

7.2.13

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFECTO RESIDUAL DEL LABOREO DEL SUELO PARA EL CULTIVO
DE INVIERNO SOBRE EL CULTIVO DE SORGO DE SEGUNDA

POR

FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
MONTEVIDEO
URUGUAY

IVO RAFAEL LEGELEN COITINHO

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Agrícola-Ganadera).

Montevideo
URUGUAY
1998

TESSIS aprobada por:

DIRECTOR: Ing.Agr. Oswaldo Ernst

Nombre completo y firma

Guillermo Siri Prieto

Nombre completo y firma

Ana Terzaghi

Nombre completo y firma

Fecha: 8 de junio de 1998

AUTOR: Ivo Rafael Legelén Coitinho
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Agrónomos Oswaldo Ernst,
Guillermo Siri, por la colaboración en la realización
de este trabajo.

A los estudiantes en Tesis que de alguna manera
colaboraron para la realización de esta.

Al personal de Biblioteca de Facultad de Agronomía
de Paysandú y Montevideo.

Al personal del campo experimental de la Estación
Experimental Mario A. Cassinoni.

A todos aquellos que de alguna manera colaboraron
para la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
<u>I. INTRODUCCION</u>	1
<u>II. REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	4
A. INTRODUCCION	4
B. LABOREO Y HUMEDAD	6
1. Siembra y Emergencia.....	6
2. Pérdida y ganancia de agua.....	6
3. Rastrojo y temperatura del suelo.....	9
C. RESISTENCIA A LA PENETRACION	11
1. Niveles Críticos	11
D. ESTABILIDAD DE AGREGADOS	13
E. INFILTRACION, ESCURRIMIENTO Y EROSION HIDRICA	14
F. NUTRIENTES EN EL SUELO	18
1. MOVILIDAD Y DISTRIBUCION EN EL PERFIL.....	18
a) Materia Orgánica	18
b) Nitrógeno	18
c) Fósforo.....	19

G.NUTRIENTES EN PLANTAS	21
H.RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y GRANO.....	22
<u>III.MATERIALES Y METODOS</u>	27
A.DISEÑO EXPERIMENTAL	28
B.DETERMINACIONES EN EL SUELO	28
1.Rastrojo en superficie.....	28
2.Humedad.....	28
3.Nutrientes.....	28
4.Resistencia a la penetración.....	29
5.Estabilidad de agregados.....	29
6.Escurrimiento,Infiltración y Pérdidas de suelo..	30
C.DETERMINACIONES EN PLANTAS	31
1.Materia seca de la parte aérea y floración.....	31
2.Absorción de Nitrógeno y Fósforo	31
3.Rendimiento	31
D.ANALISIS ESTADISTICO	32

<u>IV.EFECTO DEL LABOREO EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO.....</u>	33
A.-PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.....	33
1)Estabilidad estructural	34
2)Resistencia a la penetración.....	35
B.NUTRIENTES EN EL SUELO.....	37
1)MATERIA ORGANICA y FOSFORO.....	37
a)Movilidad y distribución en el perfil.....	37
<u>V.EFECTO SOBRE LA GANANCIA Y PERDIDAS DE AGUA DEL SUELO.....</u>	40
A. RASTROJO EN SUPERFICIE	40
B. Humedad.....	41
C. EVOLUCION DE LAS PERDIDAS Y GANANCIAS DE AGUA EN EL PERFIL.....	43
D. EROSION Y ESCURRIMIENTO	45
<u>VI.EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MATERA SECA.....</u>	49
1) IMPLANTACION.....	49
2) CRECIMIENTO Y ABSORCION DE NITROGENO	53
3) RENDIMIENTO EN GRANO.....	55

VII. CONCLUSIONES	57
VIII. RESUMEN.....	58
IX. SUMMARY.....	59
X. BIBLIOGRAFIA.....	60
XI. APENDICE.....	63

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADRO

- 1.Efecto de la secuencia de laboreo del suelo sobre el índice de estabilidad estructural, resistencia a la penetración y humedad del suelo.....33
- 2.Efecto de la secuencia de laboreo sobre la distribución de nutrientes en el perfil.....37
- 3.Precipitaciones totales de primera y segunda quincena de los meses de duración del cultivo.....41
- 4.Resultados del simulador de lluvia (Kamphorst 1987).....45
- 5.Rendimiento y componentes del rendimiento con contenidos de nitrógeno en suelo y plantas.....55

FIGURA

- 1.Efecto de la intensidad de laboreo sobre la estabilidad estructural.....34
- 2.Efecto de la intensidad de laboreo sobre la resistencia a la penetración del suelo.....35
- 3.Efecto del laboreo en la distribución de Materia Orgánica en el perfil del suelo.....38
- 4.Efecto del laboreo en la distribución de Fósforo en el perfil del suelo.....39
- 5.Kilogramos de rastrojo en superficie en los tratamientos.....40
- 6.Promedio de humedad a la siembra en los diferentes tratamientos.....42

7.Evolución de la pérdida de humedad del suelo luego de una lluvia el 24/01 a 15 cm de profundidad.....	43
8.Evolución de la pérdida de humedad luego de una lluvia (28/02).....	44
9.Pérdidas relativas de suelo en una simulación de lluvia llevada a cabo en los tratamientos.....	46
10.Pérdida de materia orgánica arrastrada en el suelo perdido en la simulación de lluvia.....	47
11.Escurrimiento en el experimento de simulación de lluvia	48
12.Curva de implantación tomados a partir del noveno día luego de la siembra.....	50
13.Crecimiento y producción de materia seca por ha en los diferentes tratamientos.....	51
14.Distribución de nitrógeno en el perfil a 8 y 12 días post siembra	52
15.Porcentaje de nitrógeno que absorben las plantas en los diferentes tratamientos.....	53
16.Rendimiento en grano de las diferentes secuencias de laboreo.....	56

I. INTRODUCCION

El desarrollo de la agricultura en el Uruguay fue en su principio para cubrir necesidades de consumo familiar y poder abastecer las colonias que se instalaban. Con la necesidad de incorporación de nuevas tierras con fertilidad natural alta, y la política desarrollada en el país en la década del 50, la agricultura se extendió desde el sur hacia el litoral oeste. En ese período se superó el millón de hás sembradas y los rendimientos se incrementaron vertiginosamente en consecuencia de la incorporación de nuevas chacras con alta fertilidad natural.

La rotación Agrícola - Ganadera se define como no contemporánea, por no integrar un sistema agrícola planificado, las tierras se dejaban "descansar" cuando los rendimientos descendían y no se instalaban pasturas. La pérdida de la fertilidad natural de los suelos y la erosión, avanzó conjuntamente con la agricultura abandonando tierras que inicialmente eran importantes muy comprometidas para el uso de cualquier rubro. La consecuencia de esto fue provocar una depresión en los rendimientos por el uso continuo de agricultura durante varios años sin el uso de fertilizantes llevando al estancamiento productivo.

Los sistemas agrícolas con trigo como principal cultivo, fueron deteriorando el suelo por dejar barbechos muy largos con suelo descubierto, sumándose a esto la oxidación de la materia orgánica y juntos predisponiendo al suelo a una activa erosión.

La respuesta tecnológica al estancamiento productivo del sistema y a la pérdida gravemente de suelo, fue la rotación de cultivos con sistemas de incorporación de pasturas con leguminosas, provocando esta una estabilidad y una leve recuperación de la fertilidad y estructuras del suelo.

Hasta ese momento predominaba el mono cultivo de trigo por ser el de mayor rentabilidad. Esto generaba una situación de seis meses de barbecho improductivo entre cultivo y cultivo. El enmalezamiento en ese período provocaba el exceso de laboreo y en consecuencia un riesgo a la erosión muy alto.

Una década atrás comenzó la pérdida de valor del trigo en el mercado internacional con la derivación de la pérdida de protagonismo como único cultivo y traspasando la responsabilidad del mantenimiento de la rentabilidad a todo el sistema agrícola - ganadero en su conjunto.- Al intensificarse el sistema haciendo ya dos cultivos anuales pasan a tener importancia relativa los cultivos de verano y dentro de estos los de segunda. Bajo este nombre "Cultivos de Segunda" se conoce la obtención de dos cosechas en un año agrícola al sembrar un cultivo de verano de inmediato de un cultivo de invierno, la ventaja es el aprovechamiento del suelo en todo su potencial sin dejar meses de barbecho improductivo.

Con el Laboreo Convencional con quema como manejo del rastrojo, determina importantes pérdidas de humedad, atraso en la fecha de siembra y alto riesgo de erosión. Al acortarse los tiempos de laboreos, causando inestabilidad al sistema de secuencia de cultivos, aumentando riesgo de siembra en el período óptimo; se produjo un aumento en el parque de maquinaria elevando los costos de los cultivos pero sin solucionar limitantes indispensables para potencializar los rendimientos. La Siembra Directa se inició en estos sistemas intensivos de cultivo levantando las limitantes que conducían al sobre dimensionamiento de maquinaria.

La Siembra Directa posibilita sembrar el cultivo de verano enseguida de la cosecha del cultivo de invierno. Esta técnica permite ahorrar tiempo y conservar la humedad del suelo, y reducir la erosión a niveles muy cercanos a los de suelo imperturbado

En el sistema de cultivos los beneficios se ven a largo plazo, debido a la caída de los rendimientos en el laboreo convencional y al mantenimiento o aumento de los rendimientos en el sistema de Siembra Directa. El éxito logrado en Siembra Directa depende de situaciones donde el resultado de un cultivo este determinado por la cantidad y eficiencia en el uso del agua, donde la siembra en fecha óptima sea decisiva en la obtención de altos rindes y donde los riesgos de erosión sean altos. La Siembra Directa potencializa su ventaja frente a la Siembra Convencional, sobre el control de la evaporación e infiltración del agua en el suelo.

También en zonas netamente agrícolas sus ventajas radican en el mantenimiento de la fertilidad natural y condiciones físicas del suelo, teniendo efecto en la estabilidad estructural, resistencia a la penetración y controlando la erosión hídrica y eólica.

En nuestro país la adopción de esta tecnología se justifica en la reducción de la erosión en sistemas agrícolas intensivos y la posibilidad de llegar en la época de siembra óptima en cultivos de invierno y el eficiente uso del agua en cultivos de verano. Frente a la elevación de costos en el laboreo convencional y a la aparición en el mercado de herbicidas de alta selectividad y efectividad, con precios cada vez más accesibles, permitiendo que los costos de aplicación de la tecnología de Siembra Directa sean menores aumentando la rentabilidad de todo el sistema.

El presente trabajo se realizó dentro de un experimento planificado a largo plazo (10 años) iniciado en 1993 en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía. Este es el segundo cultivo luego de roturada una pradera.

La hipótesis principal planteada fue:

es posible realizar dos cultivos por año capitalizando el efecto residual del laboreo realizado para el cultivo de invierno.

La misma se basa en que la limitante principal de los sistemas agrícola - ganaderos con pastoreo directo es el nivel de compactación del suelo luego de la pastura. Laboreando solo en la cabeza de la rotación, la compactación deja de ser una limitante para los cultivos siguientes, se mantiene la estabilidad estructural del suelo, se reduce la erosión hídrica, por la estación del año la disponibilidad de N-NO₃ no se ve afectada a niveles limitantes y se conserva la humedad del suelo, por lo que el rendimiento final en grano del cultivo de segunda es superior

El objetivo del trabajo es evaluar y cuantificar el efecto residual del laboreo de suelo para cultivo de invierno sobre el cultivo de segunda de sorgo, en la secuencia Pradera - Cebada - Sorgo. A través de la cuantificación de las propiedades físicas y químicas del suelo, infiltración, escurrimiento, riesgo de erosión hídrica, estabilidad de agregados y resistencia a la penetración en diferentes tratamientos y sus efectos en el rendimiento en grano.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

A. INTRODUCCION

Solamente de la presencia y cantidad de suelo no depende el desarrollo vegetal, sino de presencia y estado en que se encuentran los nutrientes, agua, aire, régimen térmico y propiedades físicas.- (Hillel 1970, citado por Cintra 1980).

Se parte del concepto de que cualquier reducción del laboreo, permite un aumento en la rugosidad del suelo y de la relación infiltración / escurrimiento mejorando la captación de lluvia durante el cultivo. Aunque la reducción del laboreo no logra resultados en rendimientos, estas prácticas son beneficiosas para la conservación del suelo.

Las propiedades físicas como textura, densidad aparente, capacidad de retención de agua, penetrabilidad y conductividad hidráulica, inciden en los factores físicos del crecimiento vegetal, como aireación, humedad, temperatura, y resistencia mecánica a la penetración de raíces.- (Forsythe, 1967 citado por Cintra 1980).

Las características físicas del suelo como ser tamaño de partículas, tenores y tipos de minerales, etc. definen su naturaleza en cuanto a las propiedades físicas (textura, retención de agua, densidad, etc.) y su comportamiento ante diferentes labores.- (Marcos 1979, citado por Cintra 1980).

La estructura de un suelo incide fuertemente en el crecimiento de las raíces en su interior. La compactación como consecuencia de degradación de las características físicas del suelo actúa perjudicando entre otras la penetración de las raíces por aumentar la resistencia mecánica y también afecta otros factores como aireación, disponibilidad de agua y temperatura del suelo.

La preparación del suelo en cultivos intensivos en condiciones de humedad inadecuadas conducen a destruir las propiedades físicas del suelo en detrimento del crecimiento vegetal. Según el grado con que se afectan esas propiedades, va a coincidir en el mal desarrollo vegetal, con pérdidas en productividad y con riesgo de erosión muy altos. El laboreo conduce a alteraciones en las estructuras del suelo, disminuyendo los macro agregados, espacio aéreo, tasa de infiltración de agua y aumento de micro agregados, densidad del suelo y resistencia a la penetración. La compactación se produce por trabajar en condiciones inapropiadas de humedad, produciéndose deformaciones plásticas de los agregados, debido a la presión de la maquinaria. (Day y Holmgren, 1952 citado por Cintra 1980).

La producción en Siembra Directa ofrece muchas ventajas siendo la más importante el incremento en la producción de grano de maíz. Otras ventajas incluye la eliminación de la erosión asociada con los métodos de Laboreo Convencional. (Hill and Blevins 1973).

A corto y mediano plazo, la mejor utilización del recurso agua en la producción vegetal debe lograrse principalmente mediante el manejo del escurrimiento superficial. (Hofstadter et al 1979 citado por García y Cardelino 1995).

B. LABOREO Y HUMEDAD

1. Siembra y emergencia

La emergencia con 0 y 1 ton/ha de rastrojo fue de 5 días luego de la siembra, en cambio en los tratamientos de 2 y 4 ton/ha se observó la emergencia a los 6 y 17 días después de la siembra en tratamientos de 8 ton/há se tuvo que retirar el rastrojo para que emergiera. (Barrows et al 1962)

Sin lugar a dudas, el contenido de agua que tenga el suelo al momento de la siembra será uno de los factores determinantes del rendimiento a través de la buena implantación que logre el cultivo. Se encontró que los altos rendimientos de un cultivo de verano están asociados a grandes cantidades de agua en el momento de la siembra y que los bajos rendimientos coinciden con una baja disponibilidad de agua almacenada al momento de la siembra.

La correlación que obtuvieron entre la cantidad de agua presente en el momento de la siembra y el rendimiento fue de 0,75.

La cantidad de agua que dispondrá el cultivo al momento de la siembra va a depender del balance entre pérdidas y ganancias que se dan durante el barbecho. (Cole y Matheus, 1940 citado por Maranges, A 1989)

2. Pérdida y ganancia de agua

De los factores más críticos que afectan las plantas durante la estación de crecimiento, afectando el rendimiento de los cultivos es el agua disponible. El agua es perdida por evaporación superficial, escurrimiento superficial, transpiración de la vegetación y percolación a través del perfil. Ha sido bien documentado que al inicio de la estación de crecimiento bajo sistemas de Laboreo Convencional la evaporación explica un alto porcentaje de las pérdidas de agua. El mulch químicamente muerto redujo las pérdidas de agua por evaporación al inicio de la etapa de crecimiento del maíz. (Blevins et al 1971)

El mayor contenido de agua en el suelo, en general va acompañado por mejores rendimientos, lográndose con la eliminación o reducción del laboreo. (Blevins et al 1971 citado por García y Cardelino, 1995)

Encontraron que los beneficios esperados eran mayores a medida que las precipitaciones se reducían, y la cantidad de rastrojo en superficie aumentaba. Según estos autores los beneficios esperados por el mantenimiento de rastrojo en superficie, se reducen a medida que la disponibilidad de agua y distribución climática mejora. (Van Doren y Allmaras 1978, citado por García y Cardelino, 1995)

En climas relativamente húmedos no son de esperar diferencias importantes en el contenido de humedad en el suelo a la siembra de cultivos de verano por efecto de los tratamientos de laboreo (CIAAB 1974 citado por García y Cardelino, 1995).-

Las prácticas de Siembra Directa o de mínimo laboreo presentan ventajas en la conservación de las propiedades físicas, frente a Laboreo Convencional. La Siembra Directa permitió un almacenaje de agua de 10% más luego de un período de sequía que en Convencional. (Goss et al 1978 citado por Cintra 1980)

La gran ventaja del No Laboreo es la reducción de la evaporación en las primeras etapas de crecimiento del cultivo, debido a que la superficie queda cubierta por una capa de rastrojo, favoreciendo la infiltración y disminuyendo el escurrimiento superficial. (Bennett, O.L, Mathias, E.L, y Lunderg, P.E; 1973)

En este trabajo realizado durante tres años, la humedad del suelo estuvo por debajo de la capacidad de campo en cada observación; ajustaron una regresión lineal con los datos la cual explica el 55% de la varianza para el No Laboreo y 46% para el Laboreo Convencional, estas curvas indican que en condiciones idénticas de deficiencia de agua en el suelo las parcelas Convencionales pierden un porcentaje mayor por evaporación que las parcelas No Laboreadas. Las diferencias durante el período fueron de 15 a 25 mm de potencial de recarga, por lo que llegó a que un potencial de recarga de 70 u 80 mm. en parcelas convencionales pueden ser acompañados normalmente por un potencial de recarga de 60 mm. en parcelas con el No Laboreo; estuvieron perdiendo agua ambas parcelas a una tasa igual al 75% de evaporación

En el Laboreo Convencional la evaporación causa importantes déficit en etapas tempranas del cultivo cuando este no cubre el suelo, luego de cubierto el suelo por el cultivo el total de agua perdido por ambos métodos es igual. Esta ventaja lograda por el No Laboreo al inicio de la etapa de crecimiento fue mantenida durante el resto de la estación. (Hill, J.D y Blevins, R.L, 1973).

