



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

INIA TREINTA Y TRES - ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ESTE

JORNADA ANUAL DE PRODUCCIÓN ANIMAL

UNIDAD EXPERIMENTAL PALO A PIQUE

22 DE OCTUBRE DE 1998

PRODUCCIÓN ANIMAL

RESULTADOS EXPERIMENTALES 1997-1998

Agroclimatología

Alvaro Roel

Programa Nacional Plantas Forrajeras

Walter Ayala
Raúl Bermúdez
Milton Carámbula

Programa Nacional Bovinos para Carne

Graciela Quintans
Guillermo Scaglia

Programa Nacional Cereales de Verano y Oleaginosas

José Terra

Programa Nacional Ovinos

Roberto San Julián

Economía Agrícola

Gustavo Ferreira

Unidad de Difusión

Horacio Saravia

Departamento de Calidad de Carne INAC

Gustavo Cánepa
Luis Castro
Ricardo Robaina

Asesor de INIA en Manejo y Conservación de Suelos

Fernando García

USO Y MANEJO SUSTENTABLE DE LOS SUELOS DE LOMADAS DEL ESTE

José A. Terra*
Fernando García Préchac**

INTRODUCCIÓN

Los suelos de las lomadas del Este tienen como principales limitantes de uso alto riesgo de erosión, problemas de drenaje en invierno y alto riesgo de sequía en verano. De acuerdo a la clasificación por capacidad de uso del USDA, se encuentran entre la clase III (arables con limitaciones) y IV (no arables, excepto para usos ocasionales o especiales).

Se definen como tecnologías agrónomicamente sustentables aquellas que, manteniendo o mejorando la productividad y la calidad de los productos, preservan los recursos naturales y mantienen o mejoran la calidad del ambiente.

Las tecnologías de siembra directa y laboreo reducido eliminan la limitante del riesgo de erosión, así como la degradación del suelo asociada al laboreo, ampliando claramente las posibilidades de uso sustentable de los suelos. Pero estas tecnologías, deben demostrar también resultados físicos de producción iguales o superiores a los convencionales, para constituirse en reales alternativas de uso sustentable.

Los trabajos de mediano plazo en manejo de suelos de lomadas del Este iniciados en 1995 en la Unidad Experimental de Palo a Pique con

* Ing. Agr., Programa Cultivos de Verano y Oleaginosas

** Ing. Agr., PhD, Asesor de INIA en Manejo y Conservación de Suelos

financiación PRENADER, tienen como objetivos evaluar el efecto relativo sobre el suelo y sobre la productividad física de diferentes intensidades de laboreo (convencional, reducido y siembra directa).

Estos trabajos, a su vez, son complementarios de otros trabajos de largo plazo que evalúan efectos en términos de erosión de suelos (Parcelas de escurrimiento instaladas en 1994 con financiación BID-CONICYT) y de producción animal física y económica de diferentes intensidades de uso del suelo (Rotaciones, instaladas en 1995 con financiación PRENADER).

El objetivo del presente artículo, es presentar parte de la información generada en estos proyectos que prueben la hipótesis de que la reducción y/o eliminación del laboreo pueda ser un factor determinante en el logro de la sustentabilidad física y económica anteriormente mencionada.

EFFECTO DE LA INTENSIDAD DE LABOREO SOBRE EL RECURSO SUELO**Erosión**

En la UEPP se cuenta con 10 parcelas de escurrimiento. Seis de estas parcelas corresponden a rotaciones de 6 años de duración que recién cumplirán su ciclo completo en el año 2000. Las 4 restantes corresponden a: 1) suelo permanentemente desnudo y rastreado a favor de

la pendiente; 2) suelo cubierto por la pastura natural; 3) doble cultivo anual con laboreo convencional; 4) doble cultivo anual con siembra directa.

En todas las parcelas se mide el escurrimiento y la erosión provocada por cada tormenta, contándose con un total de 4 años de información.

Los resultados de erosión, año a año y promedio, son presentados en el Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1. Erosión anual y promedio (TON/ha) de 4 usos y manejos contrastantes en un Argisol de Alférez.

Año	Suelo Desnudo	Campo Natural	Doble Cultivo (Laboreo)	Doble Cultivo (S.Directa)
1993 (Oct-Dic)	0.73	0.033	-	-
1994	49.86	0.164	-	-
1995	63.29	0.384	39.16	1.54
1996	21.9	0.472	0.606	0.491
1997	127.4	6.972	20.61	8.025
Promedio Anual	61.92	1.89	19.93	3.352
Factor C*	1	0.03	0.32	0.054

*Erosión relativa al suelo desnudo.

El ritmo de erosión anual del suelo de Alférez sometido a doble cultivo anual con laboreo convencional es casi 10 veces mayor que la erosión bajo pastura natural, lo que indica claramente que se trata de un uso no sustentable. En cambio, la misma intensidad de cultivo pero sin laboreo, genera solo 1.77 veces más erosión que bajo pastura natural, lo que puede considerarse claramente como sustentable desde el punto de vista de la conservación del recurso. Si además se considera que un sistema tan intensivo como lo es la realización de 2 cultivos por año sobre un suelo, en forma continua, no es una situación común en la realidad y que en estos suelos y en esta región lo normal sería rotar con pasturas, el ritmo de erosión con siembra directa en 2 años de cultivos cada 6 o cada 4 años, significa sistemas de producción claramente sustentables en

El potencial de erosión del Argisol de la unidad Alférez es 3.76 y 3 veces mayor que los Brunosoles de los sitios experimentales Aguas Blancas y La Estanzuela (García, 1992) en los que también existe información de varios años de parcelas de escurrimiento. Dichos suelos pertenecen a la clase II de capacidad de uso del USDA.

lo que se refiere a la conservación del suelo.

Contenido de Materia Orgánica

La materia orgánica (MO) está relacionada con la mayoría de las propiedades del suelo de importancia agronómica (Morón, 1996). Al ser el sustrato de la actividad biológica, es determinante de la estructura y porosidad, que determinan la mayoría de las propiedades físicas (aireación, drenaje, retención de agua y resistencia al crecimiento de raíces). La descomposición de la MO por la biología del suelo libera nutrientes a formas disponibles para las plantas, entre los que se destaca el nitrógeno, del cual es la única fuente en el suelo. También contribuye a la capacidad de intercambio catiónico y poder buffer del suelo. De lo

anterior se entiende porqué algunos autores (Lefroy y Blair, 1994 y Pankhurst, 1994, citados por Morón, 1996) han propuesto al contenido de MO del suelo como el principal indicador de sustentabilidad del recurso.

