan al sol por 2 horas en las primeras de la mañana y últimas de la tarde, de esta manera la semilla debe estar a un nivel menor del 13% de humedad para embolsar.

Una manera sencilla a campo, es el empleo de bolsas para silo de reuso a manera de “cancha de secado” (**Foto 5**). De esta manera la semilla puede ser esparcida, movida y secada durante el día. Se junta y tapa durante la noche para reabrirse a la mañana siguiente. Es una forma de bajar los costos de infraestructura y flexibilizar la tarea de acuerdo a la ubicación de los lotes en el campo.

Además, el movimiento y batido del material durante el secado favorece el desprendimiento de la semilla (**Foto 6**), con su mayor rendimiento en la posterior limpieza y acondicionamiento.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 5: Cancha temporaria para el secado de semillas a campo. Estancia La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. Del Estero. Foto JRTV.



Foto 6: Semilla de Grama Rhodes al natural obtenida de cosecha mecánica. Foto JRTV.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

5.- Limpieza y Acondicionamiento.

El material procedente del área de secado/sudado debe ser sometido a limpieza y clasificación. Por lo general en equipos aire zarandas dotados de sistemas de prelimpieza con mínima corriente de aire. Allí se extraen los materiales tanto de tamaño muy grande (inflorescencias, partes de tallos, etc.) como muy pequeño (tierra, polvillo vegetal, etc.) (Copeland y McDonald, 2004).

El zarandeo con fuerte batido sirve para separar las semillas entre sí y el calibre de la malla de recepción de semillas de Grama Rhodes debe permitir el paso de las semillas de malezas y material de inerte que se desprenda en el proceso.

La semilla limpia obtenida puede ser tradicionalmente embolsada y almacenada o bien sometida a procesos de acondicionamiento especiales como desaristado, pelleteo, inoculación, curasemillas, etc.

Una moderna técnica para la clasificación de semillas con aristas es el empleo de equipos de selección neumática con conos de selección/succión por peso específico.

5.1-Embolsado y Almacenamiento.

La semilla debe ensacarse en bolsas nuevas o muy limpias, sin residuos de otros materiales y herméticamente selladas. En las fincas, se deben almacenar las bolsas con semillas en ambientes frescos sobre tarimas de madera con buena circulación de aire. En estas condiciones permanecen durante 6 meses, tiempo en el cual se pierde la latencia y la semilla está en condiciones de germinar o en su defecto, se siembra con el inicio del próximo período de lluvias.

Existen semillas que por la presencia de inhibidores químicos o mecánicos (*Cenchrus sp.*) o por impedimentos mecánicos e inmadurez del embrión (*Panicum sp.*) necesitan de un tiempo de espera (dormancia física o fisiológica) para su utilización. En el caso de Grama Rhodes (*Chloris gayana*), este fenómeno no es total ya que posee germinación en grado variable luego de la cosecha. En los materiales diploides la dormancia varía entre 60 a 90 días y en tetraploides puede superar los 150 a 180 días.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Aparentemente la dormancia/latencia evolucionó como un mecanismo de supervivencia de las especies a determinadas condiciones climáticas que serían una amenaza para la sobrevivencia de las especies.

6.- Pruebas de Calidad de Semillas.

La Prueba de Calidad para Grama Rhodes se encuentra definida a nivel internacional (ISTA, 1996), así se establece:

- Sustrato: Papel
- Temperaturas: 20 30°C
- Pretratamientos: Enfriamiento Estratificación fría (3 a 10 °C por 2 a 4 semanas); KNO₃; Luz.
- Energía Germinativa = 7 días
- Poder Germinativo= 14 días.

En *Chloris gayana* la denominación de “semillas” comprende a la espiguilla completa menos las glumas que no son trilladas como parte de la unidad de diseminación a la madurez (Figura 1). Consisten en 2 a 5 florecillas, con 2 aristas rígidas procedentes de los ápices de las lemmas de las dos espiguillas basales. Las lemmas de las espiguillas basales están dotadas de pelos formando el típico cepillo cercano al ápice, con una corta y prominente nervadura a cada lado. La mayor parte de los cariopses se forman en las espiguillas inferiores, son de forma ovalada con un embrión bien expuesto.

La existencia de latencia en semillas de Grama Rhodes se justifica con más claridad observando el efecto del tratamiento con nitrato de potasio (KNO₃), que aumenta el porcentaje de germinación en relación con el que se registra en los controles. KNO₃ puede afectar al sistema respiratorio, estimulando la toma de O₂ o servir como un co-factor del fitocromo.

El efecto observado con nitrato de potasio se puede explicar porque suple los requerimientos del sistema de fitocromo en semillas fotoblásticas positivas (Murdoch y Ellis, 2000).

Estudios bajo condiciones controladas (con luz o en oscuridad total y con regímenes de temperatura constante a 25°C o alterna a 20-30°C), tanto Mijo perenne

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

(*Panicum coloratum*) como Grama Rhodes germinan indistintamente a las condiciones lumínicas del ambiente de germinación (Malagrina *et al.*, 2011).

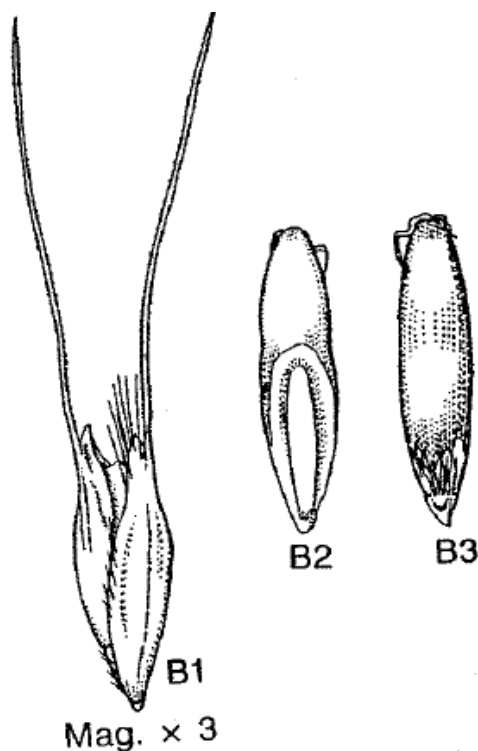


Figura 1: Estructura de “semilla” y cariopse de *Chloris gayana* ().

El ácido giberélico es una hormona vegetal recomendada por ISTA (1985) para romper la latencia fisiológica ocasionada por requerimientos de luz y temperatura. Actúa en la inducción de enzimas de los cromosomas y activa enzimas que movilizan las reservas seminales. Estudios para romper la latencia en semilla de Grama Rhodes aconsejan el empleo de ácido giberélico 750 ppm durante 60 minutos (Hernández Zavaleta, 2015).

En Argentina, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca por intermedio del Instituto Nacional de Semillas (INASE) mediante la Resolución 350/2011 establece las “Tolerancias para Semillas Forrajeras Subtropicales” (Cuadro 3).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 3: “Tolerancias para Semillas Forrajeras Subtropicales” (INASE, 2011).

Especie	% SP	% SE	% PG	Plántulas germinadas.Kg ⁻¹
<i>Chloris gayana</i> Kunth Grama Rhodes	80	5	20	400.000

SP= semilla pura SE= semillas extrañas PG= Poder Germinativo

Para las especies forrajeras:

Semilla pura (método internacional): porcentaje de peso de cariósides llenas en una muestra de trabajo.

Semilla pura (método irlandés): porcentaje de peso de cariósides llenas y vacías, aparentemente normales en una muestra de trabajo.

Semilla pura germinable: La cantidad de semilla capaz de germinar bajo condiciones normales. Este valor se expresa en porcentaje y resulta de multiplicar el porcentaje de pureza por el porcentaje de germinación y dividirlo entre cien.

Semilla latente: Semillas vivas que no germinan en condiciones apropiadas.

Bertram y Chiacchiera (2012) plantean que es necesario conocer las características de la semilla que se va a sembrar, y así determinar la densidad de plántulas objetivo, para ello es necesario conocer mínimamente el PG y el peso de 1000 semillas, este último presenta grandes variaciones debido al pelleteo, por lo cual es aconsejable definir la densidad de siembra a partir del dato de plántulas por kilogramo de semilla. Así se pudo observar que las semillas desglumadas y pelleteadas y las pelleteadas presentaron un peso de mil semillas 6,3 y 3,1 veces superior en relación de aquellas sin tratar, respectivamente (Cuadro 4).

El tratamiento de desglumado y pelleteado afectó el PG de las semillas, presentando valores de PG 20% menores y siete veces más plántulas anormales respecto de la semilla sin tratar, generando entre ambas variables (P1000 y PG) una disminución cercana al 90 y 75% de las plántulas germinadas por Kg de semilla en las semillas desglumadas y pelleteadas y en las pelleteadas respecto de las sin tratar (Testigo).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 4: Determinaciones de la calidad de semilla de grama Rhodes (*Chloris gayana*) en estado puro y con dos tipos de pelleteo (Bertram y Chiacchiera, 2012).

Determinaciones	Testigo (natural)	Pelleteada	Desglumada y Pelleteada
Semilla Pura (%)	94,1	96,3	84,0
Material Inerte (%)	1,8	2,1	14,7
Semillas Extrañas (%)	4,1	1,6	1,4
Plántulas Normales (%)	34	32	27
Plántulas Anormales (%)	1	3	7
Semillas Muertas (%)	65	65	66
Peso 1000 (g)	0,28	0,87	1,76
PG (%)	34 a*	32 ab	27 b
PG (plántulas.Kg⁻¹)	1.337.000a	330.0	140.0

*Valores con letras distintas expresan diferencias significativas estadísticamente

En Argentina se dispone dentro de las empresas comercializadoras de semillas de forrajeras subtropicales de las tecnologías de clasificación, acondicionamiento y almacenaje, capaces de brindar un producto de buena presentación. Sin embargo, la calidad germinativa de Grama Rhodes sigue siendo un problema no resuelto en su totalidad y con mayor énfasis en materiales tetraploides.

BIBLIOGRAFÍA.

1. **Bertram, N. A. y S. Chiacchiera.** 2012. Suplemento Ganadero. Revista Márgenes Agropecuarios. Pp: 30-31.
2. **Bilbao, B. y C. Matías.** 1980. Momento óptimo de cosecha de *Chloris gayana* cv. Callide. *Pastos y Forrajes* Vol 3 (2): . Cuba.
3. **Bogdan, A. V.** 1959. Flowering habits of *Chloris gayana*. *Proc. Linn. Soc. Lond.*, 170: 154–158.
4. **Bogdan, A. V.** 1961. Intra-variety variations in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth) in Kenya.
5. **Bogdan, A. V.** 1969. Rhodes grass: a review. *Herb. Abst.*, 39 (1): 1–13.
6. **Bogdan, A. V.** 1977. Tropical pasture and fodder plants. *Tropical Agriculture Ser.* Longman, London, 475 págs.
7. **Borrajo, C. I. y M. A. Ramírez.** 2011. Rendimiento y calidad de semillas en *Chloris gayana*. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 31 Supl. 1: 516.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

8. **Copeland, L. O. y M. B. McDonald.** 2004. Principles of seed science and technology. 4th Edition. Kluwer Academic Publishers. 467 págs.
9. **Coraglio, J. C.; H. A. Valdez; M. R. Steinberg; E. F. Nienstedt; M. del C. Spada; C. C. Vieyra y P. A. Minuzzi.** 2002. Determinación del momento óptimo de cosecha de semillas de forrajeras subtropicales. 2. ***Chloris gayana***. *Rev. Arg. Prod. Anim Vol 22 Supl 1*: 17.
10. **Fairey, D. T.; D. S. Loch; J. G. Hampton y J. E. Ferguson.** 1999. Forage Seed Production Tropical and Subtropical Species. CABI, 479 págs.
11. **Hernández Zavaleta, J. L.** 2015. Eliminación de la latencia en semilla de Zácate Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) utilizando ácido giberélico a 750 ppm a diferentes tiempos de inmersión. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 54 págs.
12. **Hutton, E. M.** 1961: Inter-variety variation in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Journal of British Grassland Society* 16: 23-29
13. **International Seed Testing Association (ISTA).** 1996. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. & Technol.* Vol 24. Supplement Rules, 335 págs.
14. **Jones, R. J. y A. J. Pritchard.** 1971. The method of reproduction in Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth). *Tropical Agriculture*, Trinidad 48: 301-307.
15. **Kokubu, T. y M. Taira.** 1982. Some morphological characters and reproductive method of diploid and tetraploid varieties in Rhodes grass *Chloris gayana* Kunth. *Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University*, 18: 61-68.
16. **Loch, D. S.** 1983. Constrains on seed production of *Chloris gayana* cultivars. Ph D Thesis. Univ. of Queensland, Australia.
17. **Loch, D. S.** 1991. Tropical herbage seed production. Origins, progress and opportunities. *Journal of Applied Seed Production* 9 Supl.: 14-26.
18. **Loch, D. S.** 1993. Seed production of new herbage species- needs and solutions. *Journal of Applied Seed Production* 11 Supl.: 13-23.
19. **Loch, D. S.; R. Aviles y G. L. Harvey.** 1998. Crop management: Grasses. En: Loch, D. S. y J. E. Ferguson. **Forage seed production: tropical and subtropical species.** Wallingford. CAB International, 1998. v.2
20. **Loch, D. S. y J. E. Butler.** 1987. Effects of low night temperatures on seed set and seed quality in *Chloris gayana*. *Seed Sci. & Technol.* Vol 15 (3): 593-597.
21. **Malagrina, G. M.; J. Castaño; J. Traversa y G. Galíndez.** 2011. Germinación de semillas de especies de *Chloris*: Respuesta a la luz. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 31 Supl. 1*: 451.
22. **Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Semillas (INASE).** 2011. **Resolución N° 350/2011:** Tolerancias para la comercialización de semillas forrajeras subtropicales.
23. **Murdoch, A. J. y R. H. Ellis.** 2000. Dormancy, viability and longevity. pp. 183-214. En: Fenner, M. (Ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plants communities.* CAB Internacional.
24. **Nakagawa, H.; N. Shimizu y H. Sato.** 1987. Chromosome number reproductive method and morphological characteristics of *Chloris* species. *Journal Japanese Grassland Science* 33 (3): 191-205.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

25. **Skerman, P. J.; D. G. Cameron y F. Riveros.** 1990. *Chloris spp.* En: Tropical grasses. FAO Plant Prod. Protect. Ser. 23: 307-313.
26. **Skerman, P. J. y F. Riveros.** 1992. **Gramíneas tropicales.** Roma: FAO, 1992. 849 págs. (Producción y Protección Vegetal, 23).
27. **Tarumoto, I.** 2005. The effect of temperature and daylength on heading diploid Rhodesgrass cultivars (*Chloris gayana* Kunth). JARQ 39 (2): 105-108.
28. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2009. Implantación con rolos aireadores de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Callide en suelos salinos sódicos del Oeste de Santiago del Estero. 1ª Congreso de la Red Argentina de Salinidad, Libro de Resúmenes: 51.
29. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h) y M. M. Fernández.** 2016. Calidad de semillas de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) en el Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero. 4º Congreso de la Red Argentina de Salinidad,



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

GRAMA RHODES EN SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP).

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera.

Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La región forestal Parque Chaqueño abarca aproximadamente 67.495.995 Has (Cartografía y Superficie de Bosques Nativos de Argentina, 2002), siendo la más grande del país. La parte argentina representa el 58% de la superficie del Gran Chaco Americano, el cual ocupa 110 millones de hectáreas, comprendiendo también extensos territorios de Bolivia y Paraguay. Se reconocen cuatro subregiones: el Chaco Húmedo, el Chaco Semiárido, el Chaco Árido y el Chaco Serrano (Figura 1). En Argentina ocupa el 22% de la superficie continental del país. Aquí vive el 11% de la población total nacional, de la cual un 33% es población rural.

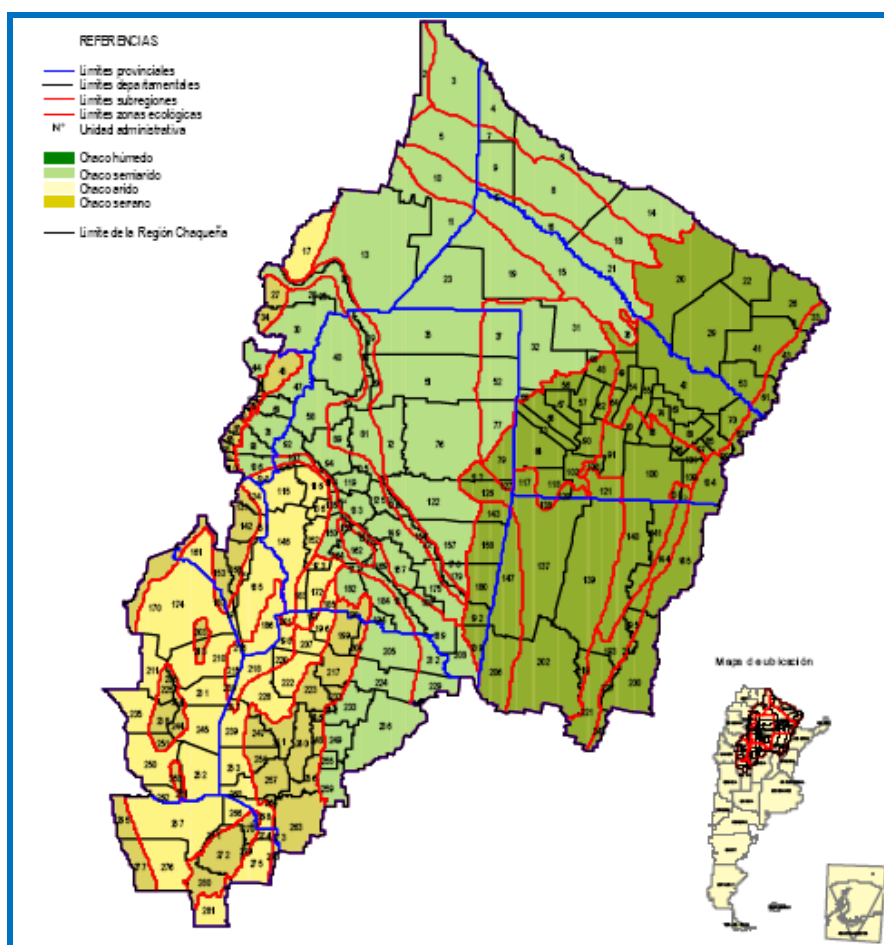


Figura 1: Subregiones del Parque Chaqueño en Argentina.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

El Chaco Árido Argentino ocupa una superficie cercana a las 6.000.000 Has. Se extiende desde los 64° 30' a los 67° 30' de longitud oeste, y desde los 28° 30' a los 33° 00' de latitud sur. Es la porción sudoeste del Gran Chaco Americano, y en su expresión más seca y menos productiva; también es considerada como un gran ecotono entre el Chaco (más húmedo) y el Monte (más árido).

Se trata de la región más cálida del continente sudamericano, a pesar de encontrarse fuera de los límites del Trópico. El régimen de precipitaciones está estacionado en un 70-80% del total de lluvias anuales caídas en el periodo primavero estival (Octubre-Abril) y una estación invernal seca. El análisis del régimen térmico es fundamental, dado que por representar la zona más cálida del continente, la temperatura tiene gran importancia en la economía del agua, en este sentido vale recordar que asimilares latitudes en otros continentes encontramos desiertos (Miñón, 1986).

La deforestación acelerada en las regiones tropicales ha traído como consecuencia la sustitución de ecosistemas boscosos naturales por mosaicos de cultivos anuales, pasturas, vegetación secundaria y vegetación original. Las pasturas resultantes de la expansión de tierras agrícolas están compuestas en general por árboles aislados y/o en grupos que son remanentes en muchos casos del bosque primario. Aparte de la influencia sobre la productividad y dinámica de las especies que conforman el estrato herbáceo, la permanencia de tal componente arbóreo en el ecosistema representa una ventaja tanto para el ganado como para el ser humano, dado la multiplicidad de usos del árbol para sombra, forraje, aporte de nutrientes al suelo, así como el hecho de que la madera es usada para diversos fines

La ganadería a monte es tan antigua como la llegada de los colonizadores y el ganado vacuno a la Argentina. La misma posee la ventaja de preservar el recurso forestal y aprovechar del mismo forraje del estrato gramíneo; el aporte del ramoneo de los árboles y arbustos; los frutos de diferentes leñosas; la protección contra el calor y el frío; etc. (Figura 2). Esto fue descrito en forma minuciosa por Morello y Saravia Toledo (1959 a y b).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Figura 2: Esquema de relaciones en un sistema silvopastoril.

Nacen así los **Sistemas Silvopastoriles** (SSP) que son formas de uso de la tierra donde coexisten en la misma unidad productiva la ganadería y la actividad forestal, aprovechando las interacciones positivas y minimizando las negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y suelo. Son tres los elementos sobre los que el hombre puede actuar a nivel del manejo predial: la producción primaria (árboles y forrajes); la producción secundaria a través del manejo del ganado y el suelo, sin perder de vista que se trata de un sistema, donde los elementos interactúan entre sí.

Se estima un potencial de 22.000.000 has en el Norte de Argentina con aptitud silvopastoril.

Las combinaciones de árbol-pastura-animal son consideradas sistemas silvopastoriles y representan una alternativa sostenible ante la deforestación y degradación de las tierras de pastoreo en el subtrópico.

La implementación de un SSP esta regulada por las leyes nacionales y provinciales; particularmente la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Ambiental de los Bosques Nativos (Ley 26331/2008) que no define SSP, pero habilita su instalación en las áreas de bosques con categoría II y III como forma de Aprovechamiento Sostenible 1. La Ley provincial 6814 de “Conservación y uso múltiple de las áreas forestales de Santiago del Estero” define como “Sistemas Silvopastoriles: a sistemas de producción integrados donde los árboles y arbustos interactúan con especies forrajeras con la finalidad de producir productos pecuarios y forestales” (Ley 6841, 2007). Según las Zonas la implementación se realiza mediante desmontes parciales o desarbustado, esto genera como diseño la concentración del 50% de cobertura boscosa en fajas o bosquetes alternados con pasturas ó la distribución en todo el lote tratado del 100% de cobertura arbórea respectivamente.

En los sistemas silvopastoriles existen interacciones bióticas positivas y/o negativas entre el componente leñoso y la vegetación herbácea del sistema. Las interacciones entre los componentes de un sistema silvopastoril incluyen cambios en el microclima asociado a la pastura, de los cuales uno de los más notorios es la modificación de la intensidad y calidad de la radiación solar que llega al componente herbáceo debido a la presencia del dosel arbóreo, cambiando así la productividad y valor nutritivo del forraje (Wilson y Ludlow, 1991; Ruiz y Febles 1998; Cruz *et al.*, 1999) y finalmente la productividad animal (Wong, 1991; Escalante y Boscan, 1993).

El estrato herbáceo bajo el dosel arbóreo responde a la modificación de la calidad e intensidad de luz a través de mecanismos de aclimatación. Estos ajustes incluyen un incremento tanto en el área foliar específica como en el índice de área foliar, mejor distribución del área foliar con la altura, coeficientes de extinción de luz más bajos y una reducción en la tasa respiratoria (Wong y Wilson, 1980), modificando la calidad forrajera de las gramíneas y variando la composición botánica de los potreros. Sin embargo, algunas especies pueden aclimatarse al sombreado con mayor eficacia que otras (Shelton *et al.*, 1991; Humphreys, 1994).

Las pasturas tropicales, con predominio de plantas C4, alcanzan su máxima producción con niveles altos de intensidad lumínica. Por lo tanto, considerando solamente la intersección de la radiación solar, se espera que la sombra de los árboles resulte en una reducción de la tasa de producción de biomasa, en comparación con pasturas en áreas abiertas. Sin embargo, se han reportado valores de materia seca

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

comparables o aún aumentos en la disponibilidad del forraje cuando los pastos están asociados con árboles. Estos aumentos en la mayoría de los casos se han obtenido en condiciones de sombreado moderado (30-40%) y donde el nivel de nitrógeno en el suelo es bajo (Wilson, 1990; Wilson y Wild, 1991) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Respuesta al sombreado de gramíneas subtropicales (adaptado de Wilson y Wild, 1991).

	Condición	Green Panic	Grama Rhodes
Productividad	Sombra 50%	+ 44%	+ 32%
Proteínas en Hojas (%)	Sombra	2,89 (+30%)	1,53 (+14%)
	Sol	2,23	1,34
NO₃ en suelo (%)	Sombra	7,8 (+77%)	9,6 (+26%)
	Sol	4,4	7,6

Un efecto beneficioso adicional de la sombra sobre los pastos es su influencia sobre la duración del crecimiento. Se observó que el crecimiento de los pastos bajo sombra continuó en períodos muy secos debido a un mayor contenido de humedad en el suelo, mientras que en los pastos sin sombra la tasa de producción de biomasa cesó tempranamente por una mayor evaporación del agua en el suelo.

El forraje que crece a la sombra se comporta diferente a la misma especie a pleno sol; como así también varían las especies en tolerancia al grado de sombreado.

El cambio en la calidad de luz, fundamentalmente la alteración de la relación rojo/rojo lejano de la radiación que llega a los pastos que crecen bajo dosel arbóreo, produce cambios morfológicos, como etiolación y aumento de área específica de hojas, cambios en la composición química de las plantas que afectan directamente a la calidad forrajera, cambios en la asignación de biomasa, alterando la relación biomasa raíz/biomasa aérea y alteración de la producción y calidad de semillas, aspecto fundamental para la persistencia de los pastizales. Las características más importantes que se modifican bajo sombra relacionadas a la calidad de forraje, son la mayor proporción tanto de N total como de proteína bruta y el alargamiento del ciclo productivo de las forrajeras, por la atenuación de los factores climáticos que produce la cobertura arbórea. No siempre estas variaciones se asocian a mayor digestibilidad.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Además del aporte directo de forraje, los árboles interactúan con el ganado en forma indirecta, a través de la modificación de las condiciones ambientales, fundamentalmente temperatura, movimiento del aire y humedad relativa. La atenuación de la radiación, influencia la producción secundaria cuando la temperatura ambiental se encuentra fuera del rango de neutralidad. Por fuera de ese rango, el ganado aumenta el gasto de energía para mantener la temperatura corporal. Cuando se produce estrés por calor, disminuye el tiempo de pastoreo evitando la exposición a la radiación y la ingesta, para disminuir el calor que genera la fermentación en rumen. Cuando las temperaturas están por debajo del rango de neutralidad, el ganado tiende a agruparse y evita movilizarse para disminuir pérdida de calor por convección. En sistemas silvopastoriles, la atenuación de la temperatura por la cobertura arbórea, permite aumentar las horas dedicadas al pastoreo, además de reducir el gasto energético de mantenimiento.

El ganado influye sobre el estrato forestal fundamentalmente a través del ramoneo y de daños mecánicos, aspecto crucial para la regeneración cuando se trata de sistemas silvopastoriles sobre bosque nativo y sobre las forestaciones en sus primeros años de establecimiento.

La cobertura arbórea disminuye el efecto negativo del frío sobre la calidad de la pastura, su efecto se nota principalmente durante la estación fría, dado que el pasto mantiene una mayor proporción de material verde. Se logra un mejor aprovechamiento de la pastura durante el período más crítico del año, en el que la baja calidad del pasto limita la productividad ganadera. Como así también un rebrote anticipado.

La calidad de forraje disponible en estos sistemas silvopastoriles, si bien está basada en la calidad de la oferta del estrato herbáceo y especialmente los pastos nativos e introducidos, también proviene del estrato arbóreo. El aporte de las hojas de árboles, de los ramones, frutos y flores, si bien son de escaso volumen, poseen un nivel proteico que mejora el aprovechamiento de los pastos diferidos para el invierno (Renolfi, 1990).

Las transiciones entre sistemas dominados por pastos y dominados por árboles suelen tener un gran impacto sobre el funcionamiento de los ecosistemas como resultado del contraste que estos dos grandes grupos de plantas muestran en relación

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

a la utilización de la energía, el agua y los nutrientes. Si bien la transformación de grandes áreas ocupadas por bosques naturales en pasturas y cultivos (el avance de la ganadería y la agricultura sobre los bosques) es el caso más reconocido, estudiado y discutido de este tipo de transiciones que el cambio opuesto, es decir el establecimiento de árboles en sistemas originalmente herbáceos, adquiere gran importancia en la actualidad a través de la expansión de las plantaciones forestales sobre áreas de pastizal.

Por lo expuesto anteriormente el empleo de Grama Rhodes en los SSP tiene como nicho aquellos suelos que por limitantes de salinidad limiten severamente el desarrollo de otras forrajeras. Puede ser implantada pura o consociada dentro del monte nativo mediante Rolado de Baja Intensidad (RBI) con tambor sembrador rotativo (Foto 1 y 2)

El resultado es un “parque” compuesto por leñosas y pasto, y este tratamiento se asume desde el punto de vista ecológico como una perturbación (Kunst *et al.*, 2008).



Foto 1: Desbajado de Baja Intensidad (RBI) e implantación consociada de Gatton Panic (*Megathyrsus maximus*) y Grama Rhodes, Localidad Matará, Stgo. del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 2: Desbajadero de Baja Intensidad (RBI) con Grama Rhodes cv. Fine Cut diferida, Localidad Matará, Stgo. del Estero.

Otra alternativa es la incorporación de Grama Rhodes dentro de plantaciones de Algarrobo Blanco (*Prosopis alba*). El ensayo se realizó en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS) - INTA, Departamento Leales, en la región de la Llanura Deprimida salina tucumana. El suelo es *Haplustol fluvacuentico*. El componente arbóreo es una plantación de *Prosopis alba* lograda en 1998 en un marco de 10 m x 10 m. El componente pastoril es una pastura de *Chloris gayana* cv. Épica (4n) INTA-Pemán sembrada en enero de 2010. Los animales experimentales son vaquillonas Braford.

Banegas *et al.* (2013) evaluaron la distribución espacial de Carbono, Nitrógeno y la actividad microbiana en un SSP en la Llanura Deprimida Salina. Se tomaron muestras de suelo bajo la copa (Bc) del árbol y en los callejones (Cj) a 0-20 cm de profundidad. Los valores medios de CO y Nt mostraron diferencias significativas entre Bc y Cj, pero no se observaron diferencias significativas entre Cargas Animales. Los valores medios de CO y Nt bajo la copa de los árboles (Bc) fueron mayores con respecto a los reportados en el callejón. Los resultados muestran que bajo la copa de los árboles, a igual actividad microbiana con respecto a los callejones, se registran

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

mayores contenidos de Carbono y Nitrógeno en suelo. En estas condiciones, la copa de árboles actúa con un efecto protector, permitiendo mejorar algunas variables que hacen a la sostenibilidad del sistema (Foto 3).



