

RENDIMIENTO DE PASTO LLORON, *Eragrostis curvula* (Nees) cv. Ermelo,
EN FUNCION DE ALGUNAS PROPIEDADES EDAFICAS¹ /

C.A. MERINO*
R.A. ROSELL**
A.O. GARGANO**

Summary

The relationship between the yield of weeping lovegrass and some edaphic properties of 18 soils in a large area which includes the districts of Bahía Blanca, Villarino, Puan and Saavedra in the province of Buenos Aires and the district of Hucal in the province of La Pampa, Argentina, was studied.

Work was carried out in pots with a net content of 2.5 to 3.5 kg of soil and 3 plants per pot in a randomized block design with 3 repetitions. Three cuts were made, with a span of 75 days between each, and the yield of dry matter in grams per pot was determined.

The properties of the soils analyzed were total nitrogen, organic carbon, organic matter, exchangeable calcium, magnesium, potassium and sodium, percent of exchangeable sodium (PSI), sodium adsorption ratio (RAS), cation exchange capacity, available phosphorus, nitrate nitrogen, carbon-nitrogen ratio, texture, pH, equivalent humidity and electrical conductivity. The incidence of these properties on the crop yield was analyzed by means of stepwise multiple regression.

The edaphic properties significantly associated with the total aerial biomass in multiple correlations, in order of importance, were: total nitrogen, nitrate nitrogen, percent of exchangeable sodium, exchangeable magnesium, equivalent humidity, clay content, organic carbon content, carbon-nitrogen ratio, sand content, pH, calcium and potassium ($R = 0.95$). The exchangeable magnesium was included due to the effect caused by soil number 16 which presented a higher content of this cation than other soils. A new multiple regression analysis without this soil gave the following variable sequence: total nitrogen, nitrate nitrogen, electrical conductivity, clay, silt, organic matter, carbon-nitrogen ratio, percent of exchangeable sodium and sodium adsorption ratio ($R = 0.97$).

To predict crop responses it is recommended that only the first 4 variables in the equation which includes all soils and the first 3 variables in the equation excluding soil number 16 be considered.

1 Recibido para publicación el 12 de setiembre de 1982.
Trabajo financiado por: Comisión de Investigaciones Científicas (SIC) de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Proyecto "Aprovechamiento de Recursos (Bióticos de Importancia Económica en Zonas Áridas, Semiáridas y otras Zonas Críticas" (SECYT-OEA).
Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (SECYT), Argentina.
Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo (LAHBIS) de la UNS.
Se agradece a los ingenieros José A. Porrás y Jorge E.

Gatica de la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur por la ejecución del análisis de regresión múltiple.

* Ingeniero Agrónomo, ex-becario de CIC. Actualmente becario en el Centro Nacional Patagónico, 9120 Puerto Madryn, Argentina.

** Doctor en Química y en Ciencia del Suelo e Ingeniero Agrónomo, respectivamente, profesores del Departamento de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Sur, 8 000 BAHIA BLANCA, ARGENTINA.

Introducción

En las regiones áridas y semiáridas la producción de forraje se halla limitada principalmente por baja pluviosidad y factores edáficos limitantes. A esto debe agregarse la falta de especies forrajeras valiosas y un manejo inadecuado de las mismas. En condiciones semiáridas se destaca el pasto llorón por sus buenas características forrajeras y el alto grado de difusión que ha alcanzado.

Varios autores han determinado la importancia que el fósforo, nitratos, amonio, pH, textura y potencial de agua, generalmente considerados individualmente, tienen sobre el rendimiento de pasto llorón (4, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 22, 24). Sin embargo una propiedad del suelo no solamente influye *per se* sobre el comportamiento de una especie sino también por su interrelación con otras propiedades.

El principal objetivo de este trabajo es cuantificar las relaciones entre las más importantes variables edáficas y el rendimiento del pasto llorón en 18 suelos

muestreados en 4 partidos de la provincia de Buenos Aires y 1 de La Pampa.

Materiales y métodos

Suelos

Previa consulta de varios trabajos (13, 19, 20, 23) se muestrearon 25 suelos pertenecientes a una importante zona semiárida que comprende los partidos de Bahía Blanca, Villarino, Puan, Tornquist y Saavedra en la provincia de Buenos Aires y el departamento de Hucal en la provincia de La Pampa (Figura 1). En el Cuadro 1 se detalla la ubicación, clasificación según Soil Taxonomy y textura de los suelos muestreados.

De los 25 suelos se seleccionaron 18 suelos con base a la diferenciación de tres propiedades edáficas consideradas importantes en el rendimiento del pasto llorón, a saber, nitrógeno total, fósforo asimilable y textura (4, 8, 10, 11, 14). Se eligieron aquellos suelos mejor distribuidos en la gradiente de cada una de las variables y se eliminaron los que presentaron valores similares.

Se emplearon los primeros 30 cm del perfil (horizonte superficial) ya que el período experimental comprenderían sólo un ciclo de crecimiento.

