



**Universidad de la República
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**LABOREO Y FERTILIZACION
NITROGENADA PARA
MAIZ DE SECANO**

FERNANADO GARCÍA PRÉCHAC - GUILLERMO CARDELLINO

BOLETIN DE INVESTIGACION N° 52

MONTEVIDEO

1995

URUGUAY

Las solicitudes de adquisición y de intercambio con esta publicación deben dirigirse al Departamento de Documentación, Facultad de Agronomía, Garzón 780, Montevideo-URUGUAY

Comisión de Publicaciones:

Ing. Agr. Osvaldo del Puerto (egresado)

Ing. Agr. Hugo Petrocelli (docente)

Ing. Agr. Héctor González (docente)

Ing. Agr. Virginia Rossi (docente)

Bach. Marcelo Nougue (estudiante)

Bach. Mario Lema (estudiante)

Bach. Gustavo Uriarte (Editor)

Laboreo y fertilización nitrogenada para maíz de secano/
Fernando García Préchac, Guillermo Cardellino.--
Montevideo: Facultad de Agronomía, 1995.-- 32p.--
(Boletín de investigación; 52)

LABRANZA

MAIZ

ABONOS NITROGENADOS

CDU 338:631.4

LABOREO Y FERTILIZACION NITROGENADA PARA MAIZ DE SECANO

Fernando García Préchac¹
Guillermo Cardellino²

PREFACIO

El presente trabajo fue presentado para su publicación en la Revista de la División Uso y Manejo del Agua del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (DUMA-MGAP) en enero de 1989. Al haberse discontinuado dicha publicación y por tratarse de resultados de una línea de trabajo en la que participó la Facultad de Agronomía, se decidió presentar el manuscrito para su publicación por la Facultad.

Al escribirse este trabajo en 1988 no habían sido finalizados tres trabajos de Tesis de Graduación realizados dentro de esta línea de trabajo. Ellas son la de González y Lasca (1989), Altezor y Gago (1989) y Martínez y Silvera (1990).

RESUMEN

La reducción del laboreo puede causar superficies más rugosas y/o cubiertas por residuos que mejoren la disponibilidad de agua para cultivos de secano. Sin embargo, la producción con laboreo reducido es más dependiente del control químico de malezas y generalmente requiere más fertilizante N. Durante los 5 años entre 1983 y 1988 se condujeron ensayos estudiando el efecto de la intensidad del laboreo y la respuesta a la cantidad y forma de aplicación del fertilizante N sobre maíz en rotación con avena para corte, sobre un Brunosol éutrico típico (Argiudol típico) en el sur de Uruguay. En los 3 primeros años se usó un diseño de parcelas subdivididas en 4 bloques al azar. Los tratamientos mayores fueron laboreo primario con arado (A), con cincel (C) y no laboreo (N); los tratamientos intermedios fueron laboreo secundario con discos y dientes (dr) y no laboreo secundario (n); los tratamientos menores fueron 2 ó 3 niveles de fertilización N. Los 2 últimos años se reorientaron los experimentos usándose un diseño en parcelas divididas con 4 tratamientos de laboreo en las parcelas mayores: convencional (CONV), convencional en camellones (CAM), cincel y discos (C) y arado y siembra en la huella del tractor (A-S); en las parcelas

Recibido el 22 de setiembre, 1992

Aceptado el 24 de mayo, 1993

¹ Ing. Agr. (M.Sci., Ph.D.) Profesor de Manejo y Conservación de Suelos y Aguas, Ex Jefe del Dpto. de Investigación de la D.U.M.A.-M.G.A.P.

² Ing. Agr., Asesor Privado, Ex técnico del Dpto. de Investigación de la D.U.M.A.-M.G.A.P.

menores los tratamientos fueron 100 Kg de N/ha al voleo (NV) o en bandas dentro del suelo, 5 cm debajo y 5 cm al costado de las semillas (NB) y un testigo sin fertilizante N (NO). Los herbicidas usados en los ensayos fueron Paraquat y Atrazina. En los 3 primeros años se determinaron rendimiento en grano, población de plantas cosechada, índice de área foliar y contenido de agua en el suelo cada 20 cm hasta 120 cm semanalmente. En los 2 años restantes se agregaron algunas determinaciones de $N-NO_3$ en el suelo, de N foliar en plantas, de enmalezamiento y de mazorcas con aborto de granos. En los 3 primeros años A y C superaron a N en rendimiento y no existieron diferencias importantes debidas al laboreo secundario. En general existió tendencia a mayor respuesta al fertilizante N en el orden $N > C > A$. La peor performance de N se asoció a menor disponibilidad de agua y N en el suelo, relacionados a mayor enmalezamiento y a que el manejo de la avena dejó al suelo poco cubierto por residuos; por lo tanto, la reducción del laboreo no estuvo acompañada por el control de malezas y cobertura apropiados. En el primero de los otros 2 años, con exceso de agua temprano (noviembre) y déficit durante diciembre, los rendimientos fueron $CAM > CONV$ y $C > A-S$; A-S presentó mayor enmalezamiento y menor disponibilidad de agua en el suelo por ser el único tratamiento sin carpidas de entrefilas mientras CAM sufrió menos el exceso de agua en noviembre. Al año siguiente, con buen régimen hídrico, solo existieron pequeñas diferencias de baja significación ($P < 0,1$): $CONV$ y $CAM > C > A-S$. En los 2 años la localización del fertilizante N (NB) superó en rendimiento a la aplicación al voleo (NV) al generar mayor y más rápido crecimiento vegetativo, exploración radicular más profunda y mayor extracción de agua y N. Las interacciones no fueron en general significativas en los 5 años.

ABSTRACT

Soil tillage reduction can improve water availability for non-irrigated crops by increased soil surface roughness and soil surface cover. Nevertheless, agricultural production with reduced soil tillage depends on herbicides for weed control and generally needs more N fertilizer. Between 1983 and 1988 five experiments were conducted to study the effects of soil tillage intensity, and response to N fertilizer quantity and application method on corn (*Zea mays*), with oat as cover crop, in a Typic Argiudoll of southern Uruguay. During the first 3 years a split-split-plot design in 4 completely randomized blocks was used. Major plot treatments were primary tillage with plow (A), chisel (C) and no primary tillage (N); secondary plot treatments were secondary tillage with disks and harrow (dr) and no secondary tillage (n); small plot treatments were 2 or 3 N fertilizer levels. In the last 2 years the experiments were changed using a split-plot design with 4 tillage treatments in the main plots: conventional (CONV), conventional with ridges (CAM), chisel and disks (C) and plow-plant in the wheel traks (A-S); in the small plots treatments were 100 Kg/ha of N broadcast applied (NV) or banded 5 cm below and 5 cm aside the seed row (NB) and a check with no N fertilizer (NO). Herbicides used in the experiments were paraquat and atrazine. In the first 3 years measurements included grain yield, plant population, leaf area index, and soil water content in 20 cm increments down to 120 cm depth weekly. In the last 2 years other measurements were added: soil $N-NO_3$, leaf and plant N content, weed quantity, and ears with grain abortion. During the first 3 years A and C yields were greater than N yield. There was no yield difference between secondary tillage treatments. In general, response to N fertilizer was $N > C > A$. N lower performance was associated to lower soil water and N availability, related to higher weed population and low residue cover because of late oat utilization under cut. Therefore, tillage reduction had not the appropriate weed control and residue cover. In the first of the 2 last years, with soil water excess in November and deficiency in December, yields were $CAM > CONV$ and $C > A-S$; as the only treatment not having secondary row tillage to control weeds, resulting in higher weed competition and lower soil water availability, meanwhile CAM plants were less affected by the early soil water excess. In the last 2 years N fertilizer localization (NB) outyielded broadcast application (NV) because of greater and faster growth, deeper root growth and higher soil water and N use. In the 5 experiments interactions were in general no significant.

INTRODUCCION

A mediados de 1979, la DUMA presentó en el 1er. Seminario Nacional sobre Conservación y Manejo de Recursos Naturales Renovables, una revisión titulada Síntesis sobre la Problemática del Agua en la Producción Agropecuaria (Hofstadter, *et al.* 1979). Entre las conclusiones de dicho trabajo, la primera dice: "A corto y mediano plazo, la mejor utilización del recurso agua en la producción vegetal, debe lograrse principalmente mediante el manejo del escurrimiento superficial. Esto significa considerar el manejo del agua junto con el del suelo y cultivos, tanto a nivel de investigación como de asistencia técnica".

En 1983 se iniciaron una serie de experimentos, entre los que se encontraban los trabajos sobre diferentes alternativas de laboreo para maíz, que duraron 5 años y cuyos resultados son el motivo del presente artículo. Estos ya fueron presentados como avance en las Jornadas Técnicas 1988 de la Facultad de Agronomía (García *et al.*, 1988b y García, 1988).

Se partió del concepto de que cualquier alternativa de reducción del laboreo que dejara la superficie más rugosa y/o más cubierta por residuos debería aumentar la relación infiltración/escurrimiento, lo que podría mejorar la captación de lluvias durante el ciclo del cultivo. Sin embargo, se tenía claro que aunque no se obtuvieran beneficios en términos de producción del cultivo, estas prácticas reportarían beneficios en términos de conservación de suelos.

Son numerosos los trabajos que muestran mayor contenido de agua en el suelo, en general acompañado por mejores rendimientos, debido a la eliminación o reducción de laboreo (p.ej. Blevins *et al.*, 1971). Los mayores beneficios se obtienen a medida que se reducen las precipitaciones y son más importantes cuanto mayor es la cantidad de residuos que se deja en superficie, de acuerdo a una revisión realizada por Van Doren y Allmaras (1978). En estos casos, uno de los efectos más importantes se produjo sobre la cantidad de agua disponible que el suelo tuvo a la siembra. Los trabajos revisados por los autores mencionados, indican que el beneficio a esperar por el mantenimiento de residuos sobre la superficie, se reduce a medida que la disponibilidad y distribución climática del agua mejora. En climas relativamente húmedos, como el de Uruguay, no son de esperar diferencias importantes en el contenido de agua del suelo a la siembra de los cultivos de verano debidas a diferencias en el laboreo (CIAAB, 1974), porque durante los meses de invierno el suelo se recarga completamente de agua, produciéndose además los mayores excesos del año (Burgos y Corsi, 1978).

Unger y Stewart (1983) presentan una extensa revisión de todos los procesos y mecanismos por los cuales la mayor rugosidad superficial y la cobertura del suelo con residuos mejoran la disponibilidad de agua del suelo. El efecto de reducción o eliminación del laboreo y la cobertura del suelo por residuos sobre la reducción de la erosión del suelo está extensamente documentada en diferentes zonas agrícolas del mundo (Wischmeier y Smith, 1978, Moldenhauer, 1979), pero interesa destacar información de nuestros países vecinos (Wünsche y Velloso, 1982; Lattanzi y Marelli, 1982).

La reducción o eliminación del laboreo y el cubrimiento del suelo con residuos producen otros efectos o cambios en comparación a la realización de laboreo convencional. A continuación se enumeran algunos que se consideran particularmente importantes. En primer lugar el control de malezas pasa a ser parcial o totalmente dependiente de la utilización de herbicidas; éste ha sido el principal inconveniente encontrado al iniciar la experimentación en laboreo reducido y siembra directa en el país (Oudry, 1977) y continúa siéndolo, debido a posibles impactos ambientales y al costo de los herbicidas más eficaces, aunque las perspectivas de futuro parecen más alentadoras en este sentido (Díaz, 1982). En segundo lugar, se requiere cambiar o adaptar los equipos de siembra para trabajar en suelo más compactado y/o cubierto de residuos. En tercer lugar se producen importantes cambios en la dinámica del nitrógeno.

De acuerdo con Vitosh et al. (1984), en los sistemas de no laboreo la disponibilidad de nitrógeno para las plantas es generalmente menor que en los sistemas de laboreo convencional. Esto es debido a menor velocidad de mineralización de la materia orgánica, mayor inmovilización de nitrógeno y mayores pérdidas por denitrificación y lixiviación. La menor velocidad de mineralización es debida a la no ocurrencia de los importantes incrementos de la aereación del suelo causadas por los aumentos de macroporosidad que provocan las labores convencionales. La mayor inmovilización se da principalmente cuando se hacen aplicaciones superficiales de fertilizantes nitrogenados sobre la capa de residuos en los sistemas de no laboreo (Rice y Smith, 1984). Las mayores pérdidas por denitrificación o lixiviación se deben al mayor contenido de agua del suelo bajo no laboreo, como ya se indicó, y a la mayor infiltración y percolación de agua en estos sistemas. La mayor infiltración en relación al escurrimiento ya fue comentada, pero también se han observado mejores condiciones para la percolación de agua en sistemas con varios años de no laboreo, relacionados a una mayor actividad de lombrices que genera una importante red de galerías continuas desde la superficie hacia zonas profundas del suelo (Edwards y Norton, 1985). El mismo efecto tiende a ser producido por la descomposición de raíces pivotantes sin alteración física. Sin embargo, esto no necesariamente implica mayor lavado de nitrógeno, porque el flujo de agua en estos poros es muy rápido y no llega a involucrar los poros dentro de los agregados donde está retenida la solución del suelo con las formas minerales de nitrógeno.