En los primeros centímetros de profundidad el Mínimo Laboreo, presenta mayores valores de humedad que el Laboreo Convencional. Las diferencias se dan en los primeros 50 a 60 cm de profundidad luego los valores se hacen similares. Esto es atribuido al mayor contenido de Materia Orgánica cerca de la superficie.-

El Laboreo Mínimo por poseer un contenido de agua mayor que el Laboreo Convencional, crea una mayor conductividad hidráulica, por lo tanto un mayor contenido de agua disponible, evitando de esta manera situaciones de déficit hídrico en períodos cortos de sequía.-

La investigación sobre la descarga y recarga de agua se realizó durante el período vegetativo del cultivo de maíz hasta floración encontrándose que la descarga del suelo hasta 120 cm, fue significativamente mayor en los tratamientos Sin Laboreo y con laboreo primario vertical comparados con el tratamiento de arado; al darse un período de evolución positiva del contenido de agua del suelo, los tratamientos se ordenaron de la misma forma que durante la descarga. En los años con menos precipitaciones como el 85/86 encontraron que nuevamente el tratamiento sin laboreo primario fue el que perdió más agua y que en el período de recarga, nuevamente fue el que tuvo mayor recuperación.-

La explicación de esto fue que al reducirse el laboreo aunque no se midió, se observó un importante enmalezamiento en las parcelas sin laboreo, lo que contribuyó a una mayor evapotranspiración desde temprano del ciclo del cultivo, además los residuos de la cosecha anterior que quedaron en superficie se reportaron muy escasos, a diferencia de ejemplos en el que el no laboreo deja importante cantidad de residuos en superficie, reduciendo la evaporación directa. (García y Cardelino 1995)

La recarga de agua fue superior en parcelas con mulch de paja que las parcelas con suelo desnudo; la efectividad del mulch en la conservación de la humedad del suelo generalmente oculta la influencia de la temperatura en el rendimiento de grano (Adams J.E 1965)

En la secuencia Trigo/Soja - Soja se compara la humedad en Siembra Combinada con Siembra Directa; esta última es mayor en los meses de invierno, primavera y verano, evidenciando una mayor recarga anterior y economía del agua por reducción de la evaporación, en los meses de otoño la humedad en Siembra Directa es levemente inferior siendo la consecuencia de un lento drenaje interno; en cambio en los tratamientos con máxima cantidad de rastrojo la humedad es mayor a lo largo de todo el período en la Siembra Directa. Hubo evidencia clara que la Siembra Directa con rastrojo en superficie tuvo mayor humedad en todo el período que los tratamientos sin rastrojo. (Marelli, H. 1996)

3. Rastrojo y Temperatura del suelo

El crecimiento inicial fue progresivamente retardado por el aumento de las cantidades de rastrojo. La siembra es deseable sobre rastrojo por las propiedades de conservación y utilización del agua.

La temperatura del suelo es reducida por la cobertura de los residuos de los cultivos, estas ocurren en estaciones húmedas y frías. Al compararse suelos con rastrojo y suelos desnudos, las temperaturas de los primeros son menores, las cuales trae como causas primarias una reducción de la germinación y crecimiento vegetal. Los datos de menores temperaturas del suelo en parcelas sembradas con mulch, sugieren que podrían necesitar una demora en la fecha de siembra. (Barrows et al 1962, Bennett, O.L. et al 1973)

Las menores temperaturas debajo del mulch redujeron la evapotranspiración considerablemente en las parcelas de No Laboreo y unido a un menor escurrimiento resultó en una cantidad de agua disponible significativamente mayor para el crecimiento vegetal. (Bennett, O.L. et al 1973)

El suelo cuando queda cubierto por residuos vegetales, actúan estos como una capa aislante, la cual no permite que el suelo se caliente rápidamente y reduce la temperatura máxima, estos restos vegetales se comportan de la misma forma para las temperatura mínima aumentándola, no permitiendo estos la pérdida de calor, actuando el mantillo vegetal como un regulador en las temperaturas externas disminuyendo la amplitud térmica del suelo. (Adams, J.E. 1965) (Van Wijk, W.R et al 1959, citado por Barrows et al 1962)

La disminución de la temperatura del suelo afecta progresivamente al crecimiento, producción de materia seca y a la descomposición de los vegetales e influye sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas. Agrega que es posible producir variaciones modificando su cobertura superficial. El medio más efectivo para controlar la temperatura del suelo es la cobertura o mulch, en general los suelos cubiertos tienden a reducir las fluctuaciones térmicas del suelo.

Básicamente, la cobertura de residuos actúa protegiendo al suelo de la erosión hídrica, favoreciendo la infiltración y regulando la temperatura del suelo, conjuntamente con aquellos factores relacionados con el flujo calórico del suelo, su capacidad calórica y capacidad de intercambio con la atmósfera. Los residuos actúan como aislante físico que regula la entrada y salida del calor influyendo en el micro ambiente de los cultivos. Cuando la energía solar llega a la superficie una parte es absorbida y otra reflejada especialmente por la cubierta vegetal; cuando estos residuos son más claros mayor va a ser la energía reflejada, además al ser estos malos conductores de energía, solo una parte de esta es absorbida y transmitida al suelo. Después de analizar tratamientos de Siembra Directa y Siembra Convencional para cultivo de soja sobre rastrojo de trigo concluye que para Siembra Directa la temperatura media del suelo es significativamente inferior a la del tratamiento con Siembra Convencional, a la vez que también la semi-amplitud diaria en Siembra Directa es significativamente menor. Las mayores diferencias térmicas entre sistemas de Labranza Convencional y Directa se producen en los valores máximos y las temperaturas medias en el sistema Convencional son superiores al sistema de Siembra Directa. (Marelli y otros 1981, Masiero y Marelli 1988 citado por Marelli y otros 1992)

C. RESISTENCIA A LA PENETRACION

1. NIVELES CRITICOS

Comparando suelos compactados con suelos no compactados en condiciones de saturación, la retención de agua por suelos disminuye con la compactación acompañando la reducción de la porosidad total. A bajas tensiones el suelo compactado retiene menos agua que el suelo no compactado, pero suelos compactados retienen más agua a tensiones elevadas (Hillel 1970; Camargo 1972; citado por Cintra 1980).

La compactación resulta de una disminución del número de poros responsables de facilitar la penetración de las raíces, el pasaje de agua e intercambio de gases. Permanecen inalterados las cantidades de poros responsables de las principales reservas de agua en el suelo pero aumenta el número de poros que contienen agua virtualmente no disponible y agua poco disponible (Cintra 1980).

La compactación del suelo aumenta la resistencia a la penetración de las raíces y a los penetrometros. La expresión de resistencia del suelo a la penetración está en función de la densidad y del tenor de humedad. La resistencia aumenta con aumento de la densidad y disminución de la humedad (Mirreh y Ketcheson 1972, citado por Cintra 1980).

La compactación del perfil ocurre en suelos que han tenido cultivos mecanizados encontrándose una compactación en la parte inferior de la superficie laboreada. Esta destruye la estructura del suelo disminuyendo los espacios porosos y aumentando la densidad. En consecuencia producen una reducción de la productividad y la insuficiencia que tienen los suelos en respuesta al agregado de fertilizantes, es debido a los efectos sobre el drenaje y la aereación que provoca. (Watson Jr. et al 1951, citado por Cintra 1980).

La compactación en suelos agrícolas es debido en su mayor parte al uso de maquinaria pesada cuando el suelo está con humedad cercana a la saturación. (Flocker et al 1960, citado por Cintra 1980).

El aumento en la densidad del suelo altera la resistencia a la penetración y el volumen de macroporos perjudicando la difusión de nutrientes, aereación e infiltración de agua.

Las capas compactadas son originadas por la acción de herramientas de laboreo y el traslado de partículas finas por el agua de lluvia al infiltrar, sellando de esta manera los macroporos, provocando una disminución de la capacidad de infiltración con aumento en el escurrimiento superficial (Viera, 1978 citado por Cintra 1980).

La resistencia a la penetración aumenta con el aumento de la densidad del suelo y de la tensión de agua pero no independientemente. (Mirreh y Ketcheson 1972 y Hemsat y Mazurais 1974 citado por Cintra 1980).

El laboreo puede cambiar el tamaño y distribución de los poros, afectando así la porosidad total. Generalmente en Siembra Directa, la proporción de poros grandes es menor que en Laboreo Convencional, pero la continuidad de los mismos es mayor. La densidad y resistencia al penetrómetro es mayor en suelos sin laboreo. La compactación afecta la frecuencia de poros por los que drena el agua libremente; sería de esperar que estos cambios trajera como consecuencia el impedimento al desarrollo de raíces, drenaje y favorecer condiciones anaerobias. (Russell, R.S. Cannell, R.Q and Goss, M.J. 1975 citado por Sanguinetti 1981).

De un suelo de pradera parda, surgió la existencia de una zona compactada por varios años anteriores de agricultura, con aradas siempre a la misma profundidad llamada "suela de arada" entre los 15 a 30 cm.

Marelli 1987, indica que los valores de resistencia a la penetración presentan una compactación en los primeros centímetros en el Sistema de Siembra Directa, corroborado por la densidad aparente. A su vez aparece mejor estabilidad en el sistema de Siembra Directa que en el Convencional y no se aprecian diferencias significativas en materia orgánica en los 0 a 20 cm de profundidad.-

En la E.E.A. Rafaela se encontró que luego de dos años de cultivos en Siembra Directa, la densidad aparente y la resistencia a la penetración no se modificaron con respecto a los valores iniciales. (Fontanetto, H., Keller, O. y Gambaudo, S. 1996)

Las lecturas promedio del penetrómetro para los cuatro tratamientos realizados en primavera y antes del laboreo promediaron 11,2 kg/cm² con un contenido de humedad de 24,4%; en cambio a mediados de verano la humedad promedio de parcelas con Laboreo y No Laboreo cubiertas por rastrojo fue de 20,2% con una resistencia a la penetración para estas de 7,0 y 15,4 kg/cm² respectivamente, para las parcelas sin rastrojo en superficie fueron de 12.2 y 33 kg/cm², con una humedad de 15%; (Jones, Jr. J.N et al 1969).

D. ESTABILIDAD DE AGREGADOS

Una consecuente aplicación de herramientas en el laboreo, comparando con el laboreo mínimo provocó cambios en la estabilidad de agregados en agua que paso de 9% a 2%. Además se observó que las unidades estructurales indican que hubo cambio en las estructuras de los agregados, que pasan de granular a laminar, forma esta menos estable en agua, por permitir la expansión de las arcillas. (Vomicil y Floquer, 1965 citado por Cintra 1980).

La densidad aparente en parcelas de Mínimo Laboreo en los 0-15 cm es generalmente mayor que en los con disquera luego de arado. La densidad subsuperficial puede ser mayor en parcelas aradas. (Lal,R.1976)

Si bien la densidad aparente del suelo es menor en el horizonte arado, lo que significa menor impedimento mecánico, la estabilidad al agua de los agregados decrece. La reducción de la estabilidad se manifiesta en forma más acentuada en superficie que en profundidad, llegando a alcanzar valores de 63% en los primeros centímetros hasta 10% a mayor profundidad. (Shear, C.M 1969)

La estabilidad al agua de los agregados es un índice de la resistencia del suelo a la dispersión, compactación, emergencia, aereación, drenaje, absorción de agua y erosión. (Mannering, J.V. y otros, 1966,citado por Cintra 1980)

E. INFILTRACION, ESCURRIMIENTO Y EROSION HIDRICA

Se llama infiltración a la entrada y movimiento de descendente del agua en el suelo. El agua de lluvia entra y llena los poros de la superficie inmediatamente; la velocidad con que se mueve el agua en el suelo depende del contenido de humedad que tenga, de la conductibilidad hidráulica, la condición física que se encuentre el horizonte superficial y la temperatura. (GARCIA, F y LABELLA, S. 1981 citado por Maranges, A. 1989)

En un suelo de región de planalto de Río Grande Do Sul que la tasa de infiltración de agua sobre campo nativo fue cinco veces mayor que en suelo compactado por cultivo con Laboreo Convencional. (Cintra, 1980)

La cobertura o mulch tiene las propiedades de conservar la humedad, retrasar la evaporación, el escurrimiento del agua; provocando una disminución en las pérdidas de suelo por erosión durante lluvias intensas. (Barrows et al 1962; Adams, J.E. 1965)

En la misma región encontró una reducción en la tasa de infiltración de 112 cm/hora en un suelo virgen para 0,2 cm/hora en suelo compactado. La compactación de suelo hace disminuir la conductibilidad hidráulica aumentando el tiempo necesario para que precipitaciones de intensidades superiores a ese valor percole en el perfil del suelo (Franca da Silva 1980, citado por Cintra 1980).

El mínimo laboreo tuvo una infiltración de 24% superior a la de Laboreo Convencional y disminuyó en un 34% la pérdida de suelo por erosión. (Mannering et al 1976, citado por Cintra 1980).

En áreas donde el escurrimiento superficial es importante es cuando se aprecian las ventajas de la permanencia de restos vegetales en superficie. La tasa de infiltración aumenta conjuntamente con el aumento en la cantidad de residuo en superficie, llegando a cuadruplicar en algunos casos el laboreo convencional (Jones, J.N., Moody, J.E., and Lillard, J.H. 1969)

Cuando no existen residuos en superficie el porcentaje de precipitación que infiltra es del 16 al 26 % y con alrededor de 6720 kg/ha de paja de trigo en superficie oxila entre 31 y 37% el agua infiltrada. (PHILLIPS, W.A. 1964 citado por Maranges, A. 1989)

Cuando la intensidad de lluvia es baja la diferencia en infiltración de los diferentes sistemas de laboreo se reducen. La acumulación de los restos vegetales en superficie absorbe la energía del impacto de las gotas de lluvia y dificulta el escurrimiento de agua, evitando la destrucción de los agregados y reduciendo las pérdidas de suelo. (Baumer, K and Bakermans, W.A.P. 1973)

Experimentos de simulación de lluvias llevadas a cabo en Illinois se determinaron la efectividad relativa para la reducción de la erosión; con cincel las pérdidas se redujeron en un 94% y para el sistema de no laboreo en un 85% (Mannering, J.V, Griffith, D.R, and Richey, C.B. 1966)

En un trabajo llevado a cabo por Jones et al 1969, atribuyo las diferencias en rendimiento entre el Laboreo Convencional y Siembra Directa a un aumento en el agua almacenada en el perfil, ya que fue mayor en el último tratamiento mencionado. Los residuos orgánicos en superficie tuvieron un efecto sobre el escurrimiento del agua caída por lluvia, de 4,5% para el sistema de Siembra Directa contra un 27% del Laboreo Convencional.

La velocidad de infiltración fue de 0,91 cm/min. y 0,30 cm/min. para Labranza Cero y para Laboreo Convencional respectivamente. A su vez el escurrimiento en superficie fue de 17,1% para Laboreo Convencional contra 1,9% en Siembra Directa. Todo este conjunto de ventajas que influyen directamente en la disponibilidad de agua para el cultivo se pusieron de manifiesto durante dos o tres semanas de estrés hídrico, a través de síntomas menos severos para las parcelas de Siembra Directa. (Jones et al 1969)

Las técnicas de laboreo reducido que dejan restos vegetales en superficie, tienen ventajas sobre otras técnicas de laboreo, como ser sobre la reducción de la erosión y el escurrimiento superficial, cuanto mayor es la pendiente de la chacra; estas se achican cuando la pendiente tiende a ser cero. En pendientes del 2% las diferencias se hacen mínimas. (Van Dorent, D.M. and Ryder, C.J. 1952)

En el experimento con un simulador de lluvia para tratamientos de Siembra Directa y Convencional en 3 estadios diferentes de desarrollo del cultivo, 1er. estadio, de siembra a 10% de cobertura del follaje, 2do. estadio floración u 80% de cobertura del follaje, 3er. estadio a cosecha u 80% de cobertura por rastrojo; las parcelas tenían 4 x 10 m y de pendiente un 3%. La lluvia simulada es de 60 mm/hora, con una energía cinética que alcanza el 80% de una lluvia natural. Las lluvias fueron simuladas con 60, 30, y 15 minutos de duración respectivamente en cada uno de los estadios, separados 24 horas el 1ro. del 2do. y 15 minutos del 2do. al 3ro.