Foto 3: Ensayo silvopastoril algarrobo blanco y Grama Rhodes cv. Épica Peman-INTA. EEA INTA Leales, Tucumán.

El período experimental abarcó los ciclos 2012/2013 y 2013/2014. Los tratamientos fueron: sistema silvopastoril vs. sistema pastoril puro con dos repeticiones en un diseño completamente aleatorizado (12 vaquillonas por repetición). La variable respuesta fue la producción de carne (Kg.ha^{-1}). La producción de carne por ciclo difirió entre tratamientos y entre ciclos, logrando mayores valores en el sistema silvopastoril. El efecto de la incorporación del estrato arbóreo sobre la producción de carne fue positivo, tanto en el año de sequía moderada como en el año de sequía severa (cita).

Sobre el ensayo precedente se cuantificó el carbono orgánico de suelo y fracciones, y evaluó su influencia en diferentes propiedades edáficas (físicas, físico-químicas, biológicas) en dos sistemas productivos Sistema Silvopastoril (SSP) (T1= bajo dosel; T2= entre copas) y Sistema Pastoril (SP) (Cuadro 2).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 2: Valores medios de carbono orgánico (CO) en g.kg suelo-1, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema pastoril y T3 para un sistema pastoril puro. INTA Leales, Tucumán (Corbella *et al.*, 2012).

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0 - 20	1,50±0,13 BC	1,21±0,05 AC	1,18 ± 0,13 AC
20 - 50	0,65±0,09 BB	0,31 ± 0,06 AB	0,39 ± 0,08 BB
50 - 100	0,19 ±0,04 AA	0,16 ±0,03 AA	0,12 ± 0,05 AA

Letras minúsculas distintas en Filas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Letras mayúsculas en Columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Los valores de CO para los distintos tratamientos se observan en la Cuadro 2. En todos los tratamientos se observaron diferencias significativas en profundidad, encontrándose mayores valores en los primeros 20 cm de suelo.

La estratificación del carbono orgánico es común en muchos ecosistemas naturales, bosques y pasturas manejadas, resultado de un mayor aporte de residuos aéreos, biomasa radicular, rizodeposición, falta de movimiento del suelo y una descomposición muy lenta del material por menor contacto con los microorganismos del suelo (Babujia *et al.*, 2010; López-Fando y Pardo 2011; Yang *et al.*, 2012; Banegas *et al.*, 2012).

En SSP los valores de CO fueron significativamente menores en el T2 con respecto a T1 hasta los 50 cm de profundidad no determinándose diferencias significativas a mayor profundidad. Sostienen que con la sombra natural de los árboles la adición de nutrientes a los sistemas se ve incrementada por deposición de hojarasca y por un sistema radicular profundo que permite aprovechar los nutrientes de profundidades fuera del alcance de las raíces de las pasturas (Cuadro 3).

Cuadro 3: Valores medios de carbono orgánico particulado (COPa) y pesado (COPE) en g.Kg suelo⁻¹, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema pastoril y T3 para un sistema pastoril puro. INTA Leales, Tucumán (Banegas, 2015).

	Prof. (cm)	T1	T2	T3
COPa	0 - 20	0,80 ± 0,10 aC	0,39 ± 0,05 bC	0,67 ± 0,05 cC
	20 - 50	0,29 ± 0,05 aB	0,21 ± 0,09 bB	0,27 ± 0,09 aB
	50 - 100	0,13 ± 0,03 aA	0,10 ± 0,03 aA	0,11 ± 0,03 aA
COPE	0 - 20	0,71 ± 0, 12 aC	0,83 ± 0,08 bC	0,51 ± 0,08 cC
	20 - 50	0,36 ± 0,09 aB	0,10 ± 0,06 bB	0,12 ± 0,06 bB
	50 - 100	0,07 ± 0,02 aA	0,06 ± 0,03 aA	0,06 ± 0,03 aA

Letras minúsculas distintas en Filas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Letras mayúsculas en Columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

El SP (T3) mostró una tendencia similar pero con valores de CO significativamente menores al T1. En T1 y T2, posiblemente, el aporte de residuos sobre la superficie del suelo sea mayor con respecto a T3, en ellos se observa un importante cantidad de residuos aéreos de la pastura como así también de los árboles.

El COPa y COPe mostraron igual distribución que el CO, encontrándose los mayores valores en los 20 cm de suelo para todos los tratamientos. Se observa en el Cuadro 3 que las fracciones de carbono evaluadas variaron en función del tratamiento. Las diferencias significativas entre tratamientos se dieron a los 0-20 y 20-50 cm de profundidad en ambas variables (COPa y COPe). Los menores contenidos de estas fracciones en T2 se asocian a una mayor tasa de mineralización, en gran medida producto por la actividad animal (pisoteo) que causa rotura física de los agregados dejando a la MO expuesta al ataque microbiano. Es de destacar que en los primeros centímetros de suelos el T3 presenta mayores valores de COPa (materia orgánica parcialmente descompuesta), con respecto a T2, probablemente debido a solo el desarrollo del sistema radicular fasciculado de la pastura megatérmica en este sistema.

La respiración edáfica de los distintos Tratamientos se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Valores medios de respiración edáfica (RE) en $\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{g suelo}^{-1} \cdot 10 \text{ días}^{-1}$, para los tratamientos T1 y T2 de un sistema pastoril y T3 para un sistema pastoril puro. INTA Leales, Tucumán (Banegas, 2015).

Prof. (cm)	T1	T2	T3
0 - 20	1068,42 $\pm$ 61,17 AC	927,65 $\pm$ 32,49 BC	1022,4 $\pm$ 25,39 AC
20 - 50	668,27 $\pm$ 39,14 AB	479,60 $\pm$ 40,81 BB	505,62 $\pm$ 46,81 BB
50 - 100	122,77 $\pm$ 8,17 AA	115,15 $\pm$ 4,86 AA	99,55 $\pm$ 4,50 BA

Letras minúsculas distintas en Filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Letras mayúsculas en Columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Los mayores valores de RE en los 20 cm de suelo se asocian en estos sistemas al mayor contenido de CO, y sus fracciones (particularmente el COPa) en esta profundidad con respecto al resto de las profundidades en estudio (Cuadros 1, 2 y 3). A mayor profundidad se produce un descenso en la actividad, asociado a un menor aporte como así también a condiciones menos propicias para el crecimiento y proliferación microbiana (menor concentración de O_2). Los menores valores de RE en T2 con respecto a T1 y a T3 se deben fundamentalmente a un incremento de la densidad aparente (Cuadro 4), parámetro asociado a fenómeno de compactación de

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

suelo, y por ende a una reducción en el espacio poroso del suelo. En T3 los menores valores de DA están relacionados a los mayores valores de COPa, debido fundamentalmente a que esta fracción de carbono orgánico tiende una marcada acción en la mejora de las propiedades físicas del suelo (mayor estabilidad de los agregados principalmente), conjuntamente con una mayor actividad microbiana en los 20 cm de suelo (Cuadro 3).

Los beneficios de CO en el suelo se detectaron con los menores valores de DA por mayor porosidad, como también en la cantidad de agua ingresada al perfil en los distintos tratamientos. Relacionando la tasa de infiltración mm.hora^{-1} con el mayor contenido. Esto fue medido a través de la Infiltración básica en de humedad en suelo, se demostró que el sistema P es capaz de almacenar mayor humedad edáfica (T6). Incrementos en DA producen compactación. Esto se contradice con disminución de la porosidad, afecta el almacenaje y otras investigaciones realizadas (Ney Ríos *et al.*, 2000) afirman que la cobertura arbórea, más que la herbácea, contribuye a incrementar la infiltración en el suelo como también la toma de nutrientes.

Los valores promedios de humedad edáfica, determinados Dentro de las la profundidad de 0-20 cm, explican que el mayor consumo parcelas de SSP la situación T2 presentó la menor tasa de infiltración de agua lo ejerce el sistema integrado por sistema radicular como consecuencia de valores altos de DA, menor arbóreo asociado a pastura y por ende con la mayor tasa evapotranspiratoria. contenido de carbono liviano (COPa), asociados a un mayor tránsito y permanencia del ganado.

Los valores medios de CO y Nt mostraron diferencias significativas entre Bc y Cj, pero no se observaron diferencias significativas entre T1 y T2 (carga). Los valores medios de CO y Nt bajo la copa de los árboles (Bc) fueron mayores con respecto a los reportados en el callejón. Los resultados muestran que bajo la copa de los árboles, a igual actividad microbiana con respecto a los callejones, se registran mayores contenidos de Carbono y Nitrógeno en suelo. En estas condiciones, la copa de árboles actúa con un efecto protector, permitiendo mejorar algunas variables que hacen a la sostenibilidad del sistema (Banegas *et al.*, 2013).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En el mismo sitio, estudios sobre la dinámica de las propiedades edáficas de suelos SSP y su efecto sobre la dinámica del agua mostraron una DA 1,30 gr.cm³ para SSP (mayores valores fc con 1,35 gr.cm³) y 1,25 gr.cm³ para PP. Infiltración básica: 14,64 mm.h⁻¹ para PP y 10,52 mm.h⁻¹ para SSP (mayor tasa bc con 12,06 mm.h⁻¹). Fc presentó menor tasa de infiltración por alta DA asociada al tránsito del ganado. Humedad edáfica: 18,23% para PP y 14,56% para SSP (bc: 12,50 %, fc 16,62%). Podría explicarse por el mayor consumo de agua de un sistema radicular arbóreo asociado a una pastura y la mayor tasa evapotranspiratoria. Con respecto al estudio de la dinámica de napa freática, la campaña 2011-2012 y 2012-2013 se vio comprometida por la escasez de precipitaciones. En valores de COT y COP no hay diferencias significativas entre PP y SSP. Es probable que los beneficios posteriores de la materia orgánica en el SSP redunden en las propiedades físicas y podemos afirmar que deben intensificarse las investigaciones debido a la heterogeneidad de clases texturales de estos suelos (Caldez *et al.*, 2013).

Para evaluar económica y financieramente un sistema silvopastoril en un bosque nativo (Monicault, 2009), se tomó el caso desarrollado en el Campo Anexo de General Obligado (EX-Instituto Forestal Nacional –IFONA-), perteneciente al INTA, ubicado en Departamento Donovan, Provincia del Chaco. Abarca una superficie total de 3.401,92 has, con 2.326 has. de bosque; 705 has. de ramera y 371 has. de tierras bajas. El área seleccionada para uso silvopastoril es de 64 ha y se dividió en dos potreros de 32 ha c/u con una proporción de 40% de bosques y 60% de pastizal respectivamente. Se determinaron los beneficios netos del sistema, los cuales se analizaron aplicando distintos criterios de evaluación económico-financiero, cuyas variables respuestas fueron: en la evaluación (VAN, TIR, relación B/C, período de recuperación de la Inversión o Payback) y los costos de producción del Bosque, del pastizal y de los animales. Se obtuvo financieramente un buen resultado, recuperando lo invertido a partir del octavo año de iniciado el proyecto. La rentabilidad económica, resulta positiva a través de la incorporación de los sistemas silvopastoriles, en los sistemas de producción primarios. Posibilitando al productor agropecuario mejorar su participación

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

en el mercado e incorporarse a otros estamentos del mismo, de los que anteriormente no participaba.

Bibliografía.

1. **Banegas, N. R.** 2015. Cuantificación de la captura de carbono de *Chloris gayana* cv. Fine Cut implantada en un sistema pastoril bovino de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán y de la vegetación nativa que reemplaza. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. FAZ. UNT. 143 págs.
2. **Banegas, N. R.; R. Corbella; A. Plasencia; F. Fernández Nieto; L. Martínez Calsina; F. Ortega; J. García y R. Ceballos.** 2013. Distribución espacial de carbono, nitrógeno y actividad microbiana en un sistema silvopastoril. III Jornadas sobre Ciencias del suelo del NOA, para Estudiantes y Jóvenes Profesionales. Santiago del Estero.
3. **Benvenutti, M. A.; D. R. Pavetti; E. M. Correa y J. Pérego.** 2000. Evaluación de especies forrajeras gramíneas tropicales en distintos niveles de iluminación bajo monte forestal de pino para uso en sistemas forestogaderos. INTA-EEA Cerro Azul, Inf. Técn. N°70, pág. 6.
4. **Berti, R. N.** 1999. Sustentabilidad de los sistemas ganaderos. Habilitación de tierras para ganadería. Segunda Jornada ganadera del NOA. Proyecto NOA. INTA. 125 págs.
5. **Caldez, L.; R. B. Ceballos; L. Martínez Calsina; N. R. Banegas y R. B. Corbella.** 2013. Propiedades edáficas de Sistemas Silvopastoriles y de Pastura Permanente en la Llanura Deprimida Salina y su efecto sobre la dinámica del agua. III Jornadas sobre "Ciencias del Suelo del NOA para Estudiantes y Jóvenes Profesionales". Fac. de Agronomía y Agroindustrias de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.
6. **Corbella, R. D.; N. R. Banegas; L. B. Caldez; J. Luchina; A. M. Plasencia; L. Martínez Calsina; R. B. Ceballos y J. R. García.** 2015. Influencia de las formas de carbono orgánico en las propiedades edáficas en un sistema silvopastoril de Tucumán, Argentina. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales: 596- 600.
7. **Corbella, R. D.; N. R. Banegas; A. M. Plasencia; L. Martínez Calsina; M. F. Ortega; J. R. García y R. B. Ceballos.** 2012. Fracciones de Carbono y Nitrógeno Total en sistemas silvopastoril y pastura permanente. XIX Congreso Latinoamericano de Suelos y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.
8. **Cruz, P.; J. Siera; J. R. Wilson; M. Dulornme y R. Tournebize.** 1999. Effects of shade on the growth and mineral nutrition of tropical grasses in silvopastoral systems. *Ann. Arid Zone* 38 (3-4): 335-361.
9. **Escalante E. y L. Boscan.** 1993. Inventario preliminar de sistemas agroforestales en Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Servicio Forestal Venezolano. Caracas.
10. **Hang, S.; M. J. Mazzarino; G. Núñez y L. Oliva.** 1995. Influencia del desmonte sobre la disponibilidad de nitrógeno en años húmedos y secos en sistemas

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

- silvopastoriles en el Chaco árido Argentino. *Agroforestería en las Américas* 2: 6, 9-14.
11. **Humphreys, L. R.** 1994. Tropical Pastures: Their Role in Sustainable Agriculture. Longman Scientific and Technical/John Wiley and Sons. New York, EUA.
 12. **Jobbágy, E. G.; M. Vasallo; K. A. Farley; G. Piñeiro; M. F. Garbulsky; M. D. Noretto; R. B. Jackson y J. M. Paruelo.** 2006. Forestación en pastizales: hacia una visión integral de sus oportunidades y costos ecológicos. *Agrociencia* Vol. X N° 2: 109 – 124.
 13. **Lara, J. E.; D. N. Bottegal; M. Zimerman; A. F. Suarez; M. Ballón y L. Martínez Calsina.** 2014. Condiciones ambientales y consumo de agua en un sistema silvopastoril comparado con un sistema pastoril. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 285.
 14. **Ley 26331.** 2008. Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos. Congreso Nacional.
 15. **Ley 6841.** 2007. Conservación y Uso Múltiple de las Áreas Forestales de Santiago del Estero. <http://www.mproduccion.gov.ar/Docs/legislacion/ley-6841.pdf>
 16. **Martínez Calsina, L.; J. E. Lara; F. A. Suárez; M. Ballón; P. G. Pérez; H. J. A. Nasca; H. E. Pérez; D. Bottegal y M. Zimerman.** 2015. Producción de carne en un Sistema Silvopastoril de Algarrobos y Grama Rhodes de la Llanura Deprimida de Tucumán, Argentina. 3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales: 48-52.
 17. **Miñón, D.** 1986. Gramíneas forrajeras adaptadas al Chaco semiárido. Memorias de la I y II Jornadas Nacionales de Ganado Bovino Criollo, SECyT-Orientación Gráfica Editora, Bs. As., Argentina:115-140.
 18. **Monicault, L. A.** 2009. Análisis económico-financiero de un sistema silvopastoril. Tesis presentada a la Universidad Nacional de Misiones. Maestría en Ciencias Forestales, con orientación en Economía y Administración Forestal. 54 págs.
 19. **Morello, J. H. y C. Saravia Toledo.** 1959 a. El bosque chaqueño. I. Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural en el oriente de Salta. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 3: 5-81.
 20. **Morello, J. H. y C. Saravia Toledo.** 1959 b. El bosque chaqueño. II. Ganadería y el bosque en el oriente de Salta. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 3: 209-258.
 21. **Renolfi, R. F.** 1990. Manejo de Forrajeras Nativas en la Región Chaqueña Semiárida. (F.A.O., Ed.) (1° ed., p. 40). Santiago de Chile (Chile).
 22. **Renolfi, R. F.** (2007). Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles. En: M. Ottavís (Ed.), 1er. Seminario de Pasturas del NOA: 44–48. Salta: Amanecer Capacitando.
 23. **Renolfi, R. F.** 2008. Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles con Caprinos en Bosque Nativos Chaqueños Semiáridos. Taller de Discusión sobre Implementación y Manejo de Sistemas Silvopastoriles para la Producción de Carne en la Región Chaqueña Semiárida (pp. 3–8). La María, Santiago del Estero: Proyecto Regional Llanura Chaqueña Oeste-Este. EEA Santiago del Estero.
 24. **Ruiz, T. y G. Febles.** 1998. Agronomía y manejo de *Leucaena leucocephala*. Curso Internacional sobre los sistemas silvopastoriles en la ganadería tropical. EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

25. **Shelton, H.; J. Lowry; R. Gutteridge; R. Bray y J. Wildin.** 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 7. Tree & shrubs legumes in improved pastures. *Trop. Grasslands* 25: 119-128.
26. **Wilson, J. R.** 1990. The eleventh hypothesis: Shade. *Agroforestry Today* 2: 14-15.
27. **Wilson J. R. y M. M. Ludlow.** 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En: Shelton H. M. y W. W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Bali, Indonesia. 1990. ACIAR. Canberra, Australia: 10-24.
28. **Wong; C. C.** 1990. Shade tolerance of tropical forages: A review. *Forages for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Ed. H. M. Shelton y W.W. Stür: 64-69.
29. **Wong, C. C. y J. R. Wilson.** 1980. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Aus. J. Agr. Res.* 31: 269-285.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

METODOLOGIA PARA EVALUAR PASTURAS TROPICALES DEGRADADAS: *CHLORIS GAYANA* KUNTH CV. COMÚN EN LA LLANURA DEPRIMIDA DE TUCUMÁN, ARGENTINA.

Carmen S. Roncedo¹, Héctor E. Pérez² y Roberto Corbella¹.

1 Facultad de Agronomía y Zootecnia (UNT). AV. Kirchner 1900. 4000 Tucumán. 2INTA
Leales. 4113. Leales Tucumán. Argentina. roncedocarmen@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las pasturas cultivadas constituyen el mayor componente alimenticio en los sistemas de producción pecuarios de América Latina tropical y subtropical. La disminución en la producción a través de los años de uso y su degradación posterior, son los fenómenos más comunes en los diferentes ecosistemas de la región (Toledo y Formoso, 1993).

En consecuencia resulta importante prolongar la productividad de estas pasturas en el tiempo, a través de prácticas de manejo sustentable. Se debe establecer el grado de deterioro que presenta una pastura cultivada y saber en qué medida han sido afectados los distintos factores que forman parte, y a partir de allí diseñar la estrategia de recuperación más adecuada para no alterar el sistema más de lo necesario y lograr que la respuesta perdure el mayor tiempo al costo más bajo. Diversos autores (Ordóñez y Toledo, 1985; Veiga y Serrao., 1987; Soares Filho *et al.*, 1992 a, 1992 b; Mateus y León, 1992; Gonçalves *et al.*, 1996; Paulino *et al.*, 1994, 2000 a, 2000 b) trabajaron en la recuperación de pasturas cultivadas degradadas probando una amplia gama de técnicas, pero en general sin definir con claridad la condición de pastura .degradada.

Al considerar el concepto práctico de sustentabilidad, donde el desarrollo económico debería estar en armonía con el ambiente para no comprometer las posibilidades de las generaciones futuras, se plantea la necesidad de la recuperación de pasturas, teniendo en cuenta el uso de criterios de clasificación conceptual a través de variables que definen el estado de pastura degradada. (Barcellos, 1986; Spain y Gualdrón 1991; Nascimento Jr. *et al.*, 1994; Vieira y Kichel, 1995). Según la propuesta de Spain y Gualdrón (1991), los signos que caracterizan una pastura degradada son: marcada disminución en el vigor, cobertura, frecuencia y calidad del pasto, con un

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

aumento en la presencia de plantas invasoras, plagas e insectos, que inciden directamente en la producción de materia seca. Lo enunciado indica por lo tanto la importancia de evaluar frecuencia, cobertura, producción de materia seca total y por componentes y proteína bruta.

Myers y Robbins (1991), establecen como principal causa de la degradación de pasturas tropicales y subtropicales, a los cambios en la composición química y a la baja captación de agua por modificaciones en composición física del suelo (estructura). En razón de ello surge el interés de analizar la condición física (desarrollo de raíces, PEA), la condición química (MO, N, P) y la presencia de insectos y nivel de daño.

Al presente no existen antecedentes del uso práctico de las variables señaladas en diferentes clasificaciones y que definen el nivel de degradación de una pastura tropical cultivada previo al empleo de técnicas de rehabilitación. El objetivo del presente trabajo fue establecer el nivel de degradación de una pastura de *Chloris gayana* Kunth cv. Común o Pioneer (Grama Rhodes).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: El ensayo se realizó en el Campo Experimental Regional Leales (C.E.R.-LEALES) de INTA en Leales, Tucumán (Argentina) a 27° 12 LS y 65° 18 LO y a 332 m snm.

Clima: Tiene una precipitación media anual de 880 mm (período 1960-97) y se producen de octubre a marzo. La temperatura media anual de 19° C, siendo 25° C la media del mes más cálido (enero) y 13° C la del mes más frío (julio), con heladas de 12 a 15 días.año⁻¹ de junio - agosto. El clima es de tipo subtropical – subhúmedo (Zuccardi, y Fadda, 1985).

Suelo: La región agroecológica es la Llanura Deprimida Salina, donde existe una gran variabilidad en la presencia de sales, respondiendo a un Argiustol típico (Fadda y Zuccardi, 1985).

Elección del área de muestreo: Se escogió un lote de dos hectáreas, donde la pendiente del terreno no fuera mayor del 5% para evitar grandes cambios en el gradiente de fertilidad (Salinas, 1982).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Pastura: Se trabajó con *Chloris gayana* Kunth cv. Común (Grama Rhodes), utilizada en pastoreo directo tanto en verde como en diferido con 7 años de implantación.

Evaluaciones realizadas

Componente Vegetal:

- Cobertura vegetal: Se tomaron 15 muestras de 1m², cortándose todo el material hasta 20 cm de altura. Se distinguieron tres componentes: *Chloris gayana* (Cg), latifoliadas (Lt), otras gramíneas (Og); además suelo desnudo (Sd) y se determinó: Frecuencia, porcentaje de cobertura, PMS y PC y relación hoja:resto. Esta última determinación se realizó solo en Cg., sobre una muestra compuesta de 1 Kg.

Componente Suelo:

- Condición Física: muestras para determinar PEA (0-50 cm) con el método del cilindro.
- Condición química: muestras compuestas tomadas con barreno hasta los 20 cm.

Presencia de insectos: los hormigueros presentes fueron contados y medidos, por franjas de 20 metros. Las hormigas se clasificaron en los laboratorios de la Cátedra de Zoología Agrícola de la FAZ - UNT y de la Fundación Miguel Lillo.

RESULTADOS

Componente vegetal:

Frecuencia: Cg y Og estuvieron presentes un 100% de las veces, Lt un 93.33% y (Sd) un 86.87% (CV: 18%). La relación hoja: resto fue del 2,3:1(Foto 1 y 2).

La cobertura y la producción de materia seca se presentan en la Cuadro 1. Del total de superficie destinada a la pastura cultivada, el 58% estaba cubierto con elementos no deseables en un ecosistema de pasturas. El contenido de proteína bruta para Cg fue de 7.92%. El Nivel de incidencia de malezas se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 1: Porcentaje de cobertura (%) y producción de materia seca (PMS – Kg.ha⁻¹) de los diferentes componentes presentes en el sistema.

Pastura degradada	PMS Kg.ha ⁻¹	P B %
Grama Rhodes	448,67	7,92
Otras gramíneas	151,33	-
Latifoliadas	104,76	-
CV%	16%	

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 2: Niveles de incidencia de malezas en función a la frecuencia.

Grado de incidencia	Frecuencia
1	Poco frecuente
2	Frecuente
3	Muy frecuente

Componente suelo.

Condición química: La condición química del suelo debe incluir las siguientes determinaciones: pH/agua 1:2,5; Condición Eléctrica dS.m⁻¹; Sales solubles % ; Calcáreos CaCO₃ %; Carbón. Orgánicos C %; Materia Orgánica %; Nitrógeno Total N% y Fósforo Soluble (ppm).

Condición física: con el método del cilindro, los resultados se presentan en la Cuadro 3.

Cuadro 3: Valores promedios de PEA para el predio en estudio.

Profundidad (cm)	PEA (gr cm ⁻³)
0 - 12	1,33
13 - 21	1,36
> de 25	1,40
CV%	19 %

Se observaron raíces en el perfil hasta los 60 cm de profundidad, pero no en abundancia.

Presencia de insectos: Se totalizaron 281 hormigueros en las dos hectáreas con un diámetro promedio de 22 cm y una distancia entre ellos de 7,43 m. La superficie ocupada en total por los mismos fue de 418.51 m². Las hormigas correspondieron al: orden Hymenoptera; familia Formicidas; subfamilia *Myrmicinae* y a la especie *Solenopsis*.



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 1: Aspecto del potrero con la pastura degradada. Muestreo de suelos.



Foto 2: Algunas de las malezas presentes en el potrero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

DISCUSIÓN

La distribución uniforme de los diferentes componentes presentes en la pastura (Cg, Og y Lt) con una frecuencia superior al 80 %, podría llevar a suponer que la población de plantas de grama Rhodes sería la adecuada. Sin embargo, al considerar la cobertura, la participación de la pastura cultivada fue baja, ya que presentó un valor inferior al 50 %. Estas dos variables permiten definir a la pastura con una población de plantas de grama Rhodes de escaso desarrollo, con una fuerte competencia por los espacios con malezas (gramíneas y latifoliadas).

Al comparar la PMS de la pastura bajo estudio ($448,67 \text{ Kg.ha}^{-1}$), con datos de producción en parcelas demostrativas de la misma pastura con dos años de implantación, con una PMS de 1538 Kg.ha^{-1} y considerada como representativa de la región, se demuestra una pérdida de productividad del 71,76 %, lo que demuestra su estado de degradación (Spain y Gualdrón, 1991).

El contenido de PB (7.9 %) fue similar en ambas pasturas, sin que su calidad se haya visto afectada, Figura 1.

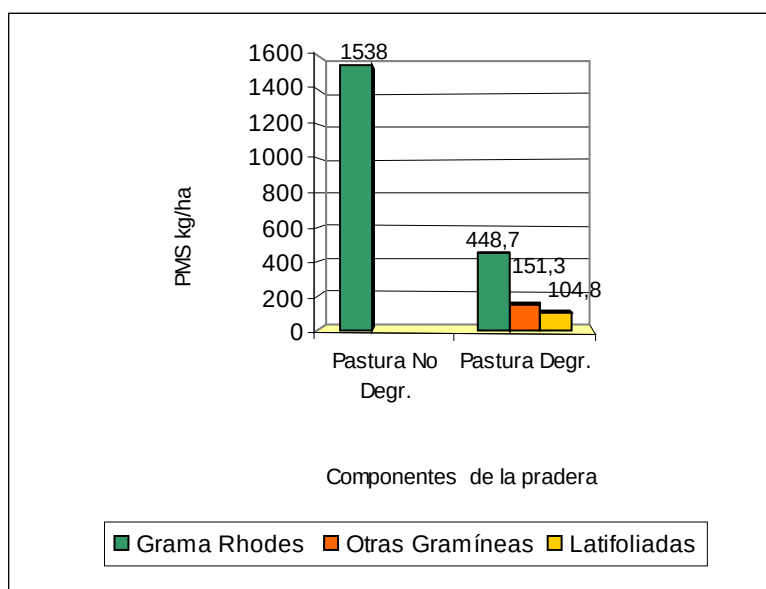


Figura 1: Participación por componentes vegetales, en la PMS Kg.ha^{-1} en la pastura degradada y sin degradar.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La relación hoja / resto, también mostró diferencias con la pastura de referencia (Cg degradada: 2,3:1 y Cg no degradada 4,86:1).

Los datos obtenidos del estudio de suelo son coincidentes con los presentados por Zucardi y Fadda (1985), para los suelos de la región. Se observó una cierta densificación en el suelo, con un aumento del PEA a partir de los 20 cm, con moderada a baja presencia de raíces en todo el perfil. Para este tipo de suelos las raíces pueden ver limitado su crecimiento a una densidad aparente de 1.4 y 1.5 gr.cm³⁻¹, (Griffith *et al.*, 1977). El efecto de la compactación del suelo sobre la biomasa radical es difuso, y por ello difícil de captar. En suelos compactados el sistema radicular tiene necesariamente un desarrollo superficial poco ramificado y esto hace que el cultivo sea más susceptible a la sequía y a la baja eficiencia de utilización de los nutrientes (Ellies *et al.*, 1991), por lo que la productividad disminuye.

Vilche, *et al.*, (2000) analizó la incidencia de la degradación edáfica en el desarrollo aéreo y radical de pasturas consociadas en dos suelos con diferente PEA (1.30 y 1.19 gr.cm³⁻¹), presentándose diferencias entre suelos para ambas forrajeras (gramínea y leguminosa) y entre ellas por longitud y diámetro de raíces. En las condiciones de mayor compactación, asociado al decrecimiento de macroporos y aumento de la microporosidad, hubo mayor exploración de raíces en todo el perfil por parte de la gramínea, pero no de la leguminosa, menor productividad de ambas forrajeras y mayor cantidad de malezas.