Se han observado menores rendimientos en sistemas de no laboreo cuando no se fertiliza con nitrógeno y mayores requerimientos de fertilización nitrogenada para llegar a los máximos rendimientos que en sistemas de laboreo convencional. Existe una tendencia a llegar a rendimientos similares con altas dosis de fertilización nitrogenada, si el sistema de no laboreo se mantiene sin alteraciones durante por lo menos 5 años (Doran y Smith, 1987; Meisinger, 1985, cit. por McGill y Myers, 1987).

Al plantearse los ensayos en 1983, los objetivos fueron:

1) comparar diferentes combinaciones de laboreo primario y secundario, variando desde convencional hasta no laboreo, en términos de producción del cultivo de maíz; 2) estudiar la incidencia de los diferentes sistemas ensayados sobre la dinámica del agua en el suelo y su relación con la producción del cultivo; y 3) estudiar posibles interacciones entre los sistemas de laboreo y la respuesta a la fertilización nitrogenada.

El plan experimental original se mantuvo por 3 años, y tuvo la particularidad de que el cultivo de maíz se realizaba con avena para corte intercalada como cobertura de invierno, dejando muy pocos residuos sobre la superficie del suelo. Además, no se contó con equipo de siembra para no laboreo. Estas condicionantes llevaron a reformular los ensayos a partir de 1986. También se tuvieron en consideración otros aspectos, entre los que se destaca la mayor eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado aplicado dentro del suelo que sobre el mismo o con incorporación parcial (Vitosh et al., 1984; Touchton y Hargrove, 1982; Mengel et al., 1982; Baudel, 1985; Locke y Hons, 1988). También se consideraron posibles ventajas de la ubicación del fertilizante nitrogenado en la zona del suelo donde se espera una alta proliferación del sistema radicular desde los primeros estadios de crecimiento (García et al. 1982a).

Los nuevos objetivos, a partir de 1986 fueron: 1) continuar la comparación entre los sistemas de laboreo reducido más promisorios (en base a los resultados de los 3 primeros años) con el laboreo convencional, en el cual se introdujo la variante de encamellonar previo a la siembra; 2) continuar el estudio comparativo de los sistemas de laboreo en cuanto a la evolución del contenido de agua del suelo y su incidencia en la producción del cultivo; y 3) comparar la localización del fertilizante nitrogenado en la misma posición en que se localiza el fertilizante fosfatado, frente a la aplicación al voleo con incorporación superficial.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en la Unidad Experimental de la DUMA-MGAP, ubicada en Aguas Blancas, Lavalleja. El suelo sobre el que se realizaron los ensayos es un Brunosol éútrico típico (Argiudol Típico) de la Unidad Valle Aiguá de la Carta de reconocimiento de Suelos del Uruguay de la Dirección de Suelos del M.G.A.P.. Previo al comienzo de los trabajos estuvo en campo natural regenerado durante más de 20 años. Se roturó en 1981, realizándose en forma continuada cultivos de avena y maíz. El sistema de cultivo de los ensayos fue maíz con avena para corte intercalada desde la cosecha del maíz hasta el comienzo de los laboreos primarios. Estos comenzaron entre agosto y mediados de setiembre en los tratamientos que los incluyeron. En los tratamientos sin laboreo primario, se continuó con los cortes y más cerca de la siembra se aplicó un herbicida desecante (paraquat). En pre o post emergencia se usó atrazina en todos los tratamientos.

En los 3 primeros años, el diseño fue parcelas subdivididas, dispuestas en 4 bloques al azar. Los tratamientos de laboreo primario se ubicaron en las parcelas mayores y fueron una arada con arado de discos (A), 2 pasadas cruzadas a 45° de cincel (C) y no realización de laboreo primario (N). Las parcelas intermedias tuvieron los tratamientos de laboreo secundario que fueron una pasada de rastra de discos y una o dos pasadas de rastra de dientes (dr) y no realización de laboreo secundario (n). En las parcelas menores se ubicaron los tratamientos de fertilización nitrogenada, consistentes en un testigo sin fertilización y una o dos dosis de fertilización realizada con urea aplicada al voleo. En todos los tratamientos se usaron dosis de 100 Kg/Há de P_2O_5 (44 Kg/Há de P) aplicado como superfosfato.

En los últimos 2 años el diseño fue parcelas divididas dispuestas en 5 bloques al azar. En las parcelas grandes se instalaron los sistemas de laboreo: 1) (Conv.) convencional (una arada con arado de discos, una pasada de rastra de discos y una pasada de rastra de dientes), 2) (Cam.) convencional encamellonado (idéntico al anterior pero con la confección de camellones previa a la siembra), 3) (C) cincel y izquierda 2 pasadas cruzadas a 45° de cincel, una de rastra de discos y una de rastra de dientes) y 4) (A-S) arado y siembra (una arada con arado de discos y siembra en la huella de las ruedas del tractor). En las parcelas chicas se dispusieron los tratamientos de dosis y forma de aplicación del fertilizante nitrogenado (Urea): 1) (NO) sin fertilización, 2) (NV) 100 Kg/Há aplicados al voleo o 3) (NB) en bandas, 4-5 cm debajo y 4-5 cm al costado de la semilla. Aproximadamente un mes luego de la siembra se realizaron carpidas en los tratamientos Conv. y C y se aporcó el tratamiento Cam.: A-S no tuvo ninguna remoción del suelo luego de la siembra.

La fecha de siembra se ubicó desde mediados de octubre a mediados de noviembre. El híbrido utilizado en el primero año fue Cargill Record 120; en los restantes años se utilizó Cargill Record 156. La siembra fue realizada con una sembradora convencional a 80 cm de distancia entre filas. En los 2 primeros años, en los tratamientos que por reducción de laboreo se sabía que tendrían problemas de implantación por uso de este equipo, se aseguró la población con siembra manual, pero esta práctica se abandonó a partir del tercer año inclusive.

Las determinaciones realizadas en los 3 primeros años (1983-85), cuyos resultados se presentan en este artículo, fueron rendimiento en grano, población de plantas instalada y cosechada, índice de área foliar (IAF) en floración, y contenido de agua en el suelo semanalmente en incrementos de 20 cm hasta 105 cm de profundidad. El IAF se estimó como la sumatoria del largo por el ancho por 0,75 de todas las hojas totalmente desplegadas (Núñez y Kamprath, 1969). Las determinaciones de contenido de agua se efectuaron con sonda de neutrones (García, Chiara y Cardellino, 1981). En el primer año estas determinaciones solo se realizaron en una repetición. En 1985/85, se determinó el contenido de N en grano y chala a la cosecha para calcular la cantidad de N cosechada.

En los 2 años restantes se midió el IAF en diferentes momentos, se hicieron algunas clasificaciones de choclos a la cosecha, entre las que se destaca la proporción que presentaba aborto de granos, se hicieron determinaciones de enmalezamiento, se determinó la concentración de $N-NO_3$ en la capa arable a la siembra y en el último año, como indicador del status de nutrición nitrogenada de las plantas, se determinó el contenido de N foliar en floración.

En todos los casos se realizó el análisis de varianza de los resultados de acuerdo al diseño experimental. Las sumas de cuadrados de tratamientos, se abrieron en contrastes independientes de medias de un grado de libertad. Cuando los resultados analizados fueron proporciones o porcentajes, se realizó la transformación arcoseno (proporción), pero se presentan las medias no transformadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Rendimiento en grano

1.1 Resultados de 1983-84, 1984-85 y 1985-86

En la figura 1 se presentan los rendimientos en grano de los 3 primeros años. En 1983-84, el régimen pluvial fue muy adecuado para el cultivo, como se ve en el recuadro correspondiente de la figura 1a. La respuesta al agregado de 90 Kg de N/Há fue significativa en todas las combinaciones de laboreo. El término de interacción no fue significativo al 5%, sin embargo, la relación Rendimiento con N90/Rendimiento con NO presenta el siguiente orden para los tratamientos de laboreo primario: Arado<Cinzel<Nada, como se observa en el recuadro de la figura 1a.

El laboreo secundario con disquera y rastra en 1983-84 produjo rendimientos significativamente mayores que la no realización de laboreo secundario.

En el mismo año, la realización de una arada como laboreo primario fue significativamente superior que el promedio de realizar el laboreo primario con cinzel y el de no realizar laboreo primario. Al nivel de significación de 10%, el laboreo primario realizado con cinzel fue superior a la no realización de laboreo primario.

Las interacciones de laboreo primario x secundario y la triple (lab. primario x lab. secundario x N) no fueron significativas.

En 1984-85, el régimen hídrico también fue favorable en la época de floración del cultivo (fig. 1b). La respuesta a la aplicación de N fue significativa y fue mayor cuando no se hizo laboreo primario que en el promedio de los otros 2 tratamientos de laboreo primario. El efecto principal de los tratamientos de laboreo primario fue significativo al 1%, la no realización de laboreo primario fue menor al promedio de la realización del mismo con arado o cinzel. Entre estos 2 tratamientos no hubo diferencia significativa. Tampoco al comparar los 2 tratamientos de laboreo secundario; la interacción triple no fue significativa.

En 1985-86, como se observa en la información presentada en la figura 1c, el cultivo sufrió falta de agua, especialmente durante la floración. Los rendimientos fueron bajos por esta causa. Sin embargo, la respuesta a la aplicación de N fue significativa ($P<0,05$), el rendimiento del tratamiento sin laboreo primario fue significativamente ($P<0,01$) inferior al promedio de realizarlo con arado o con cinzel y entre estos no hubo diferencia significativa. Tampoco fue significativa la diferencia entre hacer o no laboreo secundario. La interacción laboreo primario x N no resultó significativa pero la tendencia de la relación Rendimiento con 100 Kg de N/Rendimiento sin N fue idéntica a la observada en 1984-84. Nuevamente, no resultó significativa la interacción triple.