Los suelos fueron secados al aire y tamizados por malla de 2 mm. Los análisis, ejecutados por duplicado y expresados los resultados sobre suelo seco a 105°C, fueron los siguientes:

- Nitrógeno total (Nt, %), método Kjeldahl semimicro (3)
- Fósforo asimilable (P asim, ppm), procedimiento de Nelson y colaboradores citado por Olsen y Dean.
- Carbono y Materia orgánica (CO y MO, %), método de Walkley-Black (26).
- Humedad equivalente (HE), técnica de la centrífuga universal (21).
- Nitrógeno de nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$, ppm), se determinó mediante potenciómetro con electrodo específico para el ión nitrato según Mahendrappa (21).
- Cationes intercambiables (Ca, Mg, Na y K Int., me %), se extrajeron con el método del acetato de amonio (1N pH 7) y se determinaron por fotometría de llama.
- Relación de Adsorción de Sodio (RAS) (5).
- Porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (5).
- Conductividad eléctrica (CE, $\text{mmho}\cdot\text{cm}^{-1}$), se midió la resistencia de la pasta saturada de suelo (5).
- Reacción del suelo (pH): método electrométrico en una relación suelo-agua 1:2,5 (5).
- Granulometría: los porcentajes (%) de arena, limo

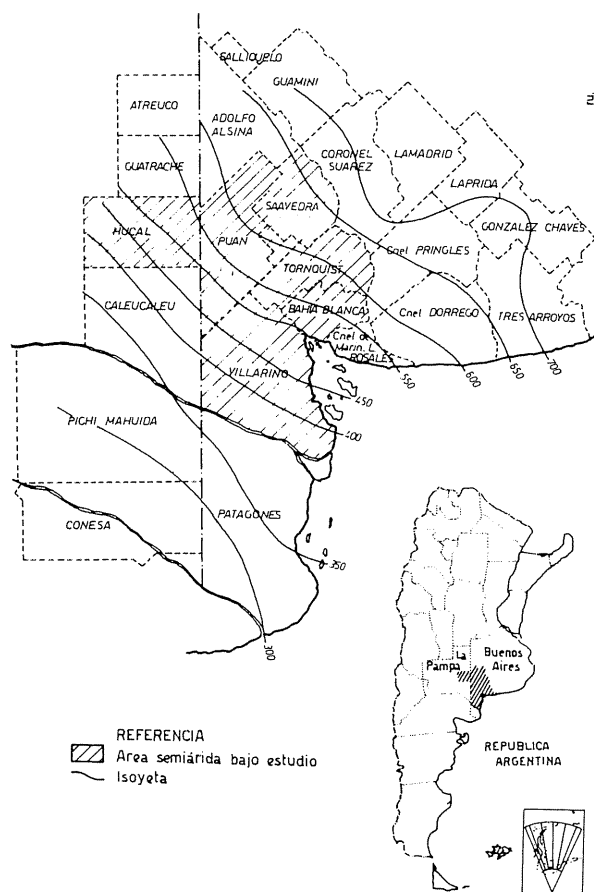


Fig. 1. Parte de las provincias de Buenos Aires y la Pampa.

Cuadro 1. Clasificación de algunos suelos de la región semiárida bonaerense a nivel de subgrupo (22).

Suelo y Partido	Clasificación a nivel Subgrupo según mapa de suelos INTA 1: 500 000	Textura	Ubicación aproximada
1. Villarino	Ustifluent cumúlico Serie Argerich	Franco-Arenoso	Campo UNS (Argerich)
2. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	Sobre ruta 3 Sur, mojón 774
3. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Franco	A 7 km de Médanos sobre camino vecinal entre ruta 3 Sur y Médanos
4. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Franco-Arenoso	Sobre ruta 22, Cruce a Chapalcó
5. Villarino	Ustipsament típico Serie Médanos	Areno-Franco	Sobre ruta 22, Cruce a Chapalcó
6. Puán	Haplustol petrocálcico	Areno-Franco	A 9 km al N.E. de Chasicó sobre ruta 35
7. Puán	Ustortent típico	Areno-Franco	INTA Bordenave. Lote molino
8. Puán	Ustortent típico	Franco-Arenoso	INTA Bordenave. Lote bajo
9. Puán	Haplustol éntico	Franco	INTA Bordenave. Lote rotación
10. Puán	Haplustol éntico	Franco	Camino vecinal entre Bordenave y J. Arauz, sobre paraje "La Angelita"
11. Puán	Ustortent típico	Areno-Franco	Camino entre Bordenave y J. Arauz
12. Hucal	Ustortent típico	Franco-Arenoso	Cruce entre J. Arauz y ruta 35
13. Torquinst	Haplustol típico	Franco-Arenoso	A 18 km al N.O. de Torquinst, sobre Sauce Chico (paraje Frapal)
14. Saavedra	Haplustol petrocálcico	Arenoso	Sobre Club de Pesca Torquinst
15. Torquinst	Haplustol típico	Franco-Arenoso	Sobre camino a Chasicó, a 6 km de ruta 33
16. Bahía Blanca	Argiustol típico	Franco-Arenoso	Sobre km 47, ruta 33
17. Bahía Blanca	Haplustol éntico	Franco-Arenoso	Sobre km 30, ruta 33
18. Bahía Blanca	Ustipsament petrocálcico Serie Bahía Blanca	Areno-Franco	Campo Palihue UNS (Bahía Blanca)
19. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	Campo Argerich UNS
20. Villarino	Ustipsament petrocálcico Asoc. de series, Salitral de la Vidriera y la Bahía Blanca	Arenoso	Sobre ruta 22, frente campo Argerich UNS
21. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	A 13 km al S.O. de Origone
22. Villarino	Ustipsament típico Serie Ombucta	Arenoso	A 2.5 km de Ombucta sobre camino vecinal entre ruta 3 y Médanos
23. Villarino	Ustipsament petrocálcico	Arenoso	Sobre mojón 765, ruta 22
24. Puán	Ustortent típico	Arenoso	Frente al campo Chasicó UNS
25. Puán	Haplustol típico	Franco-Arenoso	A 9 km N.E. de Chasicó

y arcilla se determinaron por el método de Bouyoucos (9) utilizando hexametáfosfato de sodio como dispersante.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de las propiedades edafológicas de los 18 suelos incluidos en la experiencia.

Desarrollo experimental

Los suelos fueron colocados en macetas cuyo contenido osciló entre 2.5 y 3.5 kg. El volumen fue el mismo para todos los suelos. Para evitar la eventual pérdida de la solución del suelo se colocó una bolsa de polietileno en el interior de las macetas.