Al respecto, Oesterheld y León (1993) estudiaron la diferencia de PEA del suelo en pasturas de distinta edad. El estudio indica que el PEA en pasturas cultivadas, afectada seguramente por el pastoreo, aumenta hasta los diez años lapso en que las especies implantadas pierden importancia en la pastura. A partir de allí el PEA disminuye, hay un restablecimiento natural a valores de PEA semejantes a los iniciales, pero este proceso no es acompañado por un aumento importante de las especies implantadas. Para estos autores este proceso se debe a que en las pasturas más jóvenes hay una alta proporción de macroporos producida probablemente por el laboreo y en las maduras una alta proporción de microporos, tal vez generada por la actividad de los organismos del suelo.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Este proceso de cambio en la presencia de macroporos y microporos asociado a un aumento en el PEA, explicaría la poca abundancia de raíces en el perfil y la pérdida de productividad de la parcela en el ensayo.

Los valores moderados en materia orgánica y de nitrógeno y contenidos bajos de fósforo, demuestran la factibilidad de lograr una rápida recuperación de la fertilidad química del suelo a través de una fertilización fosforada y nitrogenada de manera puntual o con la implantación de leguminosas para hacerlo sostenible en el tiempo (Lascano, 1999). El contenido de fósforo es bajo sobre todo al analizar la posibilidad de realizar la implantación de leguminosas, sin fertilización.

Las hormigas Myrmicinae - *Solenopsis sp.* por ser omnívoras tienen un impacto serio en la agricultura y en la ganadería, (Adams, 1986; Pereira, 1990; Allen *et al.*, 1995 y Lockey, 1996). En ecosistemas de pasturas tropicales y subtropicales las pérdidas de forraje por la incidencia de hormigas pueden llegar a ser importante (10 hormigueros por hectárea producen una pérdida de 2 Kg de forraje.día⁻¹) (Adams, 1986)).

En resumen, la situación encontrada en la pastura en estudio relacionado a una situación de referencia, muestra una pérdida de productividad del 72 %; una cobertura del 42 %; frecuencia de malezas del 97 % y una superficie ocupada por hormigueros del 2.5 %. En el suelo la degradación física y química se la clasificó de incipiente, indicando la necesidad de corregir este proceso.

Para caracterizar la situación del área del ensayo se consideró la clasificación de Spain y Gualdrón (1991) por tener parámetros precisos para identificar en la pastura. De acuerdo a esto la pastura se encuentra en un estado de degradación 3, en transición al estado 4.

En la definición del estado 3 con un nivel de deterioro fuerte, se considera la pérdida de productividad del 50 al 75% y de la calidad, escasa población de la especie implantada y la presencia de malezas.

En un estado 4 con un nivel de deterioro muy fuerte, se agrega la presencia de hormigas y la productividad debe ser inferior al 75%. Es decir que si no se revierte este proceso se llegaría a instancias donde la recuperación de la pastura no sería posible.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cabe destacar que en esta clasificación no se consideran los parámetros físicos y químicos del suelo hasta que la pastura se encuentra en un estado avanzado de degradación, con procesos erosivos.



Foto : Grama Rhodes intersebrada con Siratro (*Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro) como herramienta de recuperación

CONCLUSIONES

Las variables consideradas aparecen como adecuadas para la evaluación objeto de este trabajo, permitiendo ubicar el estado de degradación de *Chloris gayana* Kunth cv. Común o Pioneer en un grado 3 y en transición a 4, al considerar una escala de 1 a 6.

El análisis profundo de la situación en que se encuentra la pastura permitirá trazar la estrategia técnica más adecuada tendiente a su recuperación y en

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

consecuencia a la sostenibilidad del sistema. En esta situación se podría realizar una labor de remoción en el suelo con la incorporación de una leguminosa subtropical a través de una intersembra como método de introducción.

Sobre la base expuesta y a manera de propuesta metodológica, se confeccionó un marco teórico secuencial del deterioro de una pastura cultivada (Cuadro 4).

Cuadro 4: Marco teórico secuencial del deterioro de una pastura cultivada.

Indicadores de degradación	Etapas del deterioro		
	Inicial	Intermedia	Final
Cobertura de la pastura	<		
Densidad de la pastura		<	
Frecuencia de la pastura		<	
Producción de materia seca	<		
Relación Hoja / Tallo		<	
Calidad %PB		<	
Altura		<	
Malezas invasoras		>	
Presencia de suelo desnudo			>
% Superficie ocupada con hormigueros			>
Fertilidad física del suelo		<	
Fertilidad química del suelo	<		

Desde un punto de vista utilitario se consideran sólo aquellos indicadores que en forma práctica son fáciles de cuantificar, sin considerar por ejemplo, la calidad o relación hoja/tallo que necesitan un mayor tratamiento, o los que estén muy condicionados por los factores ambientales como la altura o los que son muy dependientes de la especie.

La etapa inicial desde el punto de vista utilitario sería la situación óptima en la cual no se necesita ninguna acción sobre la pastura.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La etapa intermedia sería la situación recuperable donde con una o varias medidas técnicas (clausuras, remoción, fertilización, intersiembras de leguminosas) la pastura se puede recuperar y la etapa final sería la situación de renovación en la cual se debe realizar una nueva siembra, con el mismo cultivar u otro diferente en forma pura o consociada, buscando darle mayor sustentabilidad al ecosistema pastura.

En la Cuadro 5 se cuantifican porcentualmente estos parámetros para tres situaciones en una pastura cultivada.

Cuadro 5: Cuantificación de parámetros limitativos en tres situaciones de una pastura desde un punto de vista utilitario.

Parámetros limitativos	Situación de la pastura		
	Óptimo	Recuperable	Renovable
Cobertura de la pastura (%).	> 80	40 – 79	< 40
Pérdida de vigor y calidad expresado en - Producción de materia seca (actual / inicial %)	< 20	20 – 50	> 50
Malezas invasoras (%).	< 10	10 – 40	> 40
Presencia de suelo desnudo (%).	< 10	10 – 30	> 30
Superficie ocupada con hormigueros (%).	< 10	hasta 10	> 10
Densificación superficial del suelo (gr.cm ³⁻¹)	< 1,25	1,25 – 1,50	> 1,50

BIBLIOGRAFÍA

1. **Adams, C. T.** 1986. Agricultural and medical impact of the imported fire ant. En: Lofgren, C. S. y R. K. vander (Eds) Fire ants and Leaf-cutting ants. Biology and management. *Westview Press*: 48 - 57.
2. **Allen, C. R.; R. S. Lutz y S. Demarais.** 1995. Red imported fire ant impact on Northern Bobwhite populations. *Ecol Appl.* 5 (3): 632 - 638.
3. **Barcellos, A.** 1986. Recuperação de pastagens degradadas. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) y Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina D. F., Brasil: 1 - 38.
4. **Ellies, A.; C. Ramírez; R. Mac Donald y H. Figueroa.** 1991. Efecto de la compactación de suelos volcánicos sobre el crecimiento radicular de hierbas forrajeras. *Ciencias del suelo Vol 9 N° 1-2*: 5-12.
5. **Gonçalves, C. A.; J. R. Cruz Oliveira y S. Dutra.** 1996. Renovacao e utilizacao de pastagens na engorda de bovinos em Porto Velho, Rodonia, Brasil. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 18, N° 1: 24 - 32.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

6. **Griffith, D. R.; J. V. Mannering y W. C. Moldenhauer.** 1977. Conservation tillage in the Eastern corn Belt. *Journal of soil and water conservation* 32: 20-28.
7. **Lascano, C. E.** 1999. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. En: Grassland ecophysiology and grazing ecology. Edit. Anibal de Moraes *et al.*, Curitiba, Paraná, Brasil: 151 - 164.
8. **Lockey, T. C.** 1996. Red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae). USDAAPHIS-PPG-MS39501: 1 - 10.
9. **Mateus, G. V. y V. León.** 1992. Evaluación de tres sistemas de resiembras, con dos densidades de semilla y tres niveles de fertilización completa, en una mezcla forrajera. Rumipamba. *Rev Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Ecuador*. Vol IX N° 1: 56 - 7.
10. **Myers, R. J. K. y G. B Robbins.** 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 5 Maintaining productive sown grass pasture. *Tropical Grasslands* Vol. 25: 104 - 110.
11. **Oesterheld, M. y R. J. C. León.**1993. Cambios en la compactación del suelo durante el envejecimiento de pasturas implantadas. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 13N° 2: 149-153.
12. **Ordoñez, H. y J. M. Toledo.** 1985. Recuperación con *Brachiaria decumbens* de una pastura degradada utilizando diferentes prácticas agronómicas. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 7, N° 2: 21 - 23.
13. **Paulino, V. T.; N. De L. Costa; M. A. C. de Lucena y E. A. Schammas.** 1994. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú a calagem e adubação fosfatada em um solo ácido. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 16, N° 2: 23 - 33.
14. **Paulino, V. T.; C. Ramalho Townsend; J. A. Magalhaes; R. Gomes de A. Pereira y M.A.C. de Lucena.** 2000 a. Resposta de pastagens degradadas de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina a fontes e doses de fosforo. Memorias de la 26ª Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo, Uruguay. Soporte informático.
15. **Paulino, V. T.; C. Ramalho Townsend; J. A. Magalhaes; R. Gomes de A. Pereira y Nascimento J. R. D.; Queiroz, D. S.; M. V: F. Santos.** 1994. Degradación de pastagens e critérios para avaliação. En: Peixoto, A. M. et al (eds) Simposio sobre manejo da pastagem, 11. Piracicaba. O capim colôio. Anais. Simposio sobre manejo da pastagem. *Piracicaba: FEALQ*: 107 - 151.
16. **Pereira, J. R.** 1990. Plantas invasoras de pastagens: Curso de pecuária leiteira. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, (Documento 44): 1 - 31.
17. **Salinas, J. G.** 1982. Muestreo de suelo y tejido vegetal en los ensayos regionales A y B. Manual para la evaluación agronómica. Red internacional de pastos tropicales. Ed. Toledo, J. M. CIAT: 111 - 124.
18. **Soares Filho, C. V.; F. A. Monteiro y M. Corsi.** 1992 a. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1 Efeitos de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 14, N° 2: 2-6.
19. **Soares Filho, C. V.; F. A. Monteiro y M. Corsi.** 1992 b. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 2 Variacao sazonal de parametros bioquímicos - fisiológicos. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 14, N° 2: 7 - 13.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

20. **Spain, J. M. y R. Gualdrón.** 1991. En: CIAT. 1991. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoques de investigación. Lascano, C. y J. Spain. (Eds.). Sexta Reunión del comité Asesor de la Red Internacional de evaluación de pastos tropicales (RIET) Cali Colombia: 269 - 345.
21. **Toledo, J. M. y D. Formoso.** 1993. Sustainability of sown pastures in the tropics and subtropics. Grassland for our world. Proceeding Congress International of Grassland. Australia, Nueva Zelandia: 710 - 715.
22. **Veiga, J. B. y E. A. S. Serrao.** 1987. Recuperación de pasturas en la región este de la Amazonia brasileña. *Pasturas Tropicales*, Cali, vol. 9, N° 3: 40 - 43.
23. **Vieira, J. M. y A. N. Kichel.** 1995. Establecimiento y recuperación de pastagens de *Panicum maximun*. En: Peixoto, A. M. et al. (eds). Simposio sobre manejo da pastagem, 12. Piracicaba. O capim coloiao. Anais. Simposio sobre manejo da pastagem. *Piracicaba: FEALQ*: 147 - 196.
24. **Vilches, M. S.; B. Martín y S. Montico.** 2000. Incidencia de la degradación edifica en el desarrollo aéreo y radical de una pastura consociada. 26 Reunión Latinoamericana de Producción Animal Uruguay. Soporte informático.
25. **Zuccardi, R. y G. S. Fadda.** 1985. Bosquejo Agroecológico de la Provincia de Tucumán. F.A.Z.-U.N.T. Miscelánea N ° 86: 1– 63.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

RECUPERACIÓN DE PASTURAS DEGRADADAS DE GRAMA RHODES MEDIANTE INTERSIEMBRA DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS SUBTROPICALES.

Mag. Zoot. Carmen S. Roncedo.
Facultad de Agronomía y Zootecnia (UNT). Avda. Kirchner 1900. 4000 Tucumán.
Argentina. roncedocarmen@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las pasturas de gramíneas cultivadas tropicales y subtropicales, presentan una amplia gama de especies que se caracterizan por tener una elevada producción inicial de forraje la que decae con el paso de los años, proceso que se conoce como Degradación de Pasturas (Toledo y Formoso, 1993).

Se considera que una pastura está degradada cuando manifiesta una marcada disminución en la producción de materia seca (PMS); pérdida de vigor, cobertura, densidad y calidad, con un aumento de malezas; cambios en la composición química del suelo por pérdida de nutrientes (principalmente nitrógeno) y en la estructura física (presencia de capas compactadas, baja captación de agua) y en estados avanzados de degradación aumenta la presencia de insectos dañinos (Spain y Gualdrón, 1991).

Una pastura degradada es la etapa final de un proceso continuo con fuerte efecto antrópico, favorecido por prácticas de manejo inadecuadas e inoportunas. En esta situación la recuperación del sistema será más lenta sin alcanzar nunca los niveles iniciales de producción, por lo que es necesario revertir este proceso lo más rápido posible a fin de mantener la pastura en los niveles próximos al de "predisturbio".

La degradación de las pasturas se inicia generalmente alrededor a los 3 ó 4 años de la implantación, pero esto puede variar con la especie o cultivar de gramínea utilizada, con consecuencias serias en el sistema pastoril al reducir los rendimientos en producto animal e incrementar los costos de producción, haciéndolo ineficiente.

La deficiencia de nitrógeno (N) suele ser el factor de fertilidad más relacionado con el comienzo de los procesos de degradación de pasturas. La producción inicialmente elevada de estas pasturas es una consecuencia transitoria de la disponibilidad de N. La deficiencia de este elemento en suelos con una adecuada

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

fertilidad potencial, se debe a su inmovilización progresiva y a la limitada mineralización de la materia orgánica, de lo que resulta una baja fertilidad actual.

Para incrementar la producción de las pasturas en estado de degradación, se debe proveer de fuentes externas de N o intensificar la mineralización de los compuestos orgánicos del suelo. Entre las opciones potenciales de manejo, que aportan N externo e incrementan la productividad se encuentran la siembra de leguminosas y la fertilización con N (Myers y Robbins, 1991; Toledo y Formoso, 1993).

Se considera a la incorporación de leguminosas y a la intensificación de la mineralización a través de prácticas mecánicas, como las alternativas más aconsejadas para revertir los procesos de deterioro e incrementar la sostenibilidad y productividad de las pasturas. Asimismo, la leguminosa incrementa la calidad y cantidad de la dieta consumida por el ganado bovino en pastoreo y mejora la disponibilidad de nitrógeno en la gramínea asociada y en el suelo.

El potencial de fijación de N de las leguminosas tropicales es similar al de las leguminosas templadas, sin embargo la tasa de acumulación de este elemento es menor debido posiblemente a las mayores pérdidas que ocurren bajo el efecto de la alta pluviosidad y temperatura.

MATERIALES Y METODOS

Definición de Indicadores: Situación inicial del predio.

Para lograr la rehabilitación de una pastura cultivada degradada es necesario conocer el grado de deterioro que presenta y saber en qué medida han sido afectados los distintos factores que forman parte del ecosistema pastura, y a partir de allí diseñar la estrategia de recuperación más adecuada para no alterar el sistema más de lo necesario y lograr que la respuesta perdure el mayor tiempo al costo más bajo.

Desde un punto de vista utilitario se consideran sólo aquellos indicadores que en forma práctica son fáciles de cuantificar, sin considerar por ejemplo, la calidad o relación hoja/tallo que necesitan un mayor tratamiento, o los que estén muy condicionados por los factores ambientales como la altura o los que son muy dependientes de la especie.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La etapa inicial desde el punto de vista utilitario sería la situación óptima en la cual no se necesita ninguna acción sobre la pastura.

La etapa intermedia sería la situación recuperable donde con una o varias medidas técnicas (clausuras, remoción, fertilización, intersiembras de leguminosas) la pastura se puede recuperar y la etapa final sería la situación de renovación en la cual se debe realizar una nueva siembra, con el mismo cultivar u otro diferente en forma pura o consociada, buscando darle mayor sustentabilidad al ecosistema pastura.

En el Cuadro 1 se cuantifican porcentualmente estos parámetros para tres situaciones en una pastura cultivada.

Cuadro 1: Cuantificación de parámetros limitativos en tres situaciones de una pastura desde un punto de vista utilitario.

Parámetros limitativos	Situación de la pastura		
	Óptimo	Recuperable	Renovable
Cobertura de la pastura (%).	> 80	40 – 79	< 40
Pérdida de vigor y calidad expresado en - Producción de materia seca (actual / inicial %)	< 20	20 – 50	> 50
Malezas invasoras (%).	< 10	10 – 40	> 40
Presencia de suelo desnudo (%).	< 10	10 – 30	> 30
Superficie ocupada con hormigueros (%).	< 10	hasta 10	> 10
Densificación superficial del suelo (gr.cm³⁻¹)	< 1,25	1,25 – 1,50	> 1,50

Se utilizó Grama Rhodes cv. Común (*Chloris gayana* Kunth) como gramínea cultivada tropical. Esta pastura tenía siete años de implantada y se utilizaba tanto en verde como en diferido con pastoreo continuo.

El terreno para el experimento se escogió sobre la base de tres criterios, de acuerdo a Salinas (1982): 1) estado de degradación, 2) pendiente del terreno, que no fuera mayor del 5% para evitar grandes cambios en el gradiente de fertilidad y 3) localización para facilitar la operatividad dentro del ensayo. La superficie seleccionada (2 Ha, una fracción de 300 x 66.7 m) fueron alambradas para aislarla del resto del campo.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En las dos hectáreas, se totalizaron 281 hormigueros con un diámetro promedio de 22 cm y una distancia entre ellos de 7,43 m. La superficie ocupada en total por los mismos fue de 418,51 m².

Las hormigas correspondieron al: orden *Hymenoptera*; familia *Formicidae*; subfamilia *Myrmicinae* y a la especie *Solenopsis*.

La frecuencia de aparición de los diferentes componentes de la pastura, fueron: GR. y Og. 100 %, Lt.: 93,33 % y Sd: 86,87%. La relación hoja/tallo fue del 2,3:1.

De la superficie total destinada a la pastura cultivada, solo el 42% estaba cubierto por ella.

La producción de materia seca y el contenido de proteína bruta para Grama Rhodes se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Producción de materia seca (PMS Kg/ha) de los diferentes componentes de la pastura y el contenido de proteína bruta (PB %) de Grama Rhodes.

Pastura degradada	PMS Kg.ha ⁻¹	P B %
Grama Rhodes	448,67	7,92
Otras gramíneas	151,33	-
Latifoliadas	104,76	-
CV%	16%	

La distribución uniforme de los diferentes componentes presentes en la pastura (Cg, Og y Lt) con una frecuencia superior al 80%, podría llevar a suponer que la población de plantas de Grama Rhodes sería la adecuada. Sin embargo, al considerar la cobertura, la participación de la pastura cultivada fue baja, ya que presentó un valor inferior al 50 %. Estas dos variables permiten definir a la pastura con una población de plantas de Grama Rhodes de escaso desarrollo, con una fuerte competencia por los espacios con malezas (otras gramíneas y latifoliadas).

Al comparar la PMS de la pastura bajo estudio (448,67 Kg.ha⁻¹), con datos de producción en parcelas demostrativas de la misma pastura con dos años de implantación, con una PMS de 1538 Kg.ha⁻¹ y considerada como representativa de la región, se evidencia una pérdida de productividad del 71,76%, lo que demuestra su estado de degradación. El contenido de PB (7,9%) fue similar en ambas pasturas, sin que su calidad se haya visto afectada.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Para analizar la relación Hoja/tallo, también se establecieron comparaciones con la pastura de referencia, (GR degradada: 2,30:1 y GR no degradada 4,86:1).

Se observó una cierta densificación en el suelo, con un aumento a partir de los 20 cm, raíces en todo el perfil pero no en abundancia. Para este tipo de suelos las raíces pueden ver limitado su crecimiento a una DA de 1,4 y 1,5 gr. cm³⁻¹, (Griffith *et al.*, 1977). El efecto de la compactación del suelo sobre la biomasa radical es difuso, y por ello difícil de captar. En suelos compactados el sistema radicular tiene necesariamente un desarrollo superficial poco ramificado y esto hace que el cultivo sea más susceptible a la sequía y a la baja eficiencia de utilización de los nutrientes (Ellies *et al.*, 1991), por lo que la productividad disminuye.

Este proceso de cambio en la presencia de macroporos y microporos asociado a un aumento en el PEA, explicaría la poca abundancia de raíces en el perfil y la pérdida de productividad de la parcela en el ensayo.

En resumen, la situación encontrada en la pastura en estudio relacionado a una situación de referencia, muestra una pérdida de productividad del 72 %; una cobertura del 42 %; frecuencia de malezas del 97 % y una superficie ocupada por hormigueros del 2.5 %.

La intersembra como estrategia de recuperación

La incorporación de especies forrajeras a través de la intersembra, sobre praderas artificiales, se reconoce a nivel mundial como una alternativa para incrementar la producción y la calidad del forraje, no siendo recomendable en pasturas naturales por lo errático de los resultados (Miñón y Colabelli, 1993).

Para incorporar especies de leguminosas sobre praderas establecidas hay distintos métodos. Las experiencias en introducción de leguminosas en gramíneas ya establecidas indicarían que en general el laboreo o el uso de herbicidas, son métodos que reducen fuertemente la competencia, y son preferibles a la distribución de semillas al voleo con labranza cero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Se determinó el efecto de dos métodos de intersembra de leguminosas tropicales en una pastura degradada de Grama Rhodes en función de calidad, vigor y productividad, durante la etapa de implantación de la leguminosa.

Leguminosas: se utilizaron: *Stylosanthes scabra* cv. Seca (Seca); *Desmanthus virgatus* cv. Jaribu (Jaribu); *Chamaecrista rotundifolia* (Wynn Cassia) y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro (Siratro). Los tres primeros cultivares proceden de una importación de semillas de Australia y el cuarto es de producción nacional.

Se utilizaron 9 tratamientos resultantes del arreglo de cuatro especies de leguminosas y dos métodos de intersembra (MI), uno mecánico (H0) y mecánico + herbicida (H1) y un testigo (sin leguminosa, laboreo o herbicida), Cuadro 3.

Cuadro 3: Tratamientos experimentales evaluados.

Nº Tratamientos	Tratamientos	Método de Intersiembr	
1	<i>Stylosanthes scabra</i>	Mecánico y siembra	GRSe H0
2	<i>Desmanthus virgatus</i>	Mecánico y siembra	GRJa H0
3	<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Mecánico y siembra	GRWy H0
4	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Mecánico y siembra	GRSi H0
5	<i>Stylosanthes scabra</i>	Mecánico + herbicida y siembra	GRSe H1
6	<i>Desmanthus virgatus</i>	Mecánico + herbicida y siembra	GRJa H1
7	<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Mecánico + herbicida y siembra	GRWy H1
8	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Mecánico + herbicida y siembra	GRSi H1
9	Testigo	-	T

A fines de noviembre se realizó el control de los hormigueros, con un insecticida biológico y a comienzos de diciembre se realizó un corte de nivelación en la pastura hasta una altura de 18 a 20 cm, simulando un pastoreo intenso. La intersembra se efectuó con escarificación de cincel de púas y fertilización con superfosfato triple de Calcio (0, 46, 0) a razón de 100 Kg.ha⁻¹ en las líneas de la intersembra a mano, 6 Kg.ha⁻¹ de semilla sin inocular

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La magnitud de la competencia interespecífica que se manifiesta en una consociación depende de las características de las especies presentes. Esta competencia puede aparecer en mayor medida en una intersembradura donde una especie es sembrada y debe competir desde su germinación con otra que ya está establecida.

En el Cuadro 4 se muestran las escalas utilizadas en las evaluaciones en cada caso.

Cuadro 4: Escalas consideradas para las evaluaciones realizadas durante la emergencia de las leguminosas.

Observaciones	Escalas			
Vigor	Muy pobre	Pobre	Bueno	Muy bueno
Implantación	Lenta	Moderada	Rápida	Muy rápida
Capacidad para competir	Baja		Alta	

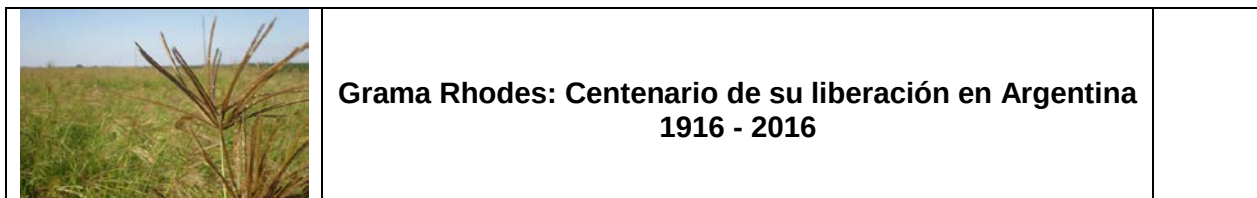
Se llevaron registros sobre los estadios fenológicos para determinar momento emergencia, floración plena y producción de semillas en forma quincenal, sobre todas las parcelas intersembradas. Se registró la incidencia de plagas y enfermedades en cada una de las leguminosas.

La siembra se realizó sin inocular y se evaluó la capacidad nodulante con cepas nativas. Se realizó la caracterización fenotípica y molecular de los rizobios que nodularon espontáneamente las cuatro leguminosas forrajeras.

A fin de evaluar la capacidad para ser utilizadas con diferidos (apta y no apta) se registró el efecto de las heladas en las cuatro leguminosas, sobre una escala de 1 a 4, (porciones de la planta afectada), Cuadro 5. Para ello se tomaron al azar 30 plantas por parcela, al día siguiente de cuatro heladas meteorológicas.

Cuadro 5: Grados de resistencia por partes afectadas de la planta.

Grados de resistencia	Proporciones afectadas	Escala
Resistente	No afectada	1
Resistencia Media	Primer tercio	2
Poco resistente	Segundo tercio	3
No resistente	Planta entera	4



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN
Producción de Materia Seca de Grama Rhodes

El efecto tratamiento fue significativo en ambas fechas, los valores de producción de Grama Rhodes en los tratamientos intersebrados fueron superiores a las parcelas correspondientes al testigo, independiente de Lg, MI y Fc (Figura 1). Los contrastes ortogonales demostraron que hubo un comportamiento diferente del testigo con las distintas combinaciones de Lg y MI.

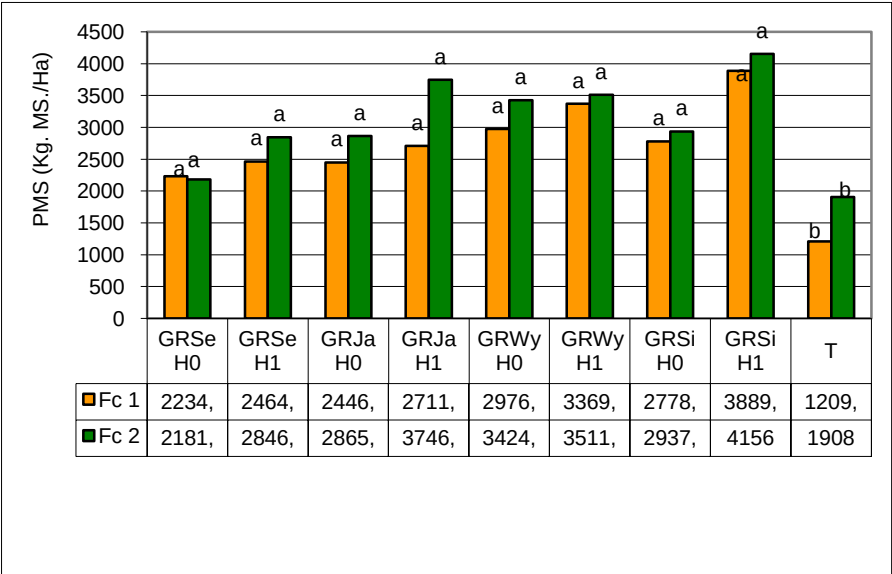
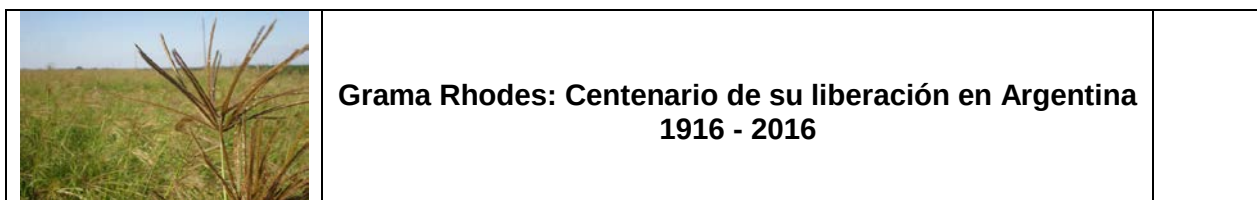


Figura 1: Producción de Materia Seca (Kg MS.ha⁻¹) de los tratamientos con el testigo, por fechas de corte.

El testigo tuvo las menores producciones de materia seca en ambas fechas. En la Fc 1, su producción fue un 68,9% menor que GRSi H1 (valor mas alto) y un 45,88% menor GRSe H0 (valor más bajo). En la Fc 2 la misma fue un 54,1% menor que GRSi H1 y un 12,6% más baja que GRSe H0.

Los datos correspondientes a las fechas de muestreo siguen un patrón lógico, la PMS de la gramínea fue mayor en el segundo muestreo, (Fc 2: 3208,7 a y Fc 1: 2858,9 b) con una diferencia entre ambas del 11%. La producción de la gramínea fue mayor en un 18% en los tratamientos H1 (3336,8 a Kg MS.ha⁻¹) con respecto a H0 (2730,7 b Kg MS.ha⁻¹). Esto indicaría un comportamiento diferencial de la gramínea en producción de biomasa aérea, en función al método de introducción de la leguminosa acompañante.



La producción de Grama Rhodes presentó valores diferentes de acuerdo a la leguminosa asociada, las mayores producciones fueron para Siratro y Wynn cassia sin presentar diferencias significativas entre ellas, y esta última no presentó diferencias con Jaribu pero si con Seca.

La interacción que presentó diferencias significativas fue Fc x Lg. En ambas fechas de muestreo, las consociaciones de Grama Rhodes con Siratro y Wynn cassia fueron las más productivas, continuaron Jaribu y Seca sin diferencias significativas entre ellas para Fc 1, (Figura 2). En Fc 2 el comportamiento de Jaribu cambió, y no presentó diferencias con Siratro y Wynn cassia pero si con Seca.