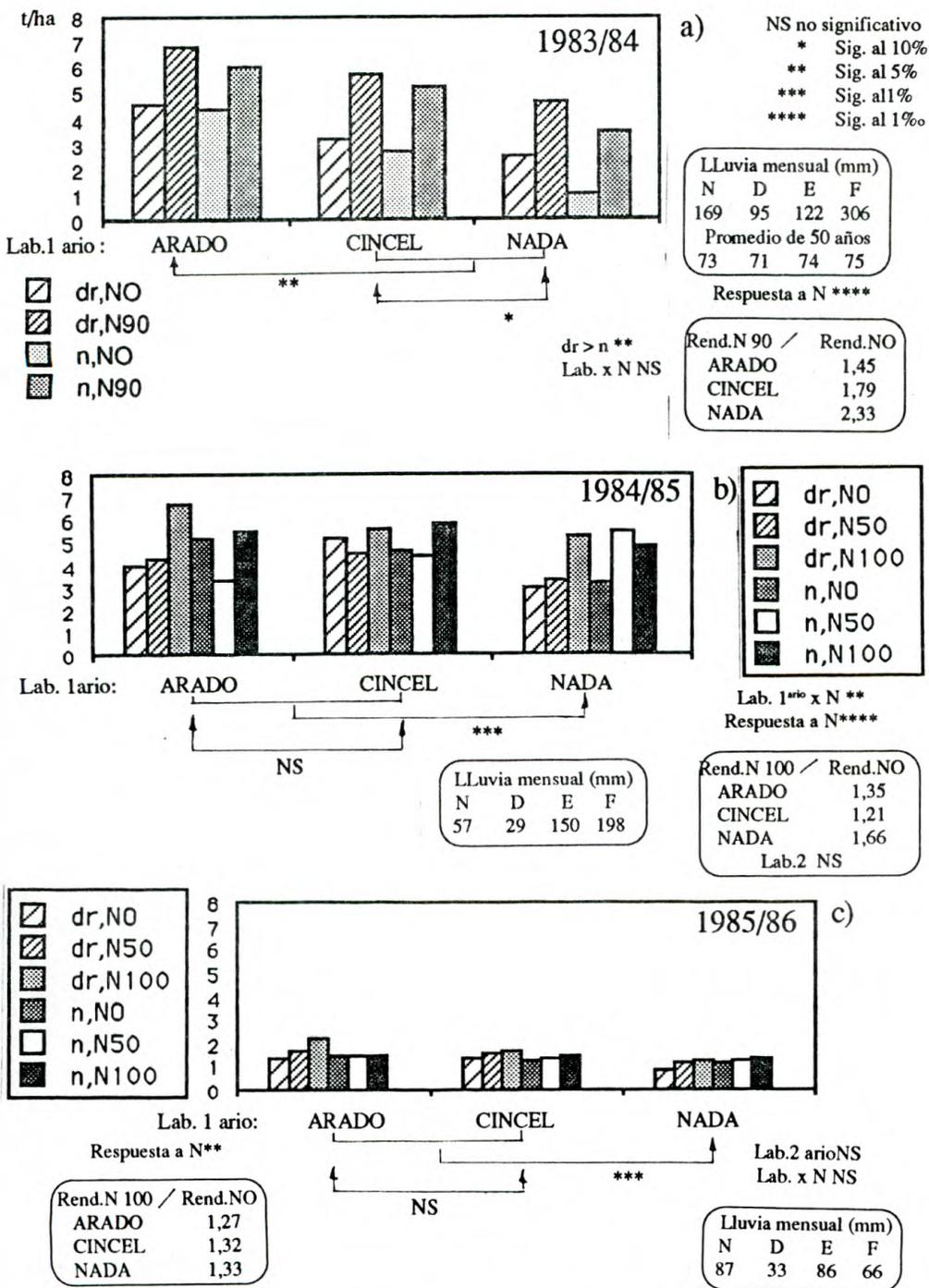


Fig. 1.- Rendimiento en grano de maíz con 15% de humedad

1.2 Resultados de 1986-87 y 1987-88

En 1986-87, las condiciones climáticas fueron claramente adversas para el cultivo; en noviembre la lluvia fue excesiva y ocurrió exceso de agua en el suelo, pero en diciembre y enero la lluvia fue claramente escasa (figura 2a). En la misma figura, se observa que los rendimientos fueron bajos. La respuesta a la aplicación de N fue significativa (No. vs. (Nv, NB)) y la aplicación en bandas fue mejor que la aplicación al voleo (Nv. vs NB). El tratamiento Arado y siembra (A-S) fue inferior a los otros tratamientos de laboreo ($P < 0,01$). El laboreo convencional no resultó diferente al realizado con cincel y disquera pero fue inferior ($P < 0,01$) al compararlo con el laboreo convencional encamellonado. La interacción laboreo x N no resultó significativa.

En 1987-88 se presentó un año climáticamente muy bueno para el cultivo (fig. 2b). Las comparaciones entre los tratamientos de fertilización N dieron los mismos resultados que en el año anterior. Sin embargo, al comparar los tratamientos de laboreo, el arado y siembra fue inferior a los otros tratamientos ($P < 0,1$). Cincel y disquera difirió de los convencionales también al 10%. No existió diferencia significativa entre los tratamientos convencionales. La interacción Laboreo x N no resultó significativa, aunque los tratamientos de laboreo convencional aparecen con mayores rendimientos cuando no se aplicó N.

2. Población de plantas a la cosecha

2.1 Resultados de 1983-84, 1984-85 y 1985-86.

La población de plantas sólo mostró diferencias significativas entre tratamientos de laboreo primario en 1985-86 (fig. 3). En dicho año, la no realización de laboreo primario determinó una población de plantas significativamente menor a los otros 2 tratamientos de laboreo primario y entre éstos, el cincel determinó una población significativamente menor que el arado. En dicho año todas las siembras se hicieron con una máquina sembradora convencional, como se indicó en materiales y métodos, por lo que los resultados eran de esperar.

En cuanto a la realización o no del laboreo secundario, no existieron diferencias significativas al 5% en ninguno de los tres años.

En los dos últimos años fue significativo el efecto de la fertilización nitrogenada en cuanto a mejorar la población de plantas efectivamente instalada, probablemente a través de mejorar el crecimiento y la habilidad de competencia con las malezas.

2.2 Resultados de 1986-87 y 1987-88.

En 1986-87 el tratamiento Arado y siembra tuvo una población de plantas a la cosecha muy significativamente menor al promedio de los otros 3 tratamientos de laboreo (fig. 4a.). Entre estos, el tratamiento cincel y disquera (C) tuvo una población muy significativamente menor al promedio de los tratamientos convencionales y entre éstos, la del tratamiento en camellones fue significativamente mayor ($P < 0,01$).

El problema en los tratamientos de laboreo reducido en este año, se originó en un mal funcionamiento del control químico de malezas. No se usó el desecante (paraquat) y la atrazina no fue efectiva en controlar el rebrote de avena (Fig. 5). Los datos de esta figura son previos al control mecánico realizado en todos los tratamientos de laboreo, excepto el A-S.

La diferencia en población de plantas instaladas a favor del encamellonado, cuando se comparan los tratamientos de laboreo convencional, no se relaciona con la incidencia de malezas, pero podría tener explicación en el exceso de agua que ocurrió en noviembre, cuando las plantas eran pequeñas (fig. 2a). En etapas vegetativas las plantas de maíz son sensibles al exceso de agua (Capurro, 1984) y el encamellonado puede haber mejorado el drenaje en dicho

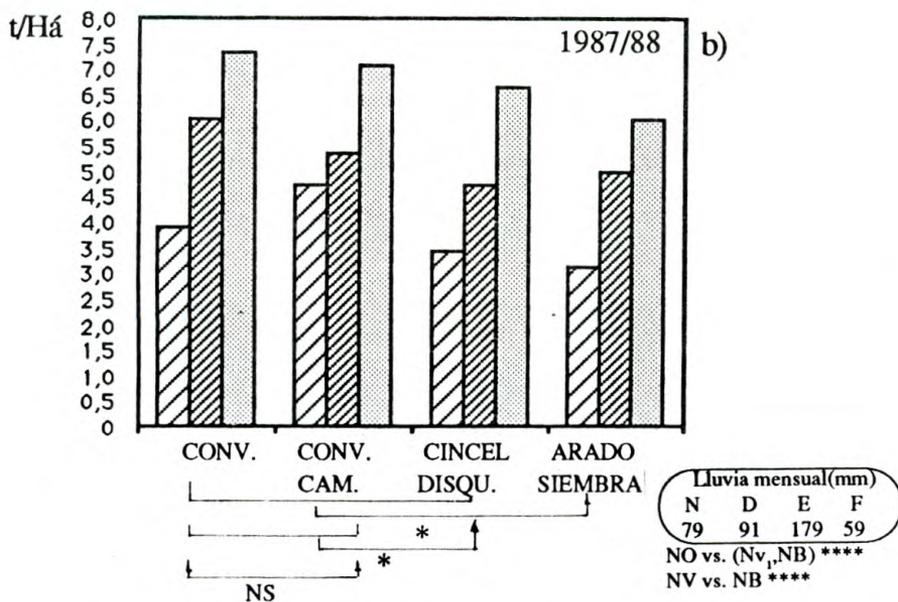
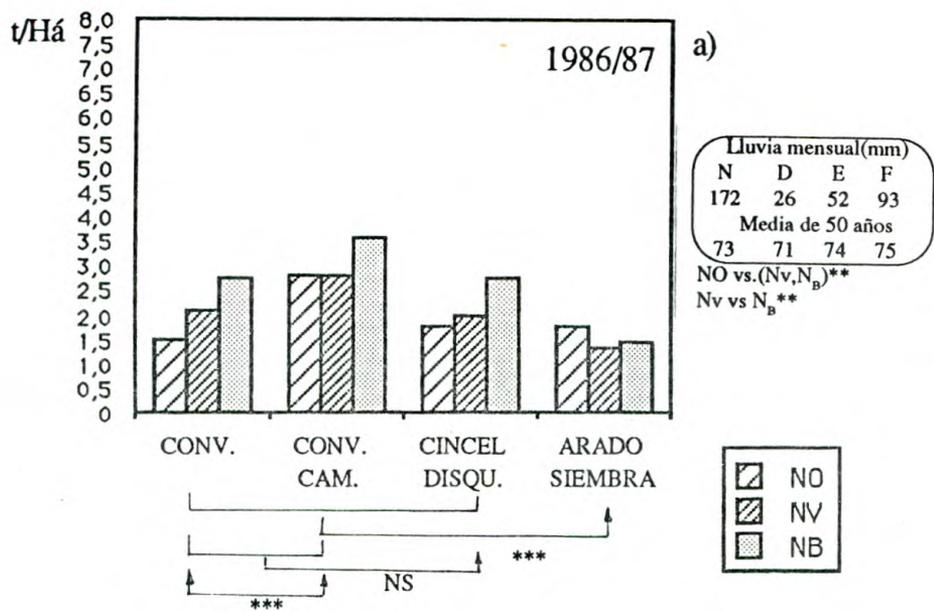


Fig. 2.- Rendimiento en grano de maíz con 15% de humedad

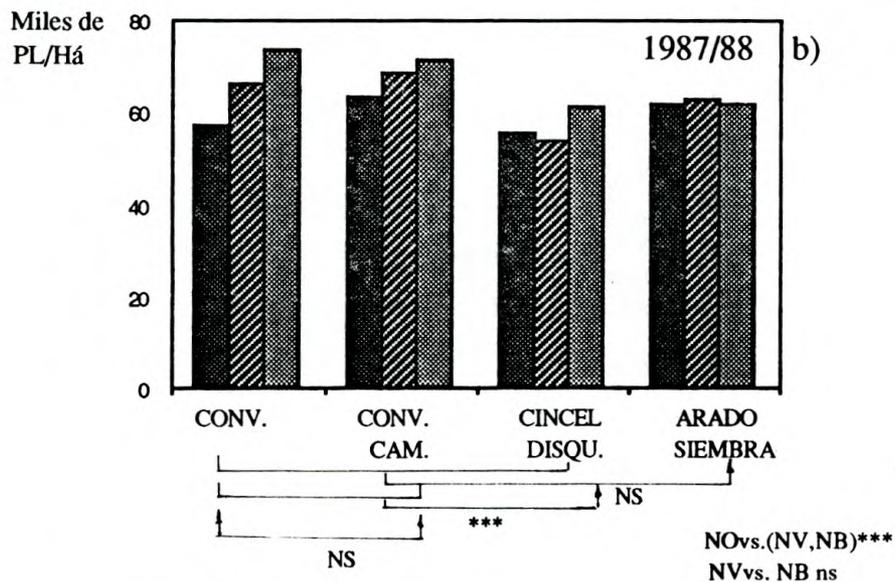
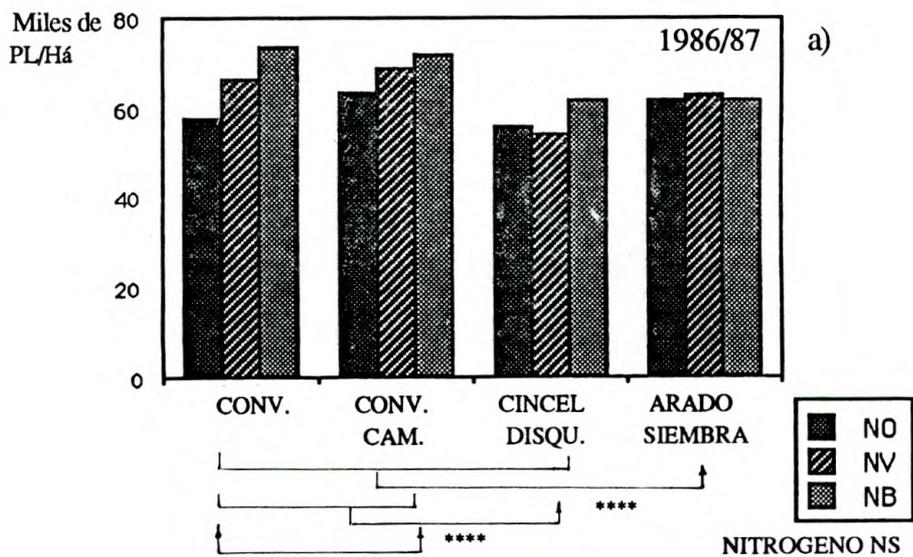