Se empleó un diseño de bloques al azar con 18 tratamientos y 3 repeticiones.

Se utilizaron semillas de la variedad Ermelo, las cuales se sembraron previamente en almácigos de arena estéril y luego de aproximadamente 10 días se transplantaron en número de 3 por maceta.

El período experimental, una vez efectuado el trasplante se inició el día 10 de setiembre de 1979. Durante 1 mes el experimento se condujo en inverna-

dero hasta que las plantas lograron arraigar en forma satisfactoria. Luego, las macetas se llevaron a condiciones naturales aunque protegidas con una cubierta de nylon para controlar la humedad en los suelos, la cual se mantuvo entre un 50 y 80% de la capacidad de campo. El riego se hizo con agua destilada y el control mediante pesadas periódicas de las macetas.

Se efectuaron 3 cortes con un lapso de 75 días entre sí, dejándose un remanente de 5 cm sobre el nivel del suelo.

Previamente a cada corte se midió la altura modal de las 3 plantas de cada maceta. La biomasa cosechada se secó en estufa a 70°C durante 48 horas y los rendimientos se expresaron en gramos de materia seca por maceta. La suma de los 3 cortes más la biomasa de los 5 cm basales constituyó la biomasa aérea total.

La incidencia de las diferentes variables edáficas sobre la producción de materia seca se analizó mediante regresión multiparamétrica, método "Forward Stepwise", descrito por Draper y Smith (4), y se efectuó en una computadora digital PDP 11/70E en el Centro de Computación de la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur, Argentina.

Cuadro 2. Propiedades edáficas de los 18 suelos utilizados (1).

Suelo y partido	N total	NO ₃ -N	M.O.	Humedad equivalente		Propiedades intercambiables, me/100 g					PSI	C.E. mmho/cm	Pasimilable	Arena	Limo	Arcilla	
				%	%	pH	CIC	Ca	Mg	K							Na
1. Villarino	0.21	107.5	4.61	26.82	7.1	24	12.40	3.40	6.92	0.78	3.30	0.75	8	58	28	14	
13. Torquinst	0.14	6.5	2.53	16.20	6.4	11	4.70	1.15	4.61	0.53	1.18	1.5	11	60	28	12	
14. Saavedra	0.13	2.0	2.08	8.82	6.4	6	3.80	0.85	1.53	0.09	1.50	1.8	4	89	7	4	
17. Bahía Blanca	0.12	3.2	2.25	25.53	7.2	32	23.20	3.90	4.69	0.13	0.40	0.7	15	70	20	10	
9. Puán	0.11	33.1	2.81	22.01	6.3	14	8.50	1.70	3.33	0.39	2.78	0.6	13	49	33	18	
10. Puán	0.11	9.0	2.87	22.16	6.3	16	10.50	1.80	2.82	0.43	2.68	0.05	6	51	34	15	
15. Torquinst	0.11	6.2	2.44	23.16	6.4	14	9.10	3.00	2.30	0.13	0.92	0.6	8	57	31	12	
7. Puán	0.10	3.5	2.35	11.15	6.2	7	4.35	1.10	1.02	0.21	3.00	1.7	4	81	12	7	
8. Puán	0.10	2.0	2.37	17.67	6.3	10	6.00	1.20	2.30	0.05	0.50	1.5	6	62	25	13	
16. Bahía Blanca	0.10	2.0	2.04	21.87	8.2	24	18.70	11.50	3.79	0.17	0.70	0.6	15	65	28	7	
2. Villarino	0.09	3.9	2.15	6.76	7.3	4	1.95	0.75	1.02	0.26	6.50	2.5	38	95	3	2	
6. Puán	0.08	4.4	2.14	22.91	7.0	14	7.60	2.10	3.58	0.34	2.40	0.70	14	85	10	5	
3. Villarino	0.07	6.0	0.88	9.65	7.5	8	3.65	1.50	2.20	0.08	1.00	1.2	21	80	11	9	
4. Villarino	0.07	2.8	0.97	12.06	8.7	8	2.10	1.30	2.72	1.73	22.00	2.01	15	75	15	10	
18. Bahía Blanca	0.07	2.7	1.13	9.40	7.1	10	4.60	1.90	3.53	0.34	3.40	1.2	10	87	8	5	
11. Puán	0.06	2.0	1.12	9.52	6.4	9	4.50	0.95	3.07	0.13	1.43	1.6	9	86	10	4	
12. Hucal	0.04	16.8	0.73	14.00	9.5	26	9.70	3.15	3.53	10.00	38.00	3.5	11	70	20	10	
5. Villarino	0.03	2.9	0.66	8.47	8.0	7	2.50	0.80	1.02	2.08	36.00	2.6	25	83	10	7	

(1) Análisis realizados en el Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo, Departamento de Ciencias Agrarias - U.N.S.

Resultados y discusión

Rendimientos parciales y totales

Los rendimientos parciales obtenidos a través del tiempo fueron sometidos a un análisis de varianza, mostrando diferencias significativas entre suelos, entre cortes y entre ambas fuentes de variación.

En el Cuadro 3 se ordenaron los rendimientos de los cortes parciales según los valores decrecientes de su biomasa total. Los rendimientos totales variaron significativamente. Si se asigna 100% al mayor rendimiento en el suelo 1, solo le corresponde el 20% al suelo 4 cuyo rendimiento fue el menor. La producción del suelo 1 fue la más alta y significativamente diferente del resto. A partir del segundo corte la variación fue menor y esto determinó diferencias entre grupos de suelos.

