

**Entrega del Premio
“Ing. Agr. Antonio J. Prego”
versión 2004**

**Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria
en conjunto con la
Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura
Santa Rosa, La Pampa**



Sesión Pública Extraordinaria
del
18 de noviembre de 2004

Disertación del beneficiario del Premio “Ing. Agr. Antonio J. Prego” 2004, Ing. Agr. Dr. Alberto R. Quiroga

Aspectos del manejo del agua y la fertilidad en Molisoles de la región semiárida pampeana.

Sr. Director de la E.E. Anguil,
Sres. Miembros del Jurado
Colegas y amigos,
Señoras y Señores,

Es para mi motivo de agradecimiento el honor que la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria y la FECIC-PRUSA, Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura, me hayan conferido el Premio “ Ing. Agr. Antonio J. Prego”, distinción que atesoraré especialmente.

Permítanme ahora dirigirme a Uds. con relación al manejo de aguas en nuestra región, esperando sea de vuestro interés.

Indicadores edáficos

Previo al tratamiento específico del tema “manejo del agua y la fertilidad” es necesario analizar algunos aspectos sobre el uso de indicadores edáficos, los cuáles pueden resultar claves al momento de tomar decisiones. Un aspecto fundamental es **considerar el objetivo** que persigue el usuario o demandante de información: por ej. comprar un campo, evaluar el funcionamiento de una secuencia de cultivos, definir la estrategia de un cultivo en particular, evaluar cambios en la calidad de los suelos ante variantes de manejo en el sistema de producción. Como puede inferirse, los indicadores a utilizar en cada caso son distintos. Por ej, el contenido de agua útil y de nitratos en

octubre es fundamental para quien está por sembrar maíz, pero no tiene importancia alguna para quien comprará un campo.

Además será necesario **conocer los niveles o umbrales críticos** de cada indicador para las distintas condiciones de sitio de la región. Por ej. determinado valor de estabilidad estructural puede resultar crítico en suelos franco limosos, mientras que en suelos arenoso franco (85% de arenas) el uso de este indicador no es relevante.

Es importante para algunos objetivos (por ej. evaluar cambios en la calidad de los suelos) caracterizar el indicador en base a algunos parámetros: sensibilidad, relativamente fácil de medir, independiente, preferentemente predictivo.

Si bien los indicadores edáficos (físicos, químicos, biológicos y bioquímicos) no determinan independientemente la calidad del suelo, la mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica (MO) es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad.

El valor crítico de un indicador, en este caso de la MO, puede variar ampliamente entre series de suelos (Thomas et. al., 1997) y entre sitios

diferenciados por el régimen de humedad (Dalal y Meyer, 1995) y temperatura (Amelung et al., 1999; Hevia et al., 2003). Por ello, normalmente se presentan dificultades para utilizar a la MO como un indicador individual de calidad de los suelos. De esta manera, nuestros trabajos parten de la hipótesis que los contenidos de MO, en Haplustoles y Hapludoles de la región semiárida y subhúmeda pampeana, resultan principalmente dependientes de factores relacionados con el régimen hídrico de los suelos (precipitaciones, capacidad de retención de agua y granulometría) y con el manejo de residuos (sistema de producción, secuencia de cultivos, sistema de labranza, fertilización).

Este trabajo intentará mostrar la influencia de los factores mencionados sobre la MO y como, el no considerar alguno de estos factores, no sólo puede limitar la extrapolación de los resultados entre sitios sino también el adecuado uso de indicadores edáficos al definir estrategias de manejo.

Agua, materia orgánica y sistema de producción:

Los sistemas mixtos de producción se encuentran ampliamente difundidos en las regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana, comprendiendo las planicies con tosca y medanosa de La Pampa, Sur de Córdoba, Este de San Luis y Oeste de Buenos Aires.

Particularmente en esta área el manejo del agua es un factor trascendente a tener en cuenta por constituir el principal limitante de la producción condicionando en no pocos casos la viabilidad de los planteos

productivos. Aspectos como la captación, capacidad y eficiencia de almacenaje y la eficiencia de uso del agua deben ser especialmente considerados al planificar el sistema de producción, la secuencia de cultivos y la estrategia de manejo de un cultivo en particular. Para interpretar la importancia de estos aspectos normalmente poco considerados, durante el presente trabajo serán consideradas tres ecuaciones:

Ecuación 1:

$$\text{Capacidad almacenar agua útil (mm)} = \text{profundidad} \times (\text{C.C} - \text{PMP}) \times \text{DA} = 50 \text{ a } 200 \text{ mm}$$

Profundidad= espesor de suelo explorado por las raíces.

CC= humedad de capacidad de campo

PMP= humedad de punto de marchitez permanente

DA= densidad aparente

Esta ecuación muestra que la capacidad de almacenar agua (CRA) de los suelos varía ampliamente en la región (50 a 200 mm) y determina en cierta forma "la **vocación productiva del lote**". Este término resulta muy práctico en el momento de analizar la viabilidad de un sistema de producción (cria, invernada, tambo, agricultura de verano). Por ejemplo un establecimiento de la planicie con tosca que posee suelos con capacidad de almacenar 80mm de agua difícilmente pueda bajar su producción en cultivos de cosecha gruesa. En este caso el sistema de producción estará fuertemente condicionado por el recurso suelo (y clima) antes que por el sistema labranza, fertilización, genética, etc.