Sin considerar el corte de limpieza inicial, Grama Rhodes en la primera fecha de muestreo presentó un crecimiento entre 90% y 94% del total de materia seca producida cuando estuvo consociada con Siratro, Seca y Wynn cassia, mientras que en la asociación con Jaribu entrego el 78%. En todos los casos el crecimiento se completo en los 70 días restantes.

El comportamiento productivo de la gramínea estuvo muy relacionado con la curva de crecimiento que le es propia, donde la presencia de las leguminosas tuvo una importancia fundamental, esto se reflejó en el incremento de la productividad de la gramínea asociada, en comparación con la conservada en forma pura.

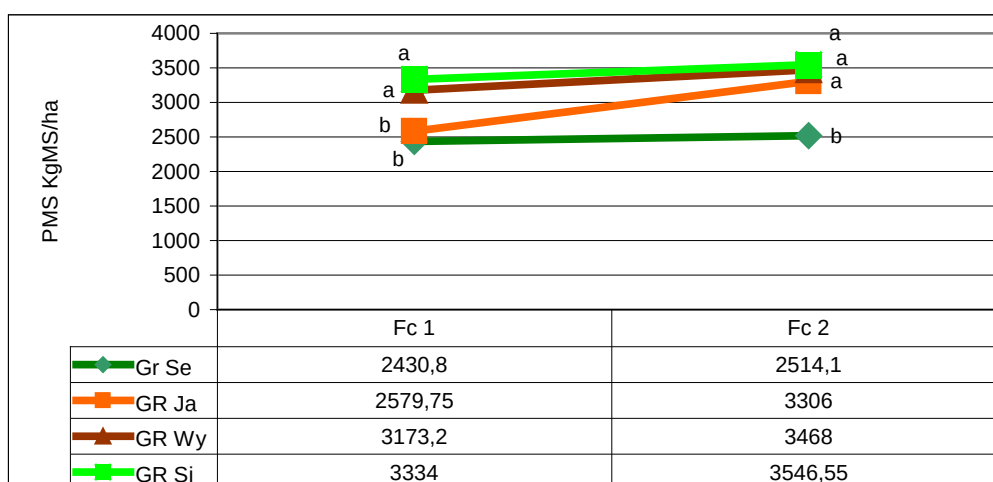


Figura 2: Producción de Materia Seca de Grama Rhodes (Kg. MS. Ha⁻¹) en la interacción leguminosa por fecha (Lg x Fc).

No se registró interacción para los factores Lg x MI, debido a que independientemente del MI, la gramínea con las diferentes leguminosas acompañantes

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

conservaron su comportamiento. Sin embargo al ser analizadas individualmente, cada Lg por MI y por Fc, presentaron diferencias significativas (Cuadro 6).

Cuadro 6: Producción de Materia Seca de Grama Rhodes (Kg MS.ha⁻¹) por leguminosa acompañante, método de intersembrado y fecha de muestreo.

	Fecha 1		Fecha 2	
	MI H0	MI H1	MI H0	MI H1
GR Se	2397,3 b*	2464,3 a	2181,9 b	2846,4a
GR Ja	2446,7 b	2712,8 a	2865,9 b	3746,2 a
GR Wy	2976,6 b	3369,9 a	3424,9 b	3511,1 a
GR Si	2778,3 b	3889,7 a	2937,2 b	4155,9 a

*Por fila, en cada fecha, letras distintas indican diferencias significativas. Prueba T ($p < 0,05\%$).

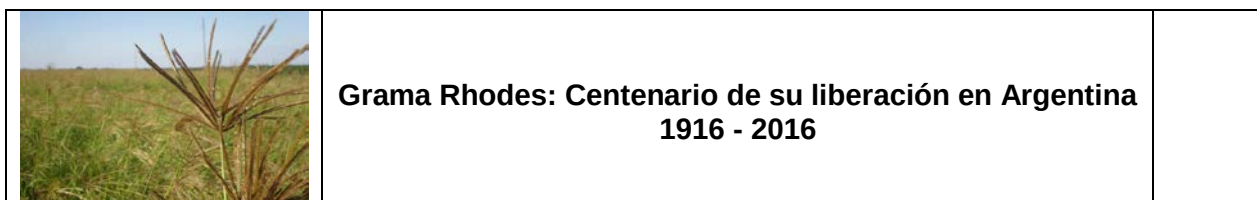
Lo que demuestra un comportamiento diferencial de la PMS de la gramínea para una misma leguminosa por método de intersembrado, con una mayor producción cuando se aplicó herbicida en la línea de siembra. En ambas fechas las intersembradas con Siratro fueron las más productivas.

Producción de Materia Seca de Leguminosas tropicales

Los datos correspondientes a las fechas de muestreo siguen un patrón lógico, las PMS de las leguminosas fueron mayores en el segundo muestreo, a los 140 días de la siembra, (Fc 2: 607,49 a Kg MS.ha⁻¹ y Fc 1: 75,52 b Kg MS.ha⁻¹). Hasta los 70 días de crecimiento, el aporte a la producción de materia seca fue del 12,43% del total.

Al analizar el efecto MI, la tendencia mayor fue para el H1, (H1: 379,11 a Kg MS.ha⁻¹ y H0: 303,89 b Kg MS.ha⁻¹). La aplicación de herbicida en la línea de siembra favoreció la producción de materia seca en un 19,8 %. Por especies, se destacó la producción de Siratro (784,77 Kg MS.ha⁻¹), con diferencias significativas con Wynn Cassia (295,82 Kg MS.ha⁻¹), Jaribu (145,98 Kg MS.ha⁻¹), y Seca (39,43 Kg MS.ha⁻¹). Estas dos últimas en promedio, presentaron producciones de materia seca correspondientes al 18% de la producción más alta, sin presentar diferencias significativas entre ellas.

Los efectos conjuntos presentaron diferencias significativas para la interacción Lg x Fc. Al separar esta interacción se observa un aumento de producción de materia seca de todas las leguminosas en la Fc 2. En el caso de Siratro la acumulación de



materia seca fue mayor que Wynn cassia, Jaribu y Seca tanto en la Fc 1 como en la Fc 2 (Figura 3).

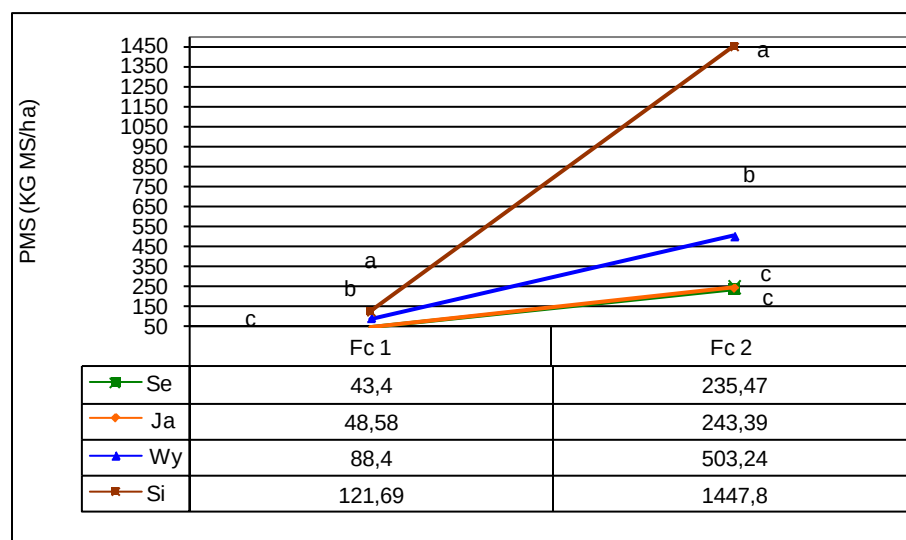


Figura 3: Producción de Materia Seca de leguminosas (Kg MS.ha⁻¹) por fecha de muestreo, (Lg x Fc).

La tasa de crecimiento diaria de MS hasta el primer corte fue pareja con producciones de 1 a 2 Kg. de MS.día⁻¹ (sin considerar el período de emergencia), entre las de mayor y menor producción. Mientras que en el segundo período, hasta los 140 días, las tasas de crecimiento diarias fueron diferentes Jaribu y Seca, 3 kg. MS.día⁻¹; Wynn cassia, 6 Kg. MS.día⁻¹ y Siratro 19 Kg. MS.día⁻¹. Los valores para leguminosa acompañante e intersembra presentaron diferencias significativas (Cuadro 7).

Cuadro 7: Producción de Materia Seca de leguminosas tropicales (Kg MS.ha⁻¹) por método de intersembra y por fecha.

Leguminosas	Fecha 1		Fecha 2	
	MI H0	MI H1	MI H0	MI H1
Seca	37,4 b*	120,3 a	196,5 b	274,5 a
Jaribu	38,4 b	58,7 a	208,9 b	277,84 a
Wynn cassia	64,3 b	112,5 a	458,7 b	547,7 a
Siratro	84,6 b	158,8 a	1345,3 b	1550,4 a

*Por fila, para una misma fecha, letras distintas indican diferencias significativas. Prueba T ($p < 0.05\%$).

La aplicación de herbicida en la banda de siembra permitió el control de la gramínea favoreció el crecimiento y desarrollo de las diferentes leguminosas, con una

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

mayor producción de materia seca en todas las leguminosas, donde se destacó Siratro por la producción alcanzada.

Las variaciones en los valores productivos presentados por las leguminosas, aparecen como la respuesta de cada especie a las condiciones particulares de la experiencia, diferencias éstas que podrán estar dadas por la adaptación de las mismas a las condiciones de estrés por competencia con la gramínea, características agroclimáticas y sistema de siembra o por otras donde prevalezca la forma y estructura de la planta y/o su hábito de crecimiento.

Producción de Materia seca de la Consociación Grama Rhodes con Leguminosas Tropicales.

Los resultados para la PMS total de las consociaciones por fechas, mostraron que en las dos fechas hubo diferencias entre tratamientos, y los contrastes ortogonales indicaron que el testigo se comportó significativamente diferente al resto de los tratamientos. Los valores de PMS de los tratamientos intersembrados fueron superiores al testigo en cualquiera de las Fc, Lg y MI utilizado (Cuadro 8).

Cuadro 8: Comparación de la PMS (Kg MS.ha⁻¹) de los tratamientos intersembrados vs. testigo y aporte de las leguminosas en Kg MS.ha⁻¹ y porcentaje, para la 1ª fecha.

Tratamientos	PMS Total Kg MS.ha ⁻¹	Aporte de leguminosas	
		Kg MS.ha ⁻¹	%
GR Si H1	4126,1 a*	158,78	3,85
GR Si H0	2962,8 a	84,605	2,85
GR Wy H1	3531,1 a	112,49	3,18
GR Wy H0	3130,3 a	64,313	2,05
GR Ja H1	2831,7 a	58,727	2,07
GR Ja H0	2771,2 a	38,426	1,39
GR Se H1	2575,2 a	52,42	2,03
GR Se H0	2495,1 a	34,37	1,37
T	1371,5 b	-	-

*En columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05\%$).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

En ambas fechas el efecto del MI fue muy marcado, los tratamientos con H1 presentaron valores de PMS superiores a los H0 y éstos al testigo. Las intersembras con Siratro fueron las más afectadas por el MI utilizado.

En la Fc 1 (Cuadro 8) realizado por las leguminosas fue inferior al 5 % del total de materia seca producida por la consociación. El testigo presentó valores inferiores en un 67% y un 45% con respecto al valor más alto (GRSI H1) y al valor más bajo (GRSe H0) de las parcelas intersembradas.

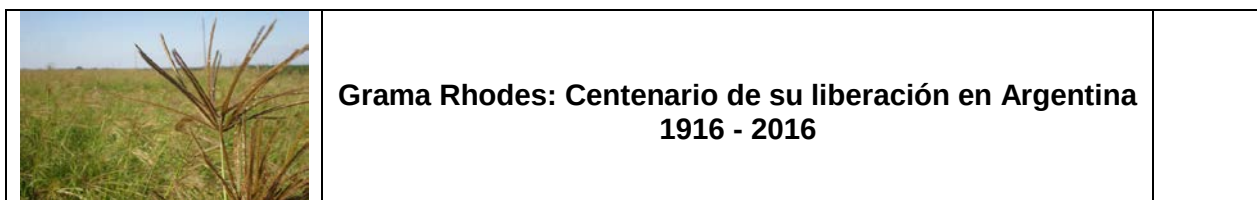
En la segunda fecha el aporte de las leguminosas fue mayor, sobre todo en las intersembras con Siratro con una participación alrededor del 28% del aporte realizado a la PMS total de la consociación, (Cuadro 9).

Cuadro 9: Comparación de la PMS (Kg MS.ha⁻¹) de los tratamientos intersembrados vs. testigo y aporte de las leguminosas en Kg MS.ha⁻¹ y porcentaje, en la 2ª fecha.

Tratamientos	PMS Total Kg MS.ha ⁻¹	Aporte de leguminosas	
		Kg MS.ha ⁻¹	%
GR Si H1	5830,80 a	1550,00	26,58
GR Si H0	4457,10 a	1345,30	30,17
GR Wy H1	4183,70 a	547,77	13,09
GR Wy H0	4024,00 a	458,72	11,40
GR Ja H1	4115,40 a	277,82	6,75
GR Ja H0	3366,80 a	208,96	6,21
GR Se H1	3214,40 a	274,47	8,53
GR Se H0	2641,90 a	196,47	7,44
T	2150,30 b	-	-

*Por columna, letras distintas indican diferencias significativas (p < 0,05%).

La PMS del testigo fue 63,12% menor que el valor más alto obtenido en la intersiembra con GrSi H1 y 18,61% menor que la producción más baja registrada en la intersiembra con GRSe H0. El aporte realizado por las leguminosas en general fue bajo, destacándose las consociaciones con Siratro con porcentajes superiores al 25 %. (Figura 4).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

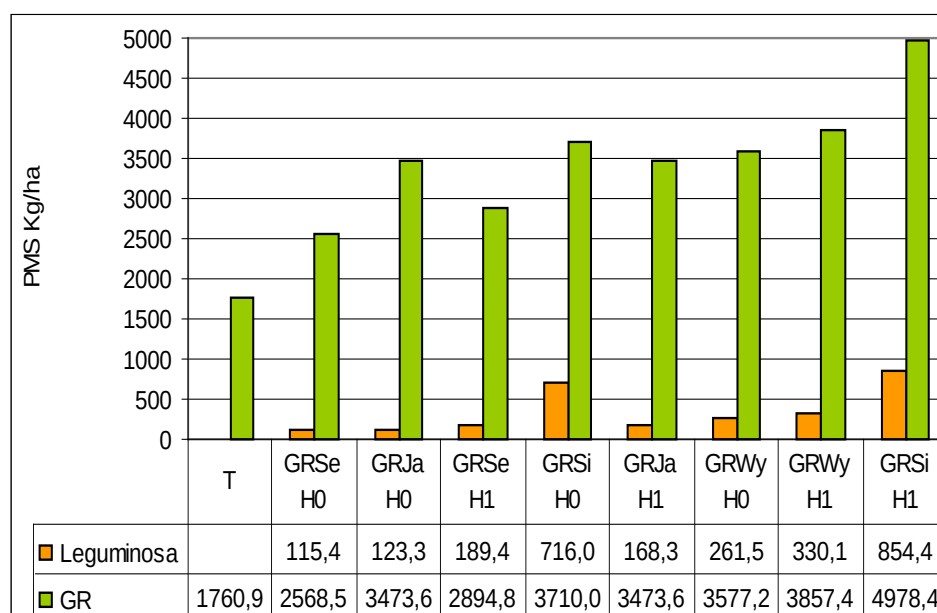


Figura 4: Producción promedio de Materia Seca de las consociaciones (y de las leguminosas subtropicales Kg MS.ha⁻¹).

Al considerar la incidencia de malezas sobre la producción total de biomasa, se observa en las dos fechas que su participación fue menor en todos los tratamientos consociados (Cuadro 10) en relación con el testigo y a su vez las intersebradas con H1 presentaron valores más bajos, que H0. En las leguminosas Wynn cassia, Jaribu y Siratro se presentaron los menores contenidos de malezas.

Cuadro 10: Incidencia de malezas (%) en la producción de materia seca total de la consociación para ambas fechas.

Tratamientos	Contenido de malezas %	
	Fecha 1	Fecha 2
GR Si H1	1,88 a	2,13 a
GR Si H0	3,37 a	3,92 a
GR Wy H1	1,37 a	2,98 a
GR Wy H0	2,85 a	3,49 a
GR Ja H1	2,18 a	2,22 a
GR Ja H0	2,11 a	2,79 a
GR Se H1	8,11 a	9,08 a
GR Se H0	9,07 a	9,17 a
T	11,84 b	11,29 b

Por columna, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05\%$).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Para fechas de muestreo: Fc 2: 3979,30 a > Fc 1: 3052,90 b con una diferencia entre ambas del 23% Para MI, H1: 3801,00 a > H0: 3231,20 b Kg de MS.ha⁻¹ con una diferencia del 15%. Para las leguminosas acompañantes fueron, Siratro: 4344,20 a > Wynn cassia: 3717,00 b > Jaribu: 3271,00 c > Seca: 2731,00 d. El comportamiento no fue independiente de las fechas de corte. Para Fc 1 la diferencia en PMS entre la producción máxima y mínima fue 28%, mientras en Fc 2 la diferencia se amplió a un 59%, dado principalmente por el fuerte incremento en producción de Siratro, Figura 5.

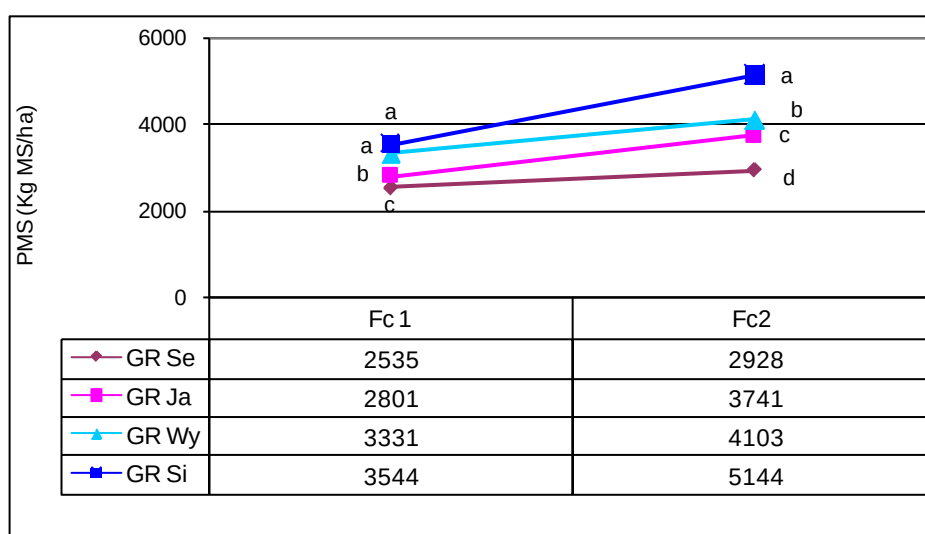


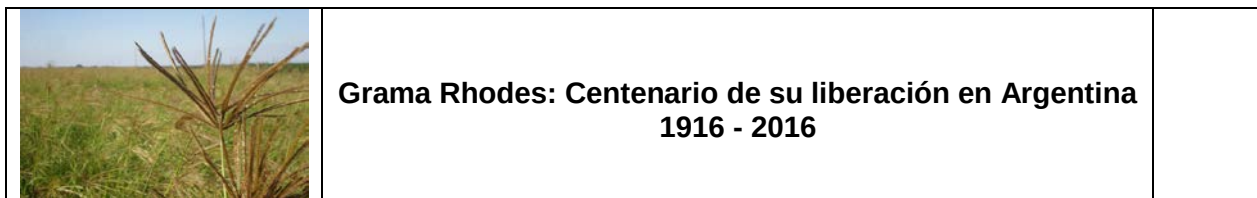
Figura 5: Producción de Materia Seca de la consociación (Kg MS.ha⁻¹) para la interacción leguminosa - fechas (Lg x Fc).

El análisis de los resultados por consociaciones es similar al de la gramínea por ser ésta la que realizó el mayor aporte en la consociación. El comportamiento de la consociación por leguminosa acompañante no fue independiente del método de interseembra, (Cuadro 11).

Cuadro 11: Producción de Materia Seca de la consociación (Kg MS.ha⁻¹) por leguminosa acompañante y método de interseembra para ambas fechas de corte.

Grama Rhodes	Fecha 1		Fecha 2	
	MI H0	MI H1	MI H0	MI H1
GR Se	2495,10 b*	2575,10 a	2641,90 b	3214,4 a
GR Ja	2771,20 b	2831,15 a	3366,80 b	4115,4 a
GR Wy	3130,30 b	3531,10 a	4023,90 b	4183,6 a
GR Si	2962,40 b	4126,10 a	4457,20 b	5830,9 a

*Por fila, para cada fecha, letras distintas indican diferencias significativas. Prueba T (p < 0,05%).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**

La PMS de la consociación para todas las leguminosas acompañantes fue mayor con el método de intersembra donde se aplicó herbicida en la línea de siembra. La incidencia de malezas fue en general escaso en los dos cortes, sin provocar cambios importantes en los resultados de producción total de materia seca.

Los aportes realizados directamente por las leguminosas a la producción de materia seca total, a excepción de Siratro fueron bajos. Pero al comparar los valores productivos alcanzados por la gramínea consociada y la conservada en forma pura, se observa un aporte indirecto de la presencia de la leguminosa que recrea condiciones favorables para que la gramínea pueda expresar un mayor potencial productivo.

Componentes de Rendimiento.

Relación Hoja/Tallo de Grama Rhodes.

El testigo tuvo los menores valores para esta relación, Figura 6. En la primera fecha, no presentó diferencias entre el testigo y los otros tratamientos, lo que sí ocurrió en la segunda fecha.

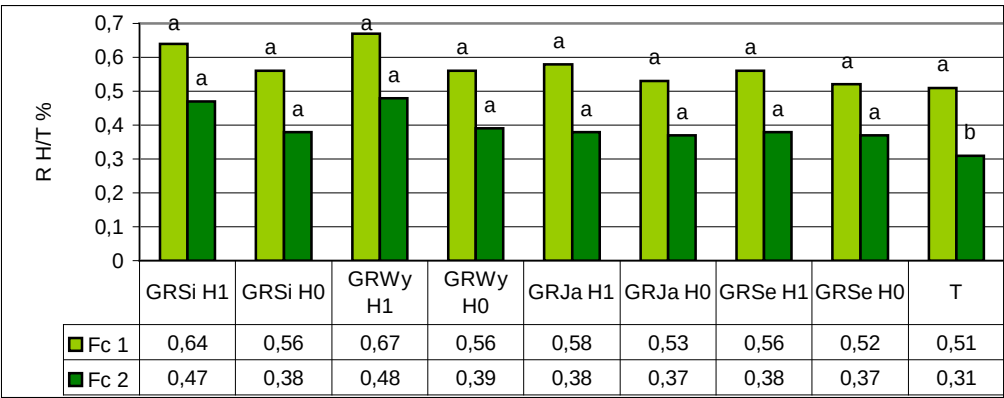


Figura 6: Relación Hoja/Tallo (%) de grama Rhodes cv. Común o Pioneer por tratamiento y fecha de muestreo.

En fechas los mayores valores fueron para el primer corte (0,58 a) y con una disminución (0,40 b) conforme avanza el período de crecimiento de la planta, pues el tallo cada vez hace un mayor aporte al peso de la biomasa total. Esta relación tuvo un comportamiento diferencial con el método de intersembra empleado, H1 (0,52 a) y H0 (0,46 b), con una diferencia del 12% para el método con aplicación de herbicida.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Por leguminosas acompañantes, esta relación fue mayor en las parcelas de grama Rhodes con Wynn Cassia y Siratro y los menores valores los presentaron con Jaribu y Seca, existiendo diferencias entre estos dos grupos.

Determinación de Proteína Bruta para grama Rhodes En planta entera

Los análisis estadísticos, presentaron diferencias significativas para el efecto tratamiento en ambas fechas y el contraste ortogonal se presenta en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Resultados del contraste ortogonal para contenido de proteína bruta en planta entera de grama Rhodes.

Tratamientos	Fecha 1	Fecha 2
Consociaciones	7.27 a*	6.36 a
Testigo	5.68 b	4.56 b

*Por columnas, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

El testigo presentó una diferencia promedio de 31,1% y del 17,58% con respecto al valor promedio del tratamiento más alto y más bajo respectivamente. Se resalta que en la segunda fecha de muestreo las diferencias se acentúan con respecto al testigo. Las intersembras realizadas con aplicación de herbicida, en ambas fechas, tuvieron una diferencia de alrededor de un punto con respecto a los tratamientos sin aplicación de herbicida.

El contenido de proteína fue superior en la primera fecha, (Fc 1: 7,27 a y Fc 2: 6,24 b). Por MI, H1 con un 7,19 a fue mayor al H0: 6,32 b, en un 12,10%.

La gramínea, presentó un comportamiento diferente de acuerdo a la leguminosa acompañante con la que estuvo intersembrada. La interacción que presentó diferencias significativas fue la de MI x Fc. En las dos fechas evaluadas, las intersembras realizadas con el H1 presentaron los valores más altos, (Cuadro 13).

Cuadro 13: Contenido de Proteína Bruta (%) en planta entera de grama Rhodes por método de interseembra y fechas de muestreo.

Métodos de Interseembra	Fecha 1	Fecha 2
Con aplicación de Herbicida	7,67 a*	6,71 a
Sin aplicación de herbicida	6,87 b	5,78 b

*Por columnas, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La pérdida de calidad de la gramínea dada por el menor contenido proteico fue mayor en los tratamientos con H0 (15,87%) que en los tratamientos con H1 (12,52%).

En Hoja.

El testigo presentó en promedio, un valor que fue menor en un 33,61% del valor más alto (GRSi H1) y un 20,41% del valor más bajo de las parcelas intersembradas (GRSe H0).

En Fc se destacó la primera fecha (Fc 1: 8,31 a y Fc 2: 6,94 b). Por MI se destacó el H1 con un contenido de proteína superior en un 10%, (H1: 804 a y H0: 7,21 b).

Por leguminosa acompañante Siratro y Wynn cassia no presentaron diferencias entre ellas pero si con Jaribu y Seca que tuvieron un comportamiento similar.

Densidad Leguminosas Tropicales.

Al considerar los resultados de densidad, los efectos simples significativos fueron MI y Lg, con un comportamiento diferente. El MI con aplicación de herbicida, tuvo la mayor cantidad de plantas logradas, (H1: 33,92 a y H0: 22,19 b). Por leguminosas evaluadas se destacó significativamente Seca (Figura 7).

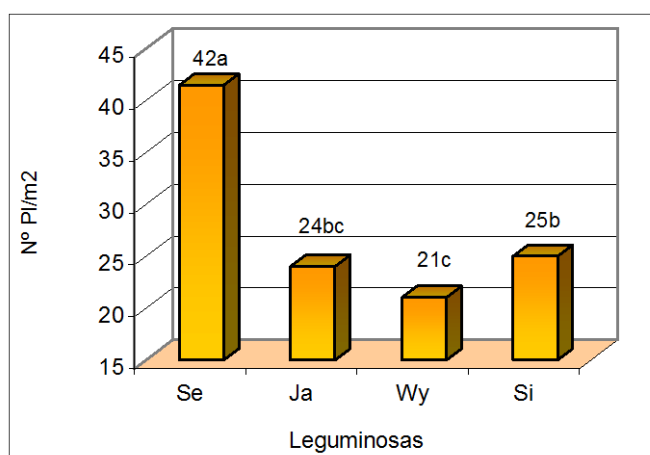


Figura 7: Valores de densidad (Nº PI./m²) para las leguminosas evaluadas.

Al separar método de intersiembra por fechas, el tratamiento H1 fue el que presentó la mayor densidad de plantas durante todo el período evaluado, en la primera

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

fecha mostró el 83% de la mayor emergencia, mientras que el tratamiento H0 solo lo hizo en un 64%. En la segunda fecha, el tratamiento H1 incrementó la cantidad de plantas en un 17% lo que no ocurrió con H0.

El comportamiento de las leguminosas a través del tiempo mostró que Seca, Siratro y Wynn cassia incrementaron su número hasta la segunda fecha, entre un 9 y 22% según la especie. Jaribu tuvo un comportamiento inverso, ya que disminuyó su densidad en alrededor de un 15 % hasta la segunda fecha de observación.

FRECUENCIA LEGUMINOSAS TROPICALES.

Los resultados de frecuencia de aparición de las leguminosas, que se relaciona con la uniformidad de la emergencia en las parcelas, muestran dos grupos diferenciados estadísticamente. El primero integrado por Siratro y Seca con una presencia mayor al 75%, y el segundo conformado por Wynn cassia y Jaribu con valores menores al 70%.

Al considerar el MI, el tratamiento con herbicida mostró una mayor distribución de plantas que el tratamiento sin herbicida (H1: 79,45 a y H0: 67,05 b).

Al analizar la frecuencia entre las fechas de observación, hubo un incremento en la aparición de plantas del 68% (b) en la primera, al 76% (a) en la segunda fecha.

Los resultados de la interacción doble (MI x Fco), muestran que no existieron diferencias significativas entre los métodos de intersembra en la primera fecha. Sin embargo en el tratamiento H1 la uniformidad en la distribución de plantas se incrementó en un 12% en la segunda fecha de observación

Al particionar la interacción entre Fco x Lg, Seca y Wynn cassia se mantuvieron en las mismas zonas de emergencia inicial, mientras que Siratro y Jaribu (este en menor proporción) colonizaron otras áreas (Fotos 1, 2, 3 ayb).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 1: Línea de siembra de Seca en Grama Rhodes



Foto 2: Línea de siembra de Wynn cassia en Grama Rhodes

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 3: 3.a- Intersiembra de Siratro en Grama Rhodes. **3.b-** Plantas de Desmanthus en Grama Rhodes

Cobertura Leguminosas Tropicales.

El análisis de la cobertura para las diferentes leguminosas presentó diferencias para todos los efectos simples. Los valores de cobertura aumentaron a medida que transcurría el tiempo (Fc 1: 17,60 c, Fc 2: 26,72 b y Fc 3: 42,13 a). Al considerar MI, el tratamiento con herbicida presentó 23,5% más de cobertura con respecto al tratamiento sin herbicida (H1: 32,66 a: H0: 24,97 b). Con la aplicación de herbicida en banda, se controló la competencia de la gramínea, permitiendo el crecimiento de plantas vigorosas, con mayor cobertura.