Fig. 4.- Población de plantas cosechadas promedio por tratamiento

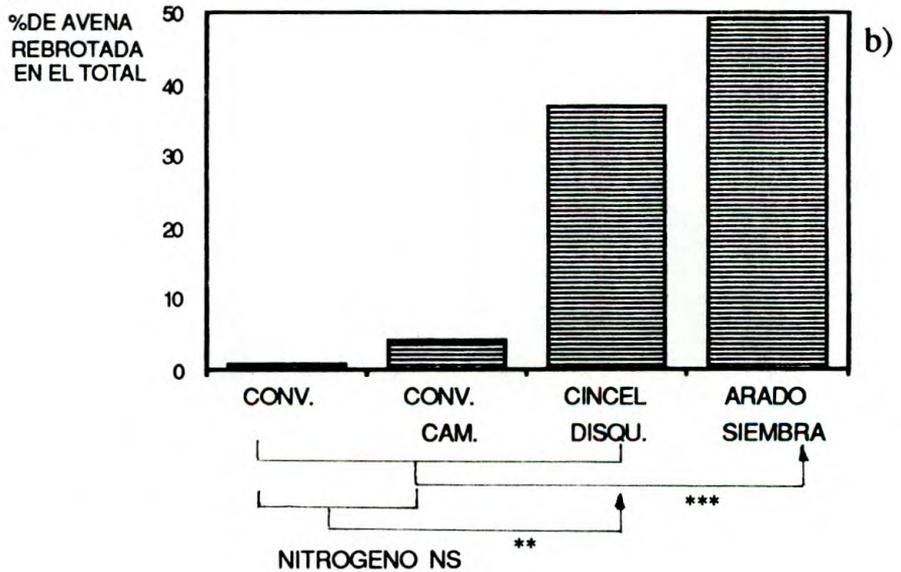
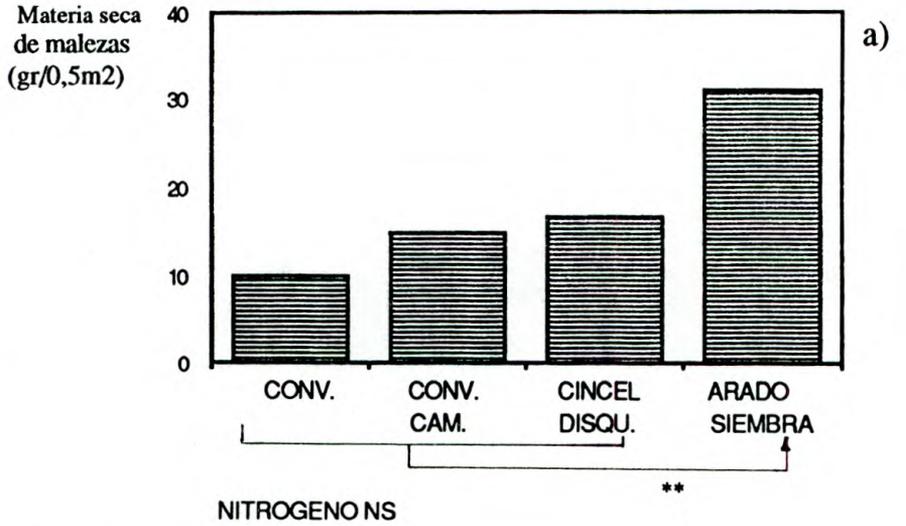


Fig. 5.- Enmalezamiento previo al control mecánico en 1987/88

3. Variación del contenido de agua del suelo

3.1 Resultados de 1984-85 y 1985-86

Para tener una forma simple de expresar la evolución de una variable tan dinámica, se optó por comparar a los tratamientos en cuanto a la descarga de agua durante el período vegetativo hasta floración y también en algún período de recarga que normalmente coincidió con etapas avanzadas de la floración.

La figura 6a. indica que en 1984-85, la descarga del suelo hasta 120 cm fue significativamente mayor en los tratamientos sin laboreo y con laboreo primario vertical, comparados con el tratamiento que fue arado. Entre aquellos, si bien la diferencia no tuvo significación estadística, el tratamiento sin laboreo primario alguno tendió a perder más agua. Al darse un período de evolución positiva del contenido de agua del suelo (fig. 6a, 9/1/85 al 18/1/85), los tratamientos se ordenaron de la misma manera que durante la descarga.

En 1985-86, año de menores precipitaciones, en el período de descarga considerado, se observó nuevamente que el tratamiento sin laboreo primario fue el que perdió más agua (figura 7a) y que en el período de recarga, nuevamente fue el que tuvo mayor recuperación. Pero en este año, fue el tratamiento con cincel el que descargó y recargó menos que el arado.

En ambos años, el tratamiento sin laboreo primario, que tuvo mayor balance negativo de contenido de agua en el suelo, fue el que rindió significativamente menos grano, no difiriendo los tratamientos con algún laboreo primario como ya se indicó.

La posible razón para explicar que el tratamiento sin laboreo primario haya sido el que perdió más agua durante el período vegetativo es que al reducirse el laboreo, aunque no se midió, se observó un mayor enmalezamiento, en cierta medida relacionado con una más lenta instalación de las plantas del cultivo. Estas malezas, evapotranspirando desde temprano en el ciclo vegetativo, pueden haber contribuido a la mayor descarga. Conviene recordar que los residuos del cultivo anterior que quedaron sobre la superficie fueron muy escasos, a diferencia de muchos ejemplos en que el no laboreo deja importante cantidad de residuos en superficie mejorando la detención superficial, favoreciendo la infiltración y reduciendo la evaporación directa.

En cuanto a la recarga, parece lógico que los tratamientos que anteriormente había sufrido mayor descarga y estaban con menor contenido de agua en el suelo fueran los que permitieran una mayor infiltración y recuperación del contenido de agua del suelo.

Las figuras 6b y 7b indican como se distribuyó en profundidad la descarga en ambos años. En primer lugar, puede observarse que en general la extracción fue importante en ambos años no más allá de los 80 cm de profundidad. En segundo lugar, en todos los espesores de 20 cm se observó la misma tendencia que considerando conjuntamente los primeros 120 cm.

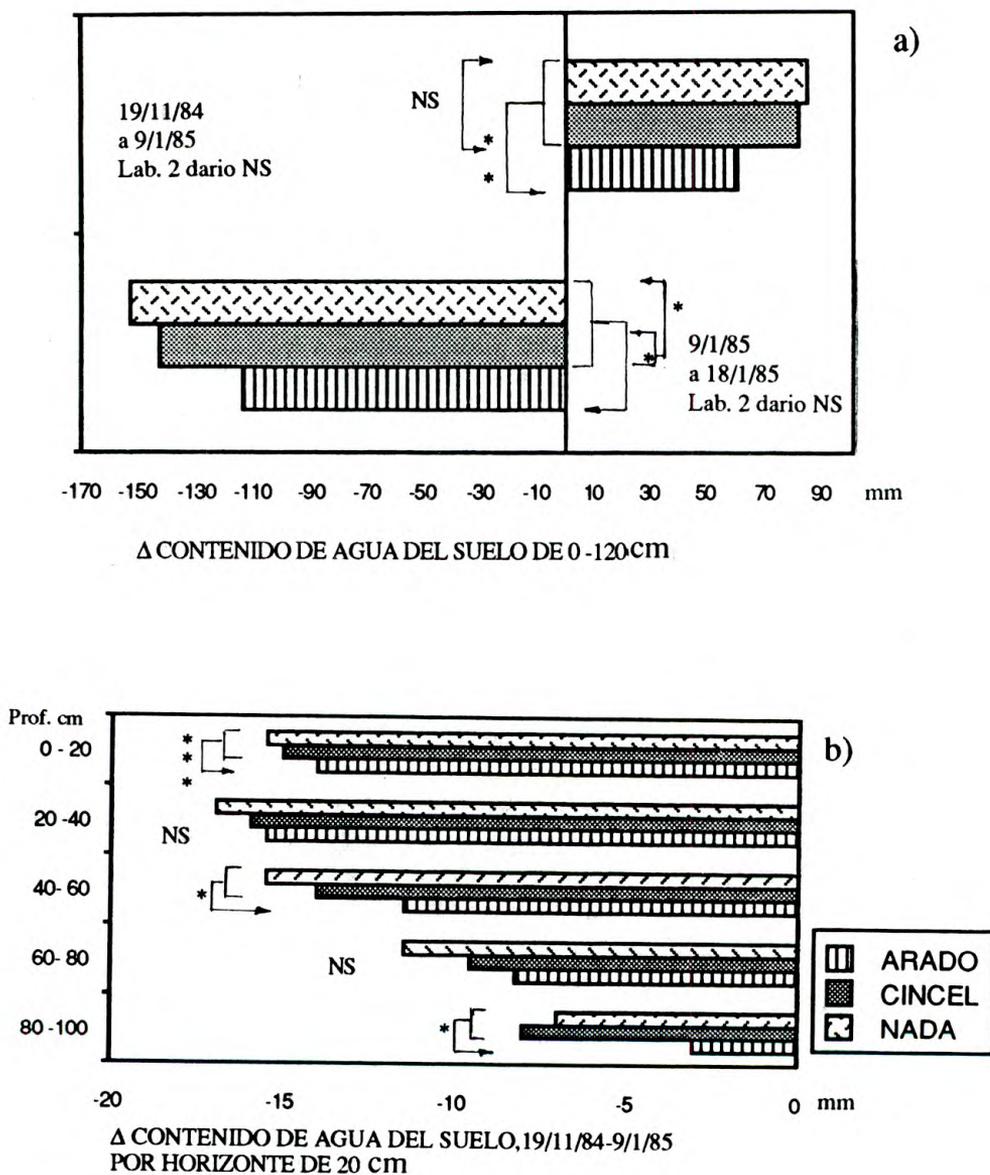


Fig. 6.- Variación (Δ) del contenido de agua del suelo en dos períodos que incluyen vegetativo y floración 84/85

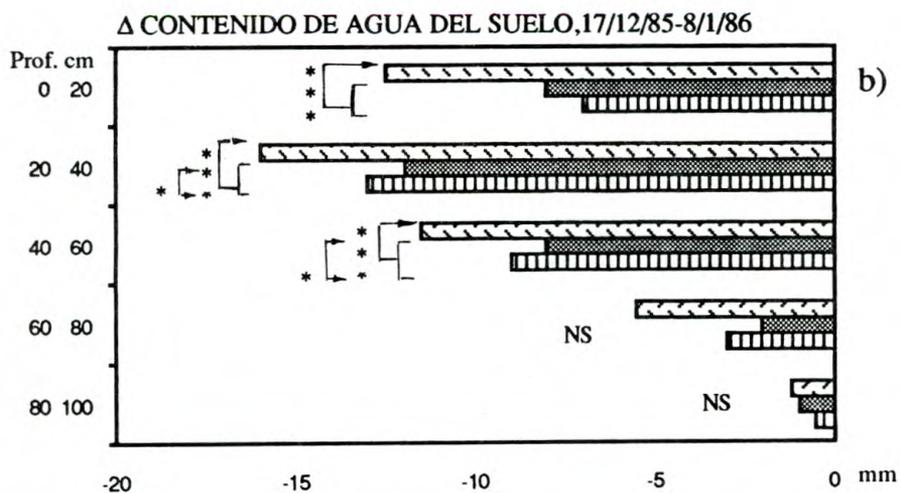
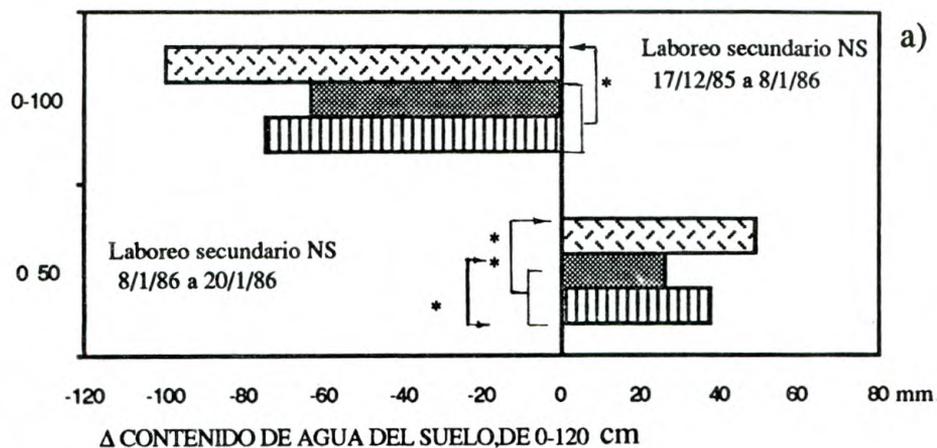


Fig. 7.- Variación (Δ) del contenido de agua del suelo en dos períodos que incluyen vegetativo y floración 85/86

3.2. Resultados de 1986-87 y 1987-88

En el cuadro de la fig. 8a, se observa que la descarga de agua hasta floración fue menor en el tratamiento convencional encamellonado considerando los primeros 120 cm de suelo. La distribución en profundidad de esa descarga, muestra que dicho tratamiento no difirió en su descarga de los demás en los primeros 20 cm, más bien tendió a perder más agua de esa profundidad, junto con el cincel. Pero en los demás incrementos de 20 cm fue el tratamiento que menos agua perdió.