Con respecto al escurrimiento y pérdida de suelo en el 1er estadio, los valores indican que después de los 15 min. iniciales, el escurrimiento es significativamente mayor en parcelas correspondientes al sistema de Laboreo Convencional para las tres condiciones de humedad del suelo.-

La pérdida de suelo muestra un comportamiento similar al del escurrimiento; para el Sistema Convencional es superior a la Siembra Directa, manteniéndose para la 2da. y 3ra. lluvia.-

Las diferencias en escurrimiento y pérdida de suelo para los tres estadios y las tres simulaciones de lluvia se mantuvieron, correspondiendo los valores más altos para el Sistema Convencional, además el escurrimiento en el sistema de Siembra Directa se ve más demorado. La diferencia de pérdida de suelo es mayor en el estadio 1 debido a la acción protectora del rastrojo de Trigo. (Marelli 1987)

Se demostró que la erosión del suelo bajo los sistemas "Sin Labranza" y "Labranza Mínima" fue sustancialmente menor que la producida en el Laboreo Convencional. (Bone et all 1976)

Se confirma lo ya visto por sobre el efecto positivo del rastrojo en superficie para favorecer la infiltración de la lluvia inicial. También se rectifica que luego de una lluvia de 1 hora este efecto disminuye, quedando el drenaje interno como regulador del escurrimiento y por consiguiente responsable de la recarga del perfil.

Al inicio la velocidad de infiltración es aproximadamente de 4 cm/hora y pasa a la mitad a los 60 minutos de iniciada, tomando valor constante de 1,6 cm/hora a las 4 horas de comenzada una lluvia de intensidad de 63 mm/hora; este valor es considerado como bajo para suelos que tiene 5 años de Siembra Directa. El efecto positivo del rastrojo en superficie se observa hasta los 40 minutos de iniciada la lluvia; en una secuencia Trigo/Soja en Siembra Directa donde la acumulación de rastrojo era de 6000 Kg/ha cubriendo el 100% del suelo, la pérdida de agua por escurrimiento aumentaba notablemente luego de transcurrido 1 hora de lluvia de la misma intensidad.

Con un minisimulador KAMPHORST se caracterizó la erodabilidad de dos situaciones de Siembra Directa con Soja en estado de floración y luego de la cosecha con rastrojo en superficie; se simulaba una lluvia de 6 mm/min. de intensidad, una duración de 3 min. con 20% de pendiente y una energía cinética de 3,92 J/m²/mm.; en el primer caso con humedad natural de 24,7 mm, el escurrimiento fue de 910 cc, la pérdida de suelo fue de 41,6 gr. y la concentración fue de 45,5 gr./l; con saturación superficial los valores fueron de 1034 cc, 56gr. y 54 gr./l respectivamente. en el segundo caso los valores fueron con humedad natural de 10,1 mm., 820 cc., 50,4 gr. , y 61,4 gr./l y con saturación superficial los valores fueron 933 cc., 48,9 gr. y 52,4 gr./l respectivamente.

Estudios en la misma estación experimental indican que con una cubierta de 4 ton/há de rastrojo las pérdidas de suelo se reducen en un 80% comparando con suelo desnudo; esto es causado por el impacto de las gotas de lluvia contra el suelo, de una intensidad de 60 mm/h. Es necesario destacar que la humedad que antecede a la lluvia va a estar regulando el volumen escurrido y la infiltración obtenida.(Marelli,H. Arce,J. 1996)

Estimaciones realizadas en el INTA Marcos Juárez en un suelo franco limoso con 3% de Materia Orgánica y 1% de pendiente en una secuencia Trigo - Soja, se obtuvieron una pérdida de 20, 15, y 5 Ton/ha/año en parcelas de Laboreo Convencional, Laboreo Reducido y Siembra Directa respectivamente.

El conocer la infiltración y percolación del suelo sometido a diferentes sistemas de labranza y siembra permite decidir sobre que sistema es el más adecuado dentro del marco de producción sostenible; la evolución del drenaje del suelo decidirá la continuación del sistema adoptado, Siembra Directa continua o su remoción circunstancial (cincel o paraplow) hasta que mejore su estructura interna.(Marelli,H.; Arce,J.; Masiero,B. 1996)

Los rastrojos aumentaron la infiltración siendo demostrado por los menores valores de escurrimientos de las parcelas con rastrojo con No Laboreo y Laboreo. El escurrimiento medido durante el 1965 y 1966 representaron una pérdida de aproximadamente de 27% de la precipitación en los tratamientos sin rastrojo y únicamente un 4,5% en las parcelas con rastrojo. Concluye que estos trabajos enfatizan la importancia de un rastrojo en superficie en la conservación del agua del suelo y en la reducción del escurrimiento.(Jones,Jr.J.N et al 1969).

F. NUTRIENTES EN EL SUELO

1.MOVILIDAD Y DISTRIBUCION EN EL PERFIL

a)MATERIA ORGANICA

Estudios realizados indican que los niveles de Materia Orgánica aumentan cuando se reemplazan las prácticas de Laboreo Convencional por el No - Laboreo. En los tres sitios la acumulación de Carbono Orgánico fue significativamente más alta para el sistema de Cero Laboreo en la capa de suelo de 0 a 2 cm.

La fertilización con Fósforo no afectó el contenido de Carbono Orgánico en suelos de Matapeake, aún cuando respondió el rendimiento a la aplicación en un 50% de los años.(Weil,R.R. et al ,1988)

b)NITROGENO

La disponibilidad de Nitrógeno es frecuentemente más baja en siembras con rastrojo que en el Laboreo Convencional. La baja temperatura y el incremento de la humedad bajo rastrojo contribuyen a una disminución del contenido de N-NO₃ de los suelos. La Siembra Directa es fuertemente limitada sin la aplicación de Nitrógeno, presentando mayores déficit de Nitrógeno cuando existen bajas dosis que el Laboreo Convencional, teniendo la Siembra Directa una mayor eficiencia de utilización del fertilizante.(Adams;J.E.1965)

La concentración de nitratos es menor en la Siembra Directa, lo que se atribuye a una mayor lixiviación originada por una mayor infiltración. Las pérdidas de nitratos de los primeros 90 cm. de un suelo, alcanza el 50% en Siembra Directa luego de una lluvia de 50mm, en cambio en Laboreo Convencional se distribuyeron en el perfil. En condiciones de sequía el agua se mueve poco hacia abajo, haciéndolo entre agregados; en condiciones de humedad el agua se mueve por gravedad por poros grandes hasta mayor profundidad, como el suelo contiene mayor humedad bajo Cero Laboreo, cuando se produce una pequeña lluvia el lavado de nutrientes solubles es mayor. (Blevins, R.L. et al 1972 citado por Sanguinetti 1981)

Para todas las combinaciones el agregado de Nitrógeno lograba respuestas, pero la relación agregado de Nitrógeno con no agregado presentaba el siguiente orden: arado < cincel < cero laboreo. Además el agregado de Nitrógeno en el No Laboreo aumentan los rendimientos, siendo estos muy satisfactorios provocando una diferencia muy significativa en el no agregado. Cuando se laboreo las diferencias con agregado de Nitrógeno y no agregado no son tan marcadas.

En el año 85/86 no hubo diferencias significativas por el agregado de Nitrógeno en los tratamientos, debido a la falta de lluvia de ese año donde hubo una depresión general del rendimiento. La disponibilidad de Nitrógeno en los tres primeros años fue menor para el No Laboreo; en general la fertilización con Nitrógeno mejoro la población de plantas instaladas. (García, F.y Cardelino, G. 1995)

c) FOSFORO

Se han dado numerosas explicaciones para el excelente uso del Fósforo aplicado en superficie en cultivos en Siembra Directa:

*Las condiciones de acidez que los microorganismos crean a medida que descomponen los restos vegetales, producen condiciones favorables para la disponibilidad de Fósforo.

*Un alto porcentaje de los sistemas radiculares de los cultivos se desarrollan en los primeros cm del suelo.

*La aplicación superficial en el no laboreo, reduciría el contacto con el Fósforo aplicado, lo que disminuye la fijación del Fósforo por el suelo.

*La cobertura del suelo realizada por los residuos reduce la evaporación manteniendo un alto contenido de humedad en las capas más superficiales, lo que favorecería el desarrollo radicular en esa zona y aumentaría la solubilidad y absorción del Fósforo. (González, J.G. y Lasca, M.I. 1989)

La poca movilidad de Fósforo puso en duda la adecuada absorción de nutrientes en cultivos con mínimos laboreos, por su aplicación superficial, debido a que limitaría su penetración en el perfil y llegada a la zona radicular.-

Aplicaciones de Fósforo superficiales lleva a la acumulación de este nutriente en superficie, mientras que con Laboreo Convencional el fertilizante es distribuido en el horizonte arado. En los muestreos se observa una estratificación del Fósforo aprovechable, siendo el mayor efecto en el No Laboreo. Luego de varios años existe un aumento en la cantidad de Fósforo en los primeros 15 cm del perfil. (Shear, C.M. and Moschler, W.W. 1969)

Trabajos realizados al respecto señalan una distribución uniforme del Fósforo con el no laboreo hasta una profundidad de 7.5 cm. , por debajo del cual se da una estratificación, en cambio con el Laboreo Convencional este nutriente se concentra entre 15 a 30 cm. (Triplett, Jr. G.B.; Van Doren, D.M. and Shmidt, R.L. 1968)

Para explicar la disponibilidad de nutrientes en superficie debido a la fertilización al voleo en Cero Laboreo, se caracterizó el contenido de Nitrógeno y Fósforo en la Materia Orgánica, calculándose la relación C/N y C/P.

Relaciones significativamente más altas de C/P en los 0 a 2 cm reflejan una marcada estratificación en superficie del fósforo en tratamientos de Cero Laboreo y una inmovilización del nutriente en Laboreo Convencional. Los niveles de fósforo en profundidad disminuyeron para Cero Laboreo y se distribuyeron más uniformemente para los sistemas Convencionales; esta estratificación fue más marcada a medida que los niveles de fertilización aumentaron de 0 a 78 kg/ha. El autor concluye que la distribución fue afectada por el laboreo pero no tuvo efecto sobre los niveles totales de fósforo en el suelo. (Weil, R.R. et al, 1988)

G. NUTRIENTES EN PLANTAS

Análisis de muestras de plantas mostraron que la dosis de rastrojo no afectaron significativamente la concentración de Fósforo y Potasio. (Barrows et al 1962)

La concentración de Fósforo y Potasio fueron más altos en las parcelas con gravilla, a mitad de la estación de crecimiento; pero al final en cosecha el contenido de Fósforo fue prácticamente igual para todos los tratamientos. Las diferencias en el contenido de Nitrógeno entre plantas de sorgo de parcelas desnudas y gravilla fueron significativamente diferentes al 5% el 26 de mayo y con un nivel del 1% el 2 de agosto coincidiendo con la cosecha.(Adams J.E 1965)

La concentración de Nitrógeno en plantas disminuyó con aumentos de la cantidad de rastrojo y a pesar de ser pequeñas las diferencias fueron estadísticamente diferentes. Cuando se alcanzó el momento de espigazón no hubieron diferencias significativas en los porcentajes de Nitrogeno en muestras de hojas. (Barrows et al 1962)

En análisis de plantas las diferencias encontradas no fueron significativas siendo un poco mayor para el no laboreo. En etapas tempranas de desarrollo del cultivo el contenido de Fósforo era igual o mayor en el No Laboreo que en el Convencional. Siendo similar las dosis de fertilización para ambos métodos y la asimilación de Fósforo diferentes, nos estaría indicando una mayor utilización de los nutrientes para Siembra Directa lo cual estaría explicado por el mayor contenido de humedad en los horizontes superiores que favorece el desarrollo radicular, aumentando la solubilidad y absorción de Fósforo. (Triplet Jr.G.B., and Van Doren, D.M. 1968 y Shear, C.M. 1969)

H. RENDIMIENTOS EN MATERIA SECA Y GRANO

Los rendimientos varían con el tipo de suelo, clima, nivel de manejo y variedad o híbrido utilizado.

Por lo ya visto los factores edáficos son modificables por el laboreo por lo que es de esperar que actúen sobre los rendimientos de los cultivos. En uno de los ensayos más antiguos de Siembra Directa que se realiza en el INTA Marcos Juárez 1974 los rendimientos de la secuencia Trigo/Soja de segunda, se tiene que el promedio de 20 años es de 2176 Kg/ha y 1984 Kg/ha para Siembra Directa y Laboreo Convencional respectivamente.

Independientemente del sistema de labranza, la rotación de cultivos induce a un aumento de los rendimientos; los sistemas de Siembra Directa muestran que el Maíz sobre soja rindió 8000 Kg/ha mientras que la secuencia Maíz/Maíz alcanzó apenas a los 4000 Kg/ha. Además los cultivos de Trigo y Maíz muestran síntomas claros de deficiencia de nutrientes (Nitrógeno), lo cual se traduce en los rendimientos que en Siembra Directa sobre soja sin fertilizar fue de 8022 Kg/ha y con fertilización nitrogenada fue de 8730 Kg/ha en el período 94/95. (Marelli, H. Arce, J. 1996)

Se encontraron diferencias notables en desarrollo y crecimiento del cultivo de sorgo. En suelos desnudos las plantas fueron más pesadas y altas, presentando un color verde oscuro. Las diferencias de peso de plantas en parcelas desnudas y con gravilla fueron significativas diferentes con un nivel de significación del 1%. (Adams J.E 1965)

Los rendimientos en grano no han sido tan altos con mulch; siendo estos levemente inferiores que los de siembra bajo suelo desnudo (Barrows et al 1962; Adams, J.E. 1965.)

La reducción de los rendimientos es contraria a los resultados obtenidos en Sud Africa por Whitmore, J.S et al 1953 y China Tsiang, T.C 1948, donde los rendimientos aumentaron con tratamientos de mulch de gravilla y conservaron la humedad del suelo. Las diferencias en los rendimientos fueron significativamente al 1%. (Adams J.E 1965)

En el centro-norte y noreste de U.S.A, el crecimiento inicial del Maíz ha sido reducido marcadamente y los rendimientos en granos no han sido tan altos con mulch como cuando la superficie del suelo esta desnuda. (Barrows et al 1962)

Observaciones en la producción bajo No Laboreo mostraron un aumento en el rendimiento en grano vs. Laboreo Convencional; los rendimientos del Maíz fueron de 7312, 7812, y 8500 Kg/há para Laboreo Convencional, dos años de Siembra Directa y un año de Siembra Directa respectivamente; el componente principal responsable del mayor rendimiento, estuvo dado por el uso más eficiente de la humedad del suelo, por parte de los tratamientos de No Laboreo. Observaciones en Kentucky indican que sistemas de No Laboreo producen mayores rendimientos durante años con distribución de precipitaciones pobres como favorables. (Blevins et al 1971)

En un estudio realizado por el Dr. Grant Thomas en la EEA Marcos Juárez sobre parcelas en Siembra Directa, Laboreo Mínimo y Convencional arribó a que los efectos del tipo de Laboreo sobre los rendimientos son variables; en el ensayo Base el rendimiento del Maíz en Siembra Directa y Laboreo Mínimo fue de 7258 y 6700 Kg/há respectivamente. En el ensayo Maíz/Soja, la Siembra Directa tuvo una ventaja en rendimiento del 9% sobre Labranza Convencional, correspondiéndole 9268 y 8506 Kg/há respectivamente. En el ensayo de 20 años de agricultura Maíz/Maíz sin fertilización los rendimientos en Siembra Directa, Laboreo Mínimo, y Convencional fueron de 3726, 5274, y 5476 Kg/há respectivamente; este fue el único ensayo en el cual la Siembra Directa fue de un 68% menos que los rendimientos en Laboreo Convencional, en este caso del bajo rendimiento de la Siembra Directa se supone ser el resultado principalmente debido a una pérdida de Nitrógeno durante las lluvias excesivas de noviembre- diciembre. En este caso las evidencias en el color del Maíz en parcelas de Siembra Directa fueron características de la falta de Nitrógeno aún en las que fueron fertilizadas; concluyendo que el rendimiento es una función tanto de humedad como de Nitrógeno disponible. En cambio la soja en el ensayo Maíz/Soja tuvo un rendimiento ligeramente más alto con Labranza Convencional que con Siembra Directa y en el ensayo Soja/Soja los rendimientos en los tres sistemas de labranza fueron prácticamente iguales.-(Thomas,G. 1994)

Los resultados en la E.E.A. Manfredi para el cultivo de Soja, correspondiente al período 92/93, con precipitaciones por encima del promedio fueron los siguientes: 2995, 2980, 3155, y 3255 Kg/há, para Labranza Conservacionista, Barbecho Químico y Siembra Directa, Verdeo(muerto con herbicida) y Siembra Directa, y Malezas de invierno (hélice desmalesadora) y Siembra Directa respectivamente; aunque sin diferencia de magnitud, se destacó el buen comportamiento de los sistemas de Siembra Directa en especial los realizados sobre verdeo(Trigo). Por las determinaciones realizadas del agua edáfica, hubo mayor aprovechamiento de las precipitaciones por los tratamientos de Siembra Directa. En el período 93/94 caracterizado por deficiencias hídricas se incrementó el beneficio de los tratamientos de Siembra Directa destacándose el que incluye un Verdeo (Trigo) como antecesor.