Como es conocido, el laboreo de los suelos reduce su contenido de MO, siendo los principales mecanismos de pérdida, la erosión hídrica y la oxidación biológica (Díaz, 1992). Por otra parte, los sistemas de producción que incluyen pasturas con leguminosas en la rotación, tienen una contribución muy alta a la estabilidad del contenido de MO del sistema reduciendo sus pérdidas (Díaz, 1992). En estos sistemas se dan ciclos de pérdidas y ganancias, coincidentes con las fases de cultivos con laboreo y pasturas, respectivamente, aunque el saldo neto es ligeramente negativo.

Por otro lado, diversos trabajos han demostrado que los sistemas de siembra directa comparados con los de laboreo convencional, mantienen o incrementan el contenido de MO del suelo sobre todo en la capa superficial. Por lo tanto, la reducción y/o eliminación del laboreo, debería atenuar o eliminar las tasas de pérdida de la materia orgánica que se dan con laboreo convencional en la etapa de cultivos de una rotación (agrícola - ganadera) o en un sistema de cultivo continuo.

Desde 1995, en la UEPP, se mantiene un ensayo en el que se comparan laboreo intensivo (LI), reducido (LR) y siembra directa (SD), en un sistema de doble cultivo anual, con pastoreo directo del cultivo de invierno y reserva de forraje como heno o silo del cultivo de verano. Estas tres intensidades de laboreo se combinan en este ensayo con 4 niveles de fertilización nitrogenada. Este sistema de producción presenta la particularidad de que el retorno de MO al sistema a través de los rastrojos es

relativamente baja comparada con sistemas agrícolas de grano. Al incluir el mismo pastoreo directo de los verdeos de invierno, los resultados reflejan este efecto, lo que no es común en ensayos parcelarios.

Los contenidos de MO en los primeros 15 cm, a la siembra de los verdeos de invierno, se presentan en la Figura 6.1. Se observa que, generalmente, el contenido de MO en SD se mantuvo significativamente por encima de LI, y que si bien tiende a tener más MO que LR, la diferencia es mucho menor. Es también clara la tendencia de LI a perder MO, lo que indica que con dicho tratamiento el suelo se ha estado degradando.

Si bien la diferencia en el contenido de MO de los primeros 15 cm es clara entre los distintos manejos, debe ponerse énfasis en que además existe una importante diferencia en su distribución en profundidad. La Figura 6.2 presenta los valores de MO de un muestreo estratificando de 0-2.5 cm, 2.5-5 cm y 5-15 cm, realizado en mayo de 1997 durante el 5º cultivo sucesivo. Cuando el muestreo tomó de 0-15 cm indiscriminadamente, como es lo usual, los valores de MO fueron significativamente menores en LI comparado con SD y LR (recuadro Figura 6.2), no siendo diferentes estos dos últimos entre sí. Sin embargo la distribución en profundidad es muy diferente; SD tiene la MO concentrada en los primeros centímetros debajo de la capa de residuos. Por debajo de dicha profundidad, los valores no son significativamente diferentes a LI. En cambio, los pocos laboreos superficiales en LR incorporaron algo de residuos hasta alrededor de 5 cm, presentando a esa profundidad más MO que los otros tratamientos.

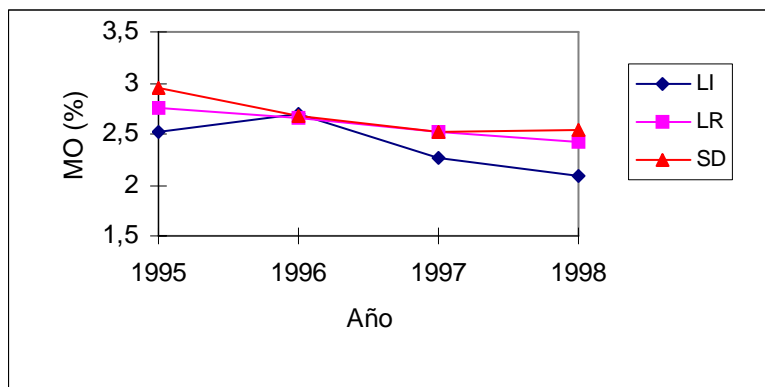


Figura 6.1: Efecto de tres manejos de suelos en el contenido de MO de 0-15 cm a través de los años en un sistema de cultivo continuo.

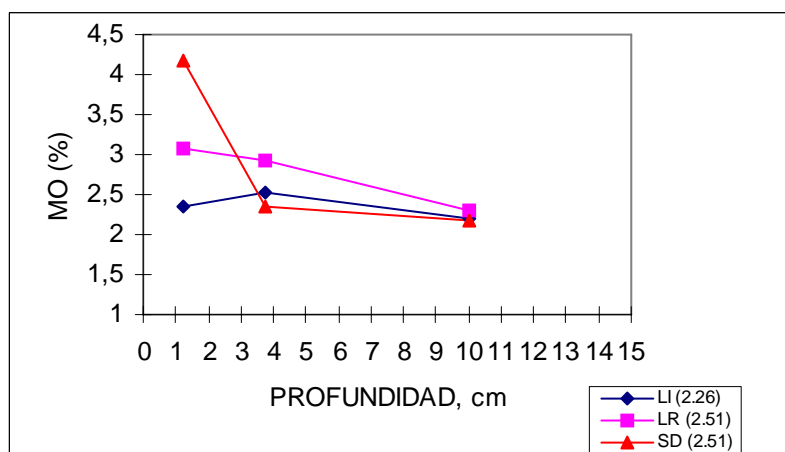


Figura 6.2: Efecto de tres manejos de suelo después de 5 cultivos en el contenido de MO a distintas profundidades.

Además del ensayo cuyos resultados se vienen presentando, en 1998 se comenzaron otros dos idénticos, pero sobre situaciones de uso anterior diferentes, consistentes en un ciclo de rotación de 2 años de cultivo continuo con LR, seguido de dos años de Raigrás y Trébol Rojo (Prad. 2 años) y pradera vieja renovada (semilla y fertilizante) con SD en 1995 (Prad. Vieja). La Figura 6.3 muestra los valores de MO a la siembra de los verdes. Ellos son mayores en la última situación, que no sufrió laboreo

desde hace al menos 10 años. La pradera de dos años tuvo laboreos reducidos en 1995 y 1996, durante el ciclo de cultivos, pero tuvo una muy buena pradera los otros dos años. Si bien en todas las situaciones se mantienen las diferencias entre los sistemas de laboreo que se venían comentando, es interesante observar que aún con SD el contenido de MO se muestra mayor cuanto más tiempo el suelo estuvo bajo pasturas productivas.