Esta variación en la CRA (textura y espesor del suelo) conjuntamente con variaciones en la precipitación condicionan el régimen

hídrico de los suelos incidiendo significativamente sobre la productividad de los cultivos y el balance de carbono (Fig. 1 y 2, Tabla1)

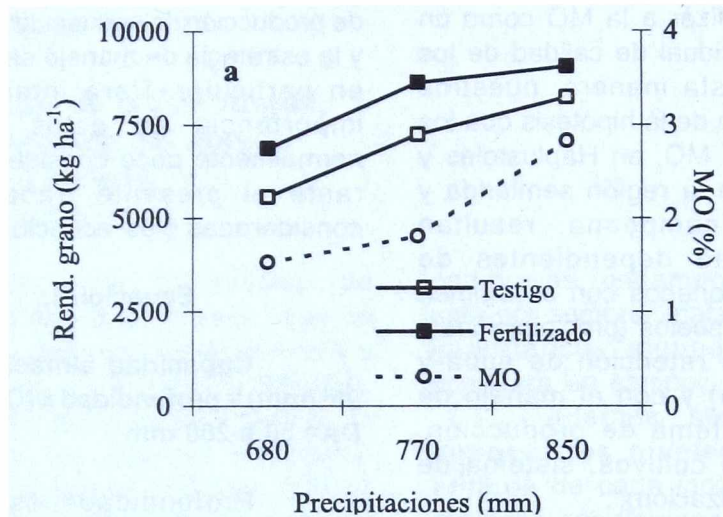


Figura 1: Relación entre precipitaciones, contenidos de materia orgánica y rendimientos de maíz sin fertilizar y fertilizado con N (Adaptado de Quiroga et al., 2004)

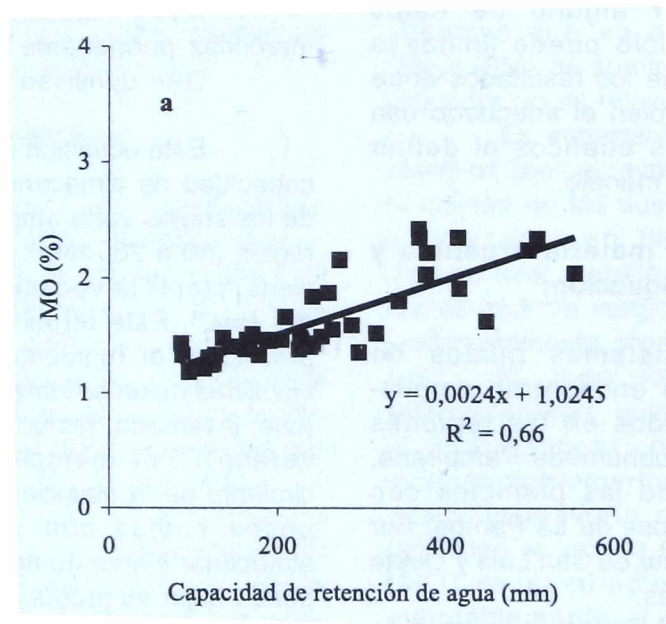


Figura 2: Efecto de la capacidad de retención de agua sobre los contenidos de materia orgánica, en Haplustoles Enticos de la región Semiárida Pampeana. (Adaptado de Quiroga et al., 2004).

Tabla 1: Efecto de la capacidad de retención de agua sobre los contenidos de materia orgánica y producción de centeno en Haplustoles Enticos de la región Semiárida Pampeana.

	Capacidad de Retención de Agua (CRA)		
	Baja	Media	Alta
Prof. (cm)	76 (n11)	123 (n 16)	187 (n 18)
CRA (mm)	115	204	368
MO (%)	1,31 a	1,47 b	1,94 c
MS (kg ha-1)	1652 a	1969 ab	2562 b
Rend. (kg ha -1)	588 a	757 ab	1049 c
N en grano kg ha -1)	15,8 a	19,4 b	25,2 c

Por lo expuesto puede inferirse que en suelos que poseen la misma CRA y planteo productivo, diferencias en las precipitaciones darán lugar a diferencias en los rendimientos y en el balance de C. Por otra parte, a igual precipitación y planteo productivo, suelos con diferente CRA también condicionarán distintos rendimientos y balance de C. Esto implica que frente al mismo sistema de producción y secuencia de cultivos pueden presentarse diferencias importantes entre lotes (del mismo productor) en el balance de C. Así dentro del mismo establecimiento pueden presentarse: suelos que mantienen un equilibrio aparente en el tiempo (Neutralidad), suelos donde aumenta el contenido de C (Secuestro) y por último suelos con pérdida de C (Emisión). Al respecto existe

preocupación en toda la región, dado que el proceso de agriculturización con cultivos anuales que realizan un menor aporte de rastrojos, y la utilización de los rastrojos para la ganadería, determinan que la situación más frecuente resulte la denominada "Emisión" de C. Asociado a la disminución en los contenidos de C se comprueba degradación física, principalmente de los suelos con mayor proporción de limo.

Frente a esta situación algunos productores han diferenciado sus lotes en base a la "vocación productiva" y de esta manera han establecido distintas secuencias de cultivos acordes con la capacidad de los suelos, lo cual les ha permitido mantener e incrementar el contenido de MO.

