

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**NITROGENO ASIMILABLE DEL SUELO, EN UN SISTEMA AGRICOLA-  
GANADERO CON DISTINTOS MANEJOS**

**TRABAJO FINAL**

Para Optar el Grado de Ing. Agrónomo de  
Poloni César Alejandro

Director: Ing. Agr. M SC Bricchi Estela.

Río Cuarto, Córdoba, Argentina

Junio/2009

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Titulo del Trabajo Final: “Nitrógeno asimilable del suelo, en un sistema agrícola-ganadero con distintos manejos”.**

Autor: Cesar Alejandro Poloni

DNI: 28.665.426

Director: Ing. Agr. M SC Bricchi Estela

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del jurado

Evaluador:

Ing. Agr. M Sc. Reynero Miguel Ángel

Ing. Agr. Hampp Eugenio R

Fecha de presentación: -----/-----/-----

Aprobado por Secretaría Académica -----/-----/-----

-----  
Secretario Académico

## **DEDICATORIA**

En primer lugar deseo dedicársela a mi familia; mi padre, mi madre y mis dos hermanos por el apoyo y el esfuerzo que hicieron para que yo pudiera terminar la carrera de Ing. Agrónomo.

También agradezco a mi directora de tesis Estela Bricchi por la ayuda que me brindo para elaborar el trabajo final de tesis. .

Se la dedico a mi novia quien me apoyo y acompaño durante estos últimos años.

A mis amigos quienes fueron un fuerte apoyo durante toda la carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecerle a la UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO con su cuerpo de docentes y no docentes, que me posibilito acceder a mis estudios universitarios para mi formación profesional y personal.

## INDICE GENERAL

I-	RESUMEN	IX
II-	SUMMARY	X
1.1 -	INTRODUCCION Y ANTECEDENTES	11
1.2 -	HIPOTESIS Y OBJETIVOS	15
1.2.1-	Hipótesis general	15
1.2.2 -	Hipótesis específicas	15
1.2.3 -	Objetivo general	15
1.2.4-	Objetivos específicos	15
2-	MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1	Ubicación del área de ensayo	16
2.2	Descripción del ensayo	16
2.3	Actividades realizadas	16
2.3.1	Muestreo	16
2.3.2	Determinaciones realizadas	17
2.4	Análisis estadístico	17
3-	RESULTADOS y DISCUSIÓN	18
3.1	N asimilable y ciclo del cultivo	18
3.2	N asimilable y sistema de labranza utilizado	20
3.3	N asimilable y fertilización	21
3.4	Interacciones	22
3.4.1	Interacción entre labranzas y fertilización	22
3.4.2	Interacción entre labranzas y momentos del ciclo del cultivo	23
3.4.3	Interacción entre fertilización y momentos del ciclo del cultivo	24
3.5	Variación del contenido de nitrógeno en el perfil para cada combinación de labranza y fertilización en los tres momentos del ciclo del cultivo evaluados	25
3.6	Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo, según profundidad del perfil en los tres momentos del ciclo del cultivo con la combinación labranza fertilización	26
3.6.1	Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo a la profundidad 0-10cm.	26

3.6.2 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo a la profundidad 10-20cm.	27
3.6.3 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo a la profundidad 20-50cm.	28
4. CONCLUSIONES	30
5 BIBLIOGRAFIA CITADA	31

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido de nitrógeno en cada momento del ciclo, hasta los 50 cm del perfil del suelo (N-NO <sub>3</sub> ) y en la planta (N total)	19
<b>Tabla 2.</b> Contenido de nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ) promedio para cada labranza, en el perfil del suelo hasta los 50 cm de profundidad y en la planta a la cosecha (N total)	20
<b>Tabla 3.</b> Contenido de nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ) promedio según fertilización, en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad y en la planta a la cosecha (N total)	21
<b>Tabla 4.</b> Contenido de nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo interacción labranza-fertilización.	23
<b>Tabla 5.</b> Contenido de nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo en la interacción labranza-momento del ciclo del cultivo.	24
<b>Tabla 6-.</b> Contenido de nitrógeno(N-NO <sub>3</sub> ) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo interacción fertilización-momento del ciclo del cultivo.	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1:** Evolución del contenido de nitrógeno en el perfil a través del ciclo de cultivo según tipo de labranzas y fertilizaciones. 26
- Figura 2:** Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 0–10 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza – fertilización. 27
- Figura 3:** Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 10-20 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza-fertilización. 28
- Figura 4:** Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 20-50 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza-fertilización 29