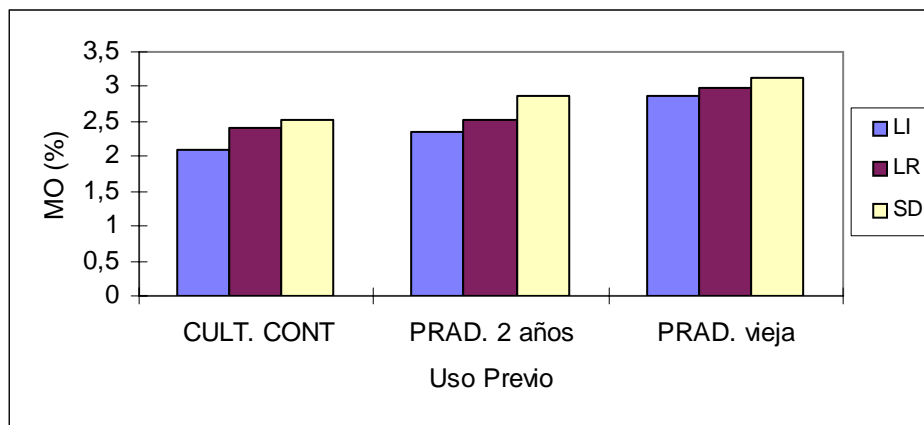


Figura 6.3. Contenido de MO en los primeros 15 cm del suelo bajo diferentes sistemas de laboreo con tres usos previos diferentes.

Aporte de nutrientes

Los diferentes manejos de suelos también tienen efectos en la disponibilidad de fósforo (Figura 6.4) y nitratos (Figura 6.5), tanto en los valores totales como en la distribución en el perfil del suelo.

mayor en SD y mostró una distribución altamente correlacionada a la de la MO. Se puede apreciar que en SD se produce una gran acumulación de P en los primeros cm de suelo provocada por la fertilización localizada en esos primeros cm, la ausencia de laboreo y la acumulación de MO en esa zona.

El contenido de fósforo disponible (Bray I) después de 5 cultivos sucesivos fue

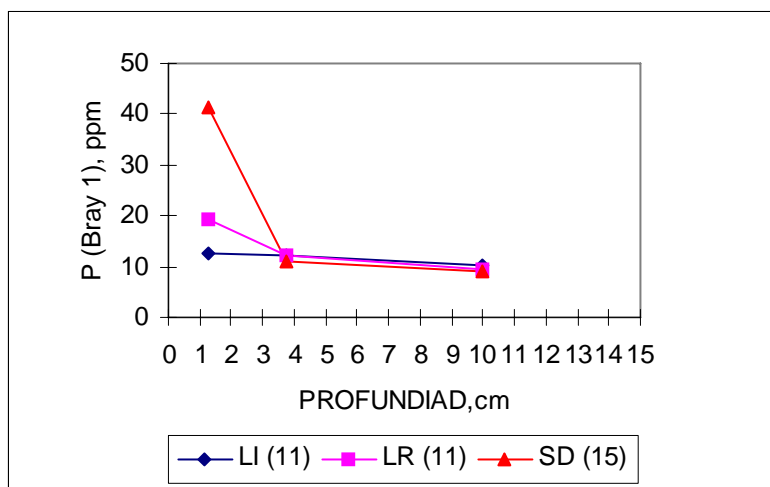


Figura 6.4. Efecto de tres manejos de suelo durante 5 cultivos sucesivos en el contenido de fósforo (Bray I) a distintas profundidades. En el recuadro, se presenta el valor cuando el muestreo tomó los primeros 15 cm en su conjunto.

En los sistemas de siembra directa, el ciclo del nitrógeno presenta características diferenciales con respecto a los sistemas basados en laboreo, consistente en menor tasa de mineralización del nutriente, por lo que generalmente se habla de menor disponibilidad para las plantas que cuando se realiza laboreo (Martino, 1996).

La distribución en profundidad de los nitratos en un determinado momento, suele presentar diferencias entre sistemas de laboreo. En la Figura 6.5 se observa que en LR y SD los nitratos se distribuían en el perfil correlacionados con el contenido de MO. En cambio, en LI el contenido de nitratos se incrementaba en profundidad. Esto se puede deber a que la importante mineralización provocada por el laboreo fue en parte movida hacia abajo por la infiltración de agua, y también a que en SD y LR dicha mineralización fue menor, estando el N menos sujeto a lavado. Pero si se muestrea el conjunto de los primeros 15 cm, el orden de nivel de nitratos (recuadro en la Fig. 6.5), está de

acuerdo con lo antes dicho sobre las tasas de mineralización. Debe destacarse que en el verano previo a dicha determinación, se dieron condiciones de bajas precipitaciones, lo que favoreció la acumulación de nitratos en todos los tratamientos de laboreo tal como se desprende de los altos valores encontrados.

Estos resultados, al igual que los de P, muestran la importancia que tiene en condiciones de SD la reducida capa de suelo por debajo de los residuos en superficie en lo que refiere al aporte de nutrientes para las plantas y a su especial consideración en el muestreo de suelos.

El nivel de nitratos en el suelo a 15-20 cm, en el momento en que comienza la fase lineal de la curva de crecimiento de los cultivos (macollaje en los de invierno; 6-8 hojas en maíz), está correlacionado con la probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado (Perdomo y Ciganda, 1998).

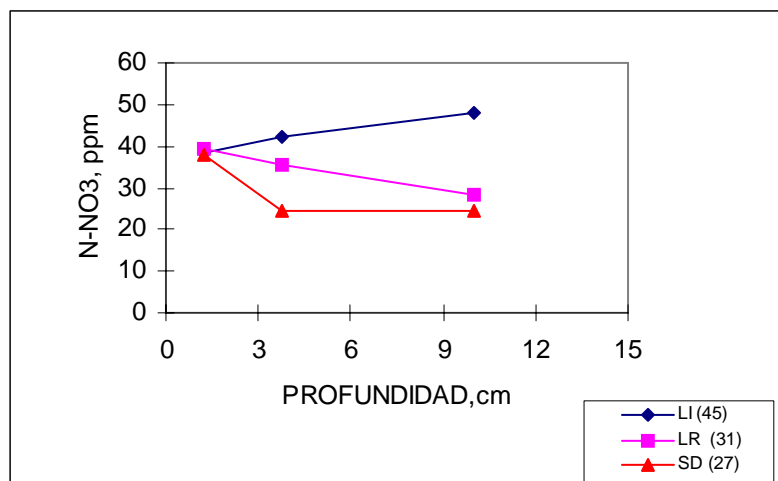


Figura 6.5 Contenido de N-NO₃ en función de la profundidad del suelo, con diferentes intensidades de laboreo al macollaje de los verdes de invierno en 1997. En el recuadro, se presenta el valor cuando el muestreo tomó los primeros 15 cm en su conjunto.