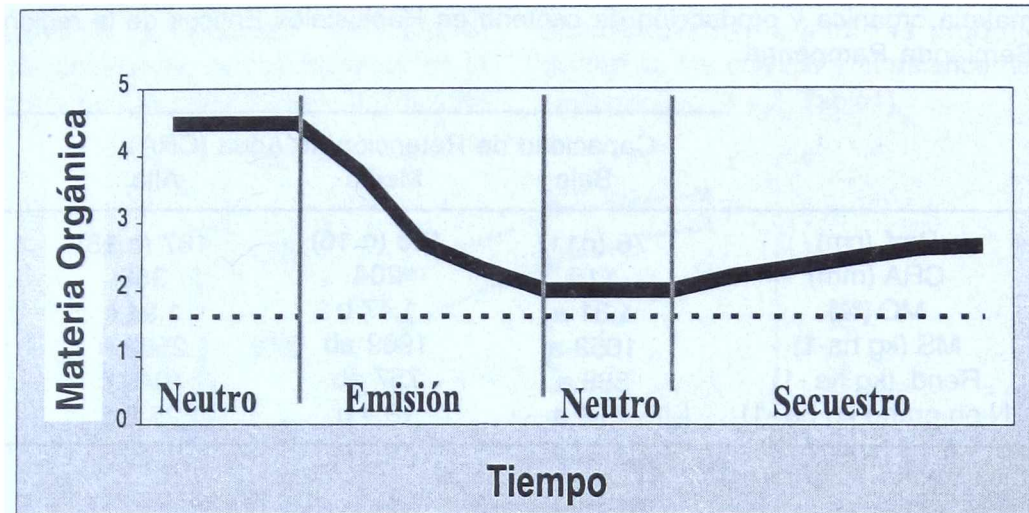


Figura 3: Esquema de los posibles cambios en el contenido de materia orgánica de un suelo por efecto de distintos manejos.

La Figura 3 muestra la evolución de la MO en el tiempo. Inicialmente, bajo monte de caldén los suelos mantenían un equilibrio aparente con altos valores de MO (Neutralidad), a partir del desmonte y por efecto de las labranzas se transitó por un periodo de fuertes pérdidas de MO (Emisión) hasta alcanzar una nueva situación de equilibrio aparente pero con bajos contenidos de MO (Neutralidad). A partir de esta situación, determinante de bajos rendimientos, algunos productores modificaron la secuencia de cultivos y el sistema de labranza a fin de incrementar la MO (Secuestro). La línea punteada marca el límite entre contenidos de MO vieja (Inferior) y MO joven (Superior), verificándose una fuerte caída de esta última fracción desde suelos vírgenes a suelos cultivados (Quiroga et al, 1996). Los límites y niveles alcanzados por distintas fracciones de MO resultan dependientes de la granulometría (Pieri, 1995; Quiroga, 2002)

Condición física

Estos cambios en los contenidos de MO atribuibles al manejo no sólo han afectado la fertilidad química (nutrición de cultivos) sino también la fertilidad física. Los suelos bajo agricultura convencional han 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 (Quiroga 1994; Quiroga et al., 1999).

Estos cambios físicos en el suelo afectarían significativamente la tasa de mineralización y contenido de materia orgánica (Schimel et al., 1985). En mayor grado la tasa de mineralización del nitrógeno (Hassink, 1995), condicionando significativamente la productividad de los cultivos. El incremento en la microagregación y biomasa microbiana son los principales mecanismos que ocurren bajo labranzas conservacionistas relacio-

nados con el secuestro de C (Lal y Kimble, 1997).

Se ha observado además que la densificación en los suelos más degradados tiende a lograrse a contenidos hídricos menores que en suelos de similar granulometría y con mayor contenido de materia orgánica (Quiroga, 1994 y 2002). De confirmarse estos resultados preliminares las variaciones en los umbrales hídricos de cambio de estado pueden ser atribuidas a menores contenidos de MO.

Estos cambios físicos tienen un marcado efecto sobre aspectos biológicos y necesariamente deben ser considerados al utilizar este tipo de indicadores (Quiroga et al, 2003).

Disponibilidad de agua y uso consuntivo

Otro aspecto a considerar en la región es el relacionado con el uso de cultivos de cobertura, normalmente verdeos establecidos entre cultivos de verano con el objetivo de optimizar la captura de C. Al respecto, Boehm y

Anderson (1997) plantearon como hipótesis que la calidad de los suelos varía entre sistemas de producción al variar el aporte de residuos como consecuencia de distintas intensidades de barbecho, extensión de la rotación y secuencia de cultivo. Comprobaron que al reducirse el periodo de barbecho mejoró la calidad del suelo como consecuencia de una mayor frecuencia de aporte de residuos de cultivos que incrementó la fracción de MO lábil. Este mayor contenido de MO orgánica dió como resultado menor densidad aparente, mayor biomasa microbiana y mayor agregación del suelo. Sin embargo, el uso de cultivos de cobertura (verdeos) en la región semiárida pampeana puede condicionar una menor disponibilidad de agua al inicio de la primavera (siembra de maíz). Resultados preliminares de estudios en marcha muestran una importante captura de C por parte de los verdeos (siembras aéreas sobre soja) pero también una fuerte reducción en los contenidos de agua a la siembra de maíz (Figura 4).

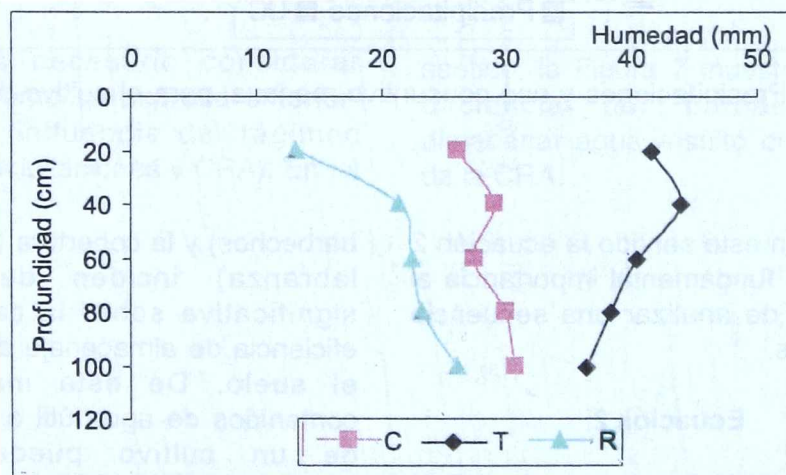


Figura 4: Influencia de cultivos de cobertura establecidos en siembras aéreas sobre los contenidos de agua del suelo a la siembra de maíz: T= testigo (antecesor soja); C= centeno; R= rye grass

Luego de considerar la viabilidad de un sistema de producción para una determinada condición de sitio (suelo y clima), es conveniente analizar la secuencia de cultivos a utilizar.