Entre las leguminosas, Siratro (34,79%) fue la que presentó mayor cobertura, seguido por Wynn cassia (28,12%), Seca (27,98%) y Jaribu (24,38), lo que podría estar relacionado al hábito de crecimiento característico de cada especie.

Las interacciones dobles que mostraron diferencias significativas fueron Lg x Fco y Lg x MI. Hubo interacción Lg x Fco porque el comportamiento de las distintas



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

leguminosas con respecto a la cobertura (%) no fue independiente de la fecha, Seca, Jaribu y Wynn cassia mostraron el 51%, 53% y 41% de la cobertura final, mientras que Siratro solo expresó el 29% de la cobertura total.

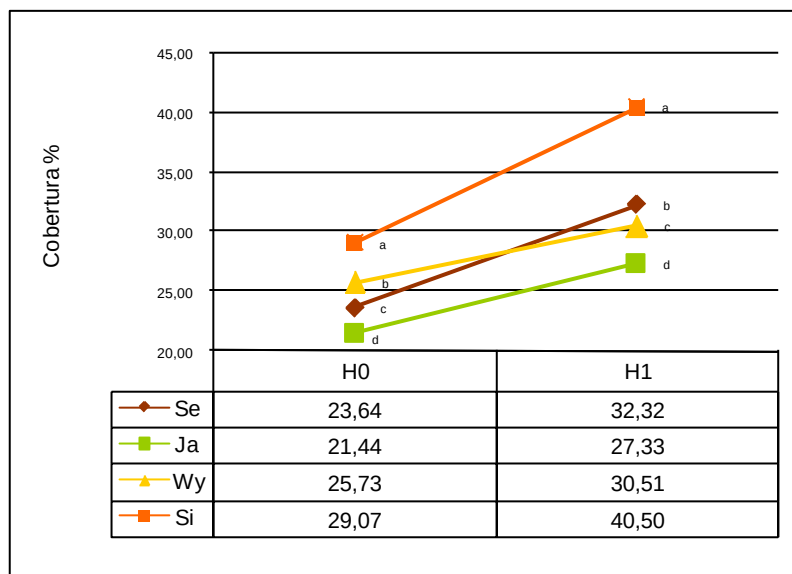


Figura 8: Cobertura de leguminosas subtropicales (%) en la interacción leguminosas - método de intersemebra (Lg x MI).

En la interacción Lg x MI (Figura 8), sobresalió Siratro con la mayor cobertura en ambos MI, con una diferencia del 28.23% de cobertura entre los métodos. La interacción se produce entre las leguminosas que aparecen en segundo y tercer lugar en uno y otro MI. La cobertura con la aplicación de herbicida (tratamiento H1) permitió a todas las leguminosas presentar una mayor cobertura la que varió entre un 28% y un 16% dependiendo de cual se tratara.

EN LEGUMINOSAS TROPICALES.

Emergencia.

Se destacó por densidad Seca, pero con plantas muy pequeñas que tardaron en crecer. Un comportamiento similar tuvo Jaribu, se diferenciaron de Wynn cassia y Siratro con un menor número de plantas pero más vigorosas y de crecimiento rápido. (Cuadro 14).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 14: Evaluación de emergencia en leguminosas tropicales a los 30 días de la siembra.

Especie	Vigor	Implantación	Capacidad competición	Densidad Nº pl.m ²⁻¹	Pl.100 semillas ⁻¹ (%)
Seca	Pobre	Lenta	Baja	37,33 a*	19,34 a
Jaribu	Pobre	Moderada	Baja	27,17 b	15,40 c
Wynn cassia	Bueno	Rápida	Alta	20,33 c	13,37 d
Siratro	Bueno	Muy Rápida	Alta	21,33 c	18,71 b

*Por columnas, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05\%$).

Características Fenológicas

La primera en florecer fue Wynn Cassia, luego Siratro y Jaribu. La floración en todas ellas fue muy abundante con gran producción de semillas, (Cuadro 15) (Fotos 4, 5 ayb)

Cuadro 15: Floración y producción de semilla en cuatro leguminosas tropicales.

Leguminosas	Floración (días de la siembra)	Producción de semillas
Seca	No presentó	No presentó
Jaribu	90	Si presentó
Wynn Cassia	60	Si presentó
Siratro	70	Si presentó



Foto 4: Inflorescencia y vainas de Jaribu

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 5: 5.a- Inflorescencia de Siratro **5.b-** Inflorescencia y vainas de Wynn cassia

Nodulación.

Los resultados obtenidos indican que las cuatro leguminosas nodulan espontáneamente con cepas nativas de la zona (Pedraza *et al.*, 2001). El resultado del estudio fenotípico de los nódulos se presenta en el Cuadro 16.

Cuadro 16: Evaluación de la nodulación producida por 5 aislamientos rhizobianos en 4 leguminosas forrajeras (Pedraza *et al.*, 2001).

Forrajera	Nodulación Nódulos.planta ⁻¹	Tamaño* Mm	Color	Forma	Ubicación
Wynn Cassia	Buena (21-30)	2,2	Rosado oscuro	Esferoidal	Raíz principal
Seca**	Pobre (5-10)	1,3	Rosado oscuro	Esferoidal	Raíz principal
Seca**	Buena (21-30)	2,3	Rosado oscuro	Esferoidal	Raíz principal
Jaribu	Regular (11-20)	1,5	Rosado claro	Esferoidal	Raíz principal
Siratro	Buena (21-30)	2,0	Rosado oscuro	Irregular	Raíz principal

*: Valor promedio de 25 nódulos. **: Corresponden a aislamientos distintos a partir de una misma especie forrajera, debido a la diferencia de coloración de las colonias observada en el primer aislamiento.

Además se pudo observar que la nodulación estuvo influenciada por el método de intersembra (Cuadro 17), siendo mayor con H1 (Roncedo y Pérez, 1999).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 17: Influencia del Método de Intersiembra sobre la nodulación en raíces principales y secundarias. (Roncedo y Pérez, 1999).

Método de Intersiembra	Nodulación (Nº de nódulos)	
	Raíz Principal	Raíz Secundaria
Con herbicida	74,050 a*	156,22 a
Sin Herbicida	46,950 b	84,783 b

*En columnas, letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,01$).

La nodulación en todos los casos fue mayor en los tratamientos con aplicación de herbicida en banda de siembra. Al realizar el aislamiento de rhizobios provenientes de las distintas forrajeras, se observó que las colonias desarrollaron a 30° C en medio YEM al cabo de 24 - 48 hs. Estos datos permitieron inferir que los aislamientos corresponden a representantes de la familia *Rhizobiaceae* y al grupo de rhizobios de crecimiento rápido. De los numerosos aislamientos bacterianos obtenidos de cada especie forrajera, se decidió tomar uno de cada especie para colonias observada en el primer aislamiento. En el caso de Seca, se distinguieron 2 tipos de colonias, unas translúcidas - brillosas, y otras translúcidas - opacas. Tanto éstas, como las colonias de los otros aislamientos resultaron ser gomosas. En cuanto a los aislamientos provenientes de Jaribu; Wynn Cassia y Siratro, no se observaron diferencias entre el tipo de colonias.

Los resultados obtenidos en el análisis de resistencia intrínseca a 4 antibióticos, indican un comportamiento ligeramente diferente entre algunas cepas, mientras que entre otras se trataría de cepas similares. Del estudio de los polimorfismos de ADN genómico amplificados al azar con "primers" de decanucleótidos, se vio que los 5 aislamientos corresponden a cepas diferentes, aunque con mayor o menor grado de similitud entre ellas.

Ninguna de las leguminosas evaluadas fueron resistentes a las heladas severas de nuestra región, solo Siratro y Jaribu presentaron algunas partes verdes en las zonas más protegidas. Se destacó el uso de Wynn Cassia como rastrojo por sus cualidades de mantener una buena estructura de planta, con hojas bien adheridas las cuales persistieron aun con sacudidas fuertes, una vez helada.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

DISCUSION

A través de la intersembra de diferentes leguminosas (efecto de remoción y leguminosa) con o sin la aplicación de herbicida, se lograron producciones de materia seca de la gramínea superiores a la producción del testigo, en las fechas consideradas. La entrega de materia seca de grama Rhodes presentó un comportamiento diferente. Los tratamientos con intersembra concentraron su producción de materia seca durante los primeros 70 días expresando el 76,7% de la producción total obtenida; en cambio el testigo para la misma fecha tuvo un 13% menos. Podemos atribuir este comportamiento a la presencia de la leguminosa a través de FBN.

La velocidad de crecimiento de grama Rhodes consociada también presentó diferencias por leguminosa acompañante. En las intersembra con Siratro y Wynn cassia, la gramínea a los 70 días de crecimiento, expresó entre 90 y 94 % de su rendimiento total en MS. En intersembra con Jaribu el aporte de la gramínea en ese momento solo llegó al 78% de la MS total, debido en principio al lento establecimiento de esta leguminosa. En el caso de Seca el comportamiento fue intermedio, ya que su establecimiento fue lento y la gramínea expresó casi toda su producción.

De esta manera se podrían trazar diferentes estrategias de uso de la consociación en el tiempo buscando hacer más eficiente el uso de la gramínea, sin afectar la implantación de la leguminosa. Las consociaciones con Siratro y Winn cassia pueden comenzarse a utilizar a partir de los 70 días. En cambio a Jaribu habría que darle un mayor tiempo para comenzar el pastoreo debido a que es muy apetecible en estado verde. En el caso de Seca la baja preferencia en verde por parte del animal permitiría la utilización de grama Rhodes a partir de los 70 días pero a través de un uso restringido.

El uso del herbicida en la implantación de las leguminosas, independientemente de la especie, favoreció la mayor producción de materia seca en grama Rhodes. Esta situación también se presenta en la leguminosa, lo que permitiría inferir que al brindársele un ambiente favorable en la implantación, nodulación y FBN eficiente se vería beneficiada la gramínea con un aporte extra de nitrógeno.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La relación H/T de la gramínea en las parcelas testigo fue inferior a la obtenida en las parcelas intersembradas en la segunda fecha de muestreo, mejora que sería explicada por la presencia de la leguminosa en la consociación.

Las intersembras con Wynn cassia y Siratro favorecieron la relación H/T de la gramínea en un 27%. Esto constituye un aporte interesante en el comportamiento ingestivo y nutritivo, por ser las hojas la parte más consumida y de mayor calidad para los animales.

El contenido de PB en planta entera de grama Rhodes en las parcelas intersembradas, fue superior al testigo en un 24.3% en promedio. Este comportamiento es coincidente con la bibliografía donde se indica que la leguminosa mejora indirectamente la calidad de la gramínea a la cual se encuentra asociada; aunque con resultados muy variables.

El contenido de PB de la gramínea en las intersembras realizadas con aplicación de herbicida fue superior en un 12% a las consociaciones sin aplicación de herbicida. Esto estaría relacionado con el mayor aporte de nitrógeno por parte de la leguminosa y la mejor nutrición de la gramínea.

El contenido de PB en hojas de grama Rhodes también fue mayor en las diferentes parcelas intersembradas, destacándose las consociaciones con Siratro y Wynn cassia. La caída del contenido proteico entre fechas fue mayor en el testigo (24.4%), mientras que en las consociaciones de Siratro y Wynn cassia esa merma fue del 15.8 y 16.03%. Las intersembras tuvieron una mejor calidad y la mantuvieron a lo largo de la estación de crecimiento (Fotos 6, 7, 8 ayb).



**Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina
1916 - 2016**



Foto 6: Intersiembra de Siratro en Grama Rhodes



Foto 7: Intersiembra de Wynn Cassia en Grama Rhodes

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	



Foto 8: **8.a-** Intersiembra de Seca en Grama Rhodes **8.b-** Intersiembra de Jaribu en Grama Rhodes.

En la producción animal existen atributos de la pastura que son muy importantes y que hacen directamente a la eficiencia de la productividad final del sistema. La producción de biomasa vegetal, la relación H/T y el contenido proteico en planta y hojas de la gramínea son algunos de ellos y están fuertemente relacionados con la respuesta animal.

En todos estos aspectos la realización de una intersiembra con leguminosas tropicales fue exitosa, aunque debería tenerse presente la leguminosa a utilizar en la consociación y el método de intersiembra para la incorporación optando por la aplicación de herbicida en banda de siembra.

El comportamiento de las leguminosas utilizadas en el ensayo fue diferente en cuanto al número de plantas, frecuencia, cobertura y producción de biomasa total, lo que podría representar una diferente estrategia de adaptación a las condiciones del microambiente establecido sobre la gramínea de las características de Grama Rhodes.

En todas las leguminosas intersembradas la emergencia fue óptima en correspondencia con la calidad de la semilla sembrada y expresada en plantas por

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

cada 100 semillas. Se obtuvieron entre 20 y 40 plantas.m⁻². En general no existe una escala definida para calificar la densidad óptima en el primer año de la siembra.

El incremento en el numero de plantas observado en Seca, Siratro y Wynn cassia, desde el primer muestreo hasta los 60 días se debió posiblemente a la presencia de semillas duras, característica bastante frecuente en estas leguminosas.

Si bien Seca tuvo la mayor cantidad de plantas.m⁻² presentó plántulas poco vigorosas al igual que Jaribu, coincidente con una implantación lenta a moderada, respectivamente, y una baja capacidad para competir con la gramínea y la maleza presentes en la intersiembra.

Siratro y Wynn cassia presentaron plantas vigorosas y de rápida implantación con una alta resistencia inicial al estrés provocado por la competencia con la gramínea. El MI utilizado fue determinante en el incremento de la densidad de plantas logradas en las distintas leguminosas. La aplicación del herbicida favoreció la obtención de una banda de siembra libre de vegetación en el momento de la emergencia, lo que permitió un incremento del 34.58 % en el número de plantas logradas.

La distribución espacial de las leguminosas en las parcelas experimentales superior al 65%, se consideró adecuada y se vio favorecida por el MI H1 sobre todo a partir de la segunda fecha de observación. Siratro y Jaribu tuvieron un avance en la distribución espacial colonizando otras zonas hasta los 60 días de la siembra, momento a partir del cual no se esperaba un incremento en la emergencia.

La cobertura inicial fue baja para mejorar al avanzar la estación de crecimiento; a los 60 días se tuvo una cobertura entre 30 y 40 %. Las diferencias en cobertura entre las cuatro leguminosas responden fundamentalmente al distinto hábito de crecimiento. Siratro al presentar tallos rastreros de crecimiento indeterminado, pudo trepar rápidamente usando como soporte a la gramínea y a partir de allí continuar su expansión, alcanzando la mayor cobertura en ambos MI. Wynn cassia al presentar tallos de tipo postrados a semipostrados que se irradian horizontalmente de un tallo central a una altura aproximada de 25 cm del suelo, sus ramificaciones se intercalaron entre el follaje de la gramínea, lo que le permitió tener una buena adaptación a esta técnica de recuperación.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Las otras dos leguminosas al ser de tipo subarborescentes, de porte erecto y de crecimiento lento. Seca puede llegar a los 2 m de altura, con matas bien densas cuando se desarrolla plenamente y Jaribu puede presentar una altura entre 2 y 3 m. En ambas leguminosas, la competencia inicial provocó un estrés evidenciado en el menor crecimiento para superar a la gramínea. Sin embargo, Jaribu hacia al final de la estación de crecimiento, logró superar a la gramínea y aumentar su volumen con rapidez.

En la leguminosa, la aplicación de herbicida en línea de siembra permitió obtener plantas con una mayor cobertura, debido a que pudieron tener un mayor crecimiento en volumen, independiente de la gramínea. En este sentido Rodríguez *et al.*, (2000) indicaron que la aplicación de glifosato como herbicida en línea de siembra, tuvo un efecto promotor sobre la producción de macollos presentando plantas de festuca de mayor tamaño y cobertura.

La siembra se realizó sin inocular aunque la bibliografía menciona la especificidad de algunas de ellas como Jaribu, Siratro y Seca con cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. Pueden comportarse como promiscuas con cepas nativas del suelo. En el caso de Wynn cassia no se hace mención a la necesidad de inocular. Las cuatro leguminosas forrajeras nodularon espontáneamente con cepas de *rhizobium* nativos.

Por otro lado la nodulación fue influenciada por el MI siendo mayor con el método con aplicación de herbicida. Es decir que la aplicación de un herbicida, de las características del glifosato, que altera los centros de crecimiento de la planta con la que se pone en contacto y la porción del herbicida que no impacta en el follaje se inactiva inmediatamente y se descompone rápidamente en sustancias no fitotóxicas, permitió controlar la competencia con la gramínea preestablecida dejando un ambiente propicio para el crecimiento del cultivo, y su nodulación.

La PMS de las leguminosas en general fue baja, se destacó Siratro en el aporte de MS a la consociación. El uso de las leguminosas tropicales dentro de la producción pecuaria, tiene múltiples efectos, por un lado se desempeña como un buen complemento de la gramínea mejorando su calidad conformando una ración mejor balanceada para el animal, con ganancias de un 30 % superior en consociaciones de gramínea - leguminosa que en pasturas puras de gramíneas, aunque en general su

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

aporte en materia seca es bajo. Además las leguminosas tropicales, potencian la productividad de la gramínea, mejoran la calidad del suelo, por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y a través del aporte de M O ya que las leguminosas son de mejor calidad y su tasa de descomposición es mayor, obteniéndose de esta forma una tasa de mineralización más efectiva acompañando de una mejora en la relación C:N. Es por esto que las leguminosas son especies de gran importancia en los ecosistemas, porque permiten la sustentabilidad de éstos a través del tiempo (Espinosa y col., 2001).

En general estas leguminosas se mostraron resistentes y vigorosas a la incidencia de plagas y enfermedades, con incidentes menores de los que se recuperaron sin realizar ningún control químico.

Las características propias de cada leguminosa marcaron un comportamiento diferencial, lo que a modo de resumen se presenta a continuación:

Siratiro con plántulas vigorosas, con un período de emergencia prolongado, cuenta con un hábito de crecimiento que le permitió crecer y desarrollarse por encima de la gramínea. Mientras las condiciones ambientales sean las adecuadas esta leguminosa presenta un crecimiento indeterminado, con una mayor productividad en cantidad de biomasa total.

Wynn cassia presentó como característica mas destacada la de presentar un crecimiento rápido, donde a los 90 días de la siembra se manifestaba el estadio de semillazón por lo tanto podría ser recomendada para regiones con heladas tempranas, donde es necesario asegurar una buena producción de semillas, con características que le permitiría ser utilizada como diferido después de las heladas.

En el caso de Jaribu y Seca la bibliografía las muestra como buenos recursos para las condiciones agroecológicas de la región, en la situación particular de este ensayo sus desempeños no fueron destacados, por lo que sería necesario continuar su evaluación en diferentes condiciones y estrategias técnicas de utilización.

El desempeño de estas leguminosas tropicales estuvo acorde a las expectativas planteadas, sobre todo para tres de ellas. El comportamiento diferencial de cada leguminosa permitirá definir condiciones y técnicas de manejo adecuadas para su utilización en la recuperación de pasturas degradadas.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los valores de producción obtenidos en los tratamientos consociados fueron superiores al testigo. Asimismo, dentro de las consociaciones los mayores aportes de MS fueron para el método de intersembra con aplicación de herbicida en banda que presentó un incremento del 15% con respecto al método sin aplicación de herbicida. Se destaca en la consociación con Siratro, la influencia contrastante sobre el rendimiento de MS cuando se sembró con herbicida (4978,40 Kg. MS.ha⁻¹) y sin herbicida (3709,95 Kg. MS.ha⁻¹).

Estos resultados demuestran que la intersembra de las leguminosas, tiene mayor probabilidad de éxito si se controla la competencia con la gramínea. Sin embargo, debido a las diferencias encontradas entre leguminosas en la etapa del establecimiento, es necesario considerar la aptitud para competir con la gramínea y / o malezas (medido a través del vigor, cobertura, densidad y producción), utilizando la ventaja dada por la aplicación del herbicida.

En el primer muestreo (a los 70 días), la PMS de la gramínea intersemebrada tuvo un gran incremento con respecto al testigo (48%), lo que podría deberse al aporte de nitrógeno realizado por las leguminosas, aunque durante esa etapa el aporte de la leguminosa a la materia seca total sea bajo (5%). La nodulación efectiva (donde la fijación de nitrógeno es máxima) se manifiesta con mayor intensidad al comienzo del ciclo vegetativo de las leguminosas desde los 16 hasta los 44 días de edad de las plantas para decrecer luego.

La intersembra tuvo un efecto importante en el control de malezas, debido a dos efectos el ejercido directamente por el herbicida en la banda de siembra y el vigor de la plántula para establecerse, sobre todo en el caso de Siratro y Wynn cassia. En el testigo la menor presencia de malezas entre el inicio y fin del ensayo, pudo deberse a un efecto de clausura, donde la gramínea (C4) fue mucho más eficiente en el uso de los recursos disponibles para competir con las malezas que en su gran mayoría son C3.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Ellies, A.; C. Ramírez; R. Mac Donald y H. Figueroa.** 1991. Efecto de la compactación de suelos volcánicos sobre el crecimiento radicular de hierbas forrajeras. *Ciencias del suelo* Vol. 9 N° 1-2: 5-12.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

2. **Espinoza, F, Argenti, P.; Gil, J.; León, L y Perdomo, E.** 2001. Evaluación de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Rev. Zootecnia Tropical* 19 (1): 59–71.
3. **Griffith, D. R.; J. V. Mannering y W. C. Moldenhauer.** 1977. Conservation tillage in the Eastern corn Belt. *Journal of soil and water conservation* 32:20-28.
4. **Miñon, D. P. y M. R. Colabelli.** 1993. Intersiembra de *Lotus tenuis* en tres comunidades nativas de la Pampa Deprimida. *Rev. Prod. Anim.* Vol. 13 Nº 2: 133-140.
5. **Myers, R. J. K. y G. B. Robbins.** 1991. Sustaining productive pastures in the tropics. 5 Maintaining productive sown grass pasture. *Tropical Grasslands* Vol. 25: 104 - 110.
6. **Pedraza, R.; C. S. Roncedo; S. Carrizo de Bellone; C. H. Bellone y H. E. Pérez.** 2001. Diferenciación de rhizobios nativos que nodulan cuatro leguminosas forrajeras en Tucumán, Argentina. *Ciencia del Suelo* Vol. 19 (1): 77-81
7. **Rodríguez, A.; E. Jacobo; J. L. Rossi y V. A. Deregibus.** 2000. Intersiembra de festuca en el pastizal de la depresión del Salado: efectos de la aplicación de herbicidas y fertilizantes como prácticas para mejorar la implantación. En: Memorias de la 26 Reunión Latinoamericana de Producción Animal Uruguay. 2000. Soporte informático.
8. **Roncedo, C. S. y H. E. Pérez.** 1999. Influencia de la aplicación de glifosato en banda en el momento de la siembra sobre la nodulación de leguminosas tropicales intersembradas sobre una pastura de gramínea. Memorias de las Terceras Jornadas Regionales de Información Científico - Técnicas de las Facultades de Ciencias Agrarias. Universidad Autónoma Tomás Frías - Proyecto AUTAPO - DFID. Potosí. Bolivia.
9. **Salinas, J. G.** 1982. Muestreo de suelo y tejido vegetal en los ensayos regionales A y B. En: Manual para la evaluación agronómica. Red internacional de pastos tropicales. Ed. Toledo, J. M. CIAT: 111-125.
10. **Spain, J. M. y R. Gualdrón.** 1991. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoques de investigación. En: Lascano, C. y J. M. Spain. (Eds.). Sexta Reunión del comité Asesor de la Red Internacional de evaluación de pastos tropicales (RIET), CIAT, Cali Colombia: 269 - 345.
11. **Spain, J. M. y R. Gualdrón.** 1991. En CIAT. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. Establecimiento y renovación de pasturas: Conceptos, experiencias y enfoques de investigación. En: Lascano, C. y J. M. Spain (Eds.). Sexta Reunión del comité Asesor de la Red Internacional de evaluación de pastos tropicales (RIET) Cali Colombia: 269 - 345.
12. **Toledo, J. M. y D. Formoso.** 1993. Sustainability of sown pastures in the tropics and subtropics. Grassland for our world. Proceeding Congress International of Grassland. Australia, Nueva Zelandia: 710 - 715.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

COMPACTACIÓN DEL SUELO EN PASTURAS DE GRAMA RHODES.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera
Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN.

Los suelos zonales de la Llanura Chacopampeana están desarrollados sobre materiales de origen eólico y se clasifican como Haplustoles típicos y éntico. El comportamiento mecánico de los mismos está determinado por la presencia dominante de la fracción limo fino en su composición granulométrica, lo que confiere a los suelos una baja estabilidad estructural y una fuerte tendencia a formar costras superficiales.

Bajo una pastura perenne, la concentración de materia orgánica en superficie avanza hacia capas inferiores a medida que transcurre el tiempo. Por contener nutrientes en formas fácilmente asimilables por los cultivos, y por su concentración de material orgánico, el mulch o broza/hojarasca representa la principal "caja" y reserva de fertilidad del suelo.

Por debajo del mulch, en el horizonte mineral del suelo, aparece un tramado más o menos denso conformado por las raíces vivas del cultivo en crecimiento, y por las raíces muertas de cultivos anteriores, en distintas etapas de descomposición. Los canales dejados por las raíces descompuestas, los túneles y cavidades originados por la actividad de la fauna del suelo forman los denominados "bioporos". A ellos se suman las grietas naturales, entre los agregados, y los huecos de origen genético para formar el sistema poroso que controla la circulación de aire y agua en el suelo.

Las principales características de los bioporos, además de su origen, son su calibre grande (mayor de 30 micrones), y su orientación preferencial en sentido vertical. La presencia, densidad y orientación de los bioporos es uno de los indicadores que define un sistema evolucionado. Contrarresta el asentamiento y la densificación que presenta el horizonte superficial durante las primeras etapas.

La compactación por pisoteo alcanza los 10 cm de profundidad en condiciones normales, y puede extenderse hasta los 15 cm en casos extremos de pastoreo en húmedo. En comparación suelos recién labrados se compactan hasta profundidades mayores a 20 cm durante el primer pastoreo. La remoción muy superficial de esta capa

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

compactada suele generar "pisos de labranza" por debajo de la profundidad no removida. En realidad el origen de estos pisos es mixto: labranzas y pisoteo animal.

La compactación del suelo es de gran importancia debido a que va a provocar alteraciones en su interior afectando sus propiedades (Handen, 2003), y consecuentemente restringiendo el área de captación de agua y nutrientes de las raíces.

Si el contenido de humedad del suelo es elevado, el impacto de la pezuña suele provocar deformación de la superficie del suelo (Sosa *et al.*, 1995), lo cual genera un aumento en la densificación, disminución de la porosidad, la estabilidad estructural y la capacidad de infiltración (Martín *et al.*, 1998).

Al aumentar el contenido de humedad, la deformación o densidad alcanzada también se incrementa. Superado un máximo de humedad (límite plástico), el suelo disminuye su densidad final.

La denominada "curva Proctor" nos proporciona dos datos importantes: el contenido de humedad al que produce el máximo efecto de compactación para ese suelo, y la densidad alcanzada en ese momento. Una primera interpretación de la curva Proctor indica que suelos cercanos a su máximo contenido de humedad son más afectados por la compactación. Las densidades máximas varían, por otra parte con la textura del suelo, siendo mayores en suelos arenosos que en los francos o arcillosos o bien una alta susceptibilidad genética a la compactación (suelos muy limosos). El contenido de materia orgánica disminuye la densidad aparente máxima alcanzada y contribuye a mitigar la compactación.

Se comprueba degradación física, principalmente de los suelos con mayor proporción de limo donde resulta evidente la reducción de la macroporosidad y la mayor dificultad en la captación del agua pluvial. Que puede interpretarse mediante la ecuación:

Capacidad almacenar agua útil (mm) = profundidad x (C.C - PMP) x DA= 50 a 200 mm

Profundidad = espesor de suelo explorado por las raíces.

CC = humedad de capacidad de campo

PMP = humedad de punto de marchitez permanente

DA = densidad aparente

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los suelos estarían experimentado aumentos en la densidad aparente y susceptibilidad a la compactación, a la vez que disminuciones de la estabilidad estructural en húmedo, la velocidad de infiltración y la conductividad hidráulica .

Existen otras ventajas adicionales en el hecho de permitir que el suelo permanezca cubierto. Ello sucede en muchos sistemas ganaderos desarrollados sobre suelos con problemas de salinidad y alcalinidad sódica, los cuales son altamente frecuentes en muchas áreas de campos bajos de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe.

Al dejar superficies con el suelo desnudo se permite la ocurrencia de ascensos capilares de sales desde el agua subterránea, generando ello indeseables aumentos de sales en los horizontes superficiales.

Los efectos causados por el tránsito y el pisoteo de hacienda afectan primordialmente a la estructura del suelo pastoreado; o sea lo que se entiende por el ordenamiento espacial de los sólidos y poros del suelo. La estructura del suelo es el resultado neto de la acción competitiva entre fuerzas degradantes y fuerzas regenerativas. Estas acciones están reguladas por la estabilidad estructural del suelo. Es fundamental comprender cómo funcionan en cada suelo estas acciones competitivas, pues de ello depende la susceptibilidad de un suelo determinada a sufrir, por ejemplo, daños por compactación. Pero también, de ello depende la posibilidad a menudo poco conocida de que un suelo se recupere de sus daños, a través de la acción de los ciclos de humedecimiento-secado, el crecimiento y muerte de raíces y la fauna edáfica. Es lo que conoce como **resiliencia**.

El efecto del tránsito de hacienda está relacionado con las presiones ejercidas sobre el suelo, lo cual es función de la masa del animal, el tamaño de su pezuña y la energía cinética. Debe considerarse que estas presiones aumentan durante el pastoreo, pues al caminar los animales sólo apoyan dos o tres de sus pezuñas (Greenwood y Mc Kenzie, 2001). Por otra parte, la cantidad de tránsito dependerá mucho de la disponibilidad de forraje, y la distancia a los bebederos. Sin embargo, debe considerarse que un vacuno o un ovino pueden estar transitando hasta unas 12 a 13 horas por día (Cuadro 1).

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 1: Peso comparativo, área de apoyo y presión estática de animales en pastoreo (Greenwood y Mc Kenzie, 2001).