Dicha probabilidad de respuesta se cuantifica, una vez que se conocen los resultados, calculando el Rendimiento Relativo al Máximo (RRM), que es el rendimiento que se obtuvo sin aplicación de fertilizante N expresado como porcentaje del máximo rendimiento obtenido con aplicación de dicho fertilizante. La Figura 6.6 muestra la relación observada entre el contenido de N-NO₃ en 15 cm al macollaje y el RRM de forraje disponible para el primer pastoreo, en los verdes de 1995, 1997 y 1998 en los ensayos de intensidad de laboreo con distintos niveles de fertilización N en la UEPP. Se observa que en 1997 el nivel de N-NO₃ era muy alto debido a las bajas precipitaciones y en ese año el rendimiento sin fertilizar fue igual al máximo obtenido fertilizando. En cambio, en los otros dos años los RR estuvieron entre 45 y 75%, indicando que existía una alta probabilidad de respuesta, determinada por menor disponibilidad de N-NO₃ en el suelo (valores entre 4 y 10 ppm). Trabajos en cebada y trigo ubican el nivel crítico (aquel por encima del cual la probabilidad de respuesta es casi nula)

de N-NO₃ a 20 cm, de aprox. 18 ppm (Bordoli, 1998; García, 1994). Observando los datos de Palo a Pique, donde hasta ahora no se encontraron puntos entre 10 y 20 ppm, parecería que dicho valor puede ser un buen nivel crítico tentativo para decidir la fertilización de verdes para su primer crecimiento. Casanova (1998), indica que con valores de N-NO₃ superiores a 25 ppm en los 20 cm superiores del suelo indicarían escasa probabilidad de respuesta de todos los crecimientos de un verdeo y que valores algo inferiores suelen ser suficientes para el primer crecimiento, requiriendo fertilización en los crecimientos posteriores. También indica que con niveles muy bajos (menores a 5 ppm), la respuesta es segura desde el primer crecimiento.

Los puntos incluidos en la Figura 6.6 incluyen las tres intensidades de laboreo ensayadas. En la experiencia en otros países y la que se va obteniendo en Uruguay, se observa que todos los puntos parecen pertenecer a una misma relación.

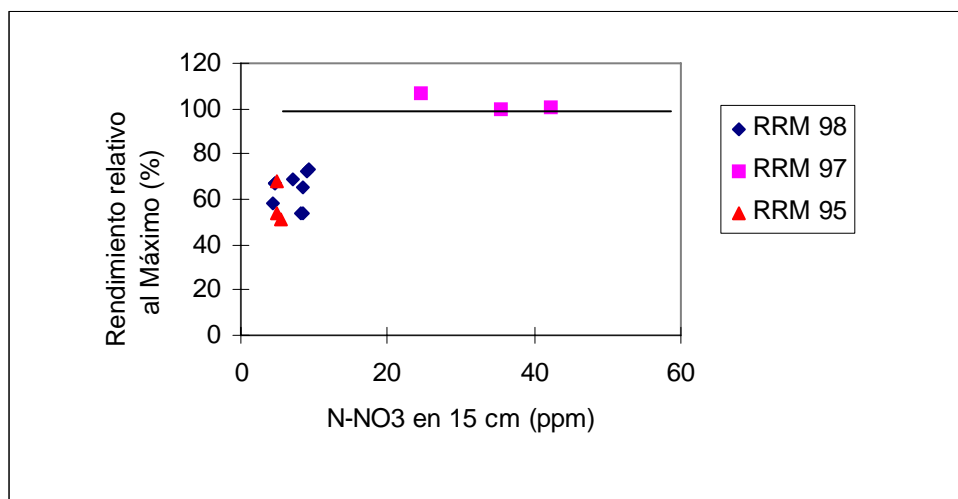


Figura 6.6. Relación entre RRM y contenido de N-NO₃ de 0-15 cm de profundidad en la materia seca ofrecida al primer pastoreo de los verdes en la UEPP.

Esto quiere decir que los mismos niveles críticos funcionarían tanto para suelos laboreados como para siembras directas o laboreos reducidos. En la Figura 6.7 se observa que el clima tiene mucho mayor influencia en la disponibilidad de nitrógeno que la intensidad de laboreo utilizada. El LI generó mayor disponibilidad de nitrógeno que LR y SD, principalmente en los momentos en que el clima determinó grandes valores de N-NO₃ en el suelo, pero en todos estos casos los menores valores de SD y LR igualmente estuvieron por encima del nivel crítico, no observándose respuesta en los verdeos ni en el maíz (ver Terra y García Préchac, 1997), cuyo nivel crítico estaría alrededor de 18 ppm (García, 1994; Perdomo, 1998). En los momentos en que el clima determinó bajos valores de N-NO₃ las diferencias entre las intensidades de laboreo fueron pequeñas, a veces a favor de LI y a veces a favor de SD, pero en todos los casos se observó clara respuesta a la

aplicación de fertilizante N, sin que los resultados mostrasen diferencias en dicha respuesta entre sistemas de laboreo (interacción laboreo por N no significativa).

De la discusión anterior surge que no siempre debe esperarse mayor necesidad de fertilización nitrogenada en SD, ya que las condiciones climáticas son mas importantes que el sistema de laboreo empleado. Si bien puede inferirse la disponibilidad de nitrógeno a partir del conocimiento del clima previo al momento de decidir una aplicación, la manera objetiva de determinar la probabilidad de respuesta es la realización de un muestreo de suelo de 0-15 cm y la determinación del contenido de N-NO₃. Para ello, además de la opción de enviar las muestras a un laboratorio, se dispone de técnicas de análisis rápido que pueden ser realizadas en el propio predio (Perdomo, 1996)

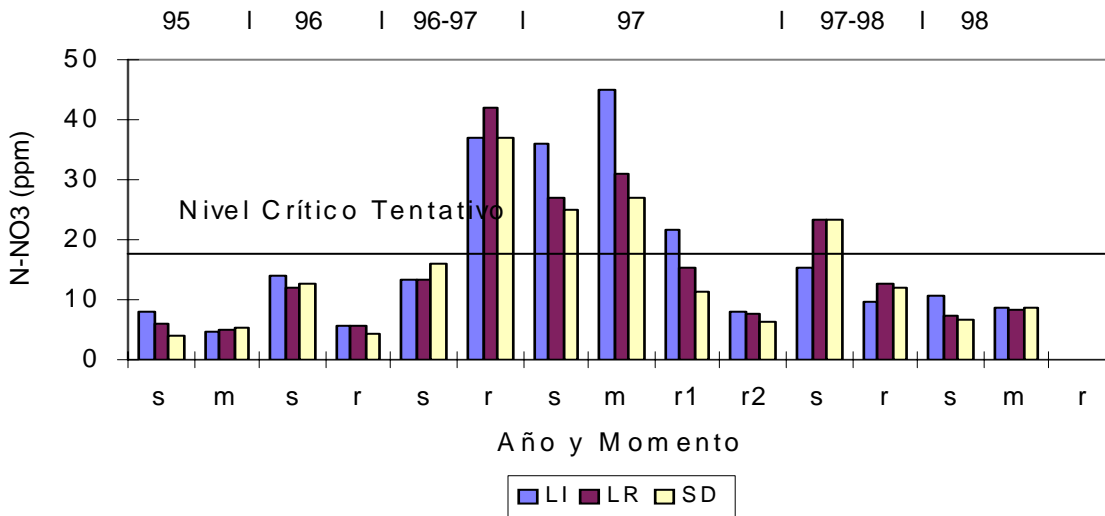


Figura 6.7. Contenido de N-NO₃ de 0-15 cm del suelo según intensidad de laboreo en los años y momentos indicados: s: siembra, m: macollaje, r: refertilización; 95, 96, etc.: otoño-invierno; 96-97, 97-98: primavera-verano.