Al respecto, y por tratarse de región semiárida, al referirnos a la rotación de cultivos consideramos oportuno introducir el concepto de "secuencia de usos consuntivos". El productor puede contar con un suelo con CRA no limitante (ej. 200 mm) pero a la siembra de los cultivos el contenido de agua útil puede ser bajo como con-

secuencia del consumo de agua del cultivo anterior. Por ello es muy importante considerar la "influencia del cultivo antecesor" y el manejo del agua previo a la siembra dado que las precipitaciones normalmente no cubren los requerimientos de uso consuntivo en cultivos de buen rendimiento (Figura 5). Es decir que el productor deberá definir una estrategia de manejo para cada lote en particular a fin de cubrir los requerimientos de agua de los distintos cultivos.

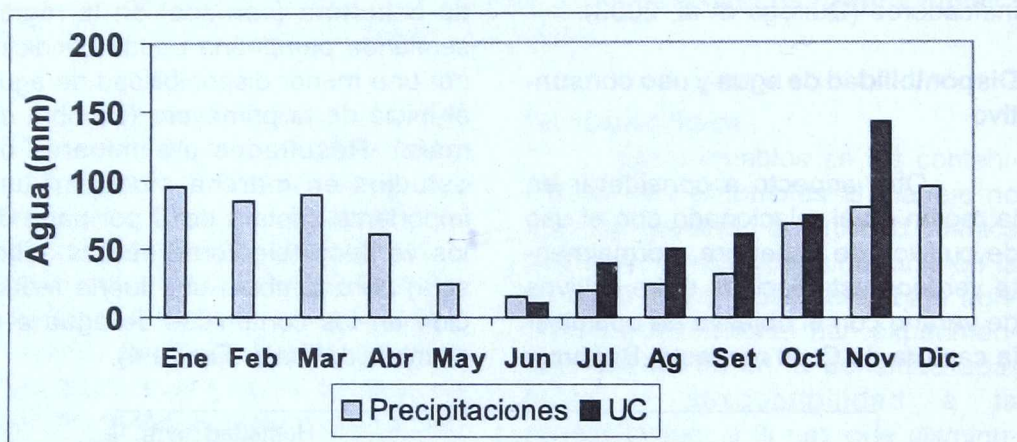


Figura 5: Precipitaciones y uso consuntivo mensual para el cultivo de trigo.

En este sentido la ecuación 2 resulta de fundamental importancia al momento de analizar una secuencia de cultivos.

Ecuación 2:

Agua útil a la siembra = Prof. X (humedad siembra – PMP) x DA = 0-200 mm

La secuencia de los cultivos (determinante de la longitud de

barbechos) y la cobertura (sistema de labranza) inciden de manera significativa sobre la captación y eficiencia de almacenaje del agua en el suelo. De esta manera los contenidos de agua útil a la siembra de un cultivo pueden variar ampliamente (0-200 mm). En la Figura 6 se representa el uso consuntivo de un cultivo de trigo de buen rendimiento y los contenidos de agua a la siembra en tres lotes de un mismo productor

(suelos 1, 2 y 3). Considerando que la siembra se realiza el 1 de junio, se comprueba que el suelo 1 posee el equivalente a 60 "días de humedad" mientras que el suelo 3 posee 120 días de humedad. A los fines prácticos puede decirse que en el suelo 1 deben registrarse precipitaciones a partir de julio (poco probable) mientras que en

el suelo 3 la humedad cubre los requerimientos hasta mediados de septiembre. Estas diferencias necesariamente deben ser consideradas al momento de definir la estrategia del cultivo en cada lote: fecha de siembra, genética, fertilización, oportunidad de uso de agroquímicos.

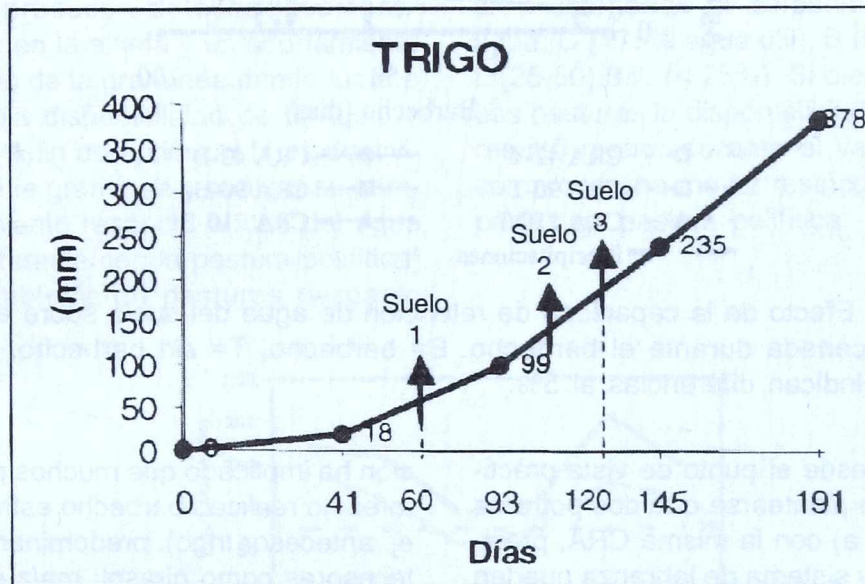


Figura 6: Uso consuntivo de trigo y contenido de agua útil a la siembra en lotes de un mismo productor (suelo 1, 2 y 3).