En cambio en el cultivo de Maíz los rendimientos para el mismo período 92/93 fueron menores para los tratamientos de Siembra Directa que los de laboreo Conservacionista (cincel y cultivador de campo), estos resultados se debe a la baja disponibilidad de Nitrógeno que no fue suplida por la dosis de fertilizante aplicada (60 kg/há de N) y provocó una disminución en la eficiencia de utilización del agua.

En el período 93/94 se realizó siembra tardía (5 de enero) y se presentaron deficiencias hídricas en el período reproductivo que atenuaron las diferencias en el rendimiento; siendo este de 5000, 5760 y 5980 kg/há para L. Conservacionista, B. Químico con Siembra Directa y verdeo con Siembra Directa.(Nuñez,F. 1996)

La implantación lograda en Siembra Directa sobre pasturas degradadas por los cultivos de Moha, Sorgo Forrajero y Granífero fueron exitosas; las producciones alcanzadas fueron muy buenas y similares a las obtenidas por Laboreo Convencional. La producción de Materia Seca y rendimiento en grano por Sorgo Granífero en Siembra Directa con tres niveles de fertilización (0, 60 y 100 kg de N) fue la siguiente: en grano 4000, 4750 y 5900 kg/há y el resto de la planta fue de 2800, 5200 y 6700 kg/há respectivamente. Esto es logrado siempre que la fertilidad nitrogenada no sea limitante.

En otro ensayo con dos densidades de 0,35 y 0,70 mts. entre surco y tres dosis de fertilizante 0, 25 y 50 kg/há de N. Para la primera densidad la producción fue de 3990, 4780 y 6500 kg/há, para Siembra Directa y 4990, 6085 y 7205 kg/há para Laboreo Convencional; con la segunda densidad los rendimientos fueron 4150, 4960 y 6420 kg/há, y 4800, 5840 y 6780 kg/há respectivamente.

De los resultados se extrae que los rendimientos con Labranza Convencional fueron superior a la Siembra Directa, estas diferencias se hacen mas marcadas con menores dosis de N, mostrando la gran demanda por este nutriente; solamente con la dosis de 50 kg/há de N y densidad de 0,70 mts. entre surcos las producciones se hacen similares para los dos tipos de laboreo.(Fontanetto,H., Keller,O. y Gambaudo,S. 1996)

Comparando el efecto de la Siembra Directa sobre un tapiz de *dactylis glomerata* (muerto químicamente) con Laboreo Convencional, se determinaron aumentos significativos en los rendimientos de granos y materia seca.(Jones et al 1968)

Además se observó que al pasar de una cobertura del 5% al 70%, los rendimientos en Siembra Directa pasaban de ser significativamente menores a ser significativamente mayores con respecto al Laboreo Convencional.(Triplett et al 1968).

En 1966 los rendimientos en Grano para los tratamientos de No Laboreo fueron significativamente mayores ($P < 0,01$) que los rendimientos para los tratamientos con Laboreo Convencional, lográndose 10.483, 9.811 kg/há para los dos tratamientos de No Laboreo y 6.048 y 6317 kg/ha para las dos parcelas con Laboreo Convencional; los rendimientos en silo fueron también significativamente diferentes, correspondiendo 60.870, 50.856 kg/há y 31.733, 29.316 kg/há respectivamente.

El cultivo durante la estación de crecimiento de 1966 experimento una grave sequía, recibiendo 184 mm de lluvia en todo el período, desde el 8 de junio a la cosecha el 27 de setiembre. el mulch que cubrió la superficie del suelo fue el que produjo la mayor diferencia en el contenido de humedad a favor de las parcelas de No Laboreo.

Las observaciones de plantas mostraron síntomas claros de deficiencia de agua en las parcelas con Laboreo Convencional siendo la causa principal de las diferencias de rendimiento ya vistas.

En cambio los rendimientos en 1967 para silo fueron significativamente superior en los tratamientos de siembra sobre el tapiz que tratamientos con laboreo, pero para los rendimientos en grano no hubieron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos en ese año; las lluvias en ese año fueron de 202 mm superiores al período pasado.(Bennett,O.L., Mathias,E.L. and Lundberg,P.E. 1973)

Desde el 1962 al 1967 se llevó a cabo un experimento contando con tres tratamientos el 1ro. Laboreo Convencional continuo con la incorporación todos los años del cultivo de cobertura; 2do.Siembra continuada de Cero Laboreo quedando el cultivo de cobertura en superficie y 3ro.Alternando Laboreo Convencional y No Laboreo.

Los rendimientos de maíz fueron mayores para los métodos de Cero Laboreo que para los de Siembra Convencional y Laboreo Alternado en tres de los seis años evaluados y no hubo diferencia en los otros tres; el tratamiento de Laboreo Alternado tuvo mayor rendimiento que el Laboreo Convencional en los dos últimos años.

El hecho que los rendimientos del 5to. y 6to. años de siembra continua bajo No Laboreo fuese significativamente mayor que para el Laboreo Continuo, es evidencia clara que la ausencia del laboreo aún por períodos extensos, no fue perjudicial para la producción de maíz bajo condiciones descriptas. la mayor diferencia de rendimiento ocurrió en el 6to. año.(Shear,G.M.,and Moschler,W.W.1969)

En un experimento llevado a cabo por Jones et al 1969 comparando el efecto del rastrojo en superficie y con el retiro del mismo en el Laboreo Convencional y No Laboreo.

Observó que los rendimientos fueron mayores por el Laboreo Convencional más el agregado de mulch y el No Laboreo sembrado con rastrojo en superficie, entre estos dos tratamientos el que obtuvo mayor rendimiento fue el Laboreo Convencional, pero sin observarse diferencias significativas; en cambio obtuvo diferencias significativas ($P < 0,01$) con los tratamientos con y sin rastrojo siendo la diferencia a favor de las parcelas con rastrojo en superficie. (Jones, Jr. J.N. et al 1969)

III.MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue realizado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, de Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú Uruguay, en el verano del 1993/1994. El suelo esta clasificado como un Brunosol Eútrico/Subeútrico Típico, formación Fray Bentos correspondientes a unidad San Manuel,(correspondiente a un Argiudol, FAO,1974), según la carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 del M.G.A.P.-

El experimento se instaló en una situación de pradera engramillada de 5 años, en donde se contaron 798 brotes/m², de *Cynodon dactylon*. La fase agrícola comenzó con la siembra de cebada cervecera variedad "Clipper", realizándose Laboreo Convencional (LC) en 2 tratamientos y uno con Siembra Directa (SD). El Laboreo Convencional para cebada consistió de una arada el 15/03/93 y una pasada de excéntrica el 15/06/93, el 16/07/93 se pasaron 2 pasadas de vibro sembrándose el 17/07/93.

La densidad de siembra de cebada fue de 220 pl./m², la fertilización fue de 50 kg de 25-33 en Convencional y 100 kg de 25-33 en SD . En Siembra Directa se paso rotativa el 10/05/93 y el 24/06/93 se aplicó Glifosato a razón de 1.8 lts/há de principio activo. La Cebada se cosechó el 22/12/93. El rendimiento en grano con Laboreo Convencional fue 1760 kg/há y con Siembra Directa 1460 kg/há.

En los tratamientos que venían de Laboreo Convencional uno de ellos se sembró sorgo en Siembra Directa mientras el otro se continuó con el Laboreo Convencional. El tratamiento realizado con LC para cebada también se laboreo para sorgo. El 27 de diciembre previo a la siembra se aplicó Glifosato a razón de 1.8 lts/há de principio activo en Siembra Directa y 1.08 lts/há en Laboreo Convencional.

El 28/12/93 se sembró el sorgo, híbrido Pioneer "B 815" con una densidad de 15 plantas/m². Para la siembra se usó una sembradora de triple disco (Semeato TD 220). Al utilizarse esta sembradora también en la siembra con Laboreo Convencional se redujo la presión en los discos para lograr homogeneidad en la siembra.

A la siembra del sorgo se aplicó 50 kg/há de fertilizante 25-33-0. La refertilización se realizó con urea y al voleo, cuando el cultivo tenía 5 y ½ a 6 hojas utilizándose 40 unidades de Nitrógeno.

A los 14 días post siembra los tratamientos con laboreo recibieron 1,5 lts/ha de Atrazina para controlar cebada guacha.

A.- DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue parcelas en dos bloques al azar con tres tratamientos repetidos dos veces al azar por bloque.

B.- DETERMINACIONES EN EL SUELO

1) RASTROJO EN SUPERFICIE

Se determinó a la siembra mediante un muestreo al azar con un cuadro de 0,3 x 0,3 m. Las muestras se colocaron en estufas a 60°C hasta peso constante, los resultados se expresan en kg de materia seca/há.

2) HUMEDAD

La humedad gravimétrica se determinó a la siembra y luego a los 12 días midiéndose a cuatro profundidades, 0-6, 6-12, 12-18, y 18-24 cm; esta fue tomada con un calador de 0-6 cm., secada en estufa y pesada, expresándose como porcentaje del peso.

Se evaluó la pérdida de humedad, mediante mediciones sucesivas realizadas cada dos días luego de una lluvia de 56 mm(26/01/94) al 15/02/94. Se realizó una segunda toma luego de otra lluvia (44 mm) a partir del 2/03/94 al 10/03/94 cada dos días.

La evolución de la humedad fue determinada con un equipo Irams Soil Moisture Analyzer en los primeros 15 cm y se expresa como porcentaje de humedad volumétrica en el suelo.

3) NUTRIENTES

Las muestras de suelo obtenidas para humedad, se utilizaron para determinar Nitratos (N-NO₃), Fósforo y porcentaje de Materia Orgánica (MO) siendo tomadas a cuatro profundidades diferentes (0-6, 6-12, 12-18 y de 18-24 cm) el 10/01/94.

Las muestras de suelo se secaron a estufa a 60° luego se molieron y tamizaron realizándose las determinaciones por la técnica de electrodo de nitratos, con un equipo Orión modelo 93-07 con sulfato de cobre como floculante. Los resultados finales se expresan como partes por millón.

Las muestras para determinar Fósforo fueron procesadas de la misma forma, realizándose el análisis en el Laboratorio de Suelos de la EEMAC por el método Bray 1, expresándose los resultados en partes por millón.

La Materia Orgánica se midió utilizando la mismas muestras de suelo y técnica que el usado anteriormente determinando su porcentaje mediante el método WALKEY-BLACK modificado.

4)RESISTENCIA A LA PENETRACION

Se midió con un penetrógrafo Eijkelkamp, hasta 80 cm, con el suelo a 22,3% de humedad volumétrica en los primeros 15 cm. Se realizaron 3 determinaciones al azar por parcela.

5)ESTABILIDAD DE AGREGADOS

La muestra se obtuvo con una pala tomando los primeros 15 cm del perfil en tres lugares por parcela. La muestra se secó al aire. El método usado es el de tamizado en húmedo acordado por Yoder (1936) modificado. Esta metodología consta de colocar 30g de suelo seco al aire con un diámetro medio de agregados entre 4,5 y 8 mm. estos se colocan en el segundo tamiz con malla de 4,5 mm de diámetro, el primer tamiz permite la entrada de agua sin dejar que salgan los agregados; por debajo de estos tamices se encuentran los otros con malla de 2,8 mm; 2 mm; 1 mm; 0,6 mm; y 0,3 mm; respectivamente. este conjunto de tamices es colocado en un recipiente con agua; luego es subido y bajado por un motor a razón de 40 veces por minuto durante 15 minutos recorriendo una distancia de 8 cm.

Luego de transcurrido el tiempo se procede a retirar con agua lo que queda en los tamices y llevarlo a estufa para secar el agua y pesar el sobrante de agregados; se establece el diámetro medio ponderado que se toma como índice de estabilidad y se expresa en milímetros (mm).

6) ESCURRIMIENTO, INFILTRACION Y PERDIDAS DE SUELO

Se midieron con un simulador de lluvia Kamphorst (1987) las cantidades totales y relativas de sedimento y escurrimiento durante el evento. Kamphorst (1987) desarrollo un simulador de lluvia portátil para tener un raiting cuantitativo de los diferentes tratamientos durante un evento de lluvia simulada. El simulador puede ser usado sobre distintas pendientes y consta de tres partes:

*Un recipiente cilíndrico para producir lluvia con un regulador de presión que esta basado en el principio de Mariotte para poder producir una lluvia estándar independiente de la temperatura del agua, se corrige por temperatura del agua.

*Un soporte para la regadera con patas regulables para tener una caída perpendicular de la lluvia.

*Un cuadro de aluminio de 30 x 30 cm, fue clavado en el suelo para limitar la parcela a tratar, poder sentar el soporte de la regadera y nivelar las patas y evitar el movimiento lateral del agua.

El agua es descargada a través de 49 capilares, la caída del agua es regulable dejándola constante independientemente de la temperatura del agua, a una altura promedio de 40 cm. Del lado del cuadro que esta a favor de la pendiente se coloca una placa de aluminio con forma de "V" con los bordes levantados, al final de esta se coloca en una fosa previamente hecha un recipiente para recoger el agua escurrida y sedimentos.

La simulación tiene una duración de 3 minutos, mientras es movida la regadera para obtener una distribución uniforme de la lluvia; cada 30 segundos se realiza una lectura del nivel del agua y cada minuto se cambia el recipiente.

Las parcelas deben estar muy cerca de capacidad de campo lo cual en verano se hace imposible, realizándose en este caso un pre-mojado de 20 mm.

El número de simulaciones por tratamiento fue de tres.

Se determinaron los siguientes datos:

- a)total de escurrimiento
- b)total de sedimentos
- c)magnitud de la lluvia
- d)porcentaje de escurrimiento
- e)concentración de sedimentos en el agua escurrida
- f)intensidad de la lluvia
- g)contenido de humedad del suelo previo
- h)pendiente de la parcela.

La intensidad de lluvia simulada fue de 360 mm/hora.

C. DETERMINACIONES EN PLANTA

El conteo se realizó en un área de muestreo fijo, de tres surcos centrales de 10 m cada uno, en cada parcela cada dos días desde el 7/01/94. Las mediciones se realizaron hasta que la población se consideró establecida.

1)MATERIA SECA DE PARTE AEREA Y FLORACION:

Se determinó a los 10, 20, y 30 días y floración mediante muestreo de dos metros de plantas, sacando 1 m de plantas en dos diferentes lugares de la parcela fuera del área de muestreo de implantación. Se determinó el peso seco mediante el secado de las plantas a estufa (60°C) hasta peso constante. La floración se determinó teniendo el 50% del cultivo florecido, tomándose las muestras correspondiente.

2)ABSORCION DE NITROGENO Y FOSFORO:

Se muestrearon a las tres hojas y luego a 10, 20,y 30 días pos emergencia y a la floración del cultivo. Se determina por el método de KJELDALHI para Nitrógeno.

3)RENDIMIENTO:

La cosecha se realizó el 22/04/94 con una cosechadora comercial sobre una superficie de 144 mts² cada tratamiento, el resultado se expresa en kg/há base 13% de humedad.

D. ANALISIS ESTADISTICO

Para todas las variables se realizaron análisis estadístico de separación de medias mediante la prueba de la mínima diferencia significativa (DMS), al 5% de probabilidad de error. La separación de medias por DMS fue realizada solo cuando el análisis de varianza fue significativo ($p < 10\%$). Se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis Systems Institute INC, 1985).

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

donde: μ = media general

B_i = efecto del bloque

T_j = efecto del tratamiento

E_{ij} = error experimental

IV. EFECTO DEL LABOREO EN LA PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO

A. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

En el cuadro 1 se presentan las características físicas y químicas del suelo y las pérdidas de sedimento medidas con simulador de lluvia.

Cuadro 1.-Efecto de la secuencia de laboreo del suelo sobre el índice de estabilidad estructural, resistencia a la penetración y humedad del suelo.

trat	Est.Agre.	Res.Pen(N/cm ²)		HUM.	Erosión.	M.O.	FOS.	REND.
	(mm)	0-10cm	10-20 cm	%	(tt/há)	%	ppm	(kg/há)
LC-LC - 2,26	A	16,92	33,53	21,00	274,8	4,82	15,33	3055
LC-SD - 2,78	AB	22,93	34,27	23,38	56,3	4,83	22,16	3017
SD-SD - 3,33	B	53,07	52,67	22,60	32,9	5,37	17,40	2487

(* Las letras mayúsculas iguales no difieren significativamente al con una $p < 10\%$)
 (Est.Agre. = Estabilidad de Agregados; Res.Pen.= Resistencia a la Penetración; HUM= Humedad; MO = Materia Orgánica; Fos. = Fósforo; Rend = Rendimiento; mm = milímetros; cm = centímetros; % = porcentaje; ppm = partes por millón; tt/há = toneladas por hectárea; kg/há = kilogramos por hectárea)

La estabilidad de agregados y la resistencia a la penetración en el tratamiento Siembra Directa con un Laboreo Convencional en el cultivo anterior (LC-SD) no difirió significativamente del sistema de Siembra Directa continua (SD-SD) ni del manejo tradicional (LC-LC).