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas que afectan directamente el crecimiento de las plantas son: resistencia mecánica al desarrollo de las raíces, temperatura, disponibilidad de agua y disponibilidad de oxígeno. A su vez existen otras propiedades tales como densidad aparente, estabilidad de agregados, textura, conductividad hidráulica, etc., que afectan indirectamente el desarrollo vegetal a través de sus efectos sobre las cuatro propiedades dinámicas complejas mencionadas anteriormente (Martino, 1996). Otra propiedad física compleja, que afecta indirectamente el crecimiento vegetal y que es dependiente de la estabilidad de la estructura y la porosidad es la resistencia a la erosión.

En el experimento de mediana duración de intensidades de laboreo se han hecho determinaciones evaluando algunas de estas propiedades.

En este artículo se comentarán resultados de la evaluación de la estabilidad estructural frente a la acción destructiva de lluvia simulada, su

relación con la infiltración y la resistencia mecánica a la penetración.

Resistencia a la erosión e infiltración. Se ha discutido que bajo SD se produce la casi total eliminación del riesgo de erosión del suelo. Ello se debe principalmente a que el suelo está cubierto de residuos que lo protegen del golpeteo de la lluvia, aumentando también la infiltración y consecuentemente, reduciendo el escurrimiento. Pero como también se vio, bajo SD el suelo tiene mas MO en superficie, por lo que su estructura es también más fuerte.

La fortaleza de la estructura se mide como la resistencia de la misma a ser destruida por alguna fuerza, normalmente generada con agua. En este trabajo se optó por usar un microsimulador de lluvia, operando a una muy alta intensidad de 360 mm/hr durante 4 minutos, sobre el suelo previamente descubierto de residuos y saturado con agua. Se midieron el escurrimiento y la erosión generados. Los resultados se muestran en la figura 6.8.

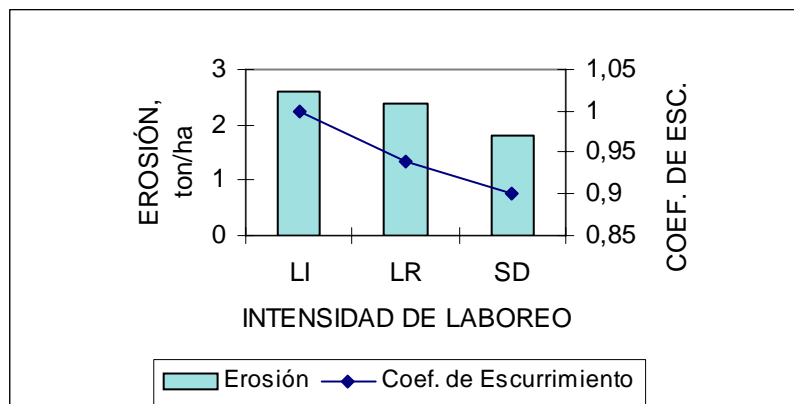


Figura 6.8. Erosión y coeficiente de escurrimiento generados por una lluvia simulada de 360 mm/hr durante 4 minutos, actuando sobre suelo descubierto.

Se observa la significativamente menor erosión (mayor estabilidad estructural) del suelo bajo SD, lo que se asoció a menor escurrimiento ya que al no romperse tanto los agregados fue menor la obstrucción de poros por las partículas dispersas.

Resistencia mecánica a la penetración. Esta propiedad física se ha evaluado en años anteriores (Terra y García Préchac, 1997). Los resultados indicaron que el orden de resistencia en las capas superficiales (0-10 cm) fue SD > LR > LI. En las capas subsuperficiales inmediatamente por debajo de la profundidad de trabajo de los

implementos de labranza el orden de los valores de resistencia mecánica fue el inverso (LI > LR > SD) y más abajo no se encontraron diferencias. Lo primero quiere decir que las capas superficiales están más compactas bajo SD, lo que significa más "piso". Lo segundo, que los implementos de laboreo generan compactación subsuperficial ("suela de arado") y lo tercero que las capas más profundas no son alteradas por los diferentes tratamientos de laboreo.

Los resultados obtenidos en 1998 (Figura 6.9), siguen confirmando lo encontrado en años anteriores.

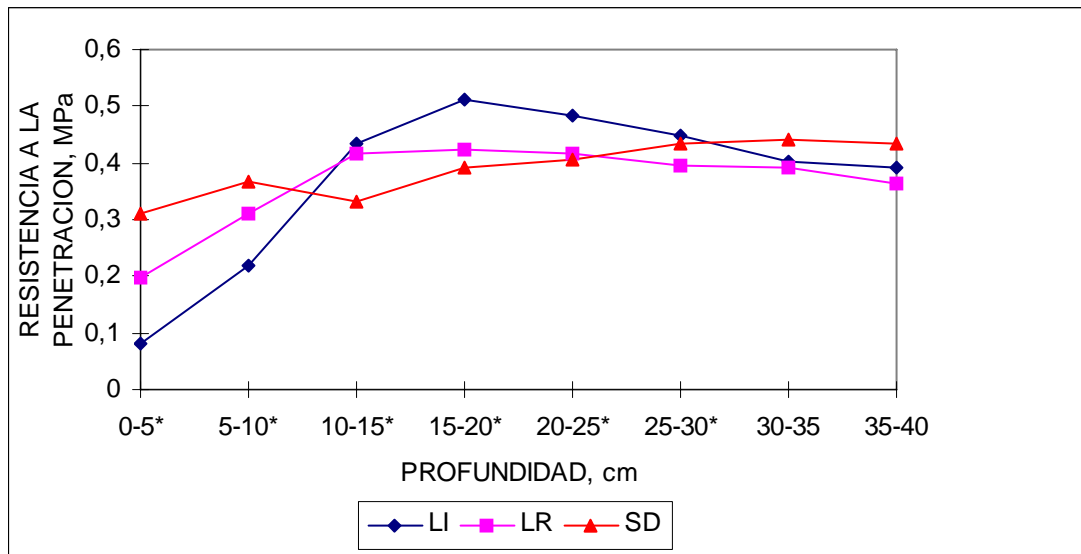


Figura 6.9. Perfiles de resistencia a la penetración determinados previo al primer pastoreo de los verdes en 1998. Los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas a la profundidad indicada.