Es necesario considerar además, como se expresó anteriormente, la influencia del régimen hídrico (precipitaciones y CRA). En tal

sentido, la Figura 7 muestra como la eficiencia del barbecho para almacenar agua resultó dependiente de la CRA.

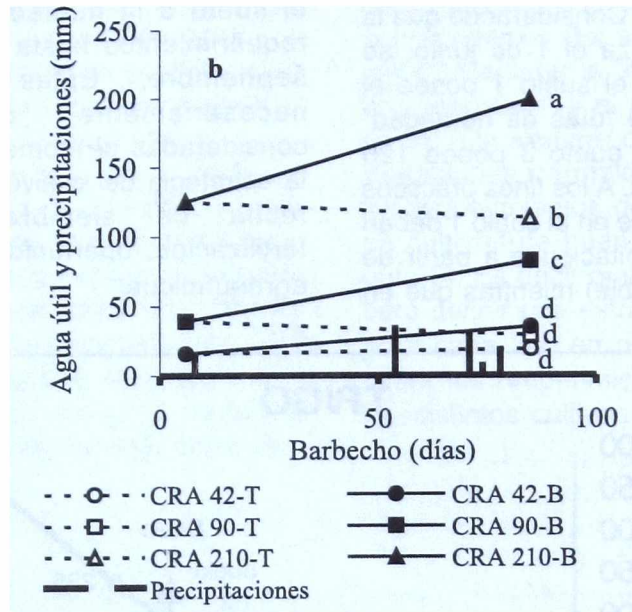


Figura 7: Efecto de la capacidad de retención de agua del suelo sobre el agua útil almacenada durante el barbecho. B= barbecho, T= sin barbecho. Letras distintas indican diferencias al 5%.

Desde el punto de vista práctico puede plantearse que dos potreros linderos: a) con la misma CRA, precipitación y sistema de labranza pueden dar lugar a rendimientos contrastantes como consecuencia de diferencias en la secuencia y/o manejo del cultivo antecesor; b) bajo el mismo régimen de precipitación, sistema de labranza y secuencia de cultivos pueden dar lugar a rendimientos distintos en función de diferencias en la CRA.

Por ej. Quiroga et al. (1998) comprobaron a la siembra de verdes de invierno un amplio rango de variación en los contenidos de agua útil en función del cultivo antecesor: girasol (10mm), trigo (130mm) y pastura (50mm). De manera similar se comprobó que cuando la siembra de pastura se realizó sobre girasol (10mm) la disponibilidad de agua resultó menor que cuando se realizó sobre trigo (210mm). El proceso de agriculturiza-

ción ha implicado que muchos productores no realicen barbecho estival (por ej. antecesor trigo), predominando antecesores como girasol, maíz e incluso soja, dando lugar a bajos contenidos de agua a la siembra de verdes y pasturas.

Otro aspecto a evaluar, principalmente en sistemas mixtos de regiones semiáridas, son los "usos consuntivos simultáneos" que tienen lugar bajo pasturas perennes polifíticas. Estudios realizados por Vallejo et al. (2002) muestran la importancia que posee este tema en los sistemas ganaderos de cría y recria localizados sobre Haplustoles de las Unidades cartográficas de Mesetas y Valles y de Mesetas Relictos, donde las precipitaciones oscilan entre 450 y 700 mm. Si bien uno de los aspectos buscados al establecer pasturas polifíticas es el aporte de N de las leguminosas, en nuestros ambientes

semiáridos se comprueba visualmente una fuerte competencia por el agua.

La baja capacidad de los suelos para almacenar agua al estar limitados por la presencia de tosca y los altos requerimientos de la pastura determinan que con frecuencia el perfil alcance valores de humedad de punto de marchitez. A consecuencia de ello y como un mecanismo de defensa se producen defoliaciones recurrentes en la alfalfa y un acortamiento del ciclo de la gramínea dando lugar a una baja disponibilidad de forraje.

A fin de optimizar la productividad de la gramínea y evaluar su comportamiento respecto al uso del agua (en contraste con la pastura polifítica) se establecieron pasturas de pasto

ovillo puro, con algunas variantes respecto al manejo de la fertilidad nitrogenada (fertilización de primavera y otoño e interseembra de vicia).

La Figura 8 muestra la evolución del agua útil en ambos perfiles de suelo, bajo pastura polifítica (PP) y de pasto ovillo (PO). La Tabla 2 resume los resultados obtenidos a lo largo del estudio, agrupando los mismos en 4 categorías de disponibilidad de agua: O (>75% agua útil), B (50-75%), L (25-50), ML (< 25%). Si bien en ambas pasturas la disponibilidad de agua resultó menor durante el verano, se comprobó una mayor restricción en el perfil bajo pastura polifítica.

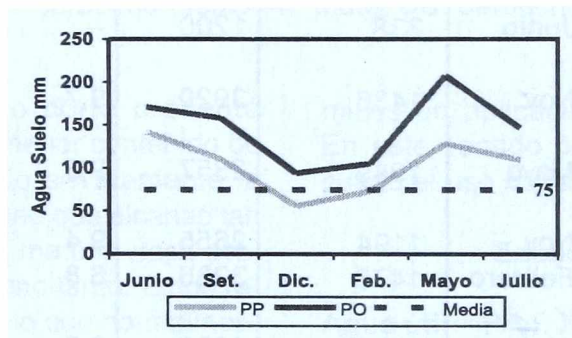


Figura 8: Variación del agua disponible en el perfil del suelo (mm/80 cm) bajo pastura polifítica y de pasto ovillo. 75 mm representa el punto de marchitez permanente.