Entre las formas de aplicación del fertilizante nitrogenado (fig. 8b), la localización del mismo debajo de las plantas produjo más extracción de agua desde los horizontes profundos.

El tratamiento encamellonado podría tener ventajas en la recarga del suelo por parte de las lluvias ocurridas en este período, debido a la detención de escurrimiento que provoca, pero la lluvia de diciembre fue solamente de 26 mm. El tratamiento arado y siembra también presenta condiciones de las entrefilas que favorecen la infiltración sobre el escurrimiento, pero como se comentó, fue el tratamiento más enmalezado. Otra posibilidad para explicar la menor descarga del encamellonado es que el movimiento ascendente de agua en el suelo para evaporarse, o cuando hay lluvias, tiende a confluir hacia la zona del camellón, donde hay más raíces del cultivo. Esto podría hacer más eficiente el uso del agua por el cultivo y ahorrar evaporación, requiriendo menor extracción desde horizontes profundos.

La extracción más profunda del tratamiento NB, puede estar explicada por el mayor crecimiento vegetativo de las plantas (ver fig. 12), llegando sus raíces a mayor profundidad.

La recarga debida a una pequeña lluvia entre el 7 y 21 de enero de 1987 (fig. 9a) fue mayor en el tratamiento encamellonado y en el NB (9b). En el primer caso, debido a su mayor capacidad de detención superficial. En el segundo, debido a su menor contenido de agua al ocurrir la lluvia.

Entre los tratamientos de laboreo, al igual que en los años anteriores, los tratamientos con menor balance negativo y más agua hasta floración fueron los que tuvieron mayor rendimiento en grano y viceversa.

Es interesante, en este sentido, observar como el tratamiento encamellonado, que tuvo mejor régimen hídrico en 1986-87, fue el que presentó el menor porcentaje de choclos con aborto de granos (fig. 10).

Los datos de 1987-88 no son susceptibles de ser analizadas estadísticamente ya que en la fecha de menor contenido de agua del suelo en todo el ciclo (29/12/88) se obtuvo información solamente en una repetición del ensayo. La diferencia entre el 7/12/87 y el 29/12/87, discriminada por tratamientos y profundidad, se presenta en las figuras 11a y 11b.

Al comparar estos resultados con los del año anterior, se observa una clara menor disminución del contenido de agua del suelo durante los 22 días considerados de 1987, frente a los 35 días que se consideraron en 1986/87. La mayor diferencia se observa en los primeros 20 cm. Pero en 1987, la lluvia durante diciembre fue más de tres veces superior a la del año anterior. En ese año, los dos tratamientos convencionales fueron los que presentaron mayor descarga en el perfil estudiado (0-105 cm), habiendo sido también los de mayor crecimiento y producción. El tratamiento CAM se destaca por la mayor descarga desde 65 hasta 105 cm, comportamiento que difiere del que tuvo en el año anterior, en el que perdió menos agua de los horizontes profundos.

Entre los tratamientos de nitrógeno, tampoco se observan diferencias muy claras, pero desde 30 hasta 105 cm la tendencia indica a NB extrayendo más agua, como en el año anterior, lo que se evidencia al comparar el total descargado para los 105 cm de suelo considerados.

De todas maneras, las diferencias en cada profundidad fueron muy pequeñas y no hay

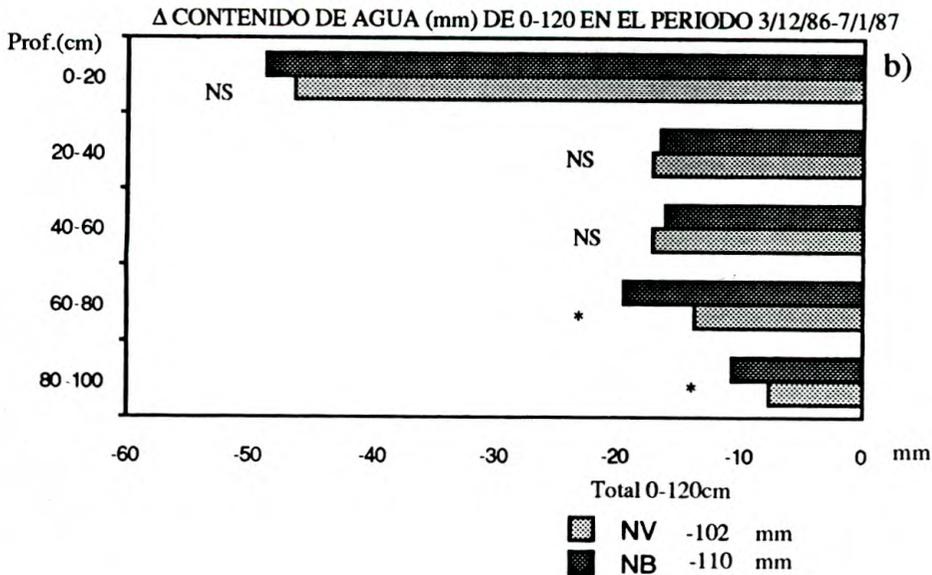
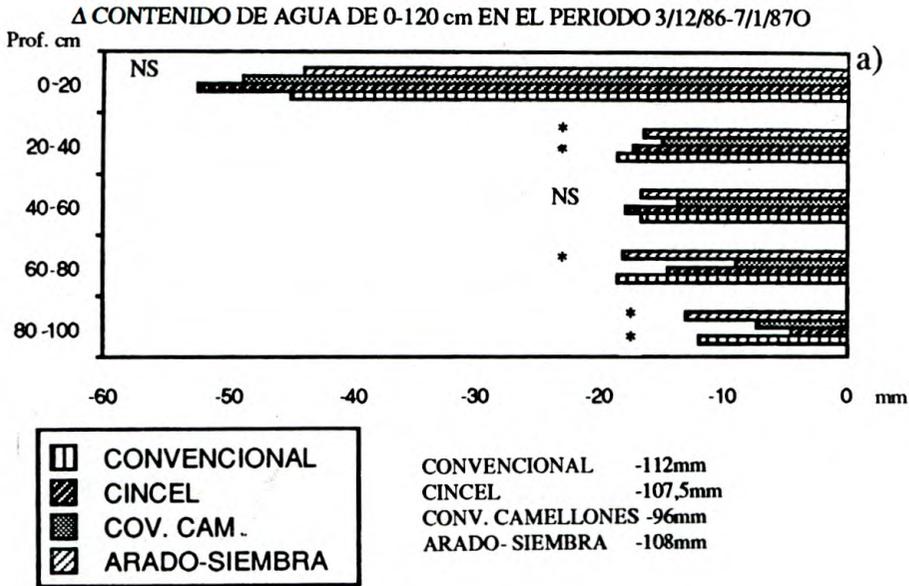


Fig. 8.- Variación (Δ) del contenido de agua del suelo en el período 3/12/86 - 7/1/87

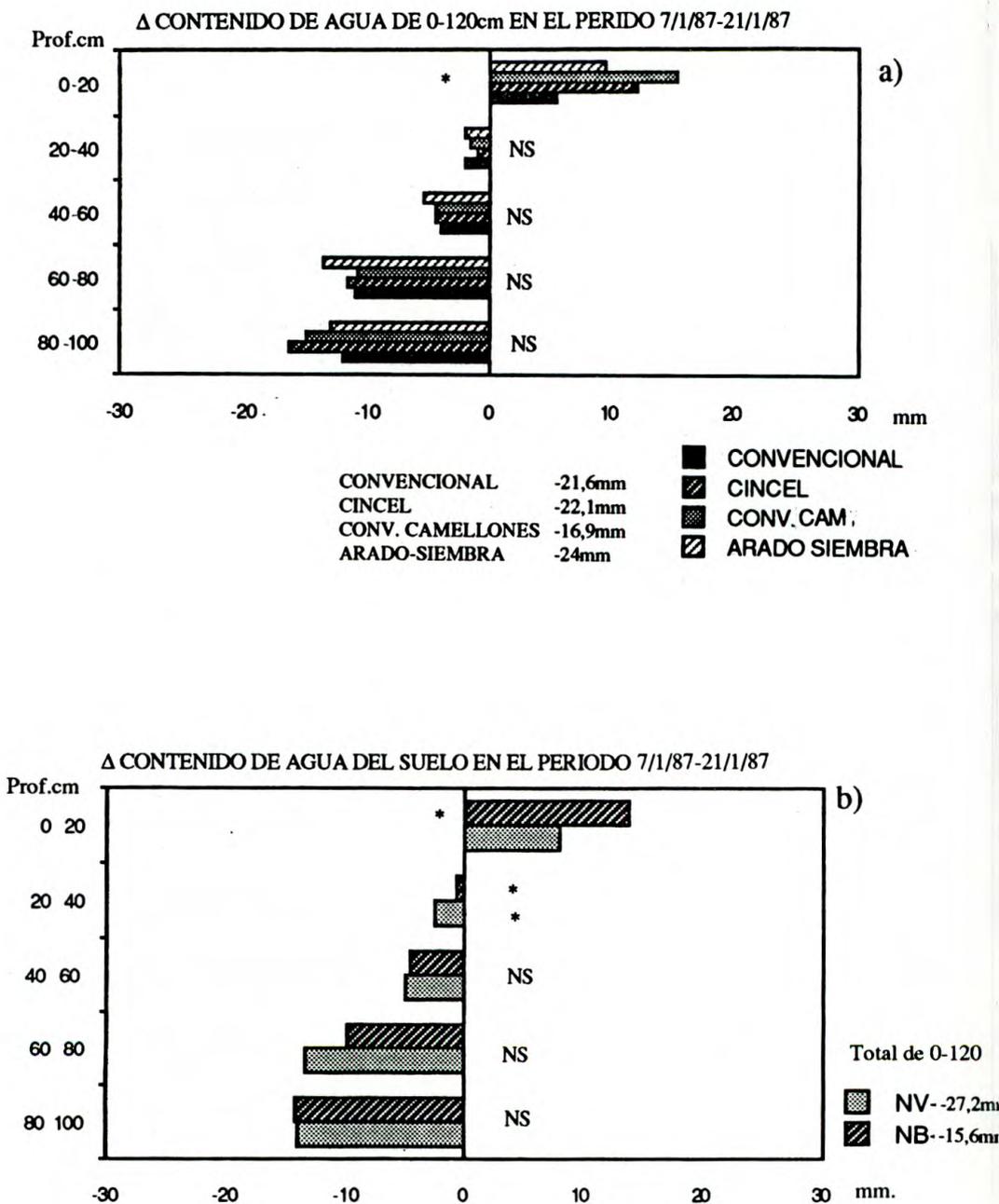


Fig. 9.- Variación (Δ) del contenido de agua del suelo en el período 7/1/87 - 21/1/87