## RESUMEN

En el Suroeste de la Provincia de Córdoba las tierras muestran una alteración de las funciones químicas del suelo entre las que se destaca la disminución de la materia orgánica y el balance de nitrógeno y en este sentido el objetivo del trabajo fue evaluar la cantidad de N mineral en el suelo y en la planta de soja, con el propósito de establecer la variación de este nutriente frente a distintos manejos. Se trabajó en un Hapludol típico, en un sistema agrícola ganadero en rotación maíz –soja desde 1994, con pastoreo de rastrojos, que en 1999 rotó a una pastura base alfalfa durante 3 años. Los cultivos se implantaron con 3 labranzas: convencional, reducida y siembra directa, fertilizados con nitrógeno y fósforo y sin fertilizar. En 2003 en cultivo de soja se tomaron muestras compuestas de suelo entre 0-50 cm y en tres estadios: siembra, reproductivo y cosecha y se midió el nitrógeno de nitratos. En el segundo y tercer estadio se tomaron muestras de plantas para evaluar contenido de nitrógeno total y así poder estimar balance relativo de éste nutriente. Los resultados indican que en el ciclo del cultivo la cantidad de nitrógeno asimilable más elevado se produjo en labranzas conservacionistas fertilizadas y, la más baja en labranza convencional no fertilizada. En las labranzas conservacionistas a la siembra se observó el mayor contenido de nitrógeno en suelo el que disminuyó en alrededor del 48% en los estadios reproductivos y cosecha y por otro lado en labranza convencional la cantidad de nitrógeno es semejante en los tres estadios. Por otro lado en los sitios históricamente fertilizados y en los tres estadios, el nitrógeno del suelo fue superior a los no fertilizados.

## **SUMMARY**

In the South East of the province of Cordoba, the soils show an alteration of their chemical properties, for instance, a decrease in the organic matter and a variation of nitrogen. The aim of this paper, therefore, was to assess the amounts of nitrogen in the soil and in the soy plant in order to establish a variation of nitrogen under different conditions. The experiment was conducted in a typical Hapludol soil with a rotation of corn and soy since 1994, and stubble shepherding that in 1999 was rotated to a basic alfalfa shepherding during three years. The crops were sowed with three sowing-tillage techniques: conventional, reduced and direct sowing, and each crop was fertilized in a different way- the first with nitrogen, the second with phosphorous, and the third was not fertilized at all. In 2003, soil compound samples of the soy crop of about 0 to 0.50 cm were taken in three stages- sowing; reproduction, and harvest- and the levels of nitrate nitrogen were measured. In the second and third stages: samples of the soy plant were taken in order to measure the total amount of nitrogen to establish, then, the relative amount of this nutrient. The results were the following: during the crop cycle, the higher amounts of nitrogen were found in the crops that were fertilized, and the lower amounts were found in those crops that were not fertilized at all. In the sowing stage, the higher levels of nitrogen were observed, which decreased at around 48% in the reproduction and harvest stages compared to that of conventional sowing in which the levels of nitrogen are the same in the three stages. In the three stages in those soils that are historically fertilized, the levels of nitrogen were higher than the ones found in notfertilized soils.