El mayor rendimiento se produjo en el segundo corte, siendo este comportamiento uniforme en todos los suelos. Debido a esto se observan más suelos con rendimientos que difieren significativamente entre sí. Esta diferencia es casi nula en el primer corte; en el tercero se presenta sólo en los suelos de rendimientos

extremos. Los más bajos rendimientos del primer corte con respecto al segundo puede atribuirse a que en el primer período las plántulas iniciaron su crecimiento y desarrollo. El menor rendimiento del tercer corte con respecto al segundo respondería a una combinación de factores. Por un lado, en el período correspondiente (marzo-abril), el crecimiento tiende a disminuir, y por el otro, una eventual baja del nivel de fertilidad del suelo.

El 83% de los suelos presentaron diferencias significativas entre el segundo y primer corte, mientras que el 67% las tuvo entre el segundo y el tercero. Los rendimientos del primer y tercer corte no presentaron diferencias significativas salvo en los suelos 1, 12 y 16.

Los suelos 12 y 16 no registran rendimientos en el primer corte ya que no superaron los 5 cm de altura. Estos suelos poseían un alto porcentaje de sodio y magnesio intercambiable, respectivamente.

Relaciones entre biomasa total y variables de suelo

Para la predicción de los rendimientos, las variables edáficas más importantes fueron aquellas selecciona-

Cuadro 3. Comparación de la biomasa aérea parcial entre cortes y entre suelos, y de la biomasa aérea total entre suelos, mediante el Test de Duncan ($P \geq 0.01$).

Suelo y partido	Biomasa aérea cortes parciales (1) (g mat. seca/maceta)			Biomasa aérea Total (2) (g mat. seca/maceta)
	25 Nov. 1979	5 Feb. 1980	18 Abr. 1980	
1. Villarino	a 1.53 a b	b 14.1 a	c 5.43 a	42.81 a
15. Tornquist	a 1.28 a b c	b 7.9 b	a 2.3 b	24.43 b
9. Puán	a 2.58 a	b 6.46 b c	a 1.43 b c	23.35 b
17. Bahía Blanca	a 1.70 a b	b 6.43 b c	a 1.61 b c	20.57 b c
13. Tornquist	a 2.09 a b	b 4.83 c d e f	a 1.77 b c	20.40 b c
6. Puán	a 1.53 a b	b 5.56 c d	a 2.01 b c	20.17 b c
18. Bahía Blanca	a 1.26 a b c	b 5.23 c d e	a 1.86 b c	18.08 c d
14. Saavedra	a 1.90 a b	b 4.76 c d e f	a 1.34 b c	16.87 c d e
11. Puán	a 1.33 a b c	b 3.66 e f a	a 1.45 b c	15.26 d e
8. Puán	a 1.44 a b c	b 4.13 d e f	a 1.51 b c	15.21 d e
7. Puán	a 1.14 a b c	b 3.30 f g h	a 1.55 b c	14.18 d e
10. Puán	a 0.85	b 3.40 f g h	a 1.63 b c	14.05 d e
2. Villarino	a 1.83 a b	b 3.30 f g h	a 0.89 b c	13.21 e f
3. Villarino	a 1.14 a b c	b 3.43 f g h	a 1.03 b c	13.08 e f
16. Bahía Blanca	a 0.00 c	b 2.03 h i	b 2.05 b c	9.82 f g
12. Hucal	a 0.00 c	b 2.23 g h i	b 2.11 b c	8.46 g
5. Villarino	a 0.82 b c	a 1.70 i	a 0.68 c	8.24 g
4. Villarino	a 0.72 b c	a 1.73 i	a 0.63 c	8.23 g

1 Cortes parciales realizados sobre 5 cm de altura. Las letras del lado derecho comparan verticalmente los suelos entre sí. Las del lado izquierdo horizontalmente los cortes dentro de cada suelo.

2 Sumatoria de los tres cortes parciales y los 5 cm basales.

— Dentro de las comparaciones los promedios con letras distintas son significativamente diferentes.

das en los primeros lugares con correlaciones múltiples altas. La determinación de algunas correlaciones simples entre variables independientes y de éstas con variables dependientes coadyuvaron a interpretar algunos resultados.

Se realizaron varios análisis de regresión múltiple entre los que se seleccionaron dos. Uno incluye todos los suelos y la secuencia de variables fue: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, porcentaje de sodio intercambiable, magnesio intercambiable, humedad equivalente, arcilla, carbono orgánico, relación C/N, arena, pH, calcio y potasio ($R = 0.95$). Debido a la presencia del magnesio y para determinar si la misma se debía al efecto provocado por el suelo 16 que presentó un nivel muy superior de ese catión con respecto al de otros suelos, se realizó otro análisis sin ese suelo obteniéndose la siguiente secuencia de variables: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, conductividad eléctrica, arcilla, limo, relación C/N, porcentaje de sodio intercambiable, pH, carbono orgánico, sodio, relación de absorción de sodio y humedad equivalente ($R = 0.97$). La exclusión del magnesio apoya la hipótesis anterior.

A continuación se discuten las relaciones encontradas entre la biomasa total y las variables edáficas en el análisis que incluye todos los suelos.

1. Nitrógeno total

Los suelos incluidos en esta experiencia tuvieron niveles de nitrógeno total, considerados medios y bajos en la región, ya que el suelo 1 presentó el mayor contenido con 0.21% y el suelo 5 el menor con 0.03% (Cuadro 2).

En el Cuadro 4 puede observarse que esta variable fue la más importante en correlaciones múltiples. Esto corrobora la importancia del nitrógeno sobre el rendimiento del pasto llorón, determinado anteriormente en otros estudios (15, 25). Por otra parte el nitrógeno total tuvo en los 18 suelos estudiados un menor coeficiente de variación con respecto a las otras propiedades estudiadas.

El suelo 1 presentó un contenido de nitrógeno total muy superior al resto de los suelos y su rendimiento fue prácticamente el doble al del suelo 15, que le siguió en importancia.