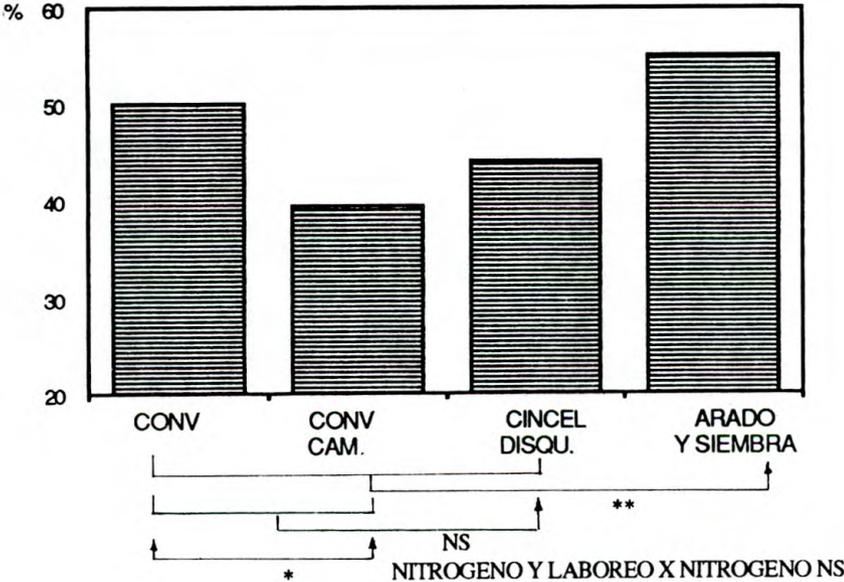


Fig. 10.- Porcentaje de choclos con aborto de granos a la cosecha 1986 - 1987

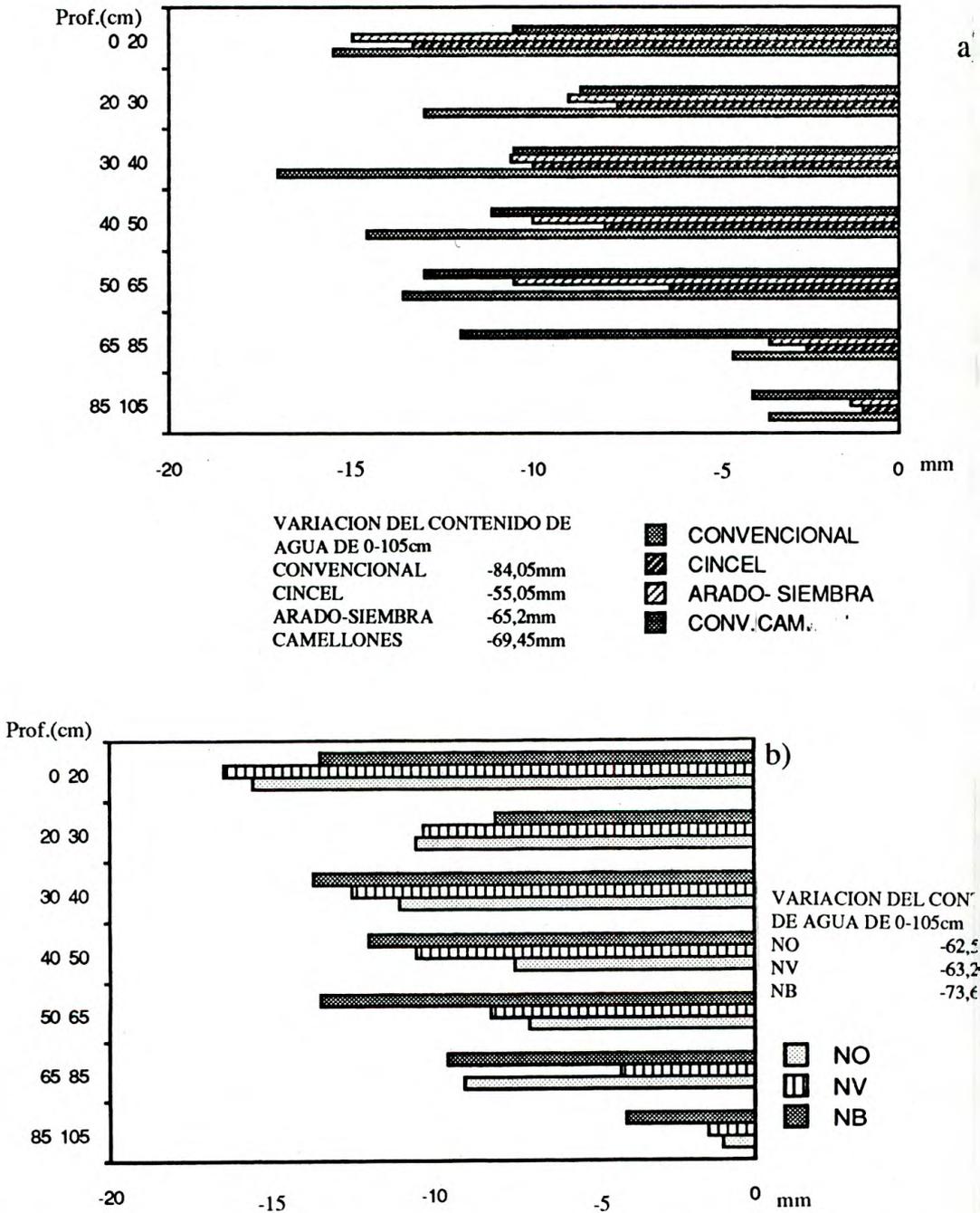


Fig. 11.- Variación (Δ) del contenido de agua del suelo por profundidad 7/12/87 - 29/12/87

manera objetiva de saber si tienen significación.

4. Evolución del IAF

4.1 Resultados de 1983/84, 1984/85, 1985/86

La figura 12 muestra los valores de IAF en floración para los tres primeros años. Si se compara esta figura con las figuras 1a, 1b y 1c, se verá la concordancia entre la producción de grano y esta medida de crecimiento vegetativo.

En los tres años, el tratamiento N de laboreo primario muestra menor crecimiento que los tratamientos A y C. Entre estos últimos, la tendencia indica ventaja para el tratamiento A.

Al igual que el rendimiento en grano, el IAF en floración de los tratamientos de laboreo secundario solo fue significativamente diferente al 10% en 1983/84, superando dr a n.

En todos los años, el crecimiento vegetativo respondió significativamente al agregado de nitrógeno.

Se observa claramente que el crecimiento vegetativo del año seco (1985/86) fue menor al de los otros años.

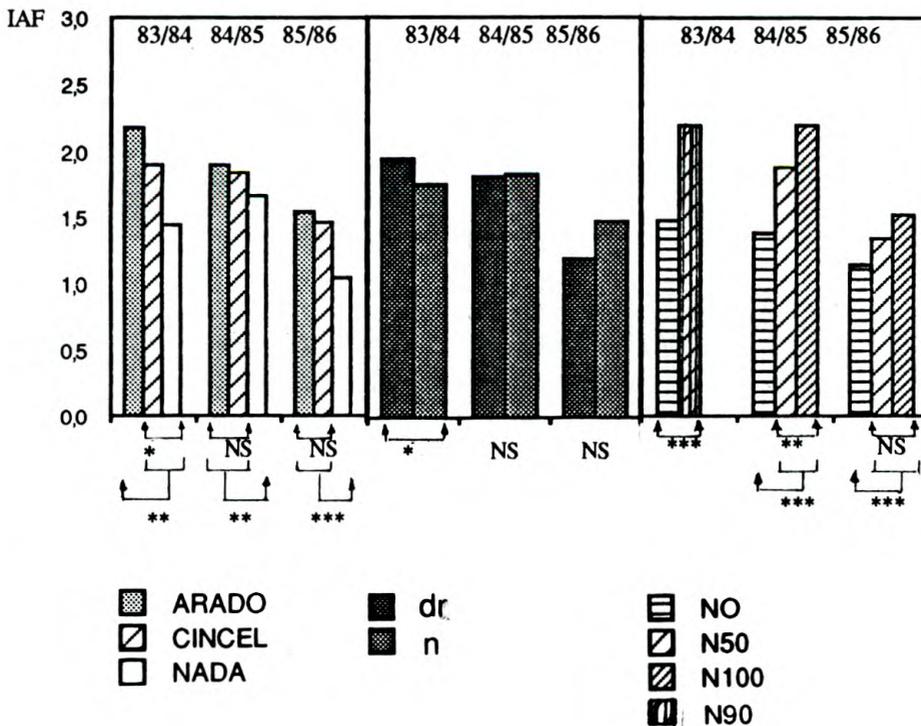


Fig. 12.- Índice de área foliar en floración

4.2 Resultados de 1986-87

La fig. 13 muestra una ventaja del tratamiento encamellonado sobre el convencional, de este sobre el cincel y que el arado y siembra tuvo el menor crecimiento. En la primera fecha, fue el arado y siembra significativamente inferior a los otros tres tratamientos y el cincel lo fue al promedio del convencional y del encamellonado. Estos dos últimos tratamientos no difirieron significativamente en esta fecha.

A fines de diciembre, se mantuvieron con significación estadística las mismas diferencias que en el muestreo anterior, pero el tratamiento encamellonado superó claramente al convencional.

A medidos de enero, las diferencias significativas volvieron a ser las del primer muestreo.

A principios de febrero, en valores estimados visualmente como porcentajes del IAF no senescido, se volvieron a dar las diferencias de mediados de enero.

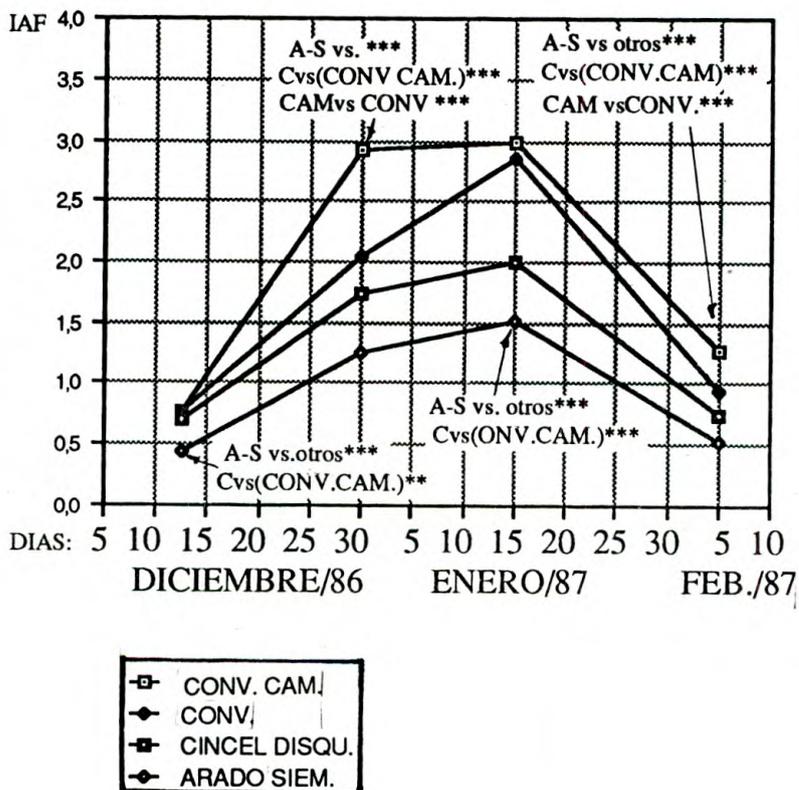


Fig. 13.- IAF, evolución en 1986/87 por tratamiento de laboreo

En cuanto al efecto de los tratamientos de fertilización nitrogenada (fig. 14) se observa una clara respuesta en crecimiento a la aplicación de N. También se observa en general un mayor crecimiento de la aplicación localizada frente a la aplicación al voleo, pero esta diferencia solo fue significativa en el primer muestreo.

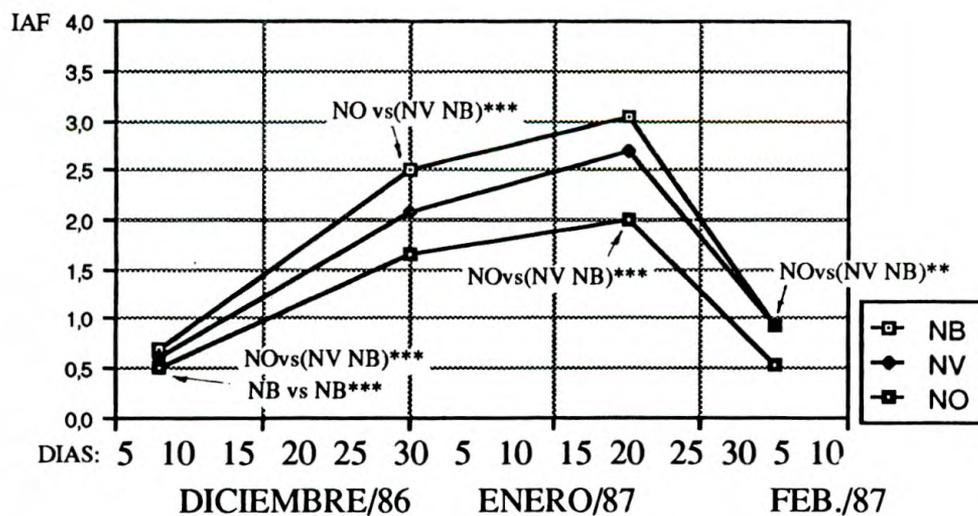


Fig. 14.- IAF, evolución en 1986/87 por tratamiento de nitrógeno

4.3 Resultados de 1987-88

En este año se realizaron solo dos medidas de IAF, una durante la mitad del período vegetativo y otra en floración.

La fig. 15 muestra que en ambos muestreos los tratamientos de laboreo convencional y el encamellonado tuvieron crecimiento superior al cincel y disquera y al arado y siembra.