Los resultados de erosión del suelo indican que las pérdidas de suelo producidas con el simulador de lluvia fueron diferentes significativamente LC-LC y SD-SD, en cambio el tratamiento LC-SD no fue diferente significativamente a ninguno de ellos (apéndice 15). En el cuadro 1 muestra la mayor pérdida de suelo para el tratamiento de LC-LC (274 kg/há) y la menor para SD-SD (32 kg/há).

Marelli (1987), se refiere a que los sistemas de SD presentan una resistencia a la penetración mayor que los sistemas de LC, pero también indica que existe una mejor estabilidad de la estructura en el sistema de siembra directa.

1. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Existió una diferencia significativa entre los tratamientos (apéndice 12). El tratamiento LC-LC; y SD-SD con índices de 2,26 ; y 3,33 respectivamente (cuadro 1), fueron sus medias significativamente diferentes, en cambio el tratamiento de LC-SD no tuvo diferencia significativa con los anteriores ubicándose en el medio de los dos tratamientos continuos. Esto muestra que la intensidad de laboreo provoca una caída en la estabilidad de los agregados. El NO-LABREO para el cultivo de verano detuvo la caída del índice de estabilidad. Sin embargo los valores absolutos del índice no fueron tan bajos como los obtenidos en chacras del litoral norte, sobre suelos arenosos, donde se encontraron índices de "1", sobre chacras viejas con LC continuo.(Terzaghi, A. com. pers. 1994)

La bibliografía explica que la estabilidad en agua de los agregados es un índice de la resistencia del suelo a la dispersión, compactación, emergencia, aereación, drenaje, absorción de agua y erosión.(Mannering,J.V,et al 1966, citado por Cintra 1980)

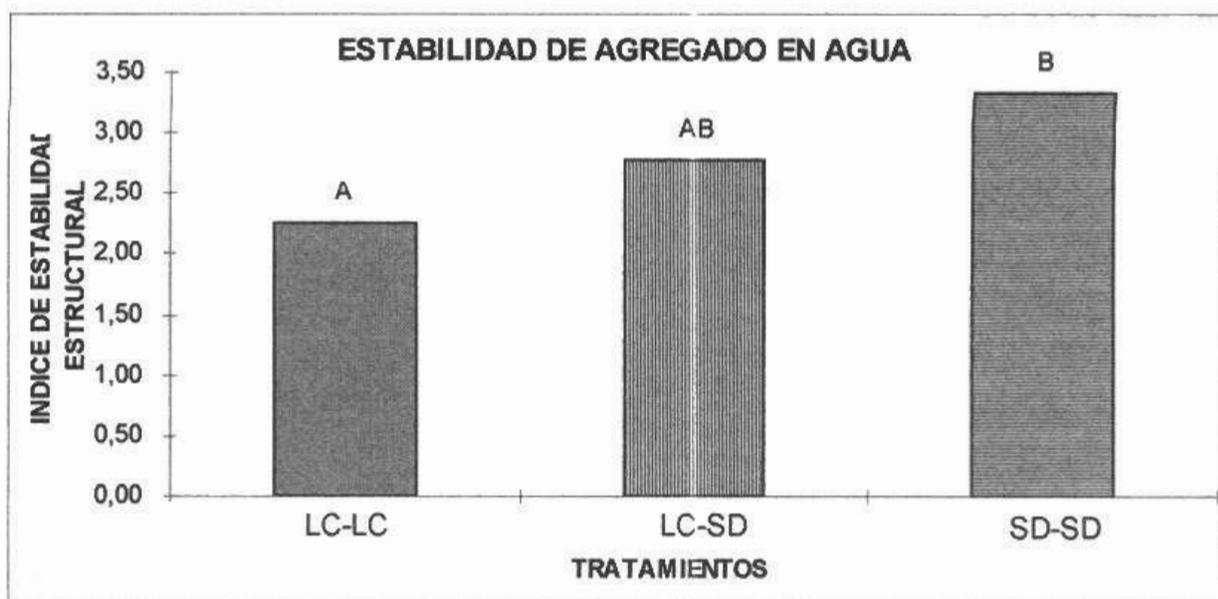


Figura 1 .- Efecto de la intensidad de laboreo sobre la estabilidad estructural.
(* Letra mayúscula = diferencia significativa $p < 10\%$)

La disminución en la estabilidad de agregado provocada por el laboreo convencional, incide en un aumento de la erosión por efecto del golpe de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo.

2. RESISTENCIA A LA PENETRACION

La resistencia a la penetración fue tomada hasta una profundidad de 80 cm, observándose diferencias entre tratamientos solo en los primeros 15 cm de profundidad. En estos cm se observó la mayor resistencia ofrecida por el suelo imperturbado (SD-SD), en cambio en los tratamientos donde se realizó un Laboreo para el cultivo anterior (LC-SD), existió un claro efecto residual producido por el laboreo del suelo en el cultivo de invierno.

Luego de los 18 cm de profundidad los muestreos de resistencia a la penetración no mostraron diferencias.

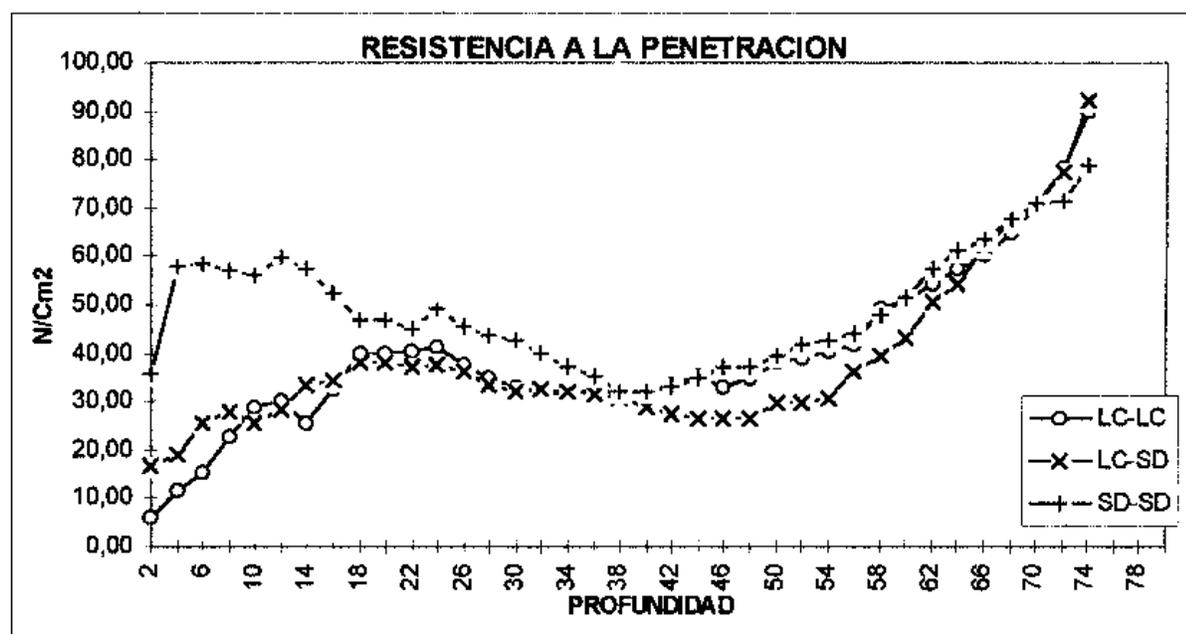


Figura 2. - Efecto de la intensidad de laboreo sobre la resistencia a la penetración del suelo.

Los valores absolutos de resistencia a la penetración cuantificados en SD_SD demuestran la existencia de limitantes físicas para el crecimiento de cultivos luego de una pastura (valor crítico 25 N/cm²). Con un laboreo solo en el primer cultivo se superó la limitante ubicándose en los mismos valores que LC-LC y por debajo del crítico. Esto comprueba la existencia de la limitante, que la misma es levantada por el laboreo, y que existe un efecto residual en el cultivo siguiente.

El efecto de la compactación del suelo depende casi exclusivamente de la humedad. Cuando no existe esta limitante, no se esperan efectos negativos importantes sobre el rendimiento si el resto de las variables están ajustadas.

Watson Jr et alii 1951, citado por Cintra 1980, afirman que la compactación del perfil se encuentra en la parte inferior de la superficie laboreada, esto coincide con lo expresado en el cuadro 1.

La reducción del macollaje, menor producción de materia seca durante la fase de definición es la consecuencia de un aumento en la compactación.

B. NUTRIENTES EN EL SUELO

1) MATERIA ORGANICA Y FOSFORO

a) MOVILIDAD Y DISTRIBUCION EN EL PERFIL

Cuadro 2. - Efecto de la secuencia de laboreo sobre la distribución de nutrientes en el perfil.

PROFUND. cm.	% MO			P ppm		
	LC-LC	LC-SD	SD-SD	LC-LC	LC-SD	SD-SD
0-6	4,82	4,83	5,37	15,33	22,16	17,40
6-12	4,85	4,43	4,26	12,24	11,94	7,66
12-18	5,05	4,24	3,90	8,84	10,02	6,78
18-24	3,79	3,85	3,85	7,96	8,25	6,63

(Profund. = Profundidad)

El LC-LC y LC-SD tuvo una distribución de la Materia Orgánica (MO) más uniforme en el perfil no teniendo diferencias significativas entre tratamientos, en cambio existieron diferencia significativa ($p < 1\%$) en profundidad para el tratamiento de SD-SD. Esto se debe a que existió una acumulación en los primeros cm por parte del tratamiento de SD-SD, en cambio el LC-LC y LC-SD es más uniforme en la distribución en los primeros cm lo cual pudo deberse a una incorporación y mezcla del rastrojo en todo el perfil por parte de los implementos agrícolas de laboreo, al inicio de la secuencia o con el rastrojo de cebada.

En cambio el tratamiento de SD-SD tuvo en los primeros centímetros diferencias significativas en el porcentaje de MO, debido a la no-remoción del rastrojo, observándose una acumulación en los primeros cm. (figura 3)

De 0 a 6 cm los tratamientos no poseen diferencias significativas, pero hay una tendencia a favor de la SD-SD en valores absolutos importante a esa profundidad; en cambio de 6 a 18 cm el LC-LC pasa a ser el de mayor porcentaje de MO (cuadro 2), esto fue consecuencia de la incorporación del rastrojo en el perfil por parte de los equipos de laboreo.

La gráfica muestra que existieron diferencias significativas de 0 a 18 cm para SD-SD, luego estas diferencias se anulan debido a los implementos mecánicos usados.

La distribución encontrada fue similar a la citada para el % de MO, cuando se cambian las prácticas de LC por los de SD. (Weil, R.R. et al 1988)

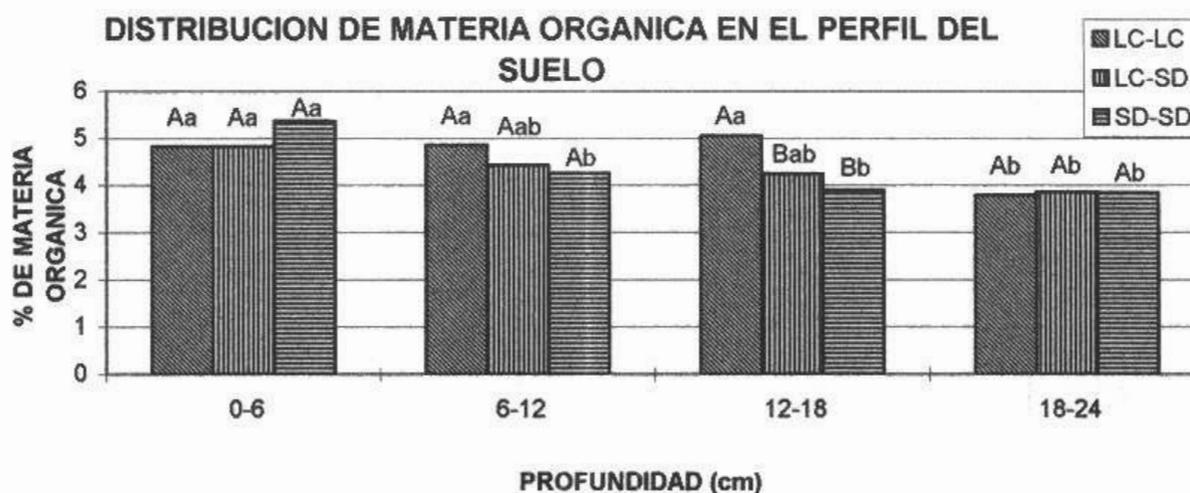


Figura 3. - Efecto del laboreo en la distribución de Materia Orgánica en el perfil del suelo.

*Letra mayúscula = diferencias de medias entre tratamientos en cada profundidad.-

*Letra minúscula = diferencias de medias de cada tratamiento en profundidad.-

Con respecto a la distribución de fósforo en el perfil se observa que los tratamiento LC-SD y SD-SD son los que tienen mayor concentración en valores absolutos, 22,4 y 17,4 ppm de este nutriente respectivamente en la profundidad de 0 a 6 cm, difiriendo significativamente entre ellos y el de LC-LC que tuvo 15,3 ppm, (figura 4).

Si en bien todos los tratamientos tienen una reducción en el tenor de P₂O₅ en el perfil, dicha caída es más notoria en los tratamientos con SD, en cambio el LC continuo fue tan drástica, lo que se explica, al igual que para MO, porque el laboreo distribuye los nutrientes hasta los 18 cm.

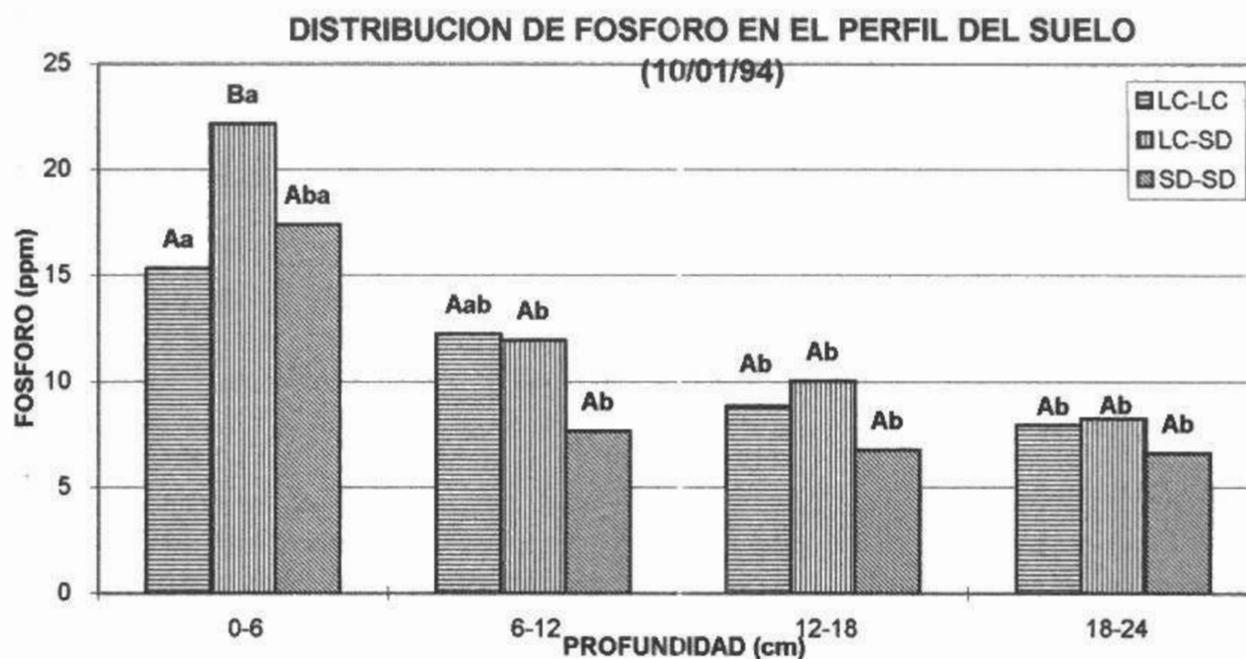


Figura 4. - Efecto del laboreo en la distribución de Fósforo en el perfil del suelo.

* Letra mayúscula = diferencias de medias entre tratamientos en cada profundidad.-

* Letra minúscula = diferencias de medias de cada tratamiento en profundidad.-

Los nutrientes como MO y Fósforo al no ser móviles, cuando se usa el sistema de Siembra Directa se acumulan en los horizontes superiores, observándose una diferencia muy significativa ($p < 1\%$) en profundidad para ambos nutrientes (figura 3 y 4).

V. EFECTO SOBRE LA GANANCIA Y PERDIDAS DE AGUA DEL SUELO

A. RASTROJO EN SUPERFICIE

El rastreo en superficie favorece como cita la bibliografía (Bennett, O.L, y otros 1973); la infiltración, reduce la evaporación, el escurrimiento y disminuye el impacto de las gotas de lluvias que son las que provocan el encostramiento de la superficie del suelo.

Al favorecer la infiltración nos esta indicando que el escurrimiento es disminuido, el cuál como lo demuestra los análisis de simulaciones de lluvia es causante de un importante arrastre de suelo.