En el Cuadro 5 se observa que durante el primer corte se produce la correlación simple más baja entre rendimiento y nitrógeno total. La variable mejor correlacionada con el rendimiento de este corte fue el pH ($r = 0.70$) significativa al nivel del 1% de probabilidad. Durante el segundo corte la producción de ma-

Cuadro 4. Correlaciones múltiples entre la biomasa aérea total y las variables significativas de suelos ($P \geq 0.05$).

Orden de selección de variables	Biomasa aérea total		(g mat. seca/maceta)	
	con todos los suelos		sin suelo No. 16	
	Variable	R	Variable	R
1°	Nt	0.67	Nt	0.71
2°	NO ₃ -N	0.78	NO ₃ -N	0.80
3°	PSI	0.82	CE	0.87
4°	Mg	0.84	Arc.	0.89
5°	HE	0.87	Limo	0.91
6°	Arc.	0.90	C/N	0.93
7°	CO	0.91	PSI	0.94
8°	C/N	0.92	pH	0.94
9°	Arena	0.93	CO	0.95
10°	pH	0.94	Na	0.96
11°	Ca	0.94	RAS	0.96
12°	K	0.95	HE	0.97

Biomasa aérea total (con todos los suelos)

$$y = 31.31 + 499.1 (\text{Nt}) + 0.37 (\text{NO}_3\text{-N}) - 0.58 (\text{PSI}) - 3.47 (\text{Mg}) + 0.65 (\text{HE}) - 2.56 (\text{Arcilla}) - 47.55 (\text{CO}) + 3.60 (\text{C/N}) - 0.86 (\text{Arena}) + 4.88 (\text{pH}) + 0.35 (\text{Ca}) - 1.40 (\text{k})$$

$$R = 0.95$$

Biomasa aérea total (sin suelo No. 16)

$$y = -56.44 + 590.4 (\text{Nt}) + 0.24 (\text{NO}_3\text{-N}) - 5.57 (\text{CE}) - 1.31 (\text{Arcilla}) + 0.71 (\text{Limo}) + 4.48 (\text{C/N}) - 0.11 (\text{PSI}) + 4.43 (\text{pH}) - 48.88 (\text{CO}) + 2.53 (\text{Na}) - 7.17 (\text{RAS}) - 0.24 (\text{HE})$$

$$R = 0.97$$

Cuadro 5. Coeficientes de correlación simple entre Nt y NO₃-N con la biomasa aérea total y parcial.

Biomasa	Nt (%)	NO ₃ -N
Aérea total (1)	0.83 (P ≥ 0.01)	0.81 (P ≥ 0.01)
Aérea parcial a los: (2)		
75 días	0.48 (P ≥ 0.05)	0.18 N.S. (x)
150 días	0.80 (P ≥ 0.01)	0.81 (P ≥ 0.01)
225 días	0.71 (P ≥ 0.01)	0.86 (P ≥ 0.01)

1 Rendimiento acumulado de los tres cortes más 5 cm basales.

2 Edad de las plantas en las que se efectuaron cortes sobre los 5 cm de altura.

(x) N.S. No significativo.

teria seca fue la más alta del ensayo y se produjo la mayor correlación simple del rendimiento parcial con el nitrógeno total. Durante el tercero la correlación disminuye. Esto podría explicarse por el agotamiento del nitrógeno de los suelos.

2. Nitrógeno de nitratos

Esta fue la segunda variable seleccionada en correlaciones múltiples. Tanto el nitrato como el amonio tienen marcada importancia en la nutrición vegetal. En general las plantas utilizan el nitrógeno en forma de nitratos ya que este puede ser acumulado sin efectos perjudiciales, aunque esto se ve afectado por otras variables como por ejemplo pH (2).

A su vez, Grossman y Gresswell (12) encontraron que la cantidad de dióxido de carbono asimilado por pasto llorón era mayor en presencia de nitratos que de amonio.

La correlación simple encontrada entre el nitrógeno total y el nitrógeno de nitrato ($r = 0.67$), significativa al nivel del 1% de probabilidad, explicaría en parte la inclusión de esta variable en la ecuación de regresión.

En el Cuadro 5 se observa que las correlaciones simples entre nitrógeno de nitrato y los rendimientos aéreos parciales y totales fueron similares a los obtenidos con nitrógeno total.

El contenido de nitratos en los suelos de este experimento presentó gran variación, como puede apreciarse en el Cuadro 2. Es posible que ello haya dismi-

nuido su correlación con nitrógeno total y con los rendimientos, pero su inclusión en la ecuación ratifica su importancia.

3. Porcentaje de sodio intercambiable

Es conocido el efecto negativo del alto porcentaje de sodio intercambiable en la productividad de los distintos cultivos. El exceso de sodio provoca deficiencia de otros cationes, entre ellos calcio y magnesio (1).

En el presente ensayo los suelos 4, 5 y 12 presentaron un alto porcentaje de sodio intercambiable y sus rendimientos fueron los más bajos del experimento. De esta forma se confirma la poca tolerancia de esta especie a los altos valores de sodio intercambiable (4, 18).

4. Magnesio intercambiable

Esta variable provocó un pequeño aumento en el coeficiente de correlación múltiple.

Es conocido que la presencia de sales de magnesio en substrato produce una mayor toxicidad que la concentración de otras sales solubles (5).

Black (1) señala que el magnesio presenta un efecto perjudicial específico que no comparten ni el sodio ni el calcio, y que la presencia de sales de magnesio induce un menor rendimiento por parte de las especies estudiadas.

El suelo No. 16 presentó un contenido de magnesio muy superior a los restantes suelos. Esto pudo ser la causa de su pobre rendimiento, uno de los menores del ensayo.

5. Humedad equivalente

El efecto de esta propiedad, que representa la fracción de agua útil para las plantas, fue limitado ya que seleccionada en quinto lugar en correlaciones múltiples provocó un pequeño aumento en el coeficiente de correlación.