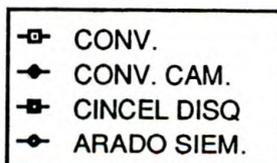
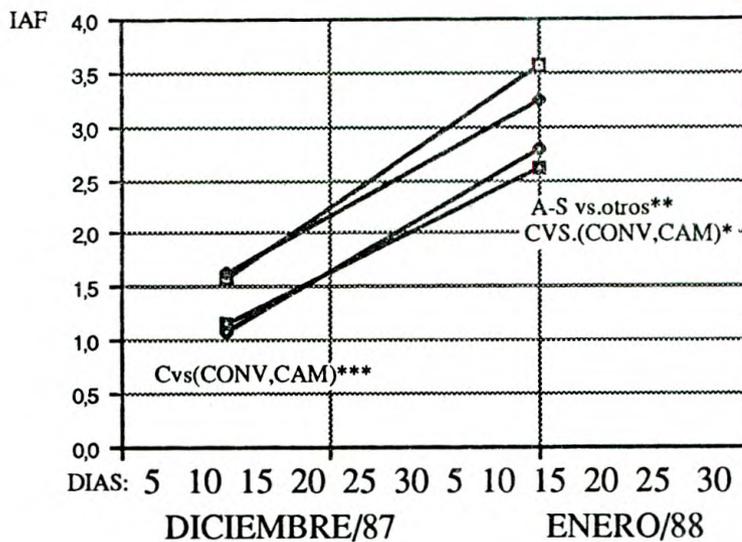


Fig. 15.- IAF, evolución en 1987/88 por tratamiento de laboreo

Entre los tratamientos de nitrógeno (fig. 16), en la primera fecha se observó respuesta a la aplicación de nitrógeno, no difiriendo las formas de aplicación. En floración, la respuesta a nitrógeno fue significativa, y además el crecimiento de la aplicación localizada superó al de la aplicación al voleo.

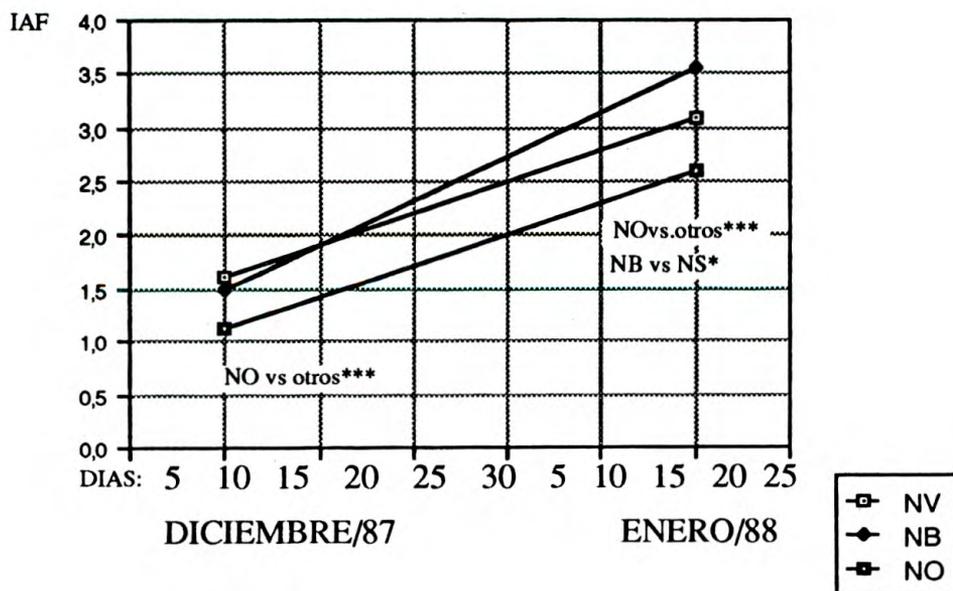


Fig. 16.- IAF, evolución en 1987/88 por tratamiento de nitrógeno

5. Disponibilidad y utilización de nitrógeno por el cultivo

En 1985/86 y en los 2 últimos años, se hicieron determinaciones que permitieron observar diferencias debidas a la disponibilidad y utilización de nitrógeno en los diferentes tratamientos.

En el último de los tres primeros años se midió la concentración de nitrógeno en grano y chala a la cosecha, lo que permitió estimar la cantidad de nitrógeno cosechado (fig. 17). Nuevamente, los valores están muy relacionados con las determinaciones de rendimiento en grano y de crecimiento vegetativo (IAF). Si bien 1985/86 fue un año seco, se observa la menor recuperación de nitrógeno del tratamiento sin laboreo primario y la relativa igualdad entre los otros dos tratamientos de laboreo primario. Entre los tratamientos de laboreo secundario, se destaca dr frente a n. El menor crecimiento y producción de N en relación a A y C explican la diferencia en recuperación de nitrógeno; ese menor crecimiento, como se discutió, sería debido a mayor competencia de malezas, menor disponibilidad de nitrógeno y de agua. Estas menores disponibilidades deben haber estado relacionadas al mayor enmalezamiento. En el caso de la diferencia observada en la fig. 17 entre dr y n, ya se observó que no fue debida a menor crecimiento (fig. 12).

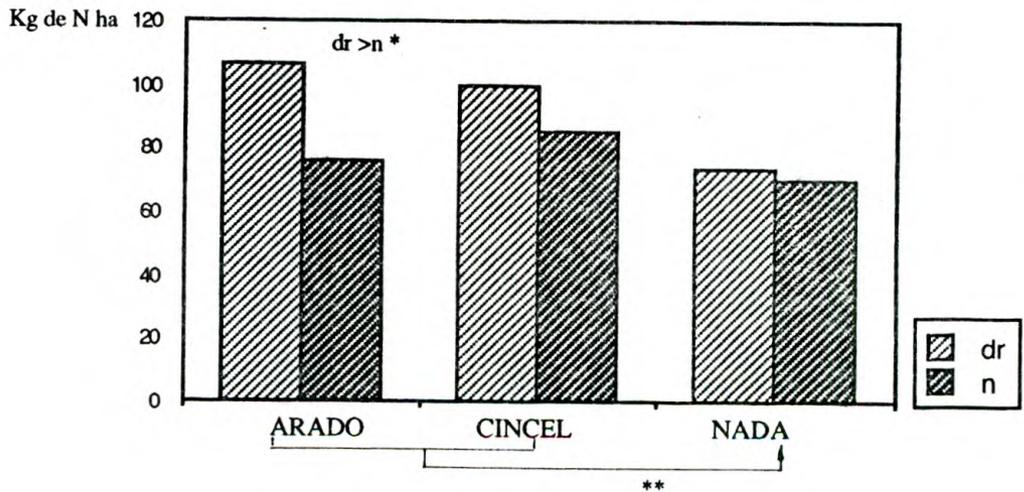


Fig. 17.- Cantidad de N cosechado 1985/1986

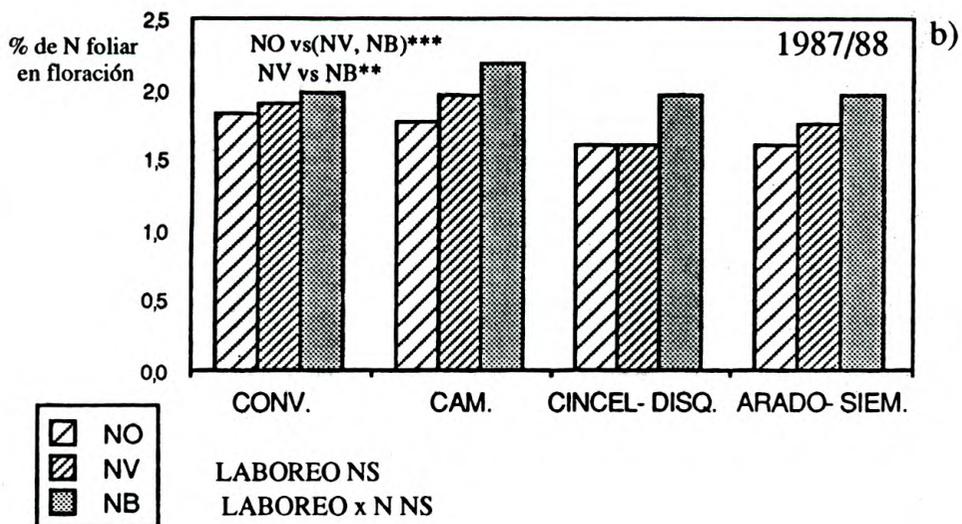
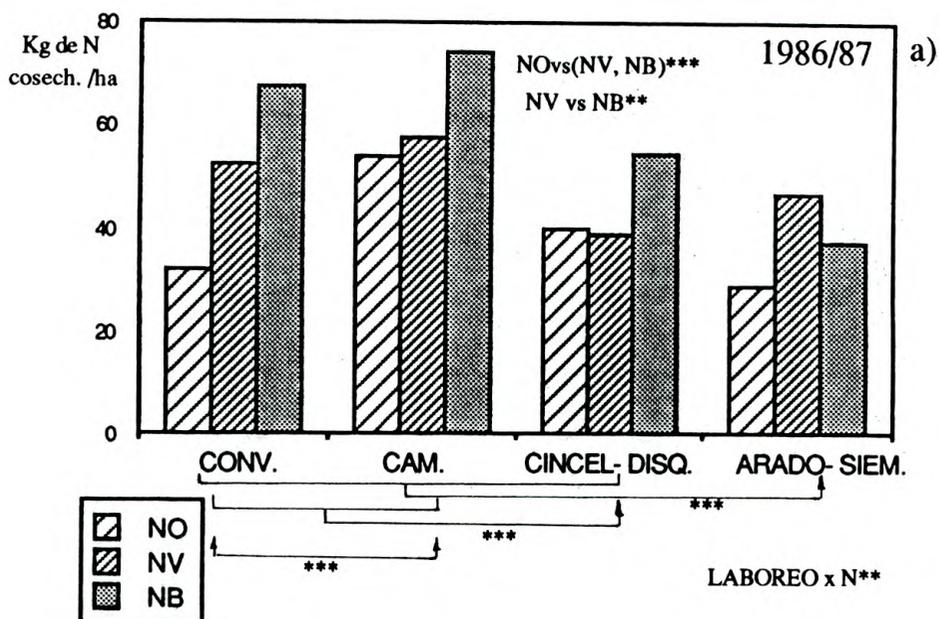


Fig. 18.- Indicadores del estado de nutrición nitrogenada 1986/87

En 1986/87, también se determinó la cantidad de nitrógeno cosechado en grano y chala (fig. 18a). Los datos indican que los tratamientos de laboreo se ordenaron de manera similar que los rendimientos en grano. De igual manera, la aplicación de nitrógeno determinó una mayor cantidad de nitrógeno cosechado y la aplicación localizada superó a la aplicación al voleo.

El término de interacción fue significativo; se observa que en todos los tratamientos de laboreo NB superó a NV, excepto en el arado y siembra. En el tratamiento de cincel y disquera, a diferencia de los restantes, NV no superó a NO.

Comparando las cantidades de nitrógeno cosechado cuando no se aplicó nitrógeno (NO), se observa que la menor correspondió al tratamiento A-S; C y CONV no fueron muy diferentes y CAM produjo el valor más alto. Esto puede estar relacionado a dos causas, mayor disponibilidad de nitrógeno del suelo en los tratamientos de laboreo convencional, especialmente CAM, y menor disponibilidad en el tratamiento con menos laboreo (A-S), en el que también la mayor cantidad de malezas dejó menos nitrógeno para el cultivo.

En 1987/88, a la siembra, se determinó la cantidad de $N-NO_3$ en la capa arable (fig. 19). Los resultados indicaron mayor disponibilidad en los tratamientos de laboreo convencional (CONV y CAM) comparados con los de laboreo reducido (C y A-S). En este año se midió el contenido de N en la hoja opuesta a la primera mazorca en floración. Los resultados (fig. 18b) no muestran diferencias en el status foliar de nitrógeno de las plantas debidas a los tratamientos de laboreo. Cabe destacar que en ese año el control químico de malezas fue muy eficiente. En cambio, el status foliar de nitrógeno mostró respuesta a la aplicación de nitrógeno como fertilizante y fue significativamente mejor cuando el nitrógeno se aplicó localizado en comparación con la aplicación al voleo, confirmando los resultados del año anterior.