VERDEOS DE INVIERNO

Producción de Materia Seca

La opinión generalizada es que debe esperarse menor producción con SD que con laboreo. Esto surge de los resultados normalmente obtenidos cuando en un suelo que fue sometido a laboreo, se comienza a realizar siembra directa. En estos casos los niveles de cobertura por residuos no son necesariamente los mejores, se tiene bajo contenido de materia orgánica que no será mineralizado a las tasas que ocurren con laboreo y las propiedades físicas están degradadas por el uso anterior, frecuentemente con suelas de implementos de laboreo. También es frecuente en suelos laboreados y degradados la presencia de importantes niveles de enmalezamiento. El comienzo de SD en estas condiciones es muy riesgoso, principalmente si no se tienen la experiencia y conocimientos mínimos sobre la nueva tecnología.

Si el comienzo del sistema es sobre un campo natural o sobre un campo regenerado a partir de una pradera vieja, con alto porcentaje de gramilla, como era la situación inicial en el caso de los ensayos de la UEPP, a algunos de los problemas anteriores suele agregarse la falta de "barbecho químico", que es el tiempo que transcurre desde que se realiza la aplicación del herbicida hasta que se siembra. Este tiempo es muy importante por las mismas razones que

es importante que pase tiempo desde que se realiza el primer laboreo hasta que se siembra, en los sistemas convencionales. Durante este tiempo muere y se descompone la vegetación preexistente, incluyendo su sistema radicular. Ello provoca la separación de los agregados estructurales, aflojando al suelo, y hace que el ciclo de fijación-liberación de nitrógeno durante la descomposición de la vegetación muerta se cumpla, evitando excesiva falta de nitrógeno disponible a la siembra. Cuando se comenzaron los experimentos en la UEPP, por no tenerse el suficiente conocimiento, en particular sobre el barbecho químico, se obtuvo significativamente menor oferta de forraje en el primer pastoreo (Cuadro 6.2). Desde entonces, no se observaron diferencias significativas entre las intensidades de laboreo para el primer y segundo pastoreo de los cultivos de invierno (Cuadros 6.2 y 6.3). El transcurrir de tiempo bajo SD, cuando se deja un mínimo de cobertura de residuos del cultivo o pastura anterior, reconstruye el contenido de materia orgánica del suelo y la actividad biológica, recuperando las propiedades físicas y la capacidad de aporte de nitrógeno. Pero también, la realización de barbecho químico en 1998 puede explicar que no se observen diferencias entre intensidades de laboreo en dos nuevos ensayos comenzados sobre pradera de segundo año y especialmente el comenzado sobre pradera vieja.

Cuadro 6.2 Significación estadística (prob.=5%) de la oferta de forraje al primer pastoreo, por año y experimento.

Año y Experimento	Laboreo	Nitrógeno	Nitrógeno*Laboreo
1995 Cult. Continuo	SD<LI,LR*	0<50<100<150	NS
1996 Cult. Continuo	NS**	***	***
1997 Cult. Continuo	NS	NS	NS
1998 Cult. Continuo	NS	0<50<100,150	NS
1998 Pradera 2 Años	NS	0<50<100,150	NS
1998 Pradera Vieja	NS	0<50<100,150	NS

* Explicación de diferencias significativas; **No existieron diferencias significativas; ***En este año no se aplicaron los tratamientos de N al macollaje

Cuadro 6.3 Significación estadística (prob.=5%) de la oferta de forraje al segundo pastoreo, por año y experimento.

Año y Experimento	Laboreo	N1*: Macollaje	N2**: Refertilización	Lab*N1	Lab*N2	N1*N2
1995 Cult. Continuo	NS	150>0	0<30<60	NS	NS	NS
1996 Cult. Continuo	NS	-	0<50<100,150 ***	SD: 100>150 LR,LI: 100<150	-	-
1997 Cult. Continuo	NS	150>0	NS	NS	NS	NS

* Tratamientos de N aplicados al macollaje, para el primer crecimiento(0, 50, 100 y 150 kg de N/ha);

** Tratamientos de N aplicados luego del primer pastoreo (0, 30 y 60 kg de N/ha);

*** En 1996 los tratamientos de N se aplicaron después del primer pastoreo

La ocurrencia de respuesta al nitrógeno aplicado al macollaje para el primer crecimiento (Cuadro 6.2) y luego del primer pastoreo, para el segundo crecimiento, fué generalmente lo observado, aunque existieron condiciones (año 1997) en que la respuesta no existió, por las razones antes explicadas. Con una excepción, no se observó interacción significativa entre intensidad de laboreo y aplicación de nitrógeno. Esto contradice lo normalmente esperado en el sentido que con SD se requiere mayor nivel de fertilización nitrogenada que cuando se realiza laboreo. En la única oportunidad en que la mencionada interacción resultó significativa fue en 1996 y ocurrió en el sentido inverso a lo esperado, con SD respondiendo hasta 100 kg/ha y los tratamientos laboreados hasta 150.

Utilización de la Materia Seca Ofrecida

La discusión anterior dejó claro que no necesariamente el uso de SD significa menor producción de los cultivos, lo que puede ocurrir en la transición de uso de laboreo a SD, especialmente si no se tienen los cuidados indicados. Sin embargo, si la SD se adopta como sistema y se la realiza correctamente, la mejora del suelo con el tiempo elimina el riesgo de menor producción.

En el caso de verdeos de invierno para pastoreo directo, más que la materia seca ofrecida importa la materia seca realmente utilizada por los animales. En el ensayo de 1997 se determinaron muy importantes diferencias en el porcentaje de forraje rechazado en los pastoreos, con SD resultando en mayores utilidades (Terra y García Préchac, 1997). En 1998 se ha procesado la información del primer pastoreo; los resultados, junto con los de 1997, se presentan en la Figura 6.10.

Los resultados de 1997 indicaron diferencias importantes y significativas, mientras que en 1998, las menores diferencias no llegaron a ser significativas a pesar de que se mantiene la misma tendencia. La Figura 6.11 e información sobre el régimen de lluvias ocurrido en cada año antes y durante los primeros pastoreos aportan datos para entender la diferencia entre el resultado de los dos años.

Dentro de cada año se observa que el rechazo disminuyó al aumentar la resistencia mecánica (piso) de la superficie del suelo, que como sabemos fue mayor en SD. Pero el piso en 1998 fue menor que en 1997. En el mes previo al comienzo del pastoreo en 1998 llovieron 212 mm, 112 de los cuales cayeron cuatros días antes del comienzo del mismo. En cambio, en 1997 llovieron tan solo 39 mm en el mes previo al comienzo del pastoreo. Sin embargo, en

los primeros 3 días del pastoreo en 1997 llovieron 66,5 mm, deteriorando claramente el piso y conduciendo a

valores de rechazo muy altos, principalmente en las parcelas con laboreo.