Farrington (8), en un estudio realizado en pasto llorón, concluyeron que el rendimiento de este está fuertemente correlacionado con la altura de la napa freática. La escasa importancia de esta variable en el presente ensayo se explica porque el agua no fue limitante.

6. Arcilla

En zonas áridas y semiáridas los suelos de textura gruesa presentan mejores condiciones físicas para el

desarrollo de las plantas que los suelos de textura fina porque estos poseen una mayor capacidad de retención hídrica (28)

El porcentaje de arcilla, incluida en sexto lugar en la correlación múltiple, tuvo poca influencia en el coeficiente de correlación, siendo su signo negativo.

Análisis de regresión múltiple sin el suelo No. 16

Cuando se realizó una nueva corrida sin el suelo No. 16, el magnesio fue reemplazado por arcilla, obteniéndose la ecuación indicada en el Cuadro 4.

La alta concentración de sales solubles, medida como conductividad eléctrica, presenta un efecto similar al alto contenido de sodio intercambiable sobre el rendimiento de los cultivos. Es conocido que las sales solubles producen efectos tóxicos en las plantas al aumentar su contenido en la solución del suelo y el grado de saturación de los materiales intercambiables del suelo con sodio intercambiable. Es decir que tanto los suelos salinos como los sódicos afectan la productividad de igual manera (5). Por ello y por el alto coeficiente de correlación simple ($r = 0.80$), significativo al nivel del 1% de probabilidad, de sodio intercambiable y conductividad eléctrica podría explicarse la substitución de una variable por otra en esta segunda ecuación.

En el Cuadro 4 puede apreciarse que las variables restantes han tenido un reducido efecto sobre el coeficiente de correlación múltiple.

Ecuaciones de regresión múltiple para la biomasa aérea total

En el Cuadro 4 se observa que las variables incluidas en ambas ecuaciones varían muy poco y que los coeficientes de correlación múltiple acumulados son prácticamente iguales, con un ajuste levemente superior en la ecuación sin el suelo No. 16.

La variación de los coeficientes a partir de la tercera o cuarta variable son de poca trascendencia dado su escaso aporte predictivo.

Debido a que la determinación de algunas variables presenta una metodología compleja y además teniendo en cuenta el alto costo de los reactivos y el tiempo que implica la medición de las mismas, a los fines prácticos no se justifica considerar más que las primeras 4 variables en la ecuación que incluye a todos los suelos y de las 3 primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

1. Ecuación con todos los suelos

$$\begin{aligned} \text{Biomasa aérea total (g. mat. seca)} = & \\ 12.76 + 46.36 (Nt) + 0.212 (NO_3 - N) - 0.120 (PSI) & \\ - 0.467 (Mg) \quad R = 0.84 & \end{aligned}$$

El porcentaje de sodio intercambiable y el magnesio intercambiable revelan por su signo el efecto negativo que ambos cationes tienen sobre el rendimiento.

2. Ecuación sin el suelo 16

$$\begin{aligned} \text{Biomasa aérea total (g. mat. seca)} = & \\ 17.65 + 66.98 (Nt) + 0.157 (NO_3 - N) & \\ - 3.016 (C.E.) \quad R = 0.87 & \end{aligned}$$

En este caso la conductividad eléctrica fue incluida con signo negativo confirmando el efecto depresivo que el exceso de sales tiene sobre el rendimiento del pasto llorón.

Las ecuaciones de estimación de rendimiento son aplicables en suelos cuyas propiedades edafológicas posean valores del orden de magnitud de los estudiados. De esta manera, los rendimientos calculados serán comparables con los obtenidos en el presente ensayo.

Correlaciones simples entre altura de las plantas y rendimientos

La mayor correlación entre el rendimiento y altura de las plantas (Cuadro 6) se encontró en el primer corte ($r = 0.89$). En los restantes cortes la correlación disminuyó, obteniéndose para el segundo y tercer corte valores de $r = 0.69$ y $r = 0.58$, significativos al nivel de 1% y 5% de probabilidad respectivamente.

Esta correlación decreciente responde a la capacidad de macollaje del pasto llorón, ya que luego de efectuados los cortes se favoreció el crecimiento lateral en detrimento del vertical.

Por último, la correlación entre altura al primer corte y rendimiento total fue baja ($r = 0.40$), no significativa al nivel de 5% de probabilidad.

Estos resultados sugieren que en pasto llorón la altura, el primer corte no es un buen estimador de los rendimientos finales, como en cambio se determinó en algunas forrajeras arbustivas (12, 17).

Biomasa aérea total observada y calculada

Los rendimientos observados y calculados con las ecuaciones que incluyen todos los suelos y la que

Cuadro 6. Altura promedio de los tres cortes.

Suelo y partido	Altura parcial en cada corte (cm)		
	25 Nov. 1979	5 Feb. 1980	18 Abr. 1980
1. Villarino	13.12	30.00	31.00
2. Villarino	18.44	25.00	23.00
3. Villarino	15.26	21.00	26.60
4. Villarino	10.63	22.20	23.30
5. Villarino	12.63	21.40	23.00
6. Puán	16.10	26.80	29.30
7. Puán	16.73	23.90	24.60
8. Puán	16.06	24.00	24.00
9. Puán	19.63	26.20	20.30
10. Puán	16.10	20.00	28.30
11. Puán	16.53	24.50	28.60
12. Hucal	5.00	23.30	29.00
13. Torquinst	18.96	24.30	27.60
14. Saavedra	16.53	25.20	28.60
15. Torquinst	15.30	25.70	26.60
16. Bahía Blanca	4.40	26.60	28.60
17. Bahía Blanca	17.63	24.10	22.60
18. Bahía Blanca	16.33	27.20	29.60

omite el suelo No. 16 se encuentra en los Cuadros 7 y 8, respectivamente. En ambos se comparan los rendimientos de la biomasa aérea total observados y calculados con las ecuaciones respectivas, a los efectos de determinar el grado de ajuste entre ambos rendimientos.