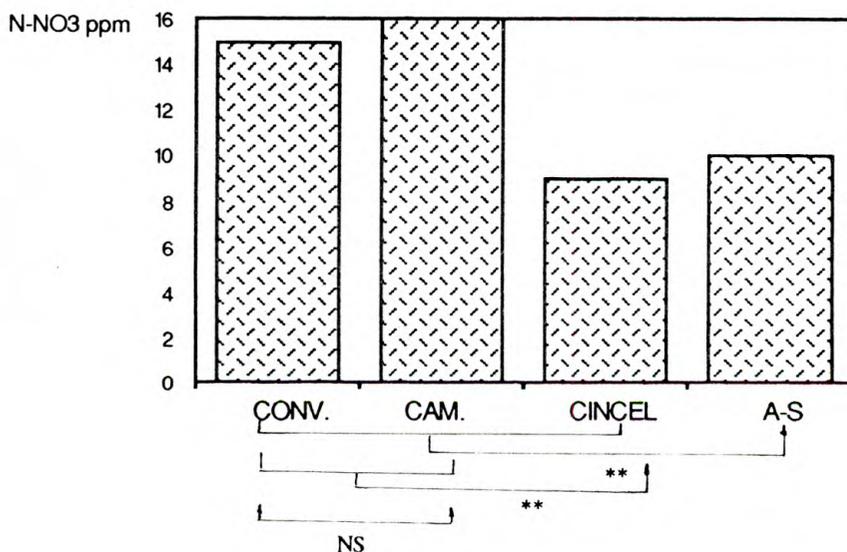


Fig. 19.- Contenido de $N-NO_3$ de 0-20 cm de profundidad en el suelo a la siembra, el 28/10/87

CONCLUSIONES

Al considerar los 3 primeros años, se puede concluir que el no laboreo fue claramente inferior a los tratamientos que tuvieron laboreo, y que la realización de laboreo primario con arado con cincel fue más importante que la realización de laboreo secundario.

La inferioridad del no laboreo en estos ensayos, se debió principalmente a menor disponibilidad de agua en el suelo durante el crecimiento vegetativo y en floración, y a menor disponibilidad de nitrógeno. Estas deficiencias fueron en parte debidas al mayor enmalezamiento, que aunque no fue medido, era evidente. El peor comportamiento del no laboreo en estos ensayos se hubiera atenuado, o inclusive podría haber desaparecido o haberse convertido en mejor comportamiento, si se hubieran usado herbicidas más eficaces. También, de acuerdo con la bibliografía, si se hubiera dejado una importante capa de residuos del cultivo anterior sobre el suelo se podría haber mejorado el régimen hídrico del suelo; para lograrlo, se debería haber dejado de realizar el último corte de avena, lo cual no se cree que sea viable en caso de usarse esta cobertura de invierno en las condiciones de producción del sur del Uruguay, donde también se retira el rastrojo del maíz, cosa que se hizo en los ensayos.

Si bien en los primeros dos años la resiembra manual aseguró la población de plantas, en el tercer año quedó claro que en condiciones de no laboreo o aún laboreo reducido, la siembra debe hacerse con maquinaria adecuada y no con la convencional. Esto se hace más crítico a medida que aumenta la cobertura del suelo por residuos.

En estos tres primeros años, tal cual lo indica la bibliografía, el no laboreo o la reducción del laboreo resultaron en menor disponibilidad de nitrógeno para el cultivo; en general, la fertilización con nitrógeno mejoró la población de plantas instalada.

En los años 1986/87 y 1987/88, se confirmó la superioridad del laboreo convencional frente a las mejores alternativas de laboreo reducido, de acuerdo con los resultados de los tres años anteriores. Dicha superioridad se redujo notablemente en el año 1987/88, que tuvo excelente régimen hídrico y en el que se obtuvo un buen control de malezas.

El convencional encamellonado fue superior al convencional en 1986/87, año con exceso de agua en noviembre y deficiencia marcada en diciembre y la mayor parte de enero. En este año, el convencional encamellonado tuvo mayor población de plantas y mejor régimen de agua en el suelo que el convencional. En 1987/88, las diferencias entre ambos tratamientos no fueron significativas en rendimiento y el régimen de agua del suelo fue muy similar aunque tendió a ser más alto en el encamellonado, pero esta tendencia no se pudo objetivar estadísticamente.

Comparando el tratamiento convencional (sin encamellonar) con los dos de laboreo reducido en los dos últimos años, se observó que el convencional utilizó más agua del suelo durante el crecimiento vegetativo y la floración, lo que está acorde con un mayor crecimiento de las plantas.

En todos los casos, durante los dos últimos años, si bien las menores poblaciones de plantas instaladas estuvieron en valores adecuados, existió relación entre población y rendimiento en grano; los tratamientos de laboreo reducido tuvieron menores poblaciones, asociadas a mayor enmalezamiento o a problemas derivado de siembra con máquina convencional en estas condiciones. En los tratamientos convencionales, la fertilización nitrogenada ayudó a lograr una mejor instalación de plantas, no habiendo sido tan claro este aspecto en los tratamientos de laboreo reducido.

En 1986/87 y 1987/88, se observó respuesta en producción a la aplicación de nitrógeno, pero se confirmó la hipótesis de que la localización del fertilizante nitrogenado en la zona del suelo de más temprana y extensa exploración por las raíces sería superior a su aplicación sobre todo el terreno con incorporación superficial. El tratamiento de fertilización subsuperficial locali-

zada debajo de las plantas, produjo un más rápido y mayor crecimiento vegetativo, una exploración más profunda del suelo con mayor extracción total de agua del suelo, especialmente debajo de 55 a 65 cm, mejor contenido foliar de nitrógeno en floración y mayor extracción de nitrógeno en grano y chala cosechados. Estos efectos fueron más claros en los tratamientos de laboreo convencional que en los de laboreo reducido.

Finalmente, importa señalar: 1) en los años secos, siempre existió algún tratamiento de laboreo que resultó superior, pero dentro de un cuadro de rendimientos bajos; la solución en estos casos es el riego, aunque el manejo de suelos y cultivos produce algunos beneficios; 2) el manejo del nitrógeno y el agua están indisolublemente ligados; las mejoras en producción ligadas a mejores prácticas de manejo de la fertilización nitrogenada significan un uso más eficiente del agua pluvial disponible; 3) consideraciones similares a las hechas para el nitrógeno y su manejo valen para el control de malezas; 4) el peor desempeño del no laboreo o el laboreo reducido en estos ensayos no debe invalidar la continuación de su evaluación experimental, ya que está claro que con el control de malezas adecuado y con mayor cantidad de residuos del cultivo anterior sobre la superficie es muy posible que al menos no resulte en rendimientos inferiores; en este caso, se obtendrían sus principales beneficios: menor erosión, más agua en el suelo, menor número de operaciones, menor costo de uso de maquinaria y mayor oportunidad de siembra y cosecha.

BIBLIOGRAFIA

- ALTEZOR, L.E. y J.E. GAGO (1989). Sistemas de laboreo y localización de nitrógeno en maíz. Fac. de Agronomía de la Univ. de la República, Tesis, Montevideo, Uruguay, 162p.
- BANDELL, V.A. (1985). Nitrogen management for no-till corn. In Better crops with plant food, LXIV (69): 3-9.
- BLEVINS, R.L., D. COOK, S.H. PHILLIPS and R.E. PHILLIPS. (1971). Influence of no-tillage on soil moisture, Agr. J. 63:593-596.
- BURGOS, J.J. y W. CORSI. (1978). Estimación del balance de agua en la República Oriental del Uruguay. In IV Reunión de la Comisión Asesora del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas, IICA Zona Sur, pp: 111-124, Montevideo, Uruguay.
- CIAAB. (1974). Sorgo granífero. Bol. de divulgación No. 25, E.E. La Estanzuela, Colonia, Uruguay, 62 pp.
- CAPURRO, E. (1984). Relación con las precipitaciones mensuales y distribución de probabilidades de rendimiento de grano de maíz, sorgo, girasol y soja a nivel experimental en La Estanzuela. Revista de la AIA 2/2: 87-112.
- DIAZ, R. (1982). Investigación en labranza reducida en Uruguay. In Labranza reducida en el Cono Sur, Eds. H. Caballero y R. Díaz, IICA-CIAAB, pp: 139-148, La Estanzuela, Colonia, Uruguay.
- DORAN, J.W. y M.S. SMITH. (1987). Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. In Soil Fertility and organic matter as critical components of production systems, SSSA Special Public. No. 19: 53-72.

- EDWARDS, W.M. y L.D. NORTON. (1985). Characterizing macropores after 20 years of continuous no-tillage corn. In *Agronomy abstracts, 1985. Annual Meetings, ASA, CSSA and SSSA*, pp: 205, Chicago, Illinois.
- GARCIA, F., J. P. CHIARA y G. CARDELLINO. (1981). Calibración de una sonda de neutrones Troxler 3222 en un Brunosol éutrico típico de la Unidad Valle Aiguá. DUMA-MGAP y Dir. Nac. de Meteorología, informe interno.
- GARCIA, F., R.M. CRUSE y A.M. BLACKMER. (1988a). Compaction and nitrogen placement effect on root growth, water depletion and nitrogen uptake. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 52: 792-798.
- GARCIA, F., G. CARDELLINO y J.C. PANNONE (1988b). Combinaciones de laboreo para maíz y respuesta a la fertilización nitrogenada, avance de resultados. *Memorias de las jornadas técnicas de la Facultad de Agronomía*, pp. 6-9.
- GARCIA, F. (1988). Alternativas de laboreo para maíz y localización de la fertilización nitrogenada, avance de resultados. In *Memorias de las Jornadas Técnicas de la Facultad de Agronomía*, pp. 10-12.
- GONZALEZ, J.G. y M.I. LASCA (1989). Sistemas de laboreo de suelos para maíz sobre avena como cobertura de invierno. *Fac. de Agronomía de la Univ. de la Republica*, Tesis, Montevideo, Uruguay, 102p.
- HOFSTADTER, R., F. GARCIA y E. ESTOL (1979). Síntesis de sobre la problemática del agua en la producción agropecuaria. DUMA-MGAP, Boletín No. 4, 29 pp.
- LATTANZI, A.R. y H.J. MARELLI. (1982). Avances en la investigación sobre el comportamiento de los sistemas de labranza conservacionistas de la E.E.R.A. Marcos Juárez. In *Labranza reducida en el Cono Sur*, Eds. H. Caballero y R. Díaz, IICA-CIAAB, pp. 67-77. La Estanzuela, Colonia, Uruguay.
- LOCKE, M.A. y F.M. HONS. (1988). Fertilizer placement effects on seasonal nitrogen accumulation and yield of no-tillage and conventional tillage sorghum. *Agron. J.* 80(2): 180-185.
- MARTINEZ, F.J. y W.H. SILVEIRA (1990). Sistemas de laboreo y localización del nitrógeno en maíz. *Fac. de Agronomía de la Univ. de la República*, Tesis, Montevideo, Uruguay, 132p.
- MC.GILL, W.B. y R.J.K. MYERS (1987). Controls of soil and fertilizer nitrogen dynamics. In *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*, SSSA Special Public. No.19: 53-72.
- MENGEL, D.B., D.W. NELSON y D.M. HUBER. (1982). Placement of nitrogen fertilizers for no-till and conventional till com, *Agron.J.* 74: 515-518.

- MOLDENHAUER, W.C. (1979). Erosion control obtainable under conservation practices. In. Universal Soil Loss Equation, past, present and future. SSSA Special Publication. No. 33-43.
- NUÑEZ, R.J. y E.J. KAMPRATH (1969). Relationships between N response, plant population and row width on growth and yield of corn. *Agron. J.* 61:279-281.
- LOUDRI, N. (1977). Resultados experimentales con labranza reducida en La Estanzuela. Informe provisorio, CIAAB, E.E. La Estanzuela, Colonia, Uruguay. 11 pp.
- RICE, C.W. y M.S. SMITH. (1984). Short term immobilization of ^{15}N in no-till and plowed soils. *Soil.Sci.Soc.Am.J.* 48:295-297.
- TOUCHTON, J.T. y W.L. HARGROVE, (1982). Nitrogen sources and methods of application for no-tillage corn production. *Agron. J.* 74: 823-826.
- UNGER, P.W. y B.A. STEWART. (1983). Effect of residue management practices on the soil physical environment, microclimate, and plant growth. In Crop residue management systems, ASA, Special public. No. 31: 49-83.
- VITOSH, M.L., W.H. DARLINGTON, C.W. RICE y D.R. CHRISTENSON. (1984). Fertilizer management for conservation tillage. In. Preliminary Proc. for a System Approach to Conservation Tillage, Conference sponsored by Michigan State Univ, Michigan, Dept. of Agric., USDA-SCS and Michigan Dept. of Nat. Res., Hickory Corners, Michigan, 18 pp.
- WISCHMEIER, W. y D.D. SMITH. (1978). Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA, Agric. Handbook No. 437. 58 pp.
- WÜNSCHE, W.A. y J.A. VELLOSO. (1982). Situação, importância e aplicação do cultivo reduzido no Rio Grande do Sul. In. Labranza reducida en el Cono Sur, Eds. H. Caballero y R. Díaz, IICA-CIAAB, pp. 16-22. La Estanzuela, Colonia, Uruguay.