Los resultados, si bien preliminares, son muy interesantes respecto a las diferencias en la disponibilidad de agua entre pasturas, especialmente durante el verano y otoño. Asociado a una mayor disponibilidad de agua se comprueba que el periodo de producción del pasto ovillo se prolonga (45-60 días) con la posibilidad de reducir la superficie destinada a verdeo de invierno. Además la mayor disponibilidad de agua genera mejores

condiciones para la fertilización nitrogenada. Al respecto se realizaron ensayos de fertilización en primavera y fin del verano /otoño, evaluando la producción de materia seca y contenido de proteína. La Tabla 3 muestra la importante respuesta del pasto ovillo a la fertilización nitrogenada, principalmente en aplicaciones realizadas durante la primavera que afectaron tanto la producción de materia seca como el contenido de proteína.

Tabla 2: Disponibilidad de agua en perfiles de suelo bajo pastura.

Período	polifítica	ovillo
2000 -I	O	O
-P	B	O
-V	ML/L	LB
2001 -O	B/O	O/O
-I	B	B
-P	B/O	O/O
-V	ML	L
2002 -O	ML	ML
-I	L	B/L

Tabla 3: Materia seca (kg/ha) y proteína (%) de pasto ovillo.

Fertilización	Fecha corte	M. seca (Kg/ha)		Proteína (%)	
		Testigo	Fertilizado	Testigo	Fertilizado
Abril	Junio	338	1200	--	--
Sept/00	Nov.	1436	3920	9,7	11,1
Feb/01	Mayo	1949	2357	9,5	11,5
Sept/01	Nov.	1194	2655	9,4	12,1
	Febrero	1478	3236	6,8	7,9
Feb/02	Abri	1008	1932	8,2	9,5

Otro punto crítico en la secuencia de usos consuntivos ocurre al salir de pasturas a verdes de invierno donde normalmente se manejan barbechos cortos que limitan la recarga de agua del perfil y consecuentemente la producción de

forraje (Quiroga et al. 2004). A iniciativa de productores de Dorila, se evaluaron los efectos de tres longitudes de barbecho a la salida de una pastura, sobre los contenidos de agua, nitrógeno, y producción de materia seca de avena (Figura 9).

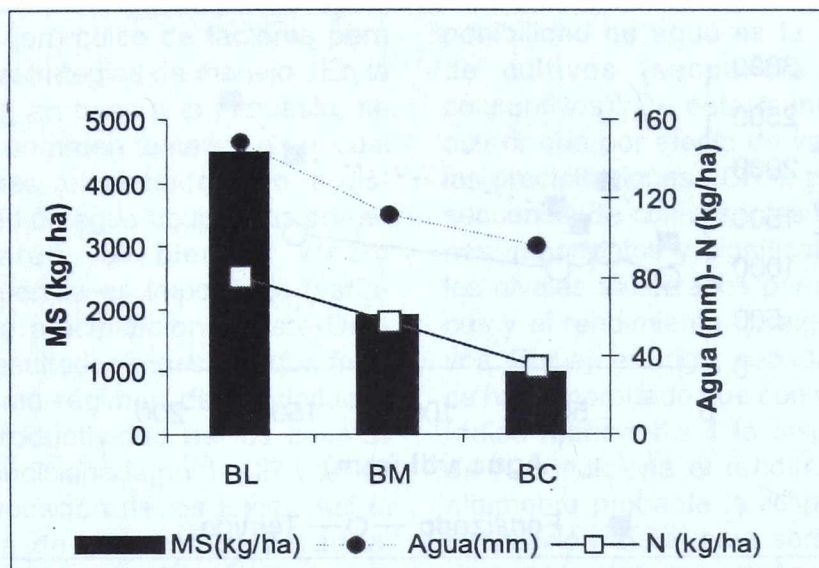


Figura 9: Contenido de N-nitratos (0-60 cm), agua del suelo (0-140 cm) y producción de materia seca (MS) en tres longitudes de barbecho: BL: barbecho largo (70 días); BM: barbecho medio (40 días); BC: barbecho corto (10 días) .

El barbecho corto presentó significativamente menor contenido de agua y N, limitando severamente la producción del verdeo que alcanzó tan sólo un 25% de la materia seca producida en el barbecho largo. Estos resultados muestran lo que normalmente sucede en uno de los puntos más críticos de la secuencia de cultivos en los sistemas mixtos de producción de la región semiárida: salida de pasturas a verdeos de invierno.

En coincidencia con estos resultados, la Figura 10 muestra cómo el contenido inicial de agua útil resultó principal determinante de la producción de materia seca de verdeos, tanto en los tratamientos testigo ($r = 0,93$) como fertilizados ($r = 0,91$), condicionando además el nivel de respuesta a la fertilización nitrogenada ($r = 0,81$). Por lo expuesto resulta calve determinar el contenido de agua útil al momento de decidir el uso de agroquí-

micos en aplicaciones postergadas. En este sentido puede resultar adecuado el uso de la ecuación 3:

Ecuación 3:

$$\text{Agua útil} = \text{Prof. X (humedad a los 2 hojas - PMP)} \times \text{DA} = 0-200\text{mm}$$

La ecuación 3 permite calcular el contenido de agua que puede tener el suelo al momento de decidir una fertilización nitrogenada postergada (ej: verdeo 2 hojas). Resultados de 8 años de experimentación muestran que en suelos con contenidos inferiores a 80 mm de agua útil (fin de marzo) no es aconsejable la fertilización nitrogenada en verdeos. De la misma manera normalmente se realizan evaluaciones en distintos cultivos: 6 hojas en maíz, 4 pares de hojas en girasol, macollaje de trigo.