	Masa Kg	Área total superficial cm ²	Presión estática kPa
Ovinos	40 a 54	55 a 84	48 a 83
Vacunos	300 a 600	264 a 460	98 a 192
Equinos	400 a 700	736	54 a 95

Un rodeo que pastorea tranquilo causa menos daño que otro que se desplaza por un lugar, aumentando los daños con la velocidad de los animales. Para ello baste comprender que todo el peso del animal normalmente descansa sobre las cuatro patas, las que ejercen presión sobre el suelo a través de las pezuñas. Cuando un animal adulto pesa 400-500 Kg y sus pezuñas tienen una superficie total de alrededor de 280 cm², la presión será de 1,400 a 1,600 Kg.cm². Cuando este animal camina rápido o corre, todo su peso descansa momentáneamente en solo dos patas, lo que duplicaría la presión por centímetro cuadrado pero que a su vez se ve potenciada por la fuerza del impacto.

La respuesta del suelo al tránsito por animales depende del contenido hídrico que posee cuando es pastoreado. Esta influencia del pisoteo es principalmente de tipo físico-mecánico, pues afecta el estado de compactación de los primeros centímetros del suelo. Cuando el suelo está más seco, el tránsito y pisoteo causan compactación del suelo, asociada con una pérdida de macroporosidad. La compactación deja escasa evidencia visual de su daño. En cambio, el pastoreo en altas condiciones de humedad edáfica, da lugar a la ocurrencia de daño por "poaching". Este daño es causado por el flujo de suelo alrededor de la pezuña del animal, dejando una huella bien definida, o en condiciones de extrema humedad, un suelo totalmente amasado.

Ante la aplicación de un determinado estrés compactante, la densidad del suelo se incrementa a medida que la humedad edáfica aumenta.

Los suelos de textura más gruesa tienen una humedad crítica más baja, y alcanzan densidades máximas más elevadas. Del mismo modo, el nivel materia orgánica contribuye a reducir drásticamente la compactabilidad de un suelo.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuando el suelo está próximo a la sequedad, su capacidad portante es máxima, y de este modo, la probabilidad de que sufra daño estructural es mínima. En cambio, cuando el suelo está húmedo, su capacidad portante es menor, y se vuelve propenso a sufrir compactación superficial. Esto no es otra cosa que la deformación superficial del suelo superficial para soportar el peso del animal. Esta deformación se hace a expensas del espacio de macroporos.

Cuadro 2: Relación entre Densidad Aparente y crecimiento de raíces en base a la textura de suelos (Taboada *et al.*,2008).

Textura de suelo	Densidad aparente ideal para el crecimiento de raíces (gr/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm ³)	Densidad aparente que afecta el crecimiento de raíces (gr/cm ³)
Arenoso, franco arenoso	<1.6	1.69	>1.8
Franco arenoso, Franco	<1.4	1.63	>1.8
Franco arcillo arenoso, franco arcilloso	<1.4	1.60	>1.75
Limoso, franco limoso	<1.4	1.60	>1.75
Franco arcillo limoso	<1.4	1.55	>1.65
Arcillo arenoso, arcillo limoso, franco arcilloso	<1.1	1.49	>1.58
Arcilloso (>45% arcilla)	<1.1	1.39	>1.47

Debido a ello, todo daño por compactación implica necesariamente la ocurrencia simultánea de:

- ◆ Aumentos de densidad aparente
- ◆ Descensos de macroporosidad
- ◆ Aumentos de resistencia superficial
- ◆ Descensos de infiltración y conductividad hidráulica saturada.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La acción mecánica de la pezuña animal causa la pulverización de los agregados del suelo, causando a menudo también pérdidas de estabilidad estructural. Estos daños suelen ser superficiales, tal como lo demuestra resultados de Taboada y Lavado (1988). Al comparar suelos no pastoreados con suelos pastoreados en forma continua, puede observarse que se producen aumentos significativos de densidad aparente y de resistencia a la penetración (Cuadro 3).

Cuadro 3: Densidad aparente y resistencia a la penetración de suelos no pastoreados y pastoreados, en diferentes fechas (Taboada y Lavado, 1988).

Densidad Aparente (DEA) Mg.m			
Fechas	Capa profundidad	No pastoreado	Pastoreado
Noviembre	0 a –4 cm	0,96*	1,00
	-4 a –8 cm	1,20	1,29
	-8 cm a – 12 cm	1,28	1,30
Junio	0 a –4 cm	0,97	
	-4 a –8 cm	1,23	
	-8 cm a – 12 cm		
Resistencia a la Penetración kPa			
		No pastoreado	Pastoreado
Septiembre		450**	940
Noviembre		470**	690
Diciembre		3710**	6440

Los aumentos de densidad aparente fueron acompañados por aumentos altamente significativos de resistencia superficial entre situaciones no pastoreadas y pastoreadas. Sin embargo, es fácil observar que la principal fuente de variación de la resistencia fue entre fechas, asociado con los cambios de humedad edáfica.

Estos cambios de densidad y resistencia estuvieron asociados con cambios en la macroporosidad (Taboada y Lavado, 1993). Precisamente, los poros del suelo responsables de la aireación y la entrada de agua al suelo.

El pisoteo afecta principalmente los macroporos de mayor diámetro (> 60 μ m), precisamente aquellos responsables de la vida de la fauna y los hongos del suelo, y los lugares preferenciales de las raíces de los pastos. La aparición de poros llenos de aire en la superficie del suelo lo vuelve a éste susceptible al daño estructural por pisoteo. Ello sucede debido a la destrucción de agregados superficiales por el impacto de la pezuña animal sobre suelo seco ("crushing"). Este daño no genera una compactación

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

excesiva, pues el suelo posee alta capacidad portante, pero da lugar a la generación de agregados de menor tamaño, y por ende se traduce en descensos de estabilidad estructural.

A diferencia de la compactación, en que el suelo se deforma para soportar el peso del animal, con "poaching" el suelo no tiene la capacidad de porte suficiente para soportar el peso del animal, y entonces falla produciendo una huella profunda. Es decir que, a diferencia de la compactación, existe daño visible en el caso del "poaching". Otra diferencia importante es que el "poaching" suele afectar un espesor de suelo mayor que la compactación.

El daño más severo es el que subsigue; el amasado superficial del suelo. Ello sucede cuando el suelo es transitado y pisoteado repetidamente con alta humedad. Ello da lugar a una imbibición e hinchamiento del suelo superficial, el cual se hincha y pierde no sólo su estabilidad sino también su resistencia. Este daño se considera el peor que puede ocurrir en pastizales de clima húmedo.



Foto 1: Lote de Grama Rhodes cv. Fine Cut con amasado de suelos, Llanura Deprimida Salina de Tucumán.

La infiltración es probablemente el parámetro más sensible a la compactación por pisoteo, ya que es afectada la macroporosidad superficial, principal vía de circulación de agua de infiltración.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

En cuanto a la forma en que el pastoreo y el pisoteo afectan a los suelos:

El pastoreo por hacienda afecta a los suelos a través de dos efectos paralelos. Ellos son: a) la defoliación y eventual decobertura superficial, y b) el tránsito y pisoteo.

Los efectos físicos causados por la defoliación tienen que ver fundamentalmente con los cambios en los flujos ascendentes de agua. La aparición de mayores espacios con suelo desnudo, asociado con cambios en la estructura aérea de las pasturas, favorece mayores temperaturas en el suelo superficial y el aumento de las tasas de evaporación desde suelo desnudo.

En cuanto a los efectos en campos bajos:

En ambientes donde existen problemas de sales, el pastoreo causa aumentos muy importantes de la salinidad de los horizontes superiores del suelo.

Los efectos causados por el tránsito y el pisoteo al suelo son físico-mecánicos, y dependen principalmente de la humedad con que el suelo es pastoreado.

El pastoreo de suelos con elevada humedad produce profundas huellas y fluencia plástica de suelo. El tránsito repetido en estas condiciones da lugar al daño por "poaching" y amasado, (Foto 2) el cual puede afectar negativamente la productividad de las pasturas.



Foto 2: Tránsito de vacunos en lotes inundados con sendas de circulación a manera de drenes superficiales. Fca. Cachi Yaco, Depto Leales, Tucumán.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Los suelos secos poseen máxima capacidad portante, y así tienen menos probabilidad de sufrir daños por pisoteo. Los suelos húmedos son susceptibles a sufrir daños por compactación superficial, dando lugar a aumentos de densidad aparente y resistencia, y disminuciones de macroporosidad e infiltración. Estos daños afectan sólo a los primeros centímetros del suelo.

La duración de los daños estructurales es variable y depende de lo que se conoce como resiliencia de los suelos. Estos daños suelen ser de corta duración en suelos donde los ciclos de humedecimiento-secado promueven la recuperación de la porosidad dañada por el pisoteo.

Los suelos inundables poseen un régimen atípico de variaciones estacionales de la estabilidad estructural, en donde participa la generación de una gran expansión volumétrica por desarrollo de presiones de aire entrampado.

La compactación de los suelos puede ser evaluada a través de varios parámetros. La medida de la **resistencia mecánica a la penetración** (RP) es una vía sencilla para detectar los cambios en el perfil que pueden relacionarse con la exploración de las raíces. La variación espacial de la RP es más apropiada que la densidad aparente (DEA) en la determinación de capas limitantes al crecimiento radical, porque presenta mayor sensibilidad en la detección de sectores diferenciados en grados de compactación. Para ello se recomienda el empleo del **penetrómetro de cono de acción vertical**. El penetrómetro es más preciso para medir la resistencia que sufren las raíces para entrar en el suelo. La resistencia del suelo a la penetración de las raíces es la fuerza que este opone a un instrumento de prueba que simula el efecto de penetración de las raíces; de esta forma es posible relacionar directamente a este índice, la capacidad que tienen las raíces de las plantas al crecer y elongarse en alguna condición de suelo determinada y este índice representa directamente el grado de compactación que tiene el suelo.

Con RP superiores a 2 MPa se reduce significativamente el crecimiento de las raíces de la mayoría de las especies cultivadas.

Zerpa (2006) ha empleado la siguiente escala para interpretar la condición del suelo para el desarrollo de la rizósfera según el RP de la capa edáfica (Cuadro 4).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 4: Resistencia la Penetración (RP) y condición del suelo (Zerpa, 2006).

RP (MPa)	Condición
0 ≤ RP ≤ 0,9	Sin restricciones
0,9 < RP ≤ 1,4	Leves restricciones
1,4 < RP ≤ 2	Moderadas a severas restricciones
RP > 2	Restringido para el enraizamiento

La información obtenida de la RP, con los datos debidamente ajustados, es una herramienta efectiva para caracterizar la compactación de los suelos pastoriles y para la toma de decisiones de manejo.

La compactación o densificación del perfil superior de las pasturas afecta la porosidad del suelo y muy especialmente la distribución del tamaño de los poros. Los poros más grandes colapsan y con ellos la capacidad de las raíces de explorar el perfil. Por otro lado, el tamaño de los poros también afecta la capacidad de almacenaje, el movimiento del agua en el suelo y la capacidad de aireación. Así, cuando existe compactación superficial en pasturas, por tránsito y pisoteo, el suelo se encuentra impedido de absorber el agua de lluvia y por ende, aumentan la escorrentía y la erosión laminar. La forma directa de eliminar capas compactadas con una mínima alteración de las superficies es por medio de la labranza vertical profunda ya sea con cincel, subsolador, *paraplow* o *paratill*. Se debe tener en cuenta que la principal limitante productiva de los cultivos es el agua. En las regiones subhúmedas y semiáridas del NO Argentino a premisa debe ser “colectar la mayor cantidad de agua posible”.

La labranza vertical profunda, a la par de romper las capas compactadas, produce la oxigenación del suelo y con ello la liberación de parte del nitrógeno fijado en la materia orgánica. Con ello se mejora la fertilidad actual de los suelos y favorece el desarrollo vegetal.

Los problemas de acidificación o alcalinización del perfil implican limitantes en el empleo del germoplasma forrajero y selección en función de las condicionantes más fuertes. Las enmiendas de corrección son técnicas factibles pero la decisión empresarial estará condicionada al retorno económico que generen. Las deficiencias y excesos nutricionales, propios o inducidos, pueden ser paliados mediante técnicas de

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

fertilización y corrección de pH. A su vez, las deficiencias edáficas y sus efectos en la composición forrajera pueden solucionarse mediante la suplementación animal pero los excesos, conforman una problemática mayor y de soluciones más costosas.

Trabajos de recuperación de pasturas de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) Cv. Común realizados en Pozo Hondo, Stgo. del Estero, compararon distintas alternativas mecánicas para solucionar problemas de compactación de suelos y fijación de nitrógeno. Los resultados se muestran en los Cuadros 5 y 6 (Guzmán y Ecker, 1991).

Cuadro 5: Número y peso por planta de Grama Rhodes bajo distintos tratamientos de escarificación mecánica. Pozo Hondo, (Guzmán y Ecker, 1991).

Tratamientos	N° de plantas			Peso.Planta ⁻¹ 90 días postrat.
	Pretrat	Postrat	90 días	
Testigo	18	20	18	33 g
Rastra liviana (prof. 5 cm)	19	6	7	100 g
Rastra profunda (20 cm)	21	5	8	110 g
Cinzel (púas a 30 cm y 20 cm prof.)	20	14	14	89 g

Cuadro 6: Cobertura, N° de plantas y contenido nitrogenado de distintos tratamientos de escarificación mecánica. Pozo Hondo, (Guzmán y Ecker, 1991).

Tratamientos	Cobertura %	N° Plantas	N Total.planta ⁻¹
Testigo	41 a*	132 a	1,525 b
Rastra liviana	17 b	294 b	1,751 ab
Rastra profunda	11 b	126 b	2,02 a
Cinzel	27 a	248 a	1,86 a

* Valores seguidos de letra distinta discrepan estadísticamente.

Todos los tratamientos de escarificación mecánica brindaron resultados superiores al testigo. Dentro de ellos, el empleo de rastra profunda (20 cm) simuló una reimplantación de la pradera. En número de plantas.m² se vio afectado por el nivel de agresividad superficial de los tratamientos.

En base a la experiencia anterior se utilizó en Finca Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero en lotes de Grama Rhodes cv. Común un equipo cinzel de arcos, separados arcos por medio con rolo compactador en tándem (Foto 3).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



Foto 3: Equipo cincel de arcos, separados arcos por medio con rolo compactador en tándem (1998), Finca Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

El trabajo de remoción vertical fue violento dado el nivel de compactación superficial original ($1,5 \text{ gr.cm}^3$) al igual que el impacto sobre las matas de Grama Rhodes (Foto 4) pero la infiltración aumento en forma marcada (+125%) al igual que la disponibilidad de nitrógeno, produciendo un aumento en la producción forrajera del 225%.



Foto 4: Sector Izquierdo con tratamiento de cincel púa por medio y rolo compactador. Sector derecho sin tratar. Fca Rancho Grande, Depto. Jiménez, Stgo. del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Para preservar el efecto del tratamiento de laboreo vertical, el lote en su totalidad se destinó a la confección de rollos de heno y el último rebrote se dejó crecer libremente para acumular cobertura de protección hasta la llegada de las fuertes heladas invernales. Recién se pastoreo el diferido acumulado con el primer rebrote de la primavera siguiente logrando así un lote de excelente producción, cobertura e infiltración de agua.

Berti *et al.* (2002) evaluaron tratamientos de remoción y fertilización en combinaciones: frecuencia de remoción (FREC)= 0 (testigo), 1: anual y 2: bianual; nitrógeno (N)= 0 y 1 (100 Kg N.ha⁻¹). La fertilización nitrogenada se realizó con urea aplicada al voleo, previo a las tareas de remoción del suelo. La herramienta de remoción fue un paraplow (DOLBI), con distancias entre cinceles de 1 m, y una profundidad de trabajo de 0,5 m. Durante el período 2000/2001, muestras de suelo de 0-20 cm de profundidad fueron empleadas para determinación de N-NO₃⁻ actual (ppm) en diferentes fechas de muestreo (Cuadro 7 y 8).

Cuadro 7: Producción de forraje acumulado y tenor de N-NO₃⁻ en suelos en pasturas de Grama Rhodes (Berti *et al.*., 2002).

Tratamientos	Materia Seca Kg MS.ha ⁻¹	Incrementos (%)	N – NO ₃ ⁻ (ppm)	
			36887	36962
Testigo	5.955	0	7,6	3,3
Testigo + N	8.862	48,9	10,3	3,5
Remoción anual	6.500	9,2	7,6	4
Remoción anual + N	11.104	86,5	17	5,5
Remoción bianual	5.715	-4,0	8,0	4
Remoción bianual + N	11.036	85,3	15	7,5
CME	1.635,1		8,6	1,04
CV%	19,9		78,8	22,5

Cuadro 8: Efecto de la frecuencia de remoción (FREC) y niveles (N) de fertilización sobre la producción de forraje y tenores de N-NO₃⁻ en pasturas de Grama Rhodes (Berti *et al.*, 2002).

Factores	Niveles	Materia Seca Kg MS.ha ⁻¹	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	
			36887	36962
FREC	0	7.408,5 a	9,0 a	4,25 a
	1	8.646,6 a	12,3 a	4,75 a
	2	8.892,2 a	11,5 a	5,75 a
N	0	6.297 a	7,78 a	4,33 a
	1	10.334 b	14,1 a	5,50 a

* Valores seguidos de letra distinta discrepan estadísticamente.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Las interacciones entre bloque y FREC y entre FREC y N no fueron significativas. El efecto de remoción de suelo fue pobre en la ausencia de fertilización, no existieron diferencias entre remoción anual o bianual. El paraplow es una herramienta que no genera un disturbio pronunciado en superficie y sí en profundidad, ofreciendo ventajas en períodos con escasas precipitaciones dado que reduce significativamente las pérdidas de agua por evaporación, y de plantas por stress hídricos. En la producción de forraje se observó una respuesta promedio del orden de 21,8 Kg MS.ha⁻¹.Kg de N aplicado, consecuente con la respuesta observada en la región para **Grama Rhodes**. Los tratamientos con paraplow mejoraron esta relación a 25,5 Kg MS.ha⁻¹.Kg N. Se observó una reducción marcada de N-NO₃⁻ entre el 28/12 y el 13/03, período de alta concentración de precipitaciones en el que son esperables elevadas pérdidas por lavado. Los tratamientos fertilizados sólo mostraron, al 28/12 (14,1 ppm N-NO₃⁻), niveles de N-NO₃⁻ superiores a los no fertilizados (7,78 ppm N-NO₃⁻), aunque no fueron significativas. El empleo de paraplow incrementó ligeramente tenores de N-NO₃⁻ en suelo (2,5- 3,3 ppm). La fertilización nitrogenada y de forraje en un 86%. El efecto residual del paraplow ofrece la alternativa de uso bianual, con reducción de costos.

Berti *et al.*, 2003 realizaron la fertilización con urea a voleo, previo a las tareas de remoción del suelo. La herramienta de remoción fue un paraplow (DOLBI), con distancias entre cinceles de 1 m y a 0,5 m de profundidad de trabajo. El efecto de la remoción de suelo sobre la producción de forraje fue pobre en ausencia de fertilización, existieron diferencias en la concentración de proteína bruta (PB) entre frecuencias (6,88 vs. 7,75%). La producción de forraje fue de 20,9 Kg MS.Kg⁻¹ de N aplicado. Las parcelas fertilizadas con remoción bianual alcanzaron 25,6 Kg MS.Kg⁻¹ de N aplicado, superiores a las frecuencias anuales (20,5 Kg MS.Kg⁻¹ de N). Un déficit hídrico en el mes de enero, afectó más las parcelas fertilizadas con remoción anual que a los bianuales (4358 vs. 4995 Kg MS.año.ha⁻¹; N-S). La concentración de PB (Período 2001/2002) en el forraje fue superior en las parcelas fertilizadas. La fertilización nitrogenada y la remoción mecánica aplicadas en conjunto incrementaron la producción de forraje en un 73,2%. El uso de paraplow en frecuencias bianuales reduce costos y disminuye el impacto de sequías recurrentes (Cuadro 9 y 10).

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 9: Producción de forraje acumulado (1999/2002) y concentración de proteínas (Período 2001/2002) en pasturas de Grama Rhodes (Berti *et al.*, 2003).

Combinación de Factores	Materia Seca Kg MS.ha ⁻¹	Incrementos sobre Testigo (%)	Proteína Bruta (%)
Testigo (Frec0N0)	9.254	0	5,95
Testigo + N (Frec0N1)	14.269	54,2	7,79
Remoción Anual (Frec1N0)	9.310	0,06	7,31
Rem. Anual + N (Frec1N1)	15.462	56,2	8,21
Rem. Bianual (Frec2N0)	8.337	-0,9	6,49
Rem. Bianual + N (Frec2N1)	16.031	73,2	8,26
CME	1.267,8		0,508
CV%	18,7		6,93

Cuadro 10: Efecto de la frecuencia de remoción (FREC) y niveles de fertilización (N) sobre la producción de forraje y tenores de proteína bruta (Período 2001/2002) en pasturas de Grama Rhodes (Berti *et al.*, 2003).

Factores	Niveles	Materia Seca Kg MS.ha ⁻¹	Proteína Bruta (%)
FREC	0	11.762 a	6,88 a
	1	12.386 a	7,75 b
	2	12.184 a	7,38 ab
N	0	8.967 a	6,59 a
	1	15.254 b	8,09 b

* Valores seguidos de letra distinta discrepan estadísticamente.

Berti (2006) sobre una pastura de 6 años de Grama Rhodes cv. Callide con tratamientos de remoción con Paraplow (DOLBI) y fertilización 100 Kg N.ha⁻¹, obtuvo resultados positivos a la remoción más fertilización (Cuadro 11).

Cuadro 11: Efecto de la frecuencia de remoción y niveles de fertilización sobre la acumulación y concentración de proteína bruta del forraje y nivel de N-NO₃⁻ en suelos, en pasturas de Grama Rhodes cv. Callide (Berti, 2006).

Factores	Niveles	Materia Seca Kg MS.ha ⁻¹	Proteína Bruta (%)	N-NO ₃ ⁻ en suelo (ppm)
Frec	0	18.732 a	6,8 a	14,7 a
	1	19.633 a	7,5 ab	15,6 a
	2	19.558 a	7,7 b	17,2 a
N	0	14.088 a	6,4 a	11,4 a
	1	24.526 b	8,2 b	20,2 a
DS		2.660,6	0,556	4,42

* Valores seguidos de letra distinta discrepan estadísticamente.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Berti (2009) evaluó el impacto del uso de herramientas de remoción de suelo, su frecuencia de aplicación y la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa aérea y persistencia de la pastura de Grama Rhodes (Cuadro 12). Los métodos de remoción no afectaron el total de biomasa aérea o nitrógeno en el forraje. La Grama Rhodes respondió a la fertilización nitrogenada pero no al empleo de distintas frecuencia de uso o tipo de herramientas empleadas. El paraplow (paratilt) aparece como una herramienta de bajo impacto.

Cuadro 12: Producción de biomasa aérea de Grama Rhodes y malezas a la aplicación de distintas herramientas, frecuencia de remoción y niveles de fertilización nitrogenada (Berti, 2009).

Tratamientos	Fertilización	Frecuencia	Grama Rhodes		Malezas
			Kg MS.ha ⁻¹	Kg N.ha ⁻¹	Kg MS.ha ⁻¹
Control	0	0	12.512 c	113 b	51 d
	1	0	22.040 ab	247 a	533 bcd
Paraplow púas a 1 m	0	1	11.864 c	120 b	58 d
	0	2	12.149 c	114 b	0 d
	1	1	24.004 a	286 a	90 d
	1	2	24.008 a	287 a	0 d
Rastra doble acción	0	1	11.533 c	127 b	664 abcd
	0	2	13.611 c	128 b	242 cd
	1	1	18.572 b	240 a	1.647 a
	1	2	22.543 ab	265 a	1.451 ab
Cinzel 0,25 m	0	1	11.571 c	122 b	70 d
	0	2	12.127 c	116 b	166 cd
	1	1	21.571 ab	263 a	575 bcd
	1	2	24.779 a	274 a	812 abcd
Cinzel 0,50 m	0	1	12.778 c	133 b	295 cd
	0	2	13.450 c	130 b	140 cd
	1	1	21.368 ab	243 a	1.170 abc
	1	2	23.486 a	262 a	1.160 abc
CME			2.633,5	36,2	548

* Valores seguidos de letra distinta discrepan estadísticamente.

La fertilización aumentó la biomasa aérea como el nitrógeno total. Durante las temporadas con déficits hídricos marcados la biomasa aérea de malezas se incrementó en función de la magnitud del disturbio producido por la remoción y el nivel de fertilización.



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Radrizzani *et al.* (2010) luego de 8 años de evaluación de 14 cultivares de 6 especies de gramíneas megatérmicas en sitios bajos salinos del sudeste Santiagueño, se observó que los 4 cultivares diploides de *Chloris gayana* evaluados, Finecut, Pioneer, Topcut y Katambora, mostraron los mayores valores de producción y persistencia. Los suelos son Natrustoles típicos con conductividad eléctrica $5,5 \text{ dS.m}^{-1}$ en superficie y $10,5 \text{ dS.m}^{-1}$ a 0,50 m de profundidad. La capa freática presenta alta salinización y oscila al metro de profundidad. La persistencia se evaluó con densidad (plantas.m^2). La Figura 1 presenta la evolución de producción a través de los años, observándose una caída general en Eficiencia en el Uso del Agua (EUA), que fue relativamente alta los primeros 4 años, con un promedio de 12,6, 8,7 y 10,1 Kg MS.mm.ha⁻¹ en el segundo, tercer y cuarto año respectivamente.

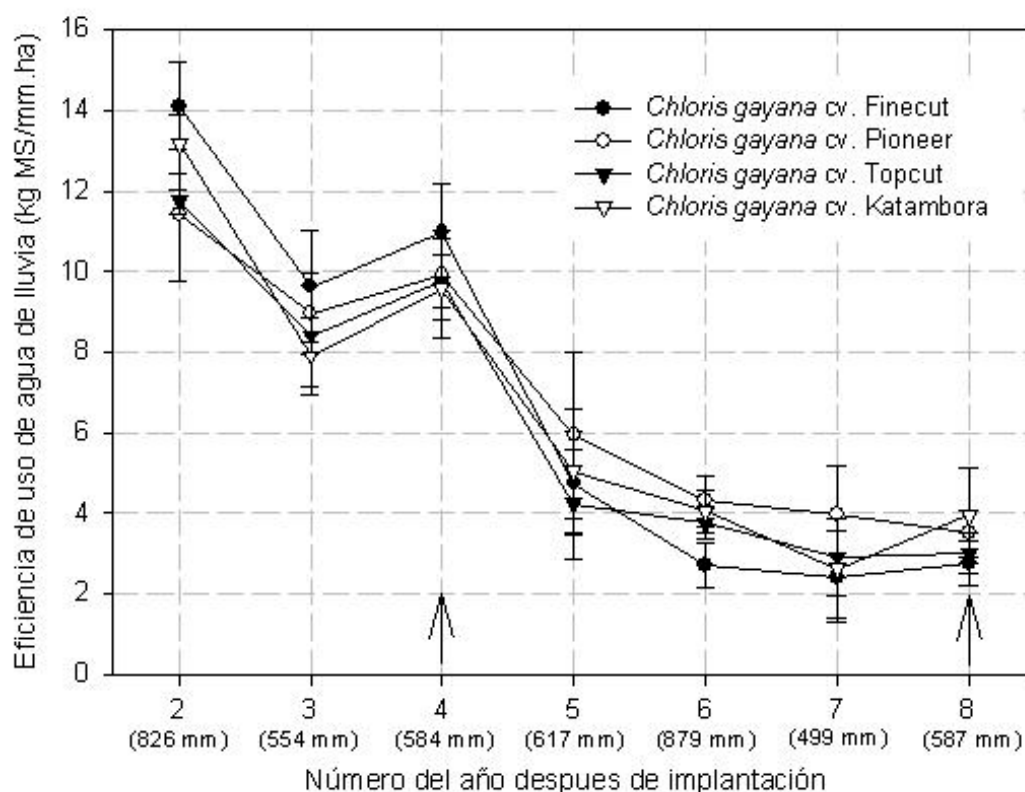


Figura 1: Evolución de eficiencia de uso de agua de lluvia en 4 cultivares de *Chloris gayana* en sitio bajo-salino del sudeste Santiagueño, del segundo (2002/03) al octavo año (2008/09) desde implantación (2001/02) (barras representan desvío estándar, flechas indican años que se evaluó densidad y valores entre paréntesis son precipitaciones acumuladas en estación de crecimiento).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

En el quinto año, la EUA declinó significativamente ($5,0 \text{ Kg MS.mm.ha}^{-1}$) estabilizándose en una menor producción durante los últimos 3 años ($3,7$, $3,0$ y $3,3 \text{ Kg MS.mm.ha}^{-1}$ el sexto, séptimo y octavo año respectivamente). Esta disminución de producción no puede atribuirse a falta de persistencia, dado que la densidad no disminuyó significativamente y fue $25 \pm 1,5$ y $28 \pm 8,6$ en Finecut, $26 \pm 9,6$ y $23 \pm 2,3$ en Pionner, $33 \pm 2,7$ y $23 \pm 4,5$ en Topcut y $20 \pm 8,4$ y $24 \pm 1,2$ plantas. m^2 en Katambora en cuarto y octavo año respectivamente.

Muchas veces la eficiencia en la utilización del agua no corresponde con la cantidad de agua caída ya que la presencia de capas subsuperficiales compactas disminuyen tanto la infiltración como la porosidad de aireación. Un caso similar se planteó en Estancia La Verde, Depto. Jiménez, Stgo. del

Se recurrió el empleo de scoltie regulado a 20 cm de profundidad con fertilización nitrogenada (Urea 100 Kg.ha^{-1}) incorporada en la base de las cuchillas y rolo sellador (Fotos 5 y 6).



Foto 5: Scoltie en ruptura de capa subsuperficial compactada en Grama Rhodes cv. Fine Cut de 6 años, Estancia La Verde, Dpto. Jiménez, Stgo del Estero.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

La ruptura de la capa endurecida subsuperficial en conjunto con la fertilización nitrogenada aumentaron significativamente la producción de forrajimasa (+ 225%) como así también a la aparición de malezas (*Tagetes spp.*) que vieron activado su banco de semillas junto a la disponibilidad de nitrógeno. Para su control se recurrió al empleo del herbicida 2,4-D a 2 l.ha⁻¹ y 75 l. ha⁻¹ de caldo de mojado con 100% de control.