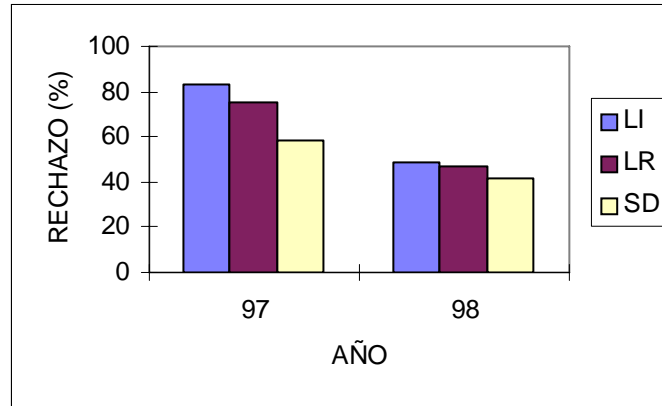


Figura 6.10. Porcentaje de rechazo de la materia seca disponible en el primer pastoreo en 1997 y 1998 en las tres intensidades de laboreo del suelo en el ensayo de cultivo continuo de la UEPP.

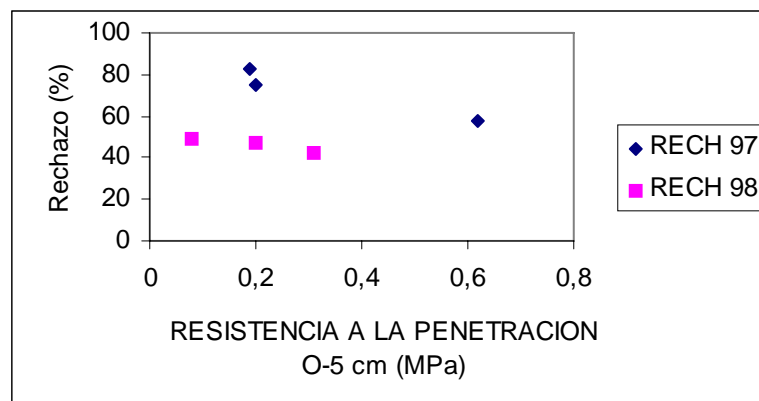


Figura 6.11. Relación entre la resistencia mecánica a la penetración de los primeros 5 cm del suelo y el porcentaje de rechazo de la materia seca disponible para el primer pastoreo de los verdes de invierno de 1997 y 1998.

Compactación por Pisoteo Animal

Entre las desventajas de la SD suele incluirse la compactación del suelo (García Préchac, 1998). En dicho artículo se argumenta que ello es más creencia que realidad, ya que la compactación es

una consecuencia del LC. Bajo SD, con ganancia de materia orgánica, mayor actividad biológica y suelo no perturbado, lo que debe esperarse es mejora física y no deterioro del suelo.

Sin embargo, cuando se trata de SD en sistemas de producción animal con pastoreo directo el suelo no está totalmente imperturbado y se produce compactación en los primeros centímetros. Tanto mayor cuanto mayor sea la carga animal instantánea y tanto más profunda cuanto mayor sea la carga por unidad de superficie en el contacto entre las patas de los animales y el suelo (en general, cuanto más pesados sean los animales). Son muy pocos los trabajos en que este efecto se ha cuantificado. Scaglia et al. (1997) ensayaron en un verdeo en SD durante el invierno de 1997, en la Unidad Experimental de Palo a Pique, 3 cargas de corderos nacidos entre agosto y setiembre de 1996 en su proceso de engorde hasta alrededor de 40 kg. Dichas cargas instantáneas fueron 60, 120 y 180 corderos por ha, pastoreando en períodos de 15 días 4 unidades de rotación de pastoreo, desde el 6 de junio hasta el 29 de agosto. Al final del experimento, en los primeros 15 cm de la carga baja, la resistencia a la penetración era significativamente menor que en las cargas alta y media. Entre éstas, a pesar de la tendencia a mayor resistencia en la carga alta, las diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas.

El efecto sobre el cultivo siguiente fue motivo de un trabajo de Tesis de graduación en la Facultad de Agronomía (Devoto y González, inédito, dirigido por Scaglia, Terra y García Préchac). En medidas de resistencia a la penetración tomadas en enero de 1998 luego de lluvias importantes, se encontró que hasta 10 cm de profundidad en la carga alta el suelo continuaba estando significativamente más compactado que en los otros tratamientos, llegando a 1,5 MPa en los primeros 5 cm, contra 1,2 y 0,99 en las cargas media y baja, respectivamente. Sin embargo, la producción de MS de una moha (*Setaria italica*) a los 60 días de la siembra,

realizada en SD sobre el rastrojo del verdeo de invierno tratado con glifosato, no difirió estadísticamente entre las 3 cargas de pastoreo del invierno anterior, llegando a 3700 kg/ha en promedio. Esto no significa que no haya que cuidar el sobrepastoreo y que la compactación por pisoteo animal no tenga consecuencias sobre el crecimiento y producción de los cultivos y pasturas siguientes, sino que quizás no tenga la magnitud de impacto depresor de producción que se teme.

También en este caso el barbecho químico tiene importancia en el estado físico del suelo a la siembra. Si bien no se tienen datos experimentales que la objetiven la experiencia de muchos productores usando SD es que si una pastura establecida o un campo natural son tratados con glifosato alrededor de dos meses antes de la siembra, cuando esta se realiza se observa que el suelo se presenta suelto, en una excelente condición física, pudiéndosele introducir objetos fácilmente. La pastura muerta por el herbicida tuvo tiempo de descomponerse, principalmente su sistema radicular, soltando los agregados estructurales y generando durante su descomposición una actividad biológica, principalmente de mesofauna, que aumentó la porosidad gruesa del suelo. Esto significa que el barbecho químico puede llegar a actuar como un "laboreo biológico" que sea suficiente para resolver condiciones no extremas de compactación superficial por pastoreo.

CULTIVOS DE VERANO (MAÍZ).

En el ensayo de intensidad de laboreo y respuesta a N se ha plantado maíz para silo en los 2 últimos años. Los resultados de 1996-97 fueron presentados en la jornada de 1997 (Terra y García Préchac, 1997). Se trató de una temporada seca con baja precipitaciones donde se dieron las mayores

producciones con SD y no se observó respuesta a la aplicación de N.

La figura 6.12 presenta los resultados de producción del componente grano de 1997-98. En este último año las condiciones climáticas fueron muy diferentes a las del año anterior, no observándose diferencias entre los tratamientos de laboreo, pero si una importante respuesta a la aplicación de N.