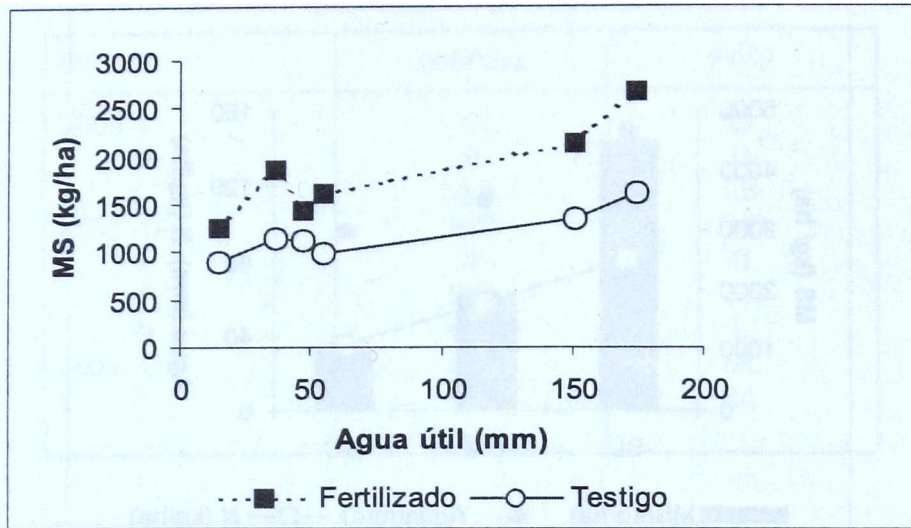


Figura 10: Producción de materia seca de centeno en función del contenido de agua útil, para los tratamientos testigo y fertilizado con N (40 kg/ha). Adaptado de Vallejo et al. (2001).

En base a estos resultados puede concluirse que el amplio rango de variación en la producción de verdes de invierno, se encuentra principalmente relacionada con la disponibilidad de agua y nitrógeno. No obs-

tante estas relaciones, Fernández et al. (2004) han comprobado además significativa interacción N-P, aspecto que deberá ser especialmente considerado en suelos con bajos contenidos de P (Figura 11).

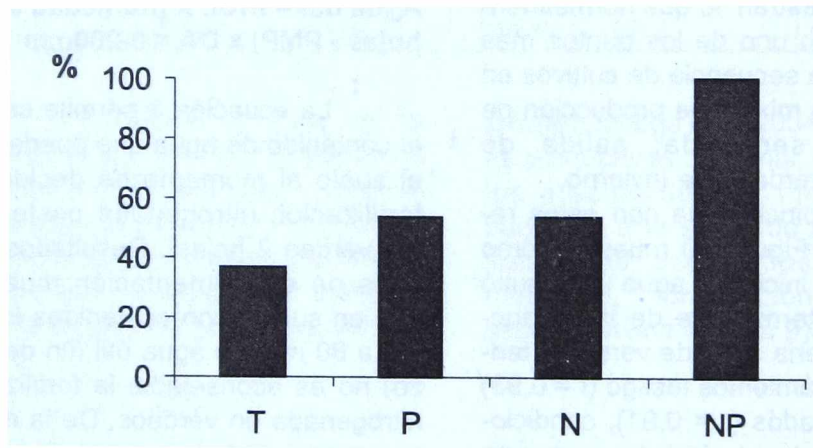


Figura 11: Rendimiento relativo de materia seca de centeno fertilizado y sin fertilizar, en Bernasconi. T: testigo, P: fósforo, N: nitrógeno, NP: nitrógeno y fósforo (100%).

Finalmente es necesario establecer un orden jerárquico de factores para elaborar estrategias de manejo. En la Figura 12, en base a lo expuesto, se presenta un orden tentativo en el cual los factores relacionados con la disponibilidad de agua ocupan los primeros lugares. Si bien el efecto climosecuencia es importante (variaciones de precipitaciones Este-Oeste), los resultados muestran que frente al mismo régimen de precipitaciones la productividad de los cultivos estará condicionada por la CRA de los suelos (vocación de los lotes). Así la eficiencia de almacenaje de agua, además de estar influenciada por la cobertura, se encuentra fuertemente condicionada por la CRA. Suelos con mayor CRA son más eficientes para almacenar agua durante los barbe-

chos. Otro factor que condiciona la disponibilidad de agua es la secuencia de cultivos (secuencia de usos consuntivos). De esta manera puede ocurrir que por efecto de variación en las precipitaciones, CRA, cobertura y secuencia de cultivos lotes de relaciones importantes y significativas entre los niveles alcanzados por estos índices y el rendimiento de algunos cultivos. Por ej. en trigo, cebada y girasol se ha comprobado que con valores del índice menores a 4 la disponibilidad de N condiciona el rendimiento y es altamente probable la respuesta a la fertilización. Este tema será prioridad de trabajo para los próximos años.

Nuevamente expreso mi agradecimiento por la distinción acordada y doy las gracias a todos Uds. por la presencia y atención.