Foto 6: Scoltie y fertilización nitrogenada (Urea 100 Kg.ha⁻¹) en Grama Rhodes cv. Fine Cut de 6 años, Estancia La Verde, Dpto. Jiménez, Stgo del Estero.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Berti, R. N.** 2006. Efecto de la remoción del suelo y la fertilización nitrogenada sobre la acumulación de forraje de *Chloris gayana* cv. Callide. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 26 Supl. 1: 121-122.
2. **Berti, R. N.** 2009. Efectos de métodos de renovación sobre la producción de biomasa aérea de Grama Rhodes. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 29 Supl. 1: 506-507.
3. **Berti, R. N.; S. Abarza; J. J. Candotti; R. Zambrano y J. Schimpf.** 2002. Efecto de la remoción del suelo y de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje de *Chloris gayana* cv. Callide. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 22 Supl. 1: 2-3.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

4. **Berti, R. N.; S. Abarza; J. J. Candotti; R. Zambrano y J. Schimpf.** 2003. Efecto de la remoción del suelo y de la fertilización nitrogenada sobre la producción de forraje de *Chloris gayana* cv. Callide. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 22 Supl. 1: 2-3.
5. **Greenwood, K. L. y M. Mc Kenzie.** 2001. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 1231 - 1250.
6. **Guzmán, L. P. y M. Ecker.** 1991. Rejuvenecimiento de la pradera de Grama Rhodes. *Revista Avance Agroindustrial* EEAOC, Año 12, Nº 45: 25-26; Tucumán, Argentina.
7. **Handeh, N. H.** 2003. Compaction and Subsoiling Effects on Corn Growth and Soil Bulk Density. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 67: 1213-1219.
8. **Lavado, R. S. y M. A. Taboada.** 1987. Soil salinization as an effect of grazing in a native grassland soil. *Soil Use and Management* 3: 143- 148.
9. **Martín, B.; G. Zerpa; O. Sosa y J. Denoia.** 1998. Efecto del tránsito animal sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la velocidad de infiltración. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. V. Carlos Paz: 11-13.
10. **Radrizzani, A.; R. F. Renolfi; G. Gerlero y S. Valiente, S.** 2010. Disminución de la Producción forrajera con los años de cuatro cultivares de *Chloris gayana* (Grama Rhodes) en bajos salinos del sudeste Santiagueño. *Revista Argentina de Producción Animal* 30, Supl 1: 383-384.
11. **Sosa, O.; B. Martín; G. Zerpa y R. S. Lavado.** 1995. Acción del pisoteo de la hacienda sobre el suelo y la vegetación: Influencia de la altura del tapiz. *Rev. Arg. de Producción Animal* 15 (1): 252-255.
12. **Taboada, M. A. y R. S. Lavado.** 1988. Grazing effects of the bulk density in a Natraquoll of the Flooding Pampa of Argentina. *Journal of Range Management* 41: 502 - 505.
13. **Taboada, M. A. y R. S. Lavado.** 1993. Influence of trampling on soil porosity under alternate dry and ponded conditions. *Soil Use and Management* 9: 139-143.
14. **Taboada, M. A.; F. G. Micucci y C. R. Álvarez.** 2008. Impedancias mecánicas y compactación en suelos agrícolas. Compactación por pisoteo animal. En: Taboada, M. A. y C. R. Álvarez (Eds.) *Fertilidad Física de los Suelos*. 2^{da} Ed.: 126-130. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
15. **Zerpa, G.** 2006. *Degradación de suelos en uso pastoril*. Tesis Magister en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.



RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINOS CON PASTURAS DE GRAMA RHODES EN LA LLANURA DEPRIMIDA SALINA DEL ESTE DE TUCUMÁN Y OESTE DE SANTIAGO DEL ESTERO.

Dr. Agr. Jorge R. Toll Vera

Facultad de Agronomía y Zootecnia. UNT. redtoll@gmail.com

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo a Massoud (1977) **la República Argentina** presentaba 32.473.000 has clasificadas como Suelos Salinos (Solonchacks, USDA 1999) y 53.139.000 has como Suelos Sódicos (Solonetz, USDA 1999) lo que **totalizaba 85.612.000 has con problemas de salinidad/sodicidad**. De ellas, para Santiago del Estero se estiman 923.437 has (Torres Bruchman, 1975c). En la Argentina aproximadamente el **11% del territorio se encuentra afectado por salinización** (Maddaloni, 1986).

FAO (1975) clasifican a nivel mundial a la República Argentina como el tercer país con mayor superficie de suelos afectados por halomorfismo, luego de Rusia y Australia.

Los suelos afectados por exceso de agua y sales solubles en la Pampa Central Argentina ocupan alrededor de 32.000.000 has (Maddaloni, 1986).

En la **Llanura Deprimida de Tucumán** (400.000 has), la presencia de un manto freático próximo a la superficie tiene una relevancia importante sobre el balance hídrico de la región, incide en forma marcada en la génesis y morfología de los suelos, en el régimen hídrico y en las condiciones de aireación.

El desplazamiento de la ganadería bovina ha significado una fuerte presión sobre la productividad de ambientes anteriormente considerados marginales por problemáticas de calidad de suelos, accesos, infraestructura y cultura ganadera.

Dentro de estos ambientes se encuentran los suelos salinos en sus distintas variables. Los mismos presentan fragilidad edáfica, gran variabilidad climática, factibilidad de anegamiento e inundación de distinta intensidad y frecuencia, problemas de déficit/excesos minerales en su composición, entre otros.

Muchas de estas áreas fueron originalmente ocupadas por bosques y arbustales, las que, en el intento de convertirlas en agrícolas mediante el desmonte a tala rasa, por la alta rentabilidad de los cultivos de soja y poroto, indujeron la movilización de sales (abundantes en estratos profundos del suelo) hacia el suelo superficial.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Experiencias en Tucumán.

En suelos de la región chaco pampeana de Tucumán sin presencia de sales y bajo tres condiciones de campos particulares se detectó que la rotación cultivo de granos-pasturas permitía la recuperación de los suelos; dependiendo el tiempo de rotación de las precipitaciones y biomasa generada (Dantur *et al.*, 1989). A la vez se observó en lotes de pasturas aumentos o mejoras en DEA, Infiltración, Porosidad de aireación, Índice de mullido, Materia Orgánica, Nitrógeno total y disminución en la Inestabilidad estructural y el contenido de P.

Sanzano *et al.* (1997) al comparar, en una región seca subhúmeda, la influencia de diferentes sistemas de manejo en un Haplustol típico sobre el nivel de degradación física y química del mismo y su relación con propiedades hidráulicas que tienen importancia en el almacenaje de agua. En un ensayo de manejo de 20 años de antigüedad se compararon situaciones bajo monocultivo de soja con siembra directa (SD) y con laboreo convencional (LC); bajo pastura de gramíneas sin pastoreo directo (P) y bajo monte natural (MN). Las siguientes propiedades fueron evaluadas: carbono orgánico (CO), fósforo extractable (Pe), capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH, densidad aparente (DA), estabilidad estructural (EE), conductividad hidráulica (Ksat), infiltración básica (Ibas), y poros mayores a 0,25 mm(macroporosidad). Hubo diferencias significativas en el carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico entre los tratamientos SD y P con respecto a LC. Los contenidos de fósforo extractable fueron 28, 16 y 14% para SD, P y LC, respectivamente, comparados con MN. El pH del suelo no fue afectado significativamente por los sistemas de labranza. La estabilidad estructural fue la propiedad más sensible al manejo del suelo, siguiendo una secuencia decreciente desde el monte natural hasta el laboreo convencional, que representa el máximo nivel de degradación física entre las situaciones estudiadas. La estabilidad estructural estuvo fuertemente asociada al carbono orgánico en todas las situaciones, excepto en el suelo bajo pastura donde el efecto físico de las raíces fue más importante que el contenido de materia orgánica del suelo. La infiltración básica en los suelos con SD y P fue significativamente mayor que en LC. De todos modos, la infiltración del suelo virgen de MN fue significativamente mayor que en las otras tres situaciones. Un comportamiento similar tuvieron los suelos con respecto a la conductividad hidráulica.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

La macroporosidad no difirió entre tratamientos, pero también fue significativamente más alta en el monte natural virgen. La falta de recuperación de estos tres parámetros con respecto al monte natural indica el bajo nivel de recuperación de los suelos estudiados.

Nasca *et al.* (2005) cuantificaron a partir de la implantación y durante tres años, la evolución del mantillo depositado y el porcentaje de cobertura de una pradera de *Chloris gayana* cv. Fine Cut sometida a dos sistemas de pastoreo (rotacional y continuo) bajo idéntica carga animal ($1,8 \text{ EV.ha}^{-1}$) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Mantillo (gr MS.m^{-2-1}) existente para una pastura de *Chloris gayana* cv. Fine Cut, sometida a dos tratamientos diferentes (Nasca *et al.*, 2005).

	Septiembre	Enero	Junio
P. Rotativo Racional	415 aA	280 bA	452 aA
Pastoreo Continuo	125 aB	89 bB	135 aB

*Letras mayúsculas diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

*Letras minúsculas diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los resultados permiten observar una inferior cantidad de mantillo en el Pastoreo Continuo. Es posible suponer (por la magnitud de las diferencias detectadas en el lapso analizado) que bajo las condiciones de manejo propuestas para T2, los niveles de mantillo decrecerán con el paso del tiempo.

Condición inicial de los sitios: los tratamientos analizados no presentaron diferencias significativas para los parámetros bajo estudio registrándose los siguientes valores:

Pastura base: 80%; Mantillo: 0%; Malezas: 6%; Suelo desnudo: 14%. La evolución de estos parámetros en el tiempo, se muestran en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2: Valores de cobertura vegetal (%) para el ciclo 2002-2003 (Nasca *et al.*, 2005).

	Cobertura vegetal %			
	<i>Chloris gayana</i> cv. Fine Cut	Mantillo	Malezas	Suelo desnudo
Septiembre	76	16	7	1
Enero	60	32	7	1
Junio	71	23	6	0

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 3: Valores de cobertura vegetal (%) para el ciclo 2003-2004 (Nasca *et al.*, 2005).

	Cobertura vegetal %			
	<i>Chloris gayana</i> cv. Fine Cut	Mantillo	Malezas	Suelo desnudo
Septiembre	82	16	1	1
Enero	60	32	7	1
Junio	74	26	0	0

El Pastoreo Rotativo Racional se mantuvo estable a lo largo del año y entre años. El control de malezas y la baja proporción de suelo desnudo evidencian un manejo favorable en función de las características externas e internas del sistema en cuestión.

El uso continuo de la pastura (T2) sin períodos de descanso en la estación de crecimiento habría provocado el agotamiento de las reservas de las plantas con la consecuente disminución de la capacidad de producción y el número de matas, permitiendo el avance de malezas y la aparición de suelo desnudo susceptible al encostramiento (pérdida de la capacidad de infiltración) y a la erosión. A pesar de encontrar valores relativos similares de mantillo, los valores absolutos (Cuadro 3) permiten tener una visión más acertada del estado de degradación del sistema pastoreo continuo (T2).

El comportamiento de *Chloris gayana* cv. Fine Cut la presenta como una pastura adaptada a las condiciones de la Llanura Deprimida de Tucumán, cuando es sometida a un pastoreo racional, ya que no registra disminución en los parámetros analizados.

Banegas *et al.* (2007) evaluaron pasturas de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Fine Cut de 7 años de implantación en la Llanura Deprimida Salina tucumana. Los mayores contenidos de Carbono Orgánico Total (COT) se evidenciaron en los primeros 5 cm de profundidad. Ello podría estar relacionado con una intensa actividad biológica, luego de 7 años de pastura implantada. La mayor actividad biológica en dicha profundidad es producto de un sistema radicular voluminoso, y una gran concentración de microorganismos en la rizósfera. El Carbono Orgánico Pesado (COPE) evidencia que existiría poco C protegido de la degradación microbiana, mejor



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

estructura de macroagregados y una mayor habilidad para secuestrar materia orgánica (Cambardella y Elliot, 1992). Los valores medios de COPe aumentaron en profundidad, coincidente con la disminución del tamaño de fracción mineralógica del suelo. El establecimiento de pasturas perennes aportó MO en los sistemas de manejo evaluados (pastoreo rotativo y confección de rollos). Las fracciones más importantes del COT fueron las más lábiles, asociadas a la macroagregación, evidenciando suelos poco desarrollados y ecosistemas de fragilidad importante, donde deben considerarse con mayor énfasis las prácticas sustentables de manejo.

Ceballos *et al.* (2011) trabajaron en un campo en el Depto. Leales implantado con Grama Rhodes cv. Katambora. La producción fue sensible a los elevados tenores salinos (conductividad eléctrica CE) y a los incrementos en la densidad aparente (DA), principalmente en superficie, causada por el sistema de manejo empleado y la carga animal soportada. Las correcciones y mejoras más adecuadas conseguidas fueron: los laboreos verticales que rompieron las capas compactadas y mejoraron el lavado vertical restringido de sales (con disminución de los valores de DA y CE), además se realizó una planialtimetría en detalle, con una equidistancia de 0,10 m, que permitió determinar las causas de por qué la escorrentía superficial estaba restringida y se procedió a la eliminación de bordos (de más de 20 cm de altura) en la base de los alambrados, que impedían el drenaje externo y consecuentemente acumulaban un mayor tenor salino, y la construcción de un canal parabólico que permitió eliminar el agua en los sectores más bajos del campo. Estas medidas permitieron la recuperación del potencial productivo en esos campos.

En el trabajo de Tesis Doctoral (Banegas, 2014) se cuantificó la captura de carbono en un sistema pastoril implantado con *Chloris gayana* cv. Fine Cut, en la Llanura Deprimida Salina de la provincia de Tucumán, bajo diferentes tratamientos: pastoreo, corte mecánico, con y sin fertilización nitrogenada, a través de la medición de la productividad primaria (aérea y subterránea) y del contenido de carbono del suelo. De igual manera, se evaluó a la vegetación nativa que esta pastura reemplaza.

Los valores de carbono orgánico acumulado total fueron: *Chloris gayana* bajo pastoreo con fertilización nitrogenada 116,86 Mg C.ha⁻¹; *Chloris gayana* bajo pastoreo



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

sin fertilización nitrogenada 113,95 Mg C.ha⁻¹; *Chloris gayana* destinada a confección de rollos con fertilización nitrogenada 110,09 Mg C.ha⁻¹ y *Chloris gayana* destinada a confección de rollos sin fertilización nitrogenada 107,32 Mg C ha⁻¹, y Monte 144,23 Mg C.ha⁻¹

Las mayores tasas de acumulación de carbono se registraron en los tratamientos con pastoreo directo, siendo el tratamiento con fertilización nitrogenada el que presentó la mayor tasa de carbono acumulado total (2,83 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹). La tasa de acumulación de carbono total estuvo principalmente relacionada con el contenido de carbono orgánico del suelo y con el aporte de N y nutrientes al sistema.

El compartimento que almacenó mayor porcentaje de carbono fue el suelo, para todos los tratamientos evaluados. En él, la pastura *Chloris gayana* cv. Fine Cut bajo pastoreo con fertilización nitrogenada acumuló 110,14 Mg C.ha⁻¹; sin fertilización nitrogenada acumuló 107,26 Mg C.ha⁻¹; *Chloris gayana* cv. Fine Cut destinada a confección de rollo con fertilización nitrogenada acumuló 106,21 Mg C.ha⁻¹, y sin fertilización nitrogenada acumuló 101,13 Mg C.ha⁻¹, mientras que en el Monte se acumularon 99,22 Mg C.ha⁻¹. Estas cantidades de carbono en suelo, en los tratamientos pastoriles representaron más del 90% del carbono acumulado total.

El carbono orgánico almacenado en suelo, para todos los tratamientos se encontró principalmente en los primeros 20 cm de profundidad, siendo este porcentaje mayor a 70% en Monte y entre 66-68% para los sistemas con pastura.

La actividad microbiana (desprendimiento de dióxido de carbono) se analizó a través de la respiración edáfica. Esta actividad resultó en una pérdida de carbono anual de 0,11 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ para la vegetación nativa; 0,55 Mg C ha⁻¹año⁻¹ para *Chloris gayana* con pastoreo y fertilización; 0,46 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ en *Chloris gayana* con pastoreo y sin fertilización; 0,52 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ en *Chloris gayana* destinada a confección de rollo y con fertilización y 0,40 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ para *Chloris gayana* destinada a confección de rollo y sin fertilización.

Al relacionar las pérdidas de carbono con las tasas de ganancias de carbono orgánico del suelo para los distintos tratamientos (0,22 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹; 3,7 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹; 2,7 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹; 2,4 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ y 0,8 Mg C.ha⁻¹.año⁻¹ para vegetación nativa, *Chloris gayana* con pastoreo y fertilización, *Chloris gayana* con pastoreo y sin

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

fertilización, *Chloris gayana* para confección de rollo y fertilización, *Chloris gayana* para confección de rollo y sin fertilización, respectivamente) se puede comprender por fertilización, mantuvieron sus niveles de carbono en el perfil de estudio, mientras que los restantes sistemas incrementaron significativamente su valor con respecto al contenido inicial de carbono orgánico en suelo.

Los valores de carbono de biomasa microbiana se encontraron entre 18,22-699,47 mg.Kg⁻¹ de suelo, variando en función del tratamiento y la profundidad, lo cual representó entre 0,52-2,99% del carbono orgánico del suelo. Los mayores valores se observaron en *Chloris gayana* con pastoreo y fertilización nitrogenada. La biomasa microbiana también fue evaluada a través de la cuantificación de ADN ambiental. Se determinaron valores entre 355,86-500,15 µg ADN_g de suelo⁻¹ en los distintos tratamientos estudiados, los que correlacionaron positivamente con el carbono orgánico ($r^2=0,37$) y el carbono de la biomasa microbiana ($r^2=0,49$).

Se determinó la presencia de micorrizas y glomalina en los distintos tratamientos, contribuyendo esta última con valores entre 0,50-1,62 % del contenido de carbono orgánico del suelo. Dichos valores variaron en función del tratamiento y la profundidad, y los mayores valores se observaron en *Chloris gayana* con pastoreo y fertilización nitrogenada. El contenido de glomalina correlacionó positivamente con el carbono orgánico del suelo ($r^2=0,96$) y la cantidad de raíces ($r^2=0,80$).

Todas las variables analizadas se mostraron estrechamente relacionadas entre sí, y el estudio de ellas en conjunto permitió explicar los procesos y las interrelaciones entre las mismas. Por lo tanto, fue posible validar las hipótesis planteadas mediante la determinación del carbono acumulado en los distintos compartimentos evaluados, y establecer que en sistemas pastoriles la mayor cantidad de carbono se almacena en suelo.

El objetivo del trabajo de Tesis Doctoral (Toll Vera, 2014) fue evaluar la recuperación biológica de suelos salinos con napa freática cercana (Foto 1) mediante Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv.Común (2n) y cv. Callide (4n) bajo distintos sistemas de implantación en la Llanura Deprimida Salina del Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero, Argentina.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



Foto 1: Calicatas de observación. Foto 1.1- Calicata sector intermedio, perfil 0-20 cm CE 8 dS.m⁻¹ sin afloramiento salino y presencia de moteados (redox). Foto 1.2- Calicata sector bajo, perfil 0-20 cm CE 28 dS.m⁻¹ con napa freática y afloramiento salino en paredes, Octubre 2005. Estancia La Celina. Foto: JRTV.

Gramma Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Callide (4n) fue implantada convencionalmente (1986) mediante tándem de rastra de discos con sembradora de tachos perforados y posterior empleo de rolos compactadores en la Llanura Deprimida Salina del Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero, Argentina (Foto 2).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016



Foto 2: Foto 2.1: Siembra al voleo de Grama Rhodes cv. Callide (4n) con rastra y tachos sembradores; Foto 2.2: Detalle del tandem rastra-tachos sembradores, Estancia La Celina, Depto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Fotos: JRTV.

La evolución de los principales parámetros edáficos, en las situaciones iniciales y finales de la experiencia, se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Caracterización de los "Suelos Salinos", Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. (cm)	pH 1998*	pH 2010 ⁺		M.O.% 1998	M.O.% 2010		C.E. (dS.m ⁻¹) 1998	C.E. (dS.m ⁻¹) 2010	
0 a -20	8,03	6,95	-1,08	2,93	3,91	+0,98	22,51	7,60	-14,91
-20 a -40	7,95	7,55	-0,40	1,02	1,75	+0,73	23,17	6,50	-16,67
-40 a -60	7,99	7,72	-0,27	0,82	1,08	+0,26	27,25	7,10	-20,15

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 4 se observa que el pH disminuyó hasta la profundidad de 60 cm, siendo decreciente y con mayor impacto en el horizonte superficial (0 a -20 cm). El contenido de M.O. aumentó en todos los perfiles estudiados aunque en menor grado en los horizontes más profundos, patrón típico de comportamiento para una pastura perenne. La C.E. disminuyó en forma marcada en todas las profundidades de

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

evaluación y esta disminución fue creciente hasta -60 cm. Esto último está en relación con el desarrollo radicular de Grama Rhodes cv. Callide (4n) en suelos con napa freática por debajo de los 3 m de profundidad.

En el Cuadro 5 se compara el efecto de la biorecuperación mediante la pastura de Grama Rhodes cv. Callide con su equivalente enmienda química, yeso agrícola ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y lámina de agua de lavado.

Cuadro 5: Variación del Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y equivalentes yeso agrícola y agua de lavado. Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. cm	PSI* 1998	PSI ⁺ 2010	Dif.	Eq Yeso Tn.ha^{-1}	Eq Lar Mm
0 a -20	46	39,4	-6,6	3,06	47,11
-20 a -40	59	46,3	-12,7	6,00	50,60
-40 a -60	73	56,1	-16,9	8,10	48,95

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.+ Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 5 se observa que Grama Rhodes cv. Callide (4n) deprimió los valores de PSI en forma marcada respecto a la condición inicial de la experiencia (1998) y fue creciente hasta la profundidad máxima contemplada en la experiencia (-60 cm).

A la par de la producción primaria de forraje (Toll Vera *et al.*, 2008) las mejoras de fitorecuperación de los suelos de la experiencia, equivalen a $17,16 \text{ Tn.ha}^{-1}$ de yeso agrícola distribuidos en 3,06; 6,00 y $8,10 \text{ Tn.ha}^{-1}$ de yeso agrícola incorporado en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente.

Cuando se consideran las técnicas de aplicación/incorporación de yeso agrícola, resulta muy costoso hacerlo por debajo de -20 cm, dado que se requieren implementos agrícolas de laboreo profundo (cultivie, scoltie o escarificadores) con potencias de tiro superiores a 250 Hp. Por lo que al presente, si bien existe la tecnología y está disponible, no es de aplicación práctica en técnicas destinadas a pasturas megatérmicas.

Las variaciones en Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Carbono Orgánico Particulado (COPa), se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Fracciones Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Particulado (COPa). Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. cm	MOi ⁺ %	MOi ⁺ %	Dif %	COT %	%COT:MO	COPa %	COPa:COT
0 a - 20	2,93	3,91	+33,44	1,70	43,48	0,6	35,30
-20 a -40	1,02	1,75	+71,57	1,10	62,86	0,3	27,27
-40 a -60	0,89	1,08	+21,34	0,80	74,07	0,4	50,00

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 6 se aprecia que en todos los perfiles existió un aporte creciente de **MO%** respecto a las condición inicial (1998) donde los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte subsuperficial (-20 a -40 cm). Esto es fruto del desarrollo radicular. El **COT%**, 43,48; 62,86 y 74,07 en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente, se encuentra en el perfil superior por debajo de los rangos reportados (58% Conant *et al.*, 2001) para %C de la MOS pero muy superior en los horizontes más profundos hasta -40 a -60 cm.

El **COPa%** fracción lábil y ha sido propuesto como un indicador sensible y precoz del efecto de los sistemas de manejo de suelos. Se observa que la mayor acumulación tuvo lugar en el perfil superior, dentro del mismo, la fracción 0 a -5 cm es donde se produce la mayor acumulación de MO aportada por la hojarasca y heces, coincidente con experiencias locales (Banegas *et al.*, 2007). Aunque en este estudio englobada en el muestreo de 0 a -20 cm.

La relación **COP:COT** es un indicador del grado de transformación de las fracciones orgánicas dentro del suelo que puede ser utilizado para evaluar los efectos de las distintas prácticas de manejo. Existió una mayor acumulación 77,27% en los horizontes subsuperficiales (-20 a -60 cm).

La acumulación de M.O. en las profundidades analizadas es consecuencia de un sistema radicular voluminoso, característica deseable y acorde a diversos autores (Fisher *et al.*, 1994; Conant *et al.*, 2001; Kardol y Wadde, 2010; Jastroni *et al.*, 2007; Moni *et al.*, 2010; Kell, 2011).

La capacidad de captura de carbono en los distintos perfiles analizados, se

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

muestra en el Cuadro 7.

Al comparar el efecto de la biorecuperación con la lámina de agua de lavado teórica, equivale a 47,11; 50,60 y 48,95 mm.ha⁻¹ en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente. En el área de ensayo no existe disponibilidad ni factibilidad de agua de riego y por otro lado, la presencia de Na⁺ en el perfil en el perfil actúa a manera de dispersante y sella los poros e impide una adecuada infiltración.

Tanto el equivalente yeso agrícola como la lámina de agua de riego tienen una estrecha relación con el contenido de MO en los perfiles estudiados (deposición superficial y rizodeposición) que le confieren al suelo una mayor capacidad biológica general que redundando en una mejor producción forrajera.

Cuando se comparan las fracciones MO, COT y COPa, se obtiene el Cuadro 7.

Cuadro 7: Fracciones Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Particulado (COPa). Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. cm	MOi ⁺ %	MOf ⁺ %	Dif %	COT %	%COT:MO	COPa %	COPa:COT
0 a - 20	2,93	3,91	+33,44	1,70	43,48	0,6	35,30
-20 a -40	1,02	1,75	+71,57	1,10	62,86	0,3	27,27
-40 a -60	0,89	1,08	+21,34	0,80	74,07	0,4	50,00

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 7 se aprecia que en todos los perfiles existió un aporte creciente de **MO%** respecto a las condición inicial (1998) donde los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte subsuperficial (-20 a -40 cm). Esto es fruto del desarrollo radicular.

El **COT%**, 43,48; 62,86 y 74,07 en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a - 60 cm, respectivamente, se encuentra en el perfil superior por debajo de los rangos reportados (58% Conant *et al.*, 2001) para %C de la MOS pero muy superior en los horizontes más profundos hasta -40 a -60 cm.

El **COPa%** fracción lábil y ha sido propuesto como un indicador sensible y precoz

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

del efecto de los sistemas de manejo de suelos. Se observa que la mayor acumulación tuvo lugar en el perfil superior, dentro del mismo, la fracción 0 a -5 cm es donde se produce la mayor acumulación de MO aportada por la hojarasca y heces, coincidente con experiencias locales (Banegas *et al.*, 2007). Aunque en este estudio englobada en el muestreo de 0 a -20 cm.

La relación **COP:COT** es un indicador del grado de transformación de las fracciones orgánicas dentro del suelo que puede ser utilizado para evaluar los efectos de las distintas prácticas de manejo. Existió una mayor acumulación 77,27% en los horizontes subsuperficiales (-20 a -60 cm).

La acumulación de M.O. en las profundidades analizadas es consecuencia de un sistema radicular voluminoso, característica deseable y acorde a diversos autores (Fisher *et al.*, 1994; Conant *et al.*, 2001; Kardol y Wadle, 2010; Jastrow *et al.*, 2007; Moni *et al.*, 2010; Kell, 2011).

La capacidad de captura de carbono en los distintos perfiles analizados, se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8: Capacidad de Fijación de Carbono (Tn C.ha^{-1}) para lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n) implantada en Suelos Salinos. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

Prof. (cm)	M.O.% 1998*	M.O.% 2010 ⁺		C Fijado Tn C.ha^{-1}
0 a -20	2,93	3,91	+0,98	15,00
-20 a -40	1,02	1,75	+0,73	11,35
-40 a -60	0,82	1,08	+0,26	4,10

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 8 se desprende que, la pastura fue capaz de fijar **30,45 Tn C.Ha^{-1}** en el perfil considerado (0 a -60 cm) en un ambiente edáfico altamente salino (22,51 a 27,25 dS.m^{-1}) a lo largo de la experiencia. Este valor cobra particular importancia ya que actúa como dinamizador de la actividad biológica del suelo. Además, la distribución de la MO en profundidad (-20 a -60 cm) y el nivel de fijación de 15,45 Tn C.ha^{-1} es

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

equivalente al 50,65%. Este volumen se encuentra por debajo del perfil de laboreo y posee una mayor significancia biológica y estructural.

Las variaciones en la cobertura de suelos se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Cobertura de lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n) implantada en Suelos Salinos. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Años								
Componente	1998*	2000	2002	2004	2006	2008	2010	Media
G. Rhodes (%)	85	82	76	74	72	77	79	77,86
Mantillo (%)	5	14	17	23	23	17	14	16,14
Malezas (%)	7	4	6	2	5	6	7	5,28
Suelo Desnudo (%)	3	0	1	1	0	0	0	0,72

* Lote de cosecha de semillas. Diferido antes del primer pastoreo.

En el Cuadro 9 se observa que la adecuada cobertura en implantación y la posterior acumulación de residuos contribuyeron a disminuir la evapotranspiración, aumentar la infiltración, facilitar el lavado de las sales (disminución de la CE) y evitar el revenimiento salino.

El sistema de pastoreo empleado, pastoreo rotativo bovino de alto remanente y diferido otoñal donde se optó por la velocidad de rotación y bajo tiempo de permanencia para maximizar la capacidad productiva (Toll Vera *et al.*, 2009a), favoreció la cobertura del suelo, tanto por plantas de las pastura de Grama Rhodes cv. Callide (4n) como por sus residuos. El suelo desnudo tuvo porcentajes decrecientes luego del segundo año y los valores son insignificantes. La población de malezas fue variable (en implantación *Tagetes spp.*, en cultivo *Atriplex spp.*) y tuvo dentro de los parámetros considerados aceptables.

Bajo el ambiente de trabajo y las condiciones de manejo implementadas, Grama Rhodes cv. Callide (4n) en implantación convencional de rastra y cajón sembrador al voleo, se mostró apta para la producción forrajera y recuperación de suelos con elevados niveles de salinidad (CE 22,51 dS.m⁻¹).



Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Los rolos aireadores con cuchillas espiraladas discontinuas (Lawson roller chopper) son útiles en sectores con malezas leñosas de porte medio y permiten evitar la quema; incorporar en superficie materia orgánica de las malezas; facilitar la infiltración al dejar el terreno con pequeños pozos y lo más importante evitan la inversión del perfil con el consecuente afloramiento salino (Toll Vera *et al.*, 2006, 2009a) (**Foto 3**).