Las diferencias en cobertura de rastreo fueron significativamente diferentes < al 1% entre el tratamientos de LC y los de SD. (apéndice 5)

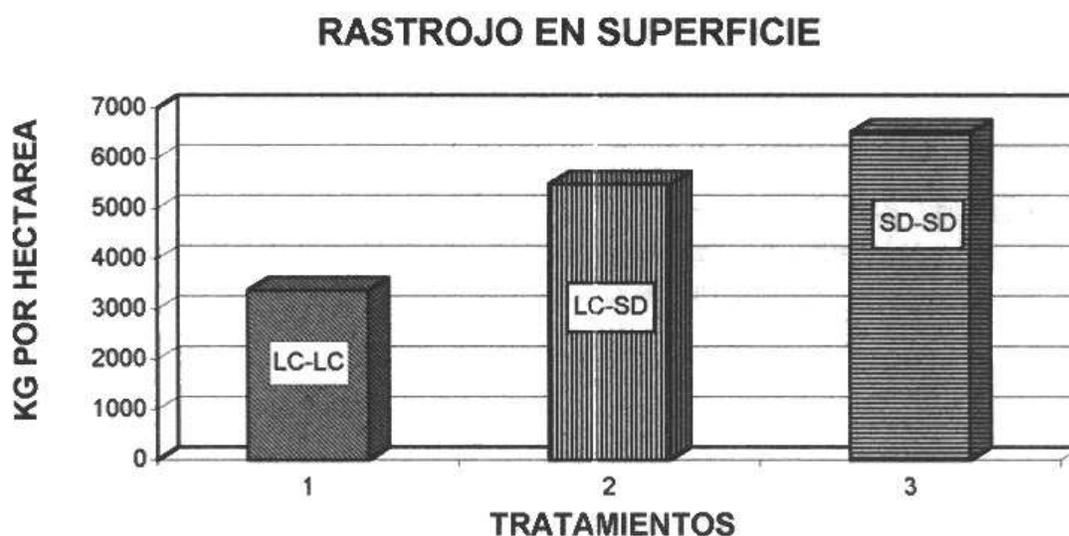


Figura 5. - Kilogramos de rastreo en superficie en los tratamientos

*Los kg de rastreo del tratamiento LC-LC fueron calculados antes de que se incorporara por herramientas de laboreo.

El rastreo en superficie también afecta la temperatura del suelo, según bibliografía actúa como una capa aislante la cual no permite que el suelo se caliente rápidamente y reduce la temperatura máxima. (Adams, J.E. 1965) (Van Wijk, W.R et al 1959 citado por Barrows et al 1962)

B. HUMEDAD

cuadro 3 .- Precipitaciones totales de primera y segunda quincena de los meses de duración del cultivo.

93/94	1ra. Quincena	2da. Qincena
DICIEMB	133 mm	4,7
ENERO	25,3	77,6
FEBRERO	21,1	54,2
MARZO	8,5	87,4
ABRIL	67,4	9,6

La humedad a la siembra es citada como uno de los principales factores determinantes del rendimiento, a través de su efecto sobre la implantación que logre el cultivo.

Dentro de los tratamientos las diferencias de humedad fueron significativas a la siembra (figura 6), a favor de los dos sistemas de SD, a su vez el sistema con un laboreo en el cultivo anterior fue el que tuvo una mayor humedad.

En la segunda quincena del mes diciembre prácticamente no llovió, a su vez el herbicida se aplicó 3 días antes de la siembra. Esto implica que las diferencias registradas se deben al control de las pérdidas de agua. En este sentido, el mayor nivel de humedad de las dos secuencias que incluyen siembra sin laboreo, es el resultado de la cobertura por rastrojo (común a ambos tratamientos) y no a la condición física del suelo (similar para LC-SD y LC-LC).

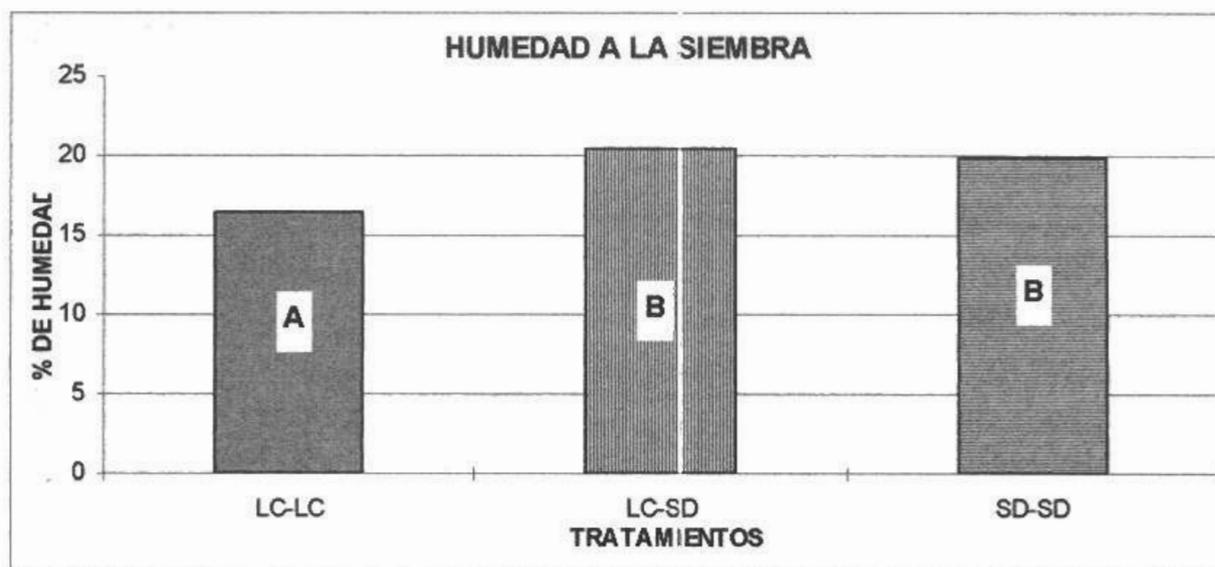


Figura 6. - Promedio de Humedad a la siembra en los diferentes tratamientos.
(*Letra mayúscula = diferencias significativas de medias < 10%)

Según Blevins et al 1971, de los factores más críticos de que afectan a las plantas durante la estación de crecimiento, afectando el rendimiento es el agua disponible.

La bibliografía coincide en que la SD en períodos secos tiene una menor depresión proporcional en los rendimientos, y que en estaciones de crecimiento húmedas las diferencias no son significativas.

C. EVOLUCION DE LAS PERDIDAS Y GANANCIAS DE AGUA EN EL PERFIL

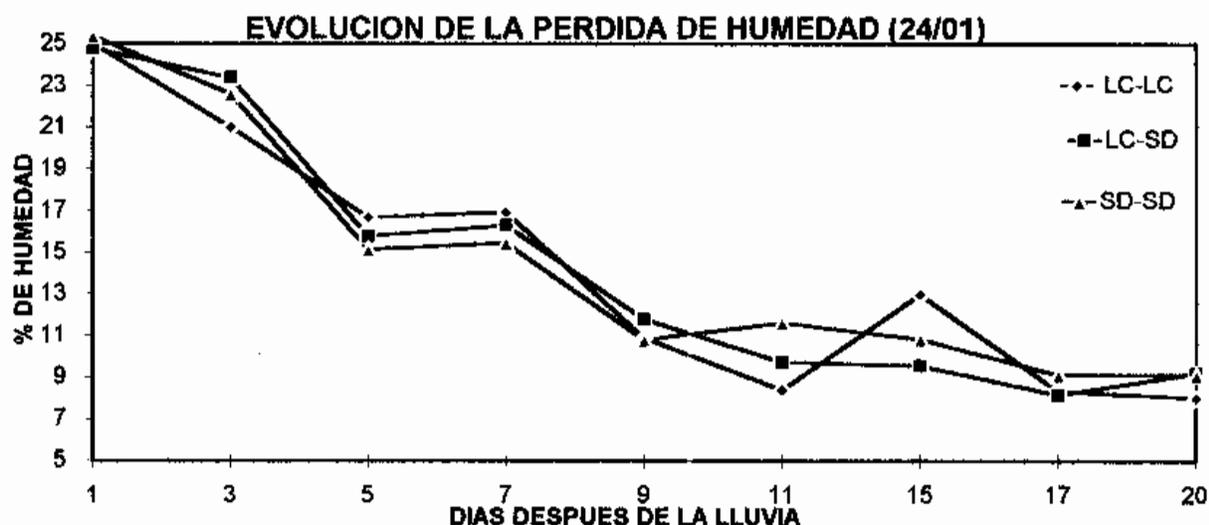


Figura 7 .- Evolución de la pérdida de humedad del suelo luego de una lluvia el 24/01 a 15 cm de profundidad.

En la figura 7 se muestra la evolución de la humedad del suelo luego de una lluvia de 56 mm. Existió una mayor pérdida de agua en los tratamientos de LC-LC; comparándolo con los tratamientos de SD lo que debe ser atribuido a la menor pérdida de agua por suelo cubierto por rastrojos.

A los 7 hubo una pequeñas lluvias (14 y 6 mm). En el tratamiento de LC-LC fue posible cuantificar un cambio en la humedad del suelo, en los otros tratamientos con residuos en superficie, la humedad no varió por efecto de la intercesión por rastrojo.

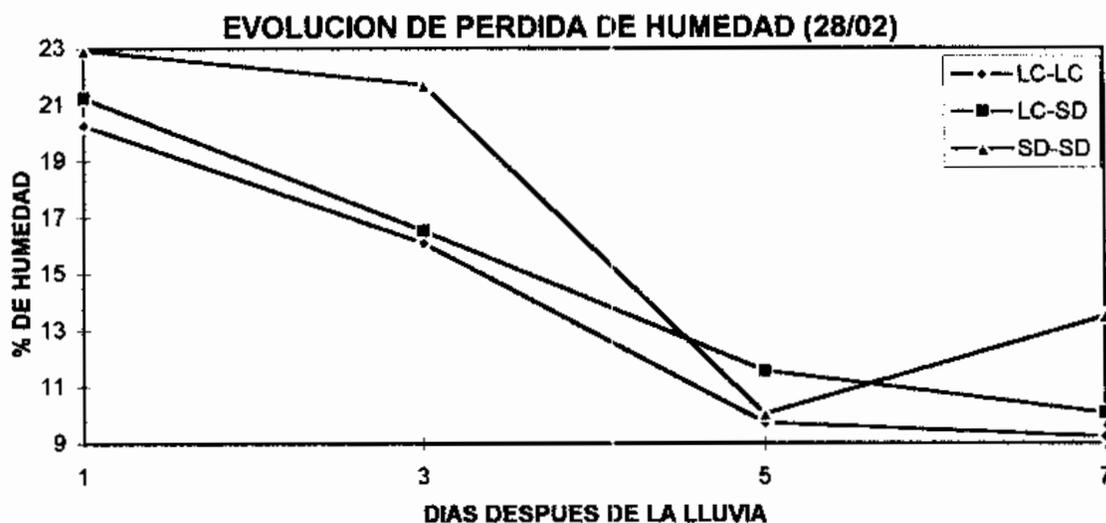


Figura 8 .- Evolución de la pérdida de humedad luego de una lluvia (28/02)

En la figura 8 en la evolución de humedad se observa una mayor diferencia en las pérdidas, observándose que la SD-SD tiene una caída más leve que los otros tratamientos, en cambio el LC-LC es el que tiene una pendiente mayor.

El claro efecto que se observa en la pérdida de agua por el suelo en los tratamientos de SD se debió fundamentalmente a que el suelo permaneció cubierto por rastrojo.

D. EROSION Y ESCURRIMIENTO

La simulación de lluvia permitió evaluar el potencial de erosión, escurrimiento e infiltración de los diferentes sistemas de laboreo; se llevo a cabo en etapas tempranas del cultivo; se practico dicha simulación en esa etapa porque luego de que el cultivo cubra el suelo las diferencias dejan de existir. La energía cinética de las gotas de lluvia es frenada por el cultivo y las diferencias en infiltración, escurrimiento y evaporación se hacen menores (Hill, J.D. y Blevins, R.L. 1973).

Marelli, (1987) manifiesta que las diferencias son mayores en cuanto a la pérdida de suelo, en el estadio 1 (siembra hasta 10% de cobertura del suelo por el cultivo) debido a que después de ello comienza la acción protectora del cultivo.

cuadro 4 .- Resultados del simulador de lluvia (Kamphorst 1987)

TRAT.	Int.lluv. mm/hora.	Escurr. mm/3min.	Erosión tt/ha	% MO %	perd. MO kg./ha	Pend.
LC-LC	361	125 AB	274,8 A	5,2	14,23	4,43
LC-SD	392	65 B	56,3 AB	6,5	3,65	4,90
SD-SD	385	145 A	32,9 B	13,8	4,54	5,58

(* Letras mayúscula iguales no son diferentes significativamente < 10%)

(Trat. = tratamiento; Int.lluv. = Intensidad de lluvia; escurr. = escurrimiento; perd. MO = pérdida de materia orgánica; Pend. = Pendiente)

Los resultados obtenidos con el sistema de SD-SD mostraron una pérdida de suelo de 88% menor que el de LC-LC y el sistema de LC-SD tuvo una pérdida de aproximadamente del 79%, lo que demuestra la ventaja de la cobertura por rastrojo en el control del escurrimiento.

Sin embargo analizando el escurrimiento en las parcelas de SD-SD, se observa que el escurrimiento es mayor en valores absolutos, pero no es significativamente diferente que en los otros tratamientos, esto nos indica que el sistema de LC-LC si bien tiene un menor escurrimiento el arrastre de suelo es más grave, esto puede ser causa de la energía cinética de las gotas de lluvia que al golpear en el suelo desnudo destruye los agregados dejando partículas finas que son arrastradas en suspensión en el agua escurrida.

Esto no ocurre con los tratamientos de SD donde el suelo está cubierto por rastrojo y la acción de la lluvia no provoca una destrucción de partículas que pudieran luego ser arrastradas por el escurrimiento del agua.



Figura 9. - Pérdidas relativas de suelo en una simulación de lluvia llevada a cabo en los tratamientos. (*Letras mayúsculas = difieren significativamente < 10%)

Los resultados del experimento de simulación de lluvia tuvieron diferencias en relación con la bibliografía donde se afirma que el sistema de SD infiltran hasta cinco veces más que un suelo con laboreo convencional (Cintra, 1980).

En este caso las diferencias entre los sistemas continuos de LC y SD no fueron significativas, en el caso de SD sería el resultado de la compactación, lo que afectó el ingreso de agua. En LC-SD el suelo además de cubierto, está descompactado, lo que representó un importante aporte en relación con el manejo tradicional (LC-SD). Estos resultados se obtuvieron aun con un premojado de 20 mm. La cantidad de rastrojo fue de 5481 kg/ha para LC-SD y 6518 kg/ha para SD-SD; al ser el segundo cultivo era insuficiente al compararlos con los que cita la bibliografía (Jones, Jr.J.N. et al 1969).



Figura 10.- Pérdida de materia orgánica arrastrada en el suelo perdido en la simulación de lluvia.

El tratamiento de Siembra Directa en el que escurrió más agua, tuvo la menor pérdida de suelo, pero el poco suelo erosionado fue el más rico en materia orgánica. Esto nos está indicando que superficialmente el suelo está siendo enriquecido por los residuos en descomposición (Jones et al 1969). En cambio el sistema de Laboreo Continuo con una menor tasa de escurrimiento tuvo un mayor componente de partículas de suelo.

La bibliografía coincide en marcar que los sistemas de Siembra Directa tienen una tasa de infiltración superior que el Laboreo Continuo, pero en general esto es el resultado del largo plazo, chacras que tienen más de 20 años de Laboreo Continuo, estando ese suelo con un nivel de encostramiento superior al de las parcelas tratadas y el caso de SD continua con cantidades de rastrojo superiores al del experimento. En el primer caso se sabe que el Laboreo Continuo reduce la infiltración, por el sellado de los macroporos por partículas finas.

La bibliografía cita que la velocidad de infiltración va a depender de la humedad en que se encuentre el suelo y la intensidad de las lluvias; manifestando que lluvias con poca intensidad estas diferencias se reducen. (Baumer, K. et al 1973)

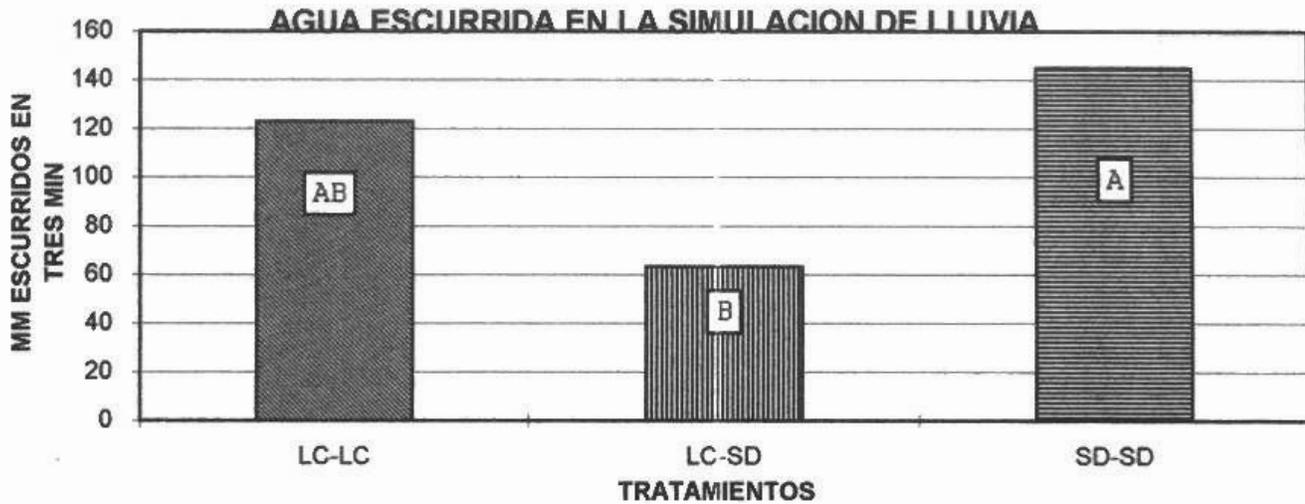


Figura 11. Escurrimiento en el experimento de simulación de lluvia.