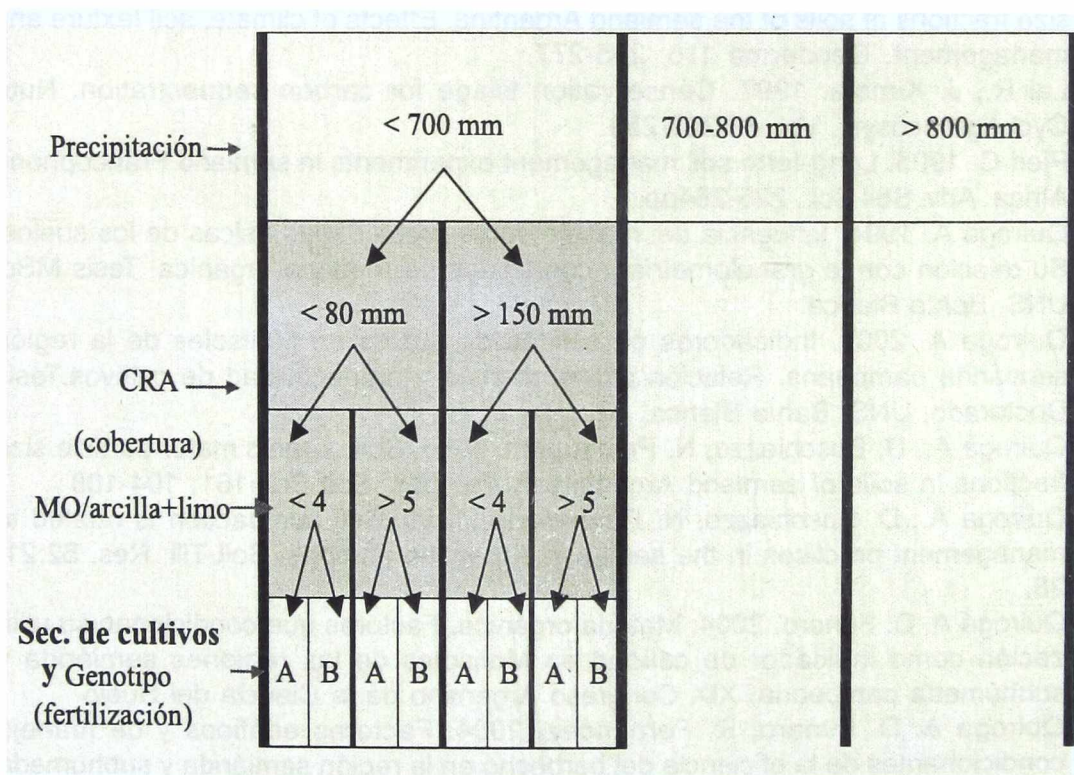


Figura 12: Esquema secuencial de factores a considerar en sistemas mixtos de producción de la región semiárida pampeana.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, C., L. Goicochea, C. Giai, D. Funaro, A. Quiroga. 2003. Distribución temporal de lombrices. Su relación con la granulometría y el manejo de los suelos. IV Reunión Nacional Científico-técnica de Biología de suelos, Santiago del Estero, 6pp.
- Amelung W., K. Flach, W. Zech. 1999. Neutral and acidic sugars in particle-size fractions as influenced by climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:865-873.
- Boehm M., D. Anderson. 1997. A landscape-scale study of soil quality in the three prairie farming systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1147-1159.
- Dalai F., Meyer. 1986. Long-term trends in fertility of soil under continuous Cultivation and cereal cropping in southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Aust. J. Soil Res.* 24:265-279.
- Fernández R., D. Funaro, A. Quiroga. 2004. Aspectos del manejo del agua y la nutrición en verdes de invierno. INTA Anguil, Producción y Calidad de verdes de invierno, Bol Div. Téc. 80:1-14pp.
- Hassink J., L. Bouwman, K. Zwart, J. Bloem, L. Brussard. 1993. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma* 57: 105-128.
- Hevia G., D. Buschiazzo, E. Hepper, A. Urioste, E. Antón. 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. *Geoderma* 116: 265-277.
- Lai R., J. Kimble. 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, Vol. 49:243-253.
- Pieri C. 1995. Long-term soil management experiments in semiarid Francophone Africa. *Adv. Soil Sci.*, 225-264pp.
- Quiroga A. 1994. Influencia del manejo sobre propiedades físicas de los suelos. Su relación con la granulometría y contenidos de materia orgánica. Tesis MSc. UNS, Bahía Blanca.
- Quiroga A. 2002. Indicadores de calidad de suelos en Molisoles de la región semiárida pampeana. Relación con el manejo y productividad de cultivos. Tesis Doctorado, UNS, Bahía Blanca.
- Quiroga A., D. Buschiazzo, N. Peinemann. 1996. Soil organic matter particle size fractions in soils of semiarid Argentinean Pampas. *Soil Sci.* 161: 104-108
- Quiroga A., D. Buschiazzo, N. Peinemann. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil Till. Res.* 52:21-28.
- Quiroga A. D. Funaro. 2004. Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Quiroga A. D. Funaro, R. Fernández. 2004. Factores edáficos y de manejo condicionantes de la eficiencia del barbecho en la región semiárida y subhúmeda pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Quiroga A., O. Ormeño, N. Peinemann. 1998. Efectos de la siembra directa sobre

propiedades físicas de los suelos. En siembra Directa, INTA, Ed. Hemisferio Sur: 57-63pp.

- Schimel D., M. Stillwell, R. Woodmansee. 1985. Biochemistry of C, N, and P in a soil catena of the shortgrass steppe. Ecology 66:276-282.
- Thomas G., M. Sorokina, D. Scott Adams. 1997. Siembra directa y la calidad del suelo. V Congr. Nac. AAPRESID, Mar del Plata, 201-229pp.
- Vallejo, A., R. Souto, A. Quiroga. 2002. Siembra directa y fertilización en sistemas ganaderos de la región semiárida pampeana. INTA Anguil, Bol. Div. Téc. N° 74: 1-13pp