Se observa la escasa variación de producción entre años en SD, mientras la misma fue evidente en los tratamientos con laboreo, particularmente LI. La falta de respuesta en 1997 estuvo asociada a

muy altos niveles de disponibilidad de N en el suelo y la respuesta observada en 1998 se explica por niveles de N-NO₃ a 8 hojas por debajo de los niveles críticos manejados anteriormente (Figura 6.13).

Debe destacarse la poca diferencia en el aporte de N disponible y por lo tanto en la respuesta obtenida entre las tres intensidades de laboreo en los dos años. Esto es lo que ya se mencionó al discutir los resultados de los verdes de invierno, en el sentido de que nuestros experimentos no sustentan la opinión generalizada de que con SD se requiere mas N que cuando se realiza laboreo.

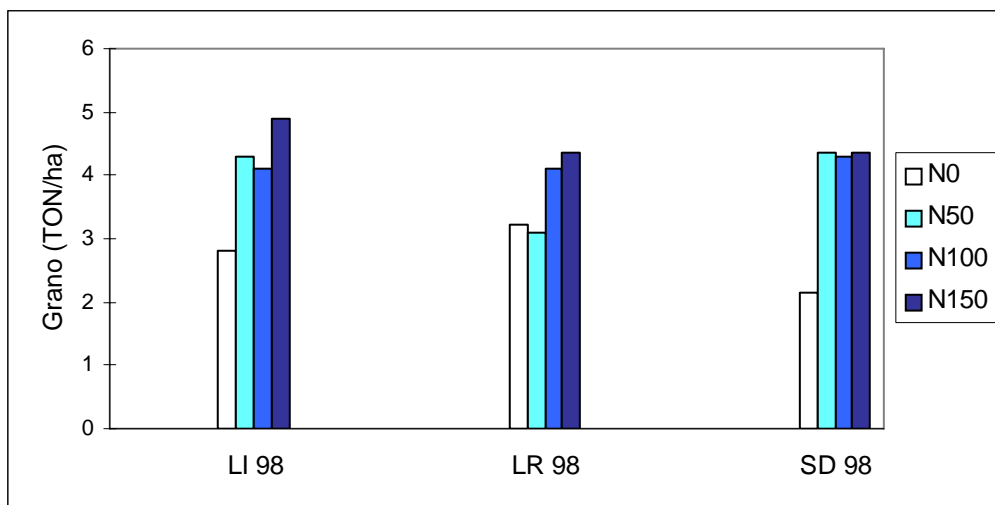


Figura 6.12: Rendimiento en grano de maíz para silo en 1998, en el ensayo de intensidad de laboreo y respuesta a fertilización N de la UEPP.

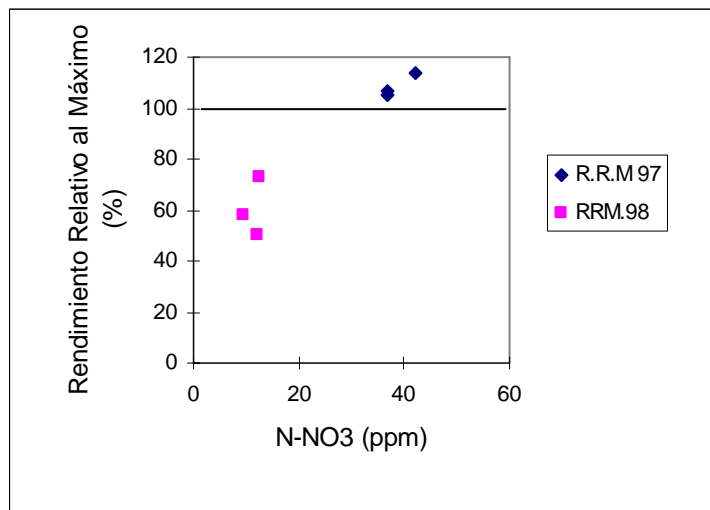


Figura 6.13. Relación entre RRM y contenido de N-NO₃ de 0-15 cm de profundidad en la producción de grano de maíz del ensayo de intensidad de laboreo y respuesta a N de la UEPP.

AGRADECIMIENTOS

A los funcionarios de la Sección, Daniel De Souza y Wilson Silvera por su esfuerzo y dedicación, así como a los estudiantes en Tesis, G. Jaureche, G. Rivero, A. Silveira, R. Bottaro, A. Pollero, M. Devoto y G. González

BIBLIOGRAFÍA

Bordoli, J.M.; 1998. Fertilización NP de trigo en siembras directas In: Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos. Fac. de Agronomía. Curso de actualización. pp 47-51-56

Blanco, F; Terra; J.A; García Prechac, F. (1996). Uso de elementos de la tecnología de siembra directa para producción forrajera. In Producción Animal. Serie Actividades de difusión Nº 110, INIA Treinta y Tres, Uruguay, pp 17-32.

Casanova, O. , 1998. Manejo de la fertilización en verdes. In: Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos. Fac. de Agronomía. Curso de actualización. pp 52-56

Díaz, R. M. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. INIA Investigaciones Agronómicas 1(I): 103-110.

García, A. (1994). Manejo del nitrógeno para aumentar la productividad en trigo. INIA La Estanzuela. Serie Técnica 54, 26p.

García Préchac, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. INIA Investigaciones Agronómicas 1(I): pp127-140.

García Préchac, F; 1998. Siembra Directa de Pasturas. In: 2º Seminario Internacional de Actualización Técnica. Siembra Directa. Rivera - Livramento; 20-22 Agosto 1998. Diskette con artículos.

- Martino, D. (1997). Siembra Directa en los sistemas agrícola-ganaderos del litoral. INIA La Estanzuela. Serie Técnica 82, 28pp.
- Morón, A; 1996. El rol del carbono en los sistemas productivos agropecuarios. In: Manejo y fertilidad de suelos. INIA La Estanzuela. Serie Técnica 76, pp 1-7.
- Perdomo, C., 1996. Consideraciones sobre criterios para el ajuste de la fertilización N en cultivos de invierno. In: Manejo y Fertilidad de Suelos. INIA Serie Técnica No. 76 pp.23-26.
- Scaglia, G., Terra, J., San Julián, R.; 1997. Engorde de corderos sobre avena. In: Producción Animal. INIA Treinta y Tres. Serie Activ. Difusión 136 pp 47-58
- Terra, J.A., 1997. El uso de la siembra directa en sistemas de producción forrajeros. In: El País Agropecuario, Año 3, N°29, pp 23-26.
- Terra, J.A. y García Préchac, F., 1997. Intensidad de laboreo y fertilización nitrogenada en cultivos forrajeros . In: Producción Animal. INIA Treinta y Tres. Serie Actividades de Difusión N° 136, pp 81-92.