En la figura 11 resume los resultados obtenidos en la el escurrimiento de agua en el experimento de simulación de lluvia en los diferentes tratamientos.

VI. EFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

A. IMPLANTACION:

La implantación se llevo a cabo desde los 7 días de sembrado (emergencia) hasta 15 días después, donde se considero estabilizada (Figura 12)

En el sistema de SD-SD la implantación fue más lenta que en los otros dos tratamientos, a pesar de tener los mayores niveles d humedad a la siembra. (esta diferencia no fue significativa). El tratamiento de LC-SD, obtuvo los valores absolutos más altos de implantación, incluso que los tratamientos de Laboreo Convencional continuo. Estas diferencias se anularon con el tiempo y prácticamente y se estabilizaron.

Según Barrows et al. 1962; la cantidad de rastrojo en superficie estaría explicando que la emergencia de las plantas tuvieran un retraso en el tratamiento de SD-SD, lo cual es demostrado por los resultados de implantación, que al inicio se observa que el tratamiento de SD-SD tiene un menor número de plantas pero que luego llega a ser iguales hasta que cuando se estabilizan este tratamiento tiene una caída por otras causas que no se cuantificaron, por ejemplo insectos.

Pero el tratamiento de LC-SD logró una mejor implantación, dicha diferencia pudo estar dada por tener éste una mayor humedad al inicio del estado de crecimiento, sumado al levantamiento de la restricción física cuantificada en SD-SD. Maranges, A. y Urrutía, A. (1989) obtuvieron una correlación entre la cantidad de agua presente al momento de la siembra y el rendimiento ($r= 0,75$).

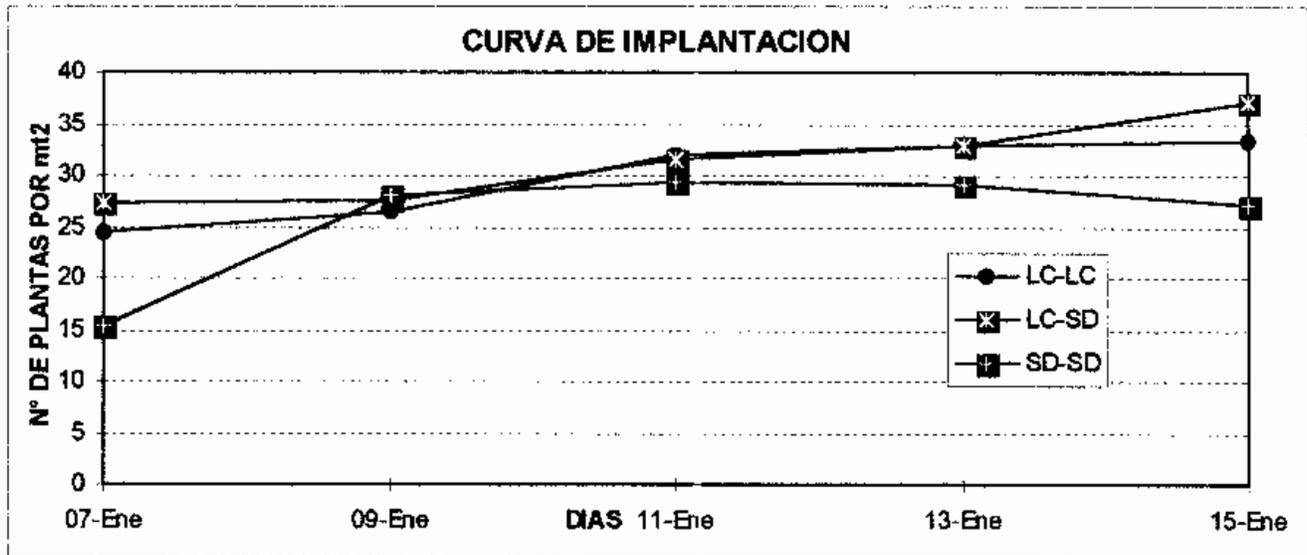


Figura 12 .- Curva de implantación tomados a partir del noveno día luego de la siembra

En la figura 13. se muestra el comportamiento de LC-SD y SD-SD sobre la tasa de crecimiento en los primeros estadios. Esta fue mayor en valores absolutos que el tratamiento de LC-LC pero luego en floración el LC sobrepasó a los otros dos tratamientos. Este comportamiento puede ser debido a que la SD tiene mayor contenido de humedad que el LC al inicio del crecimiento.

No solo se pudo deber a la humedad y a las propiedades físicas como resistencia a la penetración, sino que los tratamientos de SD tienen un mayor contenido de nitrógeno en la emergencia del cultivo (fig. 14 cuadro 5) y luego de esta, aunque sus diferencias no fueron significativas.

Este mayor contenido de nutrientes en SD fue capitalizado al tener mayor humedad y conservarla por mayor tiempo.

Según lo revisado anteriormente (Adams; J.E. 1965) la siembra directa sobre rastrojo generalmente tiene menor contenido de nitrógeno, pero en este caso ocurrió lo contrario, debido a que la siembra del cultivo de sorgo fue a pocos días de haber sido laboreado, donde se observa en el tratamiento de LC-LC una clara inmovilización de este nutriente por parte del rastrojo que fue incorporado en el perfil (cuadro 5).

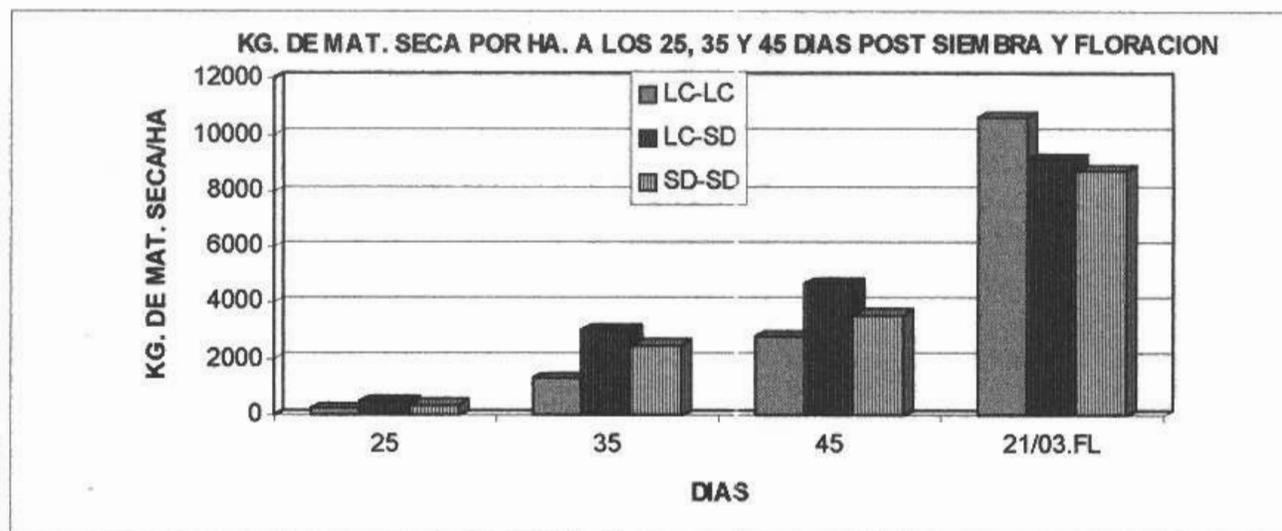
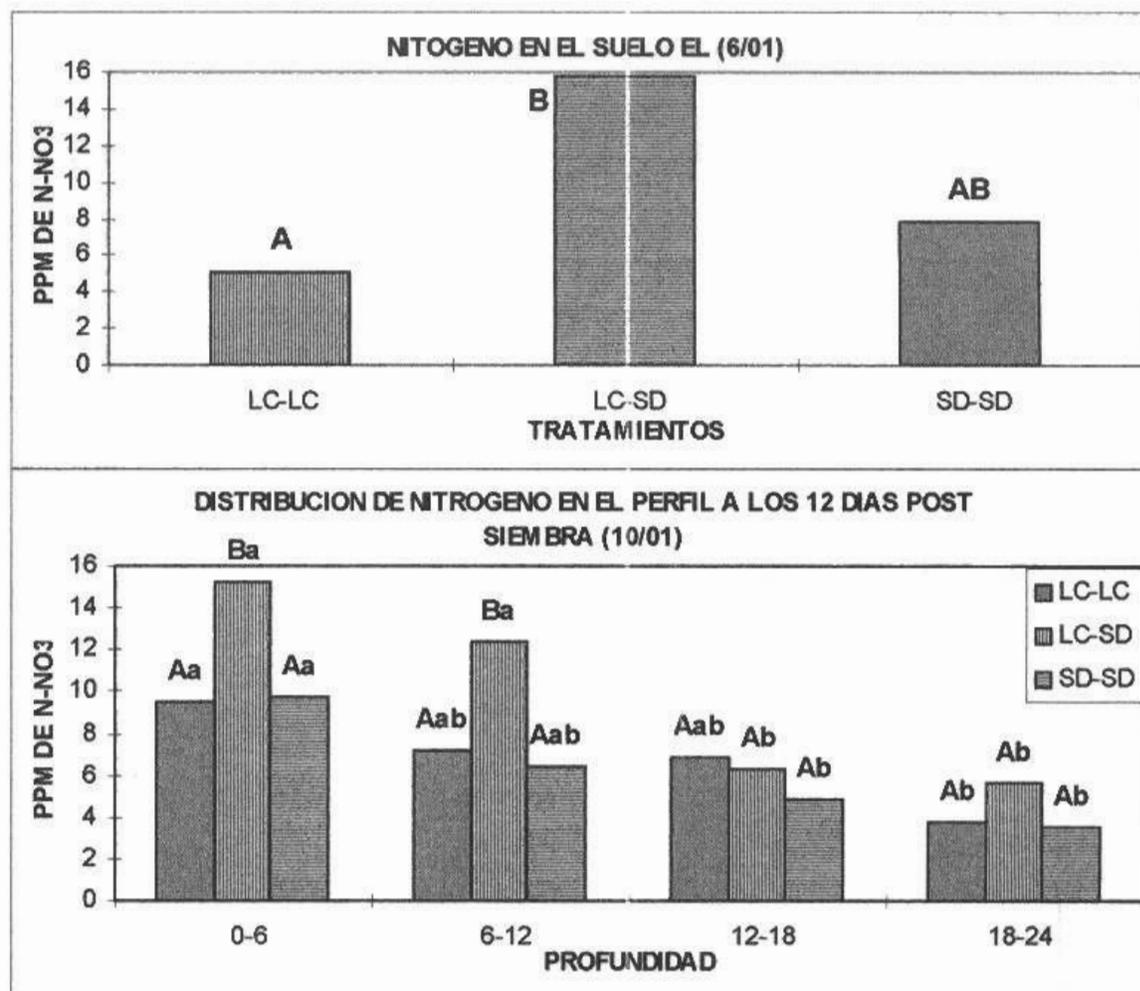


Figura 13 .- Crecimiento y producción de Materia Seca por ha en los diferentes tratamientos.

La mayor producción de Materia Seca por hectárea en los estadios iniciales se puede deber a que la humedad a la siembra y la evolución de esta luego de lluvias importantes. La Siembra Directa demostraba que tenía un mayor contenido de agua a la siembra y que cuando recibía una lluvia importante, era la que retenía mayor cantidad de agua en el perfil y durante el periodo posterior, la pérdida de agua en los tratamientos de Siembra Directa no disminuían drásticamente, en cambio el Laboreo Convencional no acumulaba mayor cantidad de agua y a su vez era el que perdía por evapotranspiración mayor cantidad de agua.



(* Letra mayúscula = diferencia significativa entre tratamientos en cada profundidad)

(* Letra minúscula = diferencia significativa de cada tratamiento en profundidad.)

(*Las diferencias son significativas con $p < 10\%$)

Figura 14. Distribución de nitrógeno en el perfil a 8 y 12 días post siembra

No solo existió una mayor producción de materia seca sino que se observó un mayor porcentaje de nitrógeno en planta en los tratamientos de LC-SD y SD-SD respectivamente, esto se debió a que los tratamientos de siembra directa poseen un mayor contenido de nitrógeno en el suelo en los primeros estadios de crecimiento del cultivo (cuadro 5 y fig. 14).

Se extrae del cuadro 5 que el contenido de nitrógeno en el tratamiento LC-LC tuvo diferencias significativas con los tratamientos de SD aproximadamente a los 10 días de haber terminado el laboreo; esto es claro de esta actuando la inmovilización del nitrógeno por la incorporación del rastrojo en el perfil.

B. CRECIMIENTO Y ABSORCION DE NITROGENO

En la fig. 15 el porcentaje de nitrógeno en planta al inicio del cultivo posee una diferencia a favor de la secuencia de LC-SD, la bibliografía cita y es corroborado en el experimento, (figura 3, 4 y 14) que esto es debido a un mayor concentración de nutrientes en los primeros cm de suelo y un mayor contenido de humedad, que favorece el desarrollo radicular y el traslado de nutrientes hacia la raíz, aumentando la absorción de nutrientes.

Esto justifica la producción de materia seca por hectárea que en los estadios de crecimiento demuestran que el sistema de SD no solo son los que absorben más nitrógeno sino son los que producen más materia seca por hectárea (fig.13).

Si bien la bibliografía cita que la concentración de Nitrógeno disminuyó con el aumento de rastrojo, en este caso no se evaluó con diferencias de cantidades de rastrojo (Barrows et al 1962).

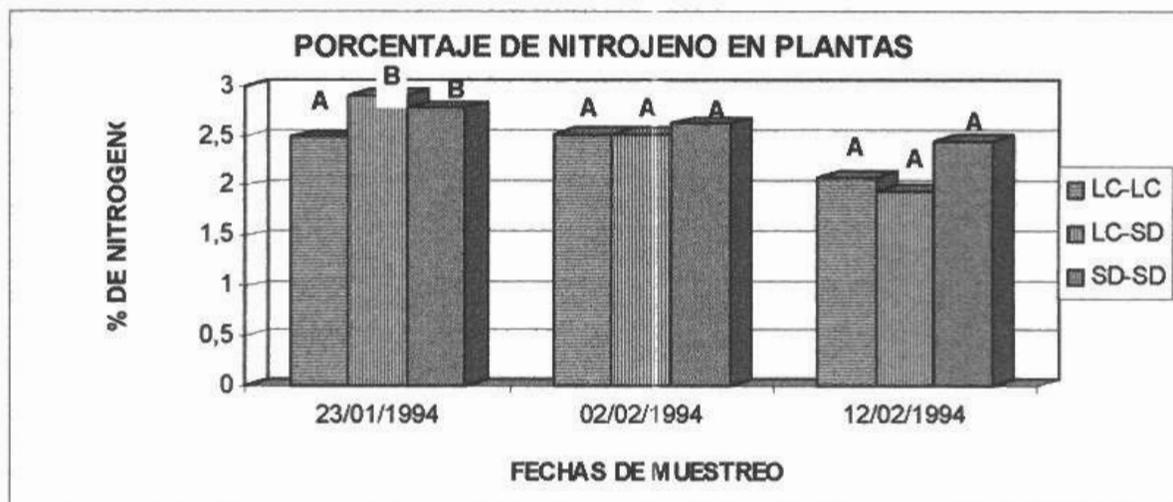


Figura 15 .- Porcentaje de nitrógeno que absorben las plantas en los diferentes tratamientos.

Siendo similar la fertilización se obtiene que los tratamientos de SD tiene una mayor eficiencia que el de LC-LC y que a su vez tiene un mejor comportamiento en la absorción de nitrógeno. Para la absorción de Nitrógeno las deficiencias no fueron significativas pero las diferencias se notaron a favor del sistema de SD (Triplet, Jr. ,et al 1968 y Shear, C.M, 1969)

Los resultados confirman que el sistema de SD-SD al final del ciclo extrae mayor porcentaje de Nitrógeno, pero si se observa la producción de materia seca por ha. (MS/ha)(fig.13) se puede concluir que los tratamientos de SD continua muestra la producción de MS/ha más elevada en valores absolutos, lo cuál puede estar influyendo en la concentración de este nutriente.

Si bien la siembra directa continua tiene valores de materia seca y nitrógeno en planta mayores que el laboreo convencional seria de suponer que esta ventaja se reflejaría en el rendimiento el cual no ocurre, esto nos hace decir que se pudo deber a que hubo un claro efecto residual del laboreo del cultivo anterior porque el tratamiento de LC-SD capitaliza esa ventaja en nutrientes y su rendimiento no tiene diferencia significativa con el LC-LC.