Foto 3: Implantación de Grama Rhodes cv. Callide (4n) con rolos aireadores y sembradora al voleo eléctrica en lotes de Grama Salina (*Aristida adsensionis*) y Cahiyuyo (*Atriplex spp*), Estancia La Celina, Depto. Río Hondo, Sgo. del Estero. Fotos: JRTV.

La caracterización de los suelos salinos en el sector implantado con rolos aireadores, situación original (1998) vs. situación final (2010) se muestra en el Cuadro 10.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 10: Caracterización de los "Suelos Salinos", Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. **Callide (4n)** sin malezas, **rolos aireadores**, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. (cm)	pH 1998*	pH 2010 ⁺	Dif	M.O.% 1998	M.O.% 2010	Dif	C.E. 1998	C.E. 2010	Dif
0 a -20	8,51	7,22	-1,29	2,33	4,95	+2,62	25,08	14,10	-10,98
-20 a -40	9,12	7,79	-1,33	1,67	2,34	+0,67	29,49	12,90	-16,59
-40 a -60	9,16	8,01	-1,15	1,04	1,51	+0,47	31,11	15,30	-15,81

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAO. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 10 se destaca el efecto de la napa freática salina cercana que le confiere al suelo pH y CE crecientes con profundidad por la recarga.

Con el efecto fitorecuperador de la pastura de Grama Rhodes cv. Callide (4n) se observa que el pH disminuyó hasta la profundidad de 60 cm, siendo de mayor manera en el horizonte subsuperficial (-20 a -40 cm). El contenido de M.O. aumentó en todos los perfiles estudiados aunque en menor grado en el horizonte más profundo. Lo que guarda relación con el patrón de crecimiento radicular para una pastura perenne estival. Los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte superficial, tanto fruto de la acumulación de biomasa arbustiva en el momento de implantación como del aporte de residuos de la pastura. La C.E. disminuyó en forma marcada en todas las profundidades de evaluación y esta disminución fue creciente hasta el horizonte más profundo -40 a -60 cm.

En el Cuadro 11 se compara el efecto de la biorecuperación mediante la pastura con su equivalente enmienda química, yeso agrícola ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y lámina de agua de lavado.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 11: Variación de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y equivalentes yeso agrícola y agua de lavado. Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n) sin malezas, rolos aireadores, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. cm	PSli 1998*	PSIf 2010 ⁺	Dif.	Eq Yeso Tn.ha ⁻¹	Eq Lar mm
0 a -20	48	43	-4,9	1,83	43,62
-20 a -40	61	38,5	-22,5	8,54	45,30
-40 a -60	82	44,9	-37,5	14,22	44,49

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 11 se desprende que Grama Rhodes cv. Callide (4n) implantada con rolos aireadores deprimió los valores de PSI en todos los horizontes estudiados y de forma creciente con la profundidad.

A la par de la producción primaria de forraje (Toll Vera *et al.*, 2006a) las mejoras de fitorecuperación de los suelos de la experiencia, equivalen a 24,59 Tn.ha⁻¹ de yeso agrícola que significan 1,83; 8,54 y 14,22 Tn.ha⁻¹ de yeso agrícola incorporado en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente.

Cuando se consideran las técnicas de aplicación/incorporación de yeso agrícola, resulta muy costoso hacerlo por debajo de -20 cm, dado que se requieren implementos agrícolas de laboreo profundo (cultivie, scoltie o escarificadores) con potencias de tiro superiores a 250 Hp. Por lo que al presente, si bien existe la tecnología y está disponible, no es de aplicación práctica en técnicas destinadas a pasturas megatérmicas.

Al comparar el efecto de la biorecuperación con la lámina de agua de lavado teórica, equivale a 49,38; 47,50 y 42,20 mm.ha⁻¹ en los horizontes 0 a -20-20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente. En el área de ensayo no existe disponibilidad ni factibilidad de agua de riego y por otro lado, la presencia de Na⁺ en el perfil en el perfil actúa a manera de dispersante y sella los poros e impide una adecuada infiltración.

Tanto el equivalente yeso agrícola como lámina de agua de riego tiene una estrecha relación con el contenido de MO en los perfiles (deposición superficial y rizodeposición) que le confieren al suelo una mayor capacidad biológica y estructural

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

que redunda en una mejor producción forrajera. Cuando se comparan las fracciones MO, COT y COPa, se obtiene el Cuadro 12.

Cuadro 12: Fracciones Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Particulado (COPa). Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n) sin malezas, **rolos aireadores**, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1998 vs. 2010.

Prof. cm	MOi* %	MO ⁺ %	Dif	COT %	%COT/MO	COPa %	%COPa/MO
0 a - 20	2,33	4,95	+2,62	2,80	56,56	1	35,71
-20 a -40	1,67	2,34	+0,67	1,70	72,65	0,5	29,41
-40 a -60	1,04	1,51	+0,47	0,90	59,60	0,2	22,22

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAO. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 12 se aprecia que en todos los perfiles existió un aporte creciente de **MO%** respecto a las condición inicial (1998) donde los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte superficial. Los porcentuales de acumulación respecto a la situación inicial son impactantes, **+212,4%**.

Ello es fruto de una sumatoria de circunstancias como la técnica de implantación donde el empleo de los rolos aireadores incorpora la vegetación halófita existente en ese momento. Además, al encontrarse las pasturas de Grama Rhodes cv Callide (4n) en los sectores más bajos del campo, existe una acumulación de forrajimasa que sufre descarga y aporte en superficie hasta que los lotes poseen piso adecuado para el pastoreo bovino. Por lo general, eso tiene lugar hacia fines de otoño e inicios del invierno.

El **COT%**, 56,56; 72,65 y 59,60 en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a - 60 cm, respectivamente, se encuentra en el perfil superior e inferior dentro de los rangos reportados (58% Conant *et al.*, 2001) para %C de la MOS pero muy superior en el horizonte intermedio -20 a -40 cm. Donde la acumulación de masa radicular resultó importante.

El **COPa%** es mayor en el perfil superficial (0 a -20 cm) y decreciente en profundidad, coincidente con el análisis en detalle de Banegas *et al.*, 2007.

La capacidad de captura de carbono en los distintos perfiles analizados, se muestra en el Cuadro 13.

	Grama Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

Cuadro 13: Capacidad de Fijación de Carbono (Tn C.ha^{-1}) para lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide (4n) implantada en Suelos Salinos. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

Prof. (cm)	M.O.% 1998*	M.O.% 2010 ⁺	Dif.	C Fijado Tn C.ha^{-1}
0 a -20	2,33	4,95	+2,62	69,17
-20 a -40	1,67	2,34	+0,67	17,96
-40 a -60	1,04	1,51	+0,47	12,78

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAO. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 13 se desprende que, la pastura fue capaz de fijar **99,91 Tn C.Ha^{-1}** en el perfil considerado (0 a -60 cm) en un ambiente edáfico altamente salino (25,08 a 31,11 dS.m^{-1}) a lo largo de la experiencia. Este valor cobra particular importancia ya que actúa como dinamizador de la actividad biológica del suelo. Además, la distribución de la MO en profundidad (-20 a -60 cm) y el nivel de fijación de 30,74 Tn C.ha^{-1} es equivalente al 44,44%. Este volumen se encuentra por debajo del perfil de laboreo y posee una mayor significancia biológica y estructural, máxime en condiciones de napa freática salina cercana.

En la misma experiencia pero con el empleo de Grama Rhodes cv. Común se obtuvieron los siguientes valores (Cuadro 14).

Cuadro 14: Caracterización de los "Suelos Salinos", Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), rastra y sembradora de tambores, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

Prof. (cm)	pH 1996*	pH 2010 ⁺	Dif	M.O.% 1996	M.O.% 2010	Dif	C.E. (dS.m^{-1}) 1996	C.E. (dS.m^{-1}) 2010	Dif
0 a -20	8,03	6,95	-1,08	2,93	3,91	+0,98	22,51	7,60	-14,90
-20 a -40	7,95	7,55	-0,40	1,02	1,75	+0,73	23,17	6,50	-16,67
-40 a -60	7,99	7,72	-0,27	0,89	1,08	+0,19	27,25	7,10	-20,15

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAO. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 14 se observa que para la condición inicial (1996) en el perfil -40 a -60 cm existía un aporte salino de la napa freática cercana. En la situación final (2010)

	Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016	

se aprecia un marcado aumento de la M.O. y disminución tanto del pH como CE en todos los perfiles estudiados. La C.E. disminuyó en forma marcada en todas las profundidades de evaluación y esta disminución fue creciente hasta el horizonte más profundo -40 a -60 cm. Esto es consecuencia del sistema de crecimiento radicular de una pastura perenne estival megatérmica.

En el Cuadro 15 se compara el efecto de la biorecuperación mediante la pastura con su equivalente enmienda química, yeso agrícola ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y lámina de agua de lavado.

Cuadro 15: Variación de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y equivalentes yeso agrícola y agua de lavado. Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

Prof. cm	PSi 1996*	PSi ⁺ 2010 ⁺	Dif.	Eq Yeso Tn.ha^{-1}	Eq Lar mm
0 a -20	52	40,8	-11,2	4,46	49,38
-20 a -40	57	39,3	-17,7	7,16	47,50
-40 a -60	64	47,8	-16,3	7,73	42,20

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAO. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 125 se desprende que Grama Rhodes cv. Común (2n) implantada con técnicas convencionales deprimió los valores de PSI en todos los horizontes estudiados y de forma creciente con la profundidad. Aunque de menor manera en el horizonte más profundo (-40 a -60 cm) donde el PSI se mantiene muy elevado.

A la par de la producción primaria de forraje (Toll Vera *et al.*, 2001 a y b) las mejoras de fitorecuperación de los suelos de la experiencia, equivalen a 19,35 Tn.ha^{-1} de yeso agrícola distribuidos en 4,46; 7,16 y 7,73 Tn.ha^{-1} de yeso agrícola incorporado en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente.

Cuando se consideran las técnicas de aplicación/incorporación de yeso agrícola, resulta muy costoso hacerlo por debajo de -20 cm, dado que se requieren implementos agrícolas de laboreo profundo (cultivie, scoltie o escarificadores) con potencias de tiro superiores a 250 Hp. Por lo que al presente, si bien existe la tecnología y está disponible, no es de aplicación práctica en técnicas destinadas a pasturas megatérmicas.



Gramma Rhodes: Centenario de su liberación en Argentina 1916 - 2016

Al comparar el efecto de la biorecuperación con la lámina de agua de lavado teórica, equivale a 49,38; 47,50 y 42,20 mm.ha⁻¹ en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente. En el área de ensayo no existe disponibilidad ni factibilidad de agua de riego y por otro lado, la presencia de Na⁺ en el perfil en el perfil actúa a manera de dispersante y sella los poros e impide una adecuada infiltración.

Tanto el equivalente yeso agrícola como lámina de agua de riego tiene una estrecha relación con el contenido de MO en los perfiles (deposición superficial y rizodeposición) que le confieren al suelo una mayor capacidad biológica que redundan en una mejor producción forrajera.

Cuando se comparan las fracciones MO, COT y COPa, se obtiene el Cuadro 16.

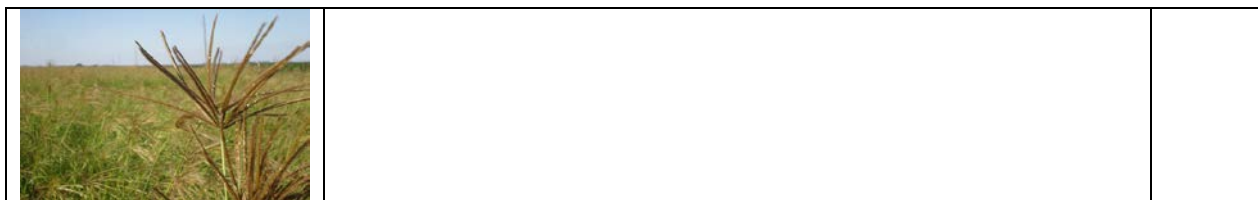
Cuadro 16: Fracciones Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Particulado (COPa). Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

Prof. cm	MOi* %	MO ⁺ %	Dif	COT %	%COT/MO	COPa %	%COPa/MO
0 a - 20	2,60	2,97	+0,37	1,40	47,14	0,2	14,28
-20 a -40	1,48	2,43	+0,95	1,10	45,27	0,1	9,09
-40 a -60	1,12	1,82	+0,70	1,00	54,94	0,3	28,57

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 16 se aprecia que en todos los perfiles existió un aporte creciente de **MO%** respecto a las condición inicial (1996) donde los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte subsuperficial (-20 a -40 cm). Esto denota un importante crecimiento radicular que enriquece en profundidad en mayor cuantía respecto el horizonte superficial.

El **COT%**, 47,14; 45,27 y 54,94 en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a - 60 cm, respectivamente, se encuentra en valores cercanos pero a los inferiores reportados (58% Conant *et al.*, 2001) para %C de la MOS.



El **COPa%** experimento escasa fluctuación entre las profundidades en estudio. La capacidad de captura de carbono en los distintos perfiles analizados, se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Capacidad de Fijación de Carbono (Tn C.ha^{-1}) para lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n) implantada en Suelos Salinos. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

Prof. (cm)	M.O.% 1996*	M.O.% 2010 ⁺	Dif.	C Fijado Tn C.ha^{-1}
0 a -20	2,60	2,97	+0,37	9,77
-20 a -40	1,48	2,43	+0,95	25,46
-40 a -60	1,12	1,82	+0,70	19,04

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOOC + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

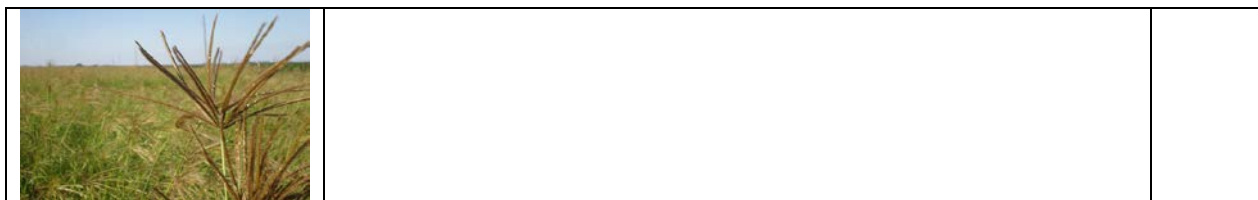
Del Cuadro 17 se desprende que, la pastura de Grama Rhodes cv. Común (2n) fue capaz de fijar **54,27 Tn C.Ha^{-1}** en el perfil considerado (0 a -60 cm) en un ambiente edáfico altamente salino (22,51 a 27,25 dS.m^{-1}) a lo largo de la experiencia. Este valor cobra particular importancia ya que actúa como dinamizador de la actividad biológica del suelo en ambientes edáficos con limitantes de sales.

Además, la distribución de la MO en profundidad (-20 a -60 cm) y el nivel de fijación de 44,50 Tn C.ha^{-1} son equivalentes al 82,00% del total MOS. Este volumen se encuentra por debajo del perfil de laboreo y posee una mayor significancia biológica y estructural, máxime en condiciones de napa freática salina cercana.

Cuadro 18: Caracterización de los "Suelos Salinos", Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), rastra y sembradora de tambores, Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

Prof. (cm)	pH 1996*	pH 2010 ⁺	Dif	M.O.% 1996	M.O.% 2010	Dif	C.E. 1996 dS.m^{-1}	C.E. 2010 dS.m^{-1}	Dif
0 a -20	8,03	6,95	-1,08	2,93	3,91	+0,98	22,51	7,60	-14,90
-20 a -40	7,95	7,55	-0,40	1,02	1,75	+0,73	23,17	6,50	-16,67
-40 a -60	7,99	7,72	-0,27	0,89	1,08	+0,19	27,25	7,10	-20,15

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOOC.+ Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.



En el Cuadro 18 se observa que para la condición inicial (1996) en el perfil -40 a -60 cm existía un aporte salino de la napa freática cercana. En la situación final (2010) se aprecia un marcado aumento de la M.O. y disminución tanto del pH como CE en todos los perfiles estudiados. La C.E. disminuyó en forma marcada en todas las profundidades de evaluación y esta disminución fue creciente hasta el horizonte más profundo -40 a -60 cm. Esto es consecuencia del sistema de crecimiento radicular de una pastura perenne estival megatérmica.

En el Cuadro 19 se compara el efecto de la biorecuperación mediante la pastura con su equivalente enmienda química, yeso agrícola ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y lámina de agua de lavado.

Cuadro 19: Variación de Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y equivalentes yeso agrícola y agua de lavado. Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

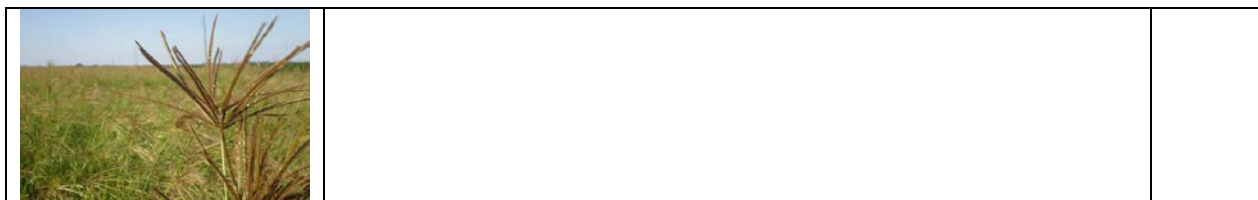
Prof. cm	PSIi 1996*	PSIf 2010 ⁺	Dif.	Eq Yeso Tn.ha^{-1}	Eq Lar mm
0 a -20	52	40,8	-11,2	4,46	49,38
-20 a -40	57	39,3	-17,7	7,16	47,50
-40 a -60	64	47,8	-16,3	7,73	42,20

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 19 se desprende que Grama Rhodes cv. Común (2n) implantada con técnicas convencionales deprimió los valores de PSI en todos los horizontes estudiados y de forma creciente con la profundidad. Aunque de menor manera en el horizonte más profundo (-40 a -60 cm) donde el PSI se mantiene muy elevado.

A la par de la producción primaria de forraje (Toll Vera *et al.*, 2001 a y b) las mejoras de fitorecuperación de los suelos de la experiencia, equivalen a 19,35 Tn.ha^{-1} de yeso agrícola distribuidos en 4,46; 7,16 y 7,73 Tn.ha^{-1} de yeso agrícola incorporado en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente.

Cuando se consideran las técnicas de aplicación/incorporación de yeso agrícola, resulta muy costoso hacerlo por debajo de -20 cm, dado que se requieren implementos agrícolas de laboreo profundo (cultivie, scoltie o escarificadores) con



potencias de tiro superiores a 250 Hp. Por lo que al presente, si bien existe la tecnología y está disponible, no es de aplicación práctica en técnicas destinadas a pasturas megatérmicas.

Al comparar el efecto de la biorecuperación con la lámina de agua de lavado teórica, equivale a 49,38; 47,50 y 42,20 mm.ha⁻¹ en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a -60 cm, respectivamente. En el área de ensayo no existe disponibilidad ni factibilidad de agua de riego y por otro lado, la presencia de Na⁺ en el perfil en el perfil actúa a manera de dispersante y sella los poros e impide una adecuada infiltración.

Tanto el equivalente yeso agrícola como lámina de agua de riego tiene una estrecha relación con el contenido de MO en los perfiles (deposición superficial y rizodeposición) que le confieren al suelo una mayor capacidad biológica que redunda en una mejor producción forrajera.

Cuando se comparan las fracciones MO, COT y COPa, se obtiene el Cuadro 20.

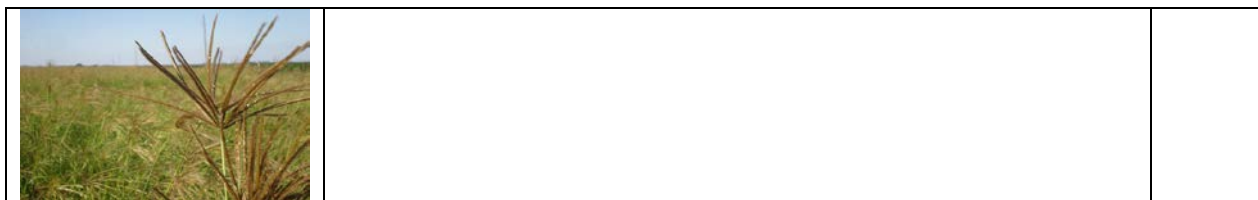
Cuadro 20: Fracciones Materia Orgánica (MO); Carbono Orgánico Total (COT) y Carbono Orgánico Particulado (COPa). Sector Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n), Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero. Año 1996 vs. 2010.

Prof. cm	MOi* %	MOi ⁺ %	Dif	COT %	%COT/MO	COPa %	%COPa/MO
0 a - 20	2,60	2,97	+0,37	1,40	47,14	0,2	14,28
-20 a -40	1,48	2,43	+0,95	1,10	45,27	0,1	9,09
-40 a -60	1,12	1,82	+0,70	1,00	54,94	0,3	28,57

* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

En el Cuadro 20 se aprecia que en todos los perfiles existió un aporte creciente de **MO%** respecto a las condición inicial (1996) donde los mayores incrementos porcentuales se obtuvieron en el horizonte subsuperficial (-20 a -40 cm). Esto denota un importante crecimiento radicular que enriquece en profundidad en mayor cuantía respecto el horizonte superficial.

El **COT%**, 47,14; 45,27 y 54,94 en los horizontes 0 a -20, -20 a -40 y -40 a - 60 cm, respectivamente, se encuentra en valores cercanos pero a los inferiores



reportados (58% Conant *et al.*, 2001) para %C de la MO.

El **COPa%** experimento escasa fluctuación entre las profundidades en estudio. La capacidad de captura de carbono en los distintos perfiles analizados, se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21: Capacidad de Fijación de Carbono (Tn C.ha^{-1}) para lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Común (2n) implantada en Suelos Salinos. Est. La Celina, Dpto. Río Hondo, Stgo. del Estero.

Prof. (cm)	M.O.% 1996*	M.O.% 2010 ⁺	Dif.	C Fijado Tn C.ha^{-1}
0 a -20	2,60	2,97	+0,37	9,77
-20 a -40	1,48	2,43	+0,95	25,46
-40 a -60	1,12	1,82	+0,70	19,04

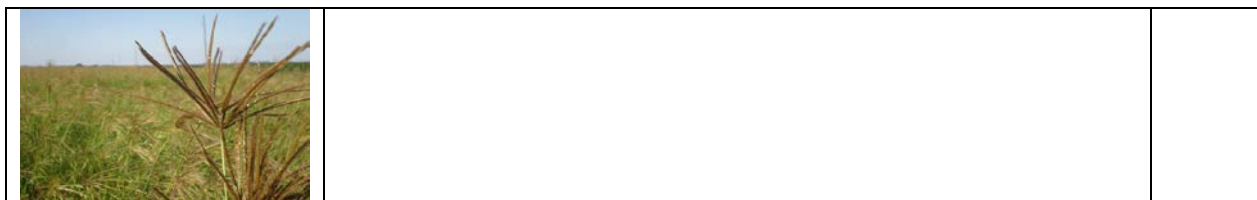
* Lab. Suelos, Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOOC. + Lab. Suelos, Cát. Edafología, FAZ, UNT.

Del Cuadro 21 se desprende que, la pastura de Grama Rhodes cv. Común (2n) fue capaz de fijar **54,27 Tn C.Ha^{-1}** en el perfil considerado (0 a -60 cm) en un ambiente edáfico altamente salino (22,51 a 27,25 dS.m^{-1}) a lo largo de la experiencia. Este valor cobra particular importancia ya que actúa como dinamizador de la actividad biológica del suelo en ambientes edáficos con limitantes de sales.

Además, la distribución de la MO en profundidad (-20 a -60 cm) y el nivel de fijación de 44,50 Tn C.ha^{-1} son equivalentes al 82,00% del total MOS. Este volumen se encuentra por debajo del perfil de laboreo y posee una mayor significancia biológica y estructural, máxime en condiciones de napa freática salina cercana.

Tal como se demostró en la presente, el uso de algunos cultivos forrajeros en el mejoramiento de suelos salinos sódicos, representa una alternativa económica y sustentable, ya que además de reducir la salinidad pueden ser aprovechados como cultivos de amplia cobertura en grandes extensiones de suelo, para la disminución de la erosión, captura de carbono y la producción de forraje para el ganado.

Ello ha llevado al desplazamiento de la ganadería hacia ecosistemas más



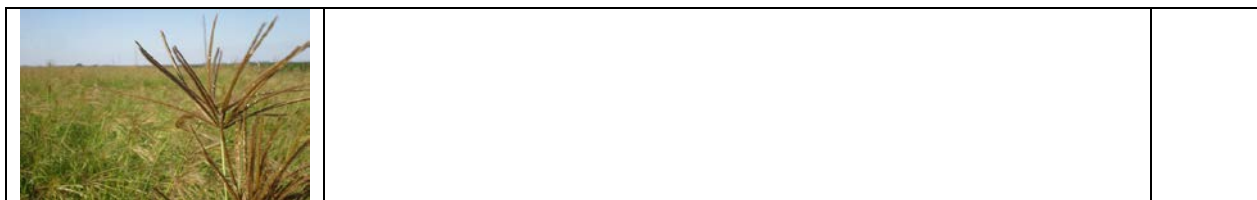
frágiles entre los que se cuentan las tierras con presencia de sales.

Todas las forrajeras evaluadas presentan desbalances de macro y micronutrientes, los que inducen a la deficiencia de Cobre (Cu) con sus implicancias productivas/reproductivas y son capaces de ocasionar tetania de los pastos.

Se logró una mejora sustancial de las propiedades físicas-químicas del suelo, en función del aumento de la permeabilidad y el drenaje interno; reducción de la compactación superficial por el pisoteo animal y/o el impacto de lluvias; disminución del escurrimiento superficial y por lo tanto, de la presencia de áreas inundables; reducción en el contenido de sales solubles y el pH e incremento en el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial.

BIBLIOGRAFIA

1. **Banegas, N. R.** Tesis Doctoral. "Cuantificación de la captura de carbono de *Chloris gayana* cv. Fine Cut implantada en un sistema pastoril bovino de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán y de la vegetación nativa que reemplaza". FAZ, UNT. 143 págs.
2. **Banegas, N. R.; A. S. Albanesi; R. Pedraza; J. A. Nasca y M. R. Toranzos.** 2007. Determinación de fracciones de carbono edáfico en un sistema pastoril bovino de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, Argentina. APPA - ALPA - Cuzco, Perú, 2007.
3. **Ceballos R. B.; R. D. Corbella; J. García; L. Caldez y A. Plasencia.** 2011. Manejo y recuperación de un campo de producción mixta en la llanura deprimida salina tucumana. Resúmenes, Segunda Reunión de la Red Argentina de Salinidad RASTUC. Sociedad Rural de Tucumán. 24 al 26 de Agosto.
4. **Conant, R. T.; K. Paustasian y E. T. Elliot.** 2001. Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications* 11 (2): 343-355.
5. **Dantur, N. C.; C. F. Hernández; M. R. Casanova; V. N. Bustos y L. P. Guzmán.** 1989. Evolución de las propiedades de los suelos en la región de la Llanura Chaco Pampeana de Tucumán, bajo diferentes alternativas de producción. *R.I.A.T.* 66 (1): 31-60.
6. **Fisher, M. E.; I. M. Rao; M. A. Ayarza; C. E. Lascano; J. I. Sanz; R. J. Thomas y R. R. Vera.** 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371: 236-238.
7. **Jastrow, J. D.; J. E. Amonette y V. L. Bailey.** 2007. Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration. *Climatic Change* 80: 5-23.
8. **Kardol, P. y D. A. Wardle.** 2010. How understanding aboveground-belowground



- linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 670–679.
9. **Kell, D. B. 2011.** Breeding crop plants with deeper roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration. *Annals of Botany* 108: 407-418.
 10. **Moni, C.; C. Rumpel; I. Virto; A. Chabbi y C. Chenu.** 2010. Relative importance of sorption versus aggregation for organic matter storage in subsoil horizons of two contrasting soils. *European Journal of Soil Science* 61: 958–969.
 11. **Nasca, J. A.; M. R. Toranzos; N. R. Banegas y H. R. Ricci.** 2005. Evaluación del mantillo y cobertura de una pastura de *Chloris gayana* cv. Fine Cut bajo dos sistemas de pastoreo. *Avances de la producción vegetal y animal en el noa.* 2003 – 2005 9 págs.
 12. **anzano, G. A.; G. S. Fadda y M. R. Cáceres.** 1997. Influencia de las pasturas en algunas propiedades de suelos del Noroeste Argentino. *R.I.A.T.* 74 (1-2): 65-69.
 13. **Toll Vera, J. R.** Tesis Doctoral “**Recuperación Biológica de Suelos Salinos y Salinos Sódicos mediante Especies Forrajeras en la Llanura Deprimida Salina del Este de Tucumán y Oeste de Santiago del Estero**”. FAZ, UNT. 435 págs.
 14. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2006. Implantación con rolos aireadores de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Callide en suelos salinos sódicos del Oeste de Santiago del Estero. IIª Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de Ingeniería del NOA. Octubre 19 y 20, 2006. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca.
 15. **Toll Vera, J. R.; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia; M. M. Fernández y E. D. Lagomarsino.** 2008. Evaluación productiva de cultivares de *Chloris gayana* Kunth. sobre suelo y napa freática salinos del Oeste de Santiago del Estero. IVº Jornadas de Ciencia y Tecnología de las Facultades de ingeniería del NOA. UNSE. Diciembre
 16. 04 y 05. Santiago del Estero.
 17. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2009a. Evaluación de cultivares de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) en suelos salinos con presencia de napa freática en el Oeste de Santiago del Estero. 1ª Congreso de la Red Argentina de Salinidad, Libro de Resúmenes: 49.
 18. **Toll Vera, J. R.; E. D. Lagomarsino; G. O. Martín (h); M. G. Nicosia y M. M. Fernández.** 2009a. Implantación con rolos aireadores de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) cv. Callide en suelos salinos sódicos del Oeste de Santiago del Estero. 1º Congreso de la Red Argentina de Salinidad, Libro de Resúmenes: 51
 19. **Volante, J. N.; A. R. Bianchi; H. P. Paoli; Y. E. Noé; H. J. Elena y C. M. Cabral.** 2005. Análisis de la dinámica del uso del suelo agrícola del Noroeste Argentino mediante teledetección y sistema de información geográfica. Período 2000-2005. Pro. Re. NOA. Ediciones INTA. Salta. Argentina: 1-64.