El coeficiente de correlación múltiple del Cuadro 8 es sólo ligeramente más alto que el del Cuadro 7 pero igualmente se puede observar que, en general y como era de esperar, en aquel hay mejor ajuste entre valores observados y calculados. El porcentaje de error relativo es un índice del grado de precisión con que se puede calcular el rendimiento total en cada suelo.

Conclusiones

En las ecuaciones de regresión múltiple la inclusión de nitrógeno total y nitrógeno de nitratos en primero y segundo lugar, respectivamente, ratifica la importancia que tiene ese nutrimento sobre el rendimiento del pasto llorón.

Por el contrario, el porcentaje de sodio intercambiable y el magnesio intercambiable, seleccionados en tercer y cuarto lugar en la ecuación que incluye todos los suelos, deprimen los rendimientos. Una influencia también negativa sobre los rendimientos tiene la conductividad eléctrica, que aparece en tercer lugar en la ecuación sin el suelo No. 16.

Debido al escaso incremento del coeficiente de regresión múltiple a partir de la cuarta variable selección

Cuadro 7. Rendimientos de la biomasa aérea total (g de mat. seca) observados y calculados (todos los suelos).

Suelo No.	Biomasa total		Error relativo %
	Observada	Calculada (1)	
1	42.81	42.88	0.16
15	24.43	17.48	-28.44
9	23.35	23.38	0.12
17	20.57	17.00	-17.35
13	20.40	19.65	-3.67
6	20.17	15.80	-21.66
18	18.08	15.13	-16.31
14	16.87	18.39	9.01
11	15.26	15.12	-0.91
8	15.21	17.06	12.16
7	14.18	16.79	18.40
10	14.05	17.78	25.54
2	13.21	15.89	20.28
3	13.08	16.27	24.38
16	9.82	12.21	24.33
12	8.46	8.23	-2.72
5	8.24	6.36	-22.82
4	8.23	11.05	34.26

$$1 Y = 12.76 + 46.36 (Nt) + 0.212 (NO_3-N - 0.220 (PSI) - 0.467 (Mg) R = 0.84.$$

Cuadro 8. Rendimientos de la biomasa aérea total (g de mat. seca) observados y calculados. (Sin suelo No. 16).

Suelo No.	Biomasa total		Error relativo %
	Observada	Calculada (2)	
1	42.81	42.45	-0.84
15	24.43	19.99	-18.17
9	23.35	24.21	3.68
17	20.57	19.92	-3.16
13	20.40	19.36	-5.10
6	20.17	17.30	-14.22
18	18.08	14.82	-18.03
14	16.87	17.11	1.42
11	15.26	12.80	-16.12
8	15.21	17.21	13.15
7	14.18	15.48	9.17
10	14.05	20.03	42.56
2	13.21	12.49	-5.45
3	13.08	15.34	17.28
12	8.46	7.99	-5.56
5	8.24	7.82	-5.10
4	8.23	12.39	50.55

$$2 Y = 17.65 + 66.98 (Nt) + 0.157 (NO_3-N) - 3.016 (CE)$$

$$R = 0.87$$

nada en el análisis que incluyó todos los suelos, y de la tercera variable en la ecuación sin el suelo No. 16, además de razones de orden práctico y económico que implican los análisis adicionales, se aconseja la inclusión de las primeras cuatro variables seleccionadas para la ecuación que incluyó todos los suelos y las tres primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

Las ecuaciones obtenidas se podrán utilizar solamente en aquellos casos en que las propiedades de los suelos a estudiar presenten valores comprendidos dentro del intervalo de los analizados en este ensayo.

La altura de las plantas al primer corte, a los 75 días de crecimiento, no fue un buen estimador de los rendimientos relativos entre distintos suelos.

Resumen

En el presente experimento se estudiaron las relaciones entre el rendimiento del pasto llorón y las más importantes propiedades edáficas de 18 suelos de una amplia zona que comprende los partidos de Bahía Blanca, Villarino, Puán y Saavedra en la provincia de Buenos Aires, y el departamento de Hucal en la provincia de La Pampa.

Se trabajó en macetas con un contenido neto de suelo de 1.5 a 3.5 kg y 3 plantas en cada una. El diseño empleado fue en bloques al azar con tres repeticiones. Se realizaron tres cortes con un lapso de 75 días entre cortes y se determinó el rendimiento de materia seca en gramos por maceta.

Las propiedades de suelos analizadas fueron: nitrógeno total, carbono orgánico, materia orgánica, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, porcentaje de sodio intercambiable, relación de absorción de sodio, capacidad de intercambio catiónico, fósforo asimilable, nitrógeno de nitratos, relación carbono nitrógeno, textura, pH, humedad equivalente y conductividad eléctrica. La incidencia de estas variables sobre el rendimiento se analizó mediante regresión múltiple paso a paso.

Las variables edáficas significativamente asociadas con la biomasa aérea total en correlaciones múltiples en orden de importancia fueron: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, porcentaje de sodio intercambiable, magnesio intercambiable, humedad equivalente, arcilla, carbono orgánico, relación carbono nitrógeno, arena, pH, calcio y potasio ($R = 0.95$). El magnesio intercambiable fue incluido debido al efecto provocado por el suelo No. 16 que presentó un contenido de este catión muy superior al del resto de los suelos. Realizado un nuevo análisis de regresión múltiple sin ese suelo se obtuvo la siguiente secuencia de variables: nitrógeno total, nitrógeno de nitratos, conductividad eléctrica, arcilla, limo, materia orgánica, relación carbono nitrógeno, porcentaje de sodio intercambiable, y relación de absorción de sodio ($R = 0.97$).