C. RENDIMIENTO EN GRANO

cuadro N°5 .- Rendimiento y componentes del rendimiento con contenidos de nitrógeno en suelo y plantas.

componentes del rendimiento			
	LC-LC	LC-SD	SD-SD
rend kg/ha	3055 A	3017 A	2487 B
panojas/m2 19/04	26,09 A	27,42 A	26,46 A
plantas/m2 15/01	33,37 A	37,19 A	27,19 A
panojas/planta	0,78 A	0,74 A	1,16 A
rend/panojas	11,78 A	11,03 A	9,76 A
N-NO3 29/12	2,45 A	3,55 A	3,15 A
N-NO3 06/01	5,00 A	15,75 B	7,80 AB
N-NO3 10/01	9,50 A	15,25 B	9,75 A
% N pl.23/01	2,48 A	2,91 B	2,78 B
% N pl.02/02	2,51 A	2,52 A	2,62 A
% N pl.12/02	2,08 A	1,95 A	2,45 A
%de Hum siem	16,45 A	20,42 B	19,84 B

(rend- rendimiento; ha- hectárea; Hum- humedad; siem- siembra)

En el rendimiento logrado con el manejo LC-SD fue significativamente igual al logrado con LC-LC, y mayores a SD-SD. De acuerdo a lo discutido sobre los efectos sobre humedad y disponibilidad de nutrientes, el efecto diferencial debe atribuirse al alivio de la restricción física existente luego de pradera. Este efecto, logrado con un laboreo para el cultivo de invierno, se conservo en el cultivo de verano con las ventajas en conservación de humedad y reducción d riesgo de erosión ya discutidos. El no laborear en el cultivo siguiente tuvo ventajas en el rendimiento y a su vez marco una diferencia favorable al tomar la secuencia de los dos cultivos.

El menor rendimiento en el tratamiento de SD-SD estuvo explicado por su bajo rendimiento por panoja (Cuadro 5) que es diferente en valores absolutos con respecto a los otros dos tratamientos.

En cambio el tratamiento de LC-SD tuvo menor rendimiento por panoja que el LC-LC pero esta diferencia no se tradujo en una depresión en el rendimiento porque tuvo este tratamiento una mayor densidad de plantas por metro cuadrado.



Figura 16 .- Rendimiento en grano de las diferentes secuencias de laboreo

Si bien los rendimientos de grano de sorgo de la secuencia SD-SD no fueron superiores a los de la secuencia de LC-LC, se puede explicar porque el sorgo es el segundo cultivo luego de 7 años que estuvo la chacra de descanso, esto seguramente favoreció a la secuencia de LC-LC. En cambio trabajos realizados en el INTA Marcos Juarez 1974 demuestran que luego de 20 años de Laboreo y Siembra Directa los rendimientos promedios de esta última fueron mayores que los de Laboreo Convencional continuo.

De las características que resaltan del cuadro 5.- en el nivel de nitrógeno y su evolución desde la siembra a los 12 días luego de ella. Si bien a la siembra existió un bajo contenido de nitratos, similar entre tratamientos, 8 días después, LC-SD se diferenció de los demás. El bajo nivel inicial puede ser atribuido a que, hasta el momento de la siembra todos los tratamientos tuvieron un manejo similar (un cultivo de cebada). Posteriormente, se generaron las diferencia por manejo del suelo. En LC-LC el bajo tenor puede ser explicado por inmovilización, lo que no sucede en una siembra sin laboreo porque el rastrojo no se incorpora

VII. CONCLUSIONES

- El laboreo en cultivo de invierno y siembra directa en el de verano logro un rendimiento del sorgo igual al laboreo para ambos cultivos
- Estos resultados se obtuvieron con igual resistencia a la penetración del suelo, mejor estabilidad estructural, conservación del agua y menor riesgo de erosión que en el laboreo para ambos cultivos.
- La siembra directa determino una mayor estratificación en la distribución de la materia orgánica, fósforo y N-NO₃
- La humedad, la erosión y sus pérdidas y ganancias respectivas estuvieron mas afectadas por la presencia de rastrojo en superficie que por el laboreo.
- Este efecto es claro al ver que el tratamiento de LC-SD y SD-SD no tienen diferencias significativas en el contenido de nitrógeno y fósforo, producción de materia seca al inicio del cultivo, mayor humedad y estructura que la del tratamiento de laboreo continuo, sin embargo existe diferencia significativa en el rendimiento entre el LC-SD y SD-SD.

VIII. RESUMEN

El ensayo fue realizado en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, de Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú Uruguay, en el verano del 1993/1994, sobre un Brunosol Eútrico/Subeútrico Típico de la unidad San Manuel. Se evaluaron tres tratamientos: 1. Laboreo para un cultivo de cebada cabeza de rotación y laboreo para el sorgo de segunda. 2. Laboreo para el cultivo de cebada y siembra directa en sorgo. 3. Siembra directa en cebada y sorgo. Se cuantificó el efecto sobre la resistencia a la penetración del suelo, la estabilidad de agregados, distribución de fósforo, materia orgánica y nitratos en el perfil, la evolución de la humedad del suelo, la implantación del sorgo, absorción de nutrientes, rendimiento en grano y sus componentes. El manejo con un laboreo en el cultivo de cebada y siembra directa para sorgo logro mantener la resistencia a la penetración al mismo nivel que el laboreo para los dos cultivos, con mayor estabilidad estructural, mejor conservación de la humedad del suelo y control de la erosión y rendimiento en grano similar. Los resultados muestran la existencia de un efecto residual del laboreo en el cultivo de invierno con ventajas de la siembra directa para el cultivo de verano.

IX. SUMMARY

The rehearsal was carried out in the Dr Mario A. Cassinoni Experimental Station, from the Agronomy Faculty in Paysandú Uruguay, in the summer of the 1993/ 1994, on a Brunosol Eútrico/Subeútrico Typical of the San Manuel unit. Three treatments were evaluated: 1. Tilling for cultivation of barley head of rotation and after tilling for the sorghum. 2. Tilling for the cultivation of barley and no-till in sorghum. 3. No Till in barley and sorghum. I am quantified the effect on the resistance to the penetration, the soil 's agregate stability, distribution of Phosphorus, organic matter and nitrates in the profile, the evolution of the soil 's moisture, the implantation of the sorghum, absorption of [nutrientes], grain yield and their components. The handling with a tilling in the cultivation of barley and no-tilling for sorghum, succeed in maintaining the resistance to the penetration the same level that the tilling for the two cultivations with better structural stability better maintenance of the soils 's moisture and control of the erosión and in similar yield grain. The results show the existence of a residual effect of the tilling in the cultivation of winter with advantages of the no-tilling for the cultivation of summer crop.

X. BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS, J.E. 1965. Effect of mulches on soil temperature and grain sorghum development. *Agronomy Journal*. 57(5):471-474.
2. _____, and ASKIN, G.F. 1978. Effects of Water Stress on Panicle Development and Yield of Grain Sorghum. *Crop Society*. 18:503-508.
3. BARBER, S.A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea Maiz*) rot distribution and morphology. *Agronomy Journal*. 63:724-726.
4. BARROWS, W.C., and LARSON, W.E. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agronomy Journal*. 54:19-23.
5. BAUMER, K. AND BAKERMANS, W.A.P. 1973. Zero-tillage. Wageninge. University of Goettingen. 123p.
6. BENNETT, O.L.; MATHIAS, E.L. and LUNDBERG, P.E. 1973. Crop responses to No-till management practices on hilly terrain. *Agronomy Journal*. 65(3):488-491.
7. BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H.; and PHILLIPS, R.E. 1971. Influence of No-tillage on soil moisture. *Agronomy Journal*. 63(4):593-596.
8. _____. THOMAS, G.W. and PHILLIPS, R.E. 1972. Moisture relationships and nitrogen movement in no-tillage and conventional corn production. In *No-tillage Systems Symposium, Columbus, Ohio, 1972. Proceedings Columbus, Ohio, 1972.* p140-145.
9. _____. and CORNELIUS, P.L., 1977. Influence of No-tillage and Nitrogen Fertilization on Certain Soil Properties after 5 Years of continuous corn. *Agronomy Journal*. 69: 383-386.
10. CINTRA, F.L.D. 1980. Caracterizacão do Impedimento Mecânico em Latossolos do Rio Grande do Sul 89 fl. Dissert (Mestr. Agron. Solos) Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre: p.82.
11. FONTANETTO, H.; KELLER, O. y GAMBAUDO, S. 1996. Cultivos Sin Labranza. Informe final 1ra. etapa. I.N.T.A. E.E.A. Rafaela. p. 142-170.

- 12.GARCIA,F. Y CARDELLINO,G. 1995. Laboreo y Fertilización Nitrogenada para Maíz de Secano. Montevideo Facultad de Agronomía, Boletín de Investigación N°52 .32p.
- 13.GONZALES, J.G. Y LASCA, M.I. 1989. Sistema de laboreo en suelo para maíz sobre avena como cobertura de invierno. Tesis: Ing. Agr. Montevideo Facultad de Agronomía .102p
- 14.HILL,J.D. Y BLEVINS,R.L. 1973. Quantitative soil moisture use in corn grown under Conventional and No-Tillage methods. *Agronomy Journal*. 65(6)945-949.
- 15.JONES,J.N., MOODY,J.E., and LILLARD,J.H. 1969. Effects of Tillage, No tillage and mulch on soil water and plant growth. *Agronomy Journal*. 61(5):719-721.
- 16.KAMPHORST,A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35:407-415.
- 17.LAL,R. 1976. No-tillage on soil properties under differential crops in Western Nigeria. *Soil Science Society of America Journal*. 40:762-8.
- 18.MARANGES, A., URRUTÍA, A. 1989. Alternativas de Laboreo para la conservación de agua en el suelo en cultivos de verano. Tesis: Ing.Agr. Montevideo Facultad de Agronomía . 128p.
- 19.MARELLI, H. Y ARCE, J. 1996. La labranza conservacionista. I.N.T.A. E.E.A. Marcos Juárez. Información para extensión N°32. 8p.
- 20.NUÑES,F.1996. Cultivos Sin Labranza. Informe final Ira. etapa. I.N.T.A. E.E.A. Manfredi. p115-124.
- 21.RUSSELL, R.S., CANNELL, R.Q. and GOSS, M.J. 1975. Effects of direct drilling on soil conditions and root growth. *Outlook on Agriculture*. 8:227-232.
- 22.SANGUINETTI, D., DIAZ, E. 1981. Distintas alternativas de laboreo para cultivos de verano. Tesis: Ing. Agr. Montevideo Facultad de Agronomía. 120p
- 23.SHEAR,G.M. and MOSCHLER,W.W 1969. Continuous corn by the No-tillage and Conventional tillage methods a six year comparison.*Agronomy Journal*. 61:524-526.

24. THOMAS, G. 1994. Informe del estudio sobre humedad en parcelas de ensayos en la EEA Marcos Juárez. Información para extensión N°9. E.E.A. Marcos Juárez. 21p.
25. TRIPLET, G.B.Jr., VAN DORENT, D.M.Jr. and SCHMIDT, B.L. 1968. Effect of mulch on No-tillage corn yield and water infiltration. *Agronomy Journal*. 60:236-239.
26. YODER, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soil and study of the physical nature of erosion losses. *Journal American Society Agronomy*. 28:337-351.
27. WEIL, R.R., BENEDETTO, P.W., SIKORA, L.J., and BANDEL, V.A. 1988. Influence of tillage practices on Phosphorus distribution and forms in three Ultisols. *Agronomy Journal*. 80:503-509.

IX. APENDICE**APENDICE 1**

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA HUMEDAD A LA SIEMBRA

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M HUM. SIEM.
BLOQUE	1	1,7 ns
TRATAM.	2	9,06 *
MEDIA		18.93
C.V		4.81

*** Difieren significativamente al 1%

** Difieren significativamente al 5%

* Difieren significativamente al 10%

NS No difieren significativamente

APENDICE 2

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA LA DISTRIBUCION DE NUTRIENTES EN EL SUELO

MATERIA ORGANICA

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M			
		0-6	6-12	12-18	18-24
BLOQUE	1	0,26 ns	1,08**	0,61 ns	0,24 ns
TRATAM.	2	0,19 ns	0,18 ns	0,69 ns	0,002 ns
MEDIA		5	4.51	4.4	3.83
C.V		11.47	4.2	10.09	11.94

FOSFORO

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M			
		0-6	6-12	12-18	18-24
BLOQUE	1	64,02 ns	9,80 ns	6,99 ns	0,71 ns
TRATAM.	2	24,57 ns	13,11ns	5,37 ns	1,48 ns
MEDIA		18,29	10,61	8,54	7,61
C.V		31,08	16,70	15,67	14,05

NITROGENO

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M			
		0-6	6-12	12-18	18-24
BLOQUE	1	2,66 ns	0,26 ns	0,00 ns	1,50 **
TRATAM	2	21,12 ns	21,37 ns	2,09 ns	2,58 **
MEDIA		11,50	8,62	6,00	4,31
C.V		30,79	43,44	8,83	5,11

APENDICE 3

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA LA DISPONIBILIDAD DE NITROGENO A LA SIEMBRA

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M
BLOQUE	1	0,00 ns
TRATAM.	2	0,35 ns
MEDIA		3,17
C.V		22,08

APENDICE 4

EFFECTO DEL LABOREO EN LA EVOLUCION DEL PESO Y NUMERO DE PLANTAS EN DIFERENTES ETAPAS DEL CULTIVO Y SU RELACION CON EL RENDIMIENTO EN GRANO

	LC-LC	LC-SD	SD-SD
Rend. Kg/Há	3055 A	3017 AB	2488 B
NUM.PL 23/01	36,5 A	47,5 A	39,5 A
PES. PL. Kg/h	257 A	485 A	389 A
NUM.PL 2/02	51.00 A	42,5 A	40,50 A
PES. PL. Kg/h	1301 A	2148 A	2507 A
NUM.PL 12/02	38,5 A	43.00 A	36,00 A
PES. PL. Kg/h	2815,5 A	4683,5 A	3566 A
NUM PAN.3/4	72,5 A	92 A	61 A
NUM PAN.19	89 A	93,5 A	90 A

APENDICE 5

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO REAL, COBERTURA DEL SUELO POR RASTROJO

COMPARACION DE MEDIA

APENDICE 6

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA MATERIA ORGANICA

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	2.01 ***
LABOREO	2	0.21 ns
BLOQ*LABOR.	2	0.09 ns
PROFUNDIDAD	3	1.40 ***
LABOR*PROF	6	0.28 ns
MEDIA		4.43
CV		9.30

APENDICE 7

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA FOSFORO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	53.46 **
LABOREO	2	24.37 ns
BLOQ*LABOR	2	14.30 ns
PROFUNDIDAD	3	141.21 ***
LABOR*PROF	6	6.72 ns
MEDIA		11.26
CV		25.85

APENDICE 8

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA NITRATOS CON EL SUELO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	0.21 ns
LABOREO	2	31.60 **
BLOQ*LABO	2	8.94 ns
PROFUNDIDA	3	13.27 ***
LABO*PROF	6	5.17 ns
MEDIA		7.61
CV		27.75

APENDICE 9

COMPARACION DE MEDIA PARA LA DISTRIBUCION DE NO3 PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTO DENTRO DE CADA PERFIL

PROF	LC-LC	LC-SD	SD-SD
1	9,50 A	15,25 B	9,75 A
2	7,12 A	12,37 B	6,37 A
3	6,87 A	6,25 A	4,87 A
4	3,75 A	5,62 A	3,57 A

APENDICE 10

COMPARACION DE MEDIA DE PROFUNDIDAD DENTRO DE CADA TRATAMIENTO PARA NO3

PROF	LC-LC	LC-SD	SD-SD
1	9,50 A	15,25 A	9,75 A
2	7,12 AB	12,37 A	6,37 AB
3	6,87 AB	6,25 B	4,87 B
4	3,75 B	5,62 B	3,57 B

APENDICE 11

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA RENDIMIENTO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	36504 ns
TRATAMIENTO	2	201290 *
MEDIA		2853,6
CV		4,54

APENDICE 12

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA LA ESTABILIDAD DE AGREGADO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	0,0073 ns
TRATAMIENTO	2	0,57 *
MEDIA		2,79
CV		8,9

APENDICE 13

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA ESCURRIMIENTO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	1680 ns
TRATAMIENTO	2	25233 ns
MEDIA		155,4
CV		48,03

APENDICE 14

SIGNIFICANCIA DEL CUADRADO MEDIO PARA PERDIDA DE SUELO

FUENTE DE VARIACION	GL	CM
BLOQUE	1	0,98 ns
TRATAMIENTO	2	2,86 ns
MEDIA		1,08
CV		70,36

APENDICE 15

COMPARACION DE MEDIA

RENDIMIENTO		
LC-LC	LC-SD	SD-SD
3055 A	3017 AB	2488 B

ESTABILIDAD DE AGREGADO		
LC-LC	LC-SD	SD-SD
2,26 A	2,78 AB	3,33 B

ESCURRIMIENTO		
LC-LC	LC-SD	SD-SD
122,5 AB	63,20 B	280,5 A

PERDIDA DE SUELO		
LC-LC	LC-SD	SD-SD
2,46 A	0,50 AB	0,29 B