Con fines predictivos se recomienda considerar sólo las primeras cuatro variables en la ecuación que incluye todos los suelos y las tres primeras en la ecuación sin el suelo No. 16.

Literatura citada

1. BLACK, C. A. Soil-plant relationships. 2ed. New York, Wiley, 1968. 792 p.
2. BREMMER, J. M. Soil nitrogen. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 1 149-1 178.
3. DALRYMPLE, R. L. Weeping lovegrass management. Ardmore, Oklahoma, The Noble Foundation, 1969. 39 p.
4. DRAPER, N. R. y SMITH, H. Selecting the "best" regression equation. In

- Applied regression analysis New York, Wiley, 1966. Chapter 6.
5. FAGIOLI, M. Modalidades de utilización del agua profunda por un cultivo de pasto llorón (*Eragrostis curvula* Nees) en un suelo regosol de la región semiárida pampeana. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 3: Clima y Suelo (Argentina) 9(2): 61-70. 1972.
 6. FARRINGTON, P. y CAMPBELL, N. A. Properties of deep sandy soils and the growth of lovegrass (*Eragrostis curvula* (Schrud) Nees). Australian Journal of Soil Research 8:123-132. 1970.
 7. FARRINGTON, P. The seasonal growth of lovegrass (*Eragrostis curvula*) on deep sandy soil in a semi-arid environment. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13:282-288. 1973.
 8. FARRINGTON, P. Effects of nutrient supply on the seasonal growth of *Eragrostis curvula* on deep sandy soils in semi-arid environment. CSIRO. Field Station Report. Division of Plant Industries 12:55-64. 1973.
 9. FORSYTHE, W. Física de suelos. San José, Costa Rica, IICA, 1975. pp. 46-49. (IICA. Libros y Materiales Educativos No. 25)
 10. GARGANO, A. Influencia de algunas variables de suelos del Norte Chico, en el crecimiento inicial de *Atriplex repanda* (Phil). Tesis Mag. Sc. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, 1978. 73 p.
 11. GLAVE, A. Balance de agua en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires. Bordenave, Argentina. Estación Experimental Agropecuaria. Comunicación 1972.
 12. GROSSMAN, D. y GRESSWELL, C. The influence of nitrate and ammonia nitrogen on the photosynthetic and photorespiratory activity of selected highveld grasses exhibiting C-4 photosynthesis. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa 9:89-94. 1974.
 13. HOLT, E. y DALRYMPLE, R. Seasonal patterns of forage quality of weeping lovegrass cultivars. Agronomy Journal 71:59-62. 1979.
 14. KRUGER, J. A. The effect of winter burning and mowing on seasonal herbage yield of *Eragrostis curvula* (Schrud) Nees. Proceedings of the Grassland Society of Southern Africa 9:117-122. 1974.
 15. LAILHACAR KIND, E. S. Effect of soil parameters on the components of biomass production in *Atriplex polycarpa* (Torr.), Wats., and *Atriplex repanda* Phil. Ph.D. Tesis. Davis, University of California, 1976. 57 p.
 16. LAVADO, R., PASCUALI, J., HEVIA, R. y FRIGERIO, F. Contribución al conocimiento de la tolerancia a las sales de algunas especies cultivares de pasto llorón. IDIA (Argentina) Suplemento No. 33:693-695. 1976.
 17. LAYA, H. y BARNES, R. Cartografía de suelos y sus relaciones genéticas. Areas de médanos (Buenos Aires). In V Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Santa Fe, Argentina, 1979. pp. 286-294.
 18. LAYA, H. Gira para el reconocimiento de suelos en los partidos de Bahía Blanca, Tornquist y Coronel Pringles. Bahía Blanca, Argentina, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Instituto de Edafología e Hidrología, 1973. (Tirada interna).
 19. LUQUE, J. A. y PAOLONI, J. D. Manual de operación de riego. Buenos Aires, Argentina, Ed. Riagro, 1974. 160 p.
 20. MAHENDRAPP, M. K. Determination of nitrate nitrogen in soil extracts using a specific ion activity electrode. Soil Science 108:132-136. 1969.
 21. OLSEN, S. R. y DEAN, L. A. Phosphorus. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. Part 2, pp. 1 035-1 049.
 22. RICHARDS, L. A., ed. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trad. U.S. Department of Agriculture. Manual No. 60. 1954. 172 p.
 23. SCOPPA, C. y ZALAZAR LEA PLAZA, J. Centro de Investigación de Recursos Naturales (Sección Suelos). Castelar, Argentina, INTA, 1979. (Comunicación personal).

24. STUBBIENDIECK, J. Effect of pH on germination of three grass species. *Journal of Range Management* 27:78-79. 1974.
25. VERA, R., TORREA, M. B., PAPIER, U. M., MENVIELLE, E. E. y TEMPLETON, W. C. Respuesta del pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrad) Nees a la fertilización. II. Digestibilidad *in vitro* y rendimiento de materia seca digestible. *Revista de Investigaciones Agropecuarias. Serie 2: Biología y Producción Vegetal* (Argentina) 10(3):83-88. 1973.
26. WALKLEY-BLACK. Materia oxidable mediante el ácido crómico con H₂SO₄. In Jackson, M. L. *Análisis químico de suelos*. Barcelona, Omega, 1964. pp. 300-304.
27. WRIGHT, D. L., BLASER, R. E. y WOODRUFF, I. M. Seedling emergence as related to temperature and moisture tension. *Agronomy Journal* 70(5):709-712. 1978.
28. YANKOVITCH, L. y BERTHELOT, P. Enracinement de l'olive et des autres arbres fruitiers dans le sud de la Tunisie. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie d'Agriculture de France* 34:774-776. 1948.