## 1.1 INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.

En el Suroeste de la Provincia de Córdoba, el estado estacionario natural de los suelos se fue modificando principalmente por el reemplazo de la vegetación natural y las labranzas, lo que produjo una alteración de las funciones químicas, físicas y biológicas del suelo, en una magnitud semejante al grado de resistencia al cambio. Entre las funciones químicas se destaca la disminución de la materia orgánica (Bricchi, 1996) y entre los nutrientes el balance de nitrógeno (Casas, 1997). En este sentido Moreno (2000) indicó que la dinámica del nitrógeno está íntimamente ligada a la del carbono, tanto en situaciones no alteradas tecnológicamente como las que se encuentran en situación intermedia, destacando que a medida que el tiempo de uso de los suelos aumenta, tanto más notable es la disminución de la materia orgánica y del nitrógeno de los mismos.

Entre los indicadores de deterioro se debe mencionar la marcada disminución del contenido de materia orgánica del suelo, principalmente en su perfil cultural; con lo que está estrictamente relacionada la cantidad de nitrógeno disponible o nitratos. Se ha determinado en los 12 cm superiores del suelo pérdidas de carbono orgánico del 65% en 90 años, donde en los últimos 25 se practicó agricultura permanente con labranzas convencionales (Bricchi, 1996).

En el oeste del Departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba se encontró que el CO (carbono orgánico) del suelo disminuyó cuando se pastorearon los rastrojos y que la labranza convencional, aún dejando todos los rastrojos, produjo el menor valor de CO, es decir que a pesar del aporte de residuos, se puede seguir perdiendo CO cuando no solo la cantidad sino el sitio de aporte no es adecuado. Esto indica que las prácticas de cultivo y el manejo de residuos tienen un efecto importante en el mantenimiento de la materia orgánica del suelo (Bricchi et al. 2004)

La intensificación del uso agrícola de los suelos afecta la fertilidad a través de la disminución de la materia orgánica (Studdert y Echeverría, 2006), las fracciones lábiles de la misma son expuestas por las labranzas y atacadas por los microorganismos del suelo produciendo la mineralización de los nutrientes (Stevenson y Cole, 1999). El nutriente más deficitario en la producción agropecuaria es el N (Domínguez et al 2001), la mineralización de este elemento en el suelo depende del tamaño de la fracción lábil del N orgánico y del tipo de labranza empleado (Fabrizzi et al 2003). El laboreo

estimula la mineralización de nutrientes, pero si los sistemas de labranzas son utilizados de manera muy agresiva en largos períodos de tiempo, el nivel de materia orgánica declina y se reduce la posibilidad de liberar N (Studdert y Echeverría 2006).

La cantidad de nitrato en el suelo a la siembra es un buen indicador de la disponibilidad de N para el cultivo. Para ello y en función de la movilidad del N, es recomendable la toma de muestras por capas de 0-20, 20-40 y 40-60 cm, lo que permitirá estimar los kg. de N disponibles a la siembra del cultivo, (Echeverría, 2003).

La concentración de nitratos de un perfil, en general, es mayor en los primeros centímetros del suelo y disminuye con la profundidad. Esta distribución está relacionada a las condiciones determinantes de la mineralización. Sin embargo, debido a que los nitratos son solubles en agua, ante la ocurrencia de una lluvia se mueven a través del perfil (Maddoni et al. 2003).

La concentración de nitratos, en suelos argiúoles sin fertilización, bajo labranza reducida (arado cincel) y convencional (arado de reja) y a las profundidades 0-20; 20-40; 40-60 cm., es semejante; mientras que en un suelo con fertilización son menores en labranza reducida que en labranza convencional. Además la caída de los valores en las primeras capas de suelo son elevadas y similares, en tanto que en la tercera profundidad fueron más atenuadas (Zourarakis, 1982).

En la mayoría de los cultivos agrícolas el mayor porcentaje de nitrógeno es extraído por la parte del cultivo que se cosecha, en cambio en pasturas un 85 % del nitrógeno de la planta retorna al suelo por excreta animal (Palma et al., 1997).

El aporte de N por parte de los rastrojos de distintos cultivos depende del manejo que se le da a los mismos, es decir si se incorporan en su totalidad o se pastorean y es un aspecto importante en el suministro de materia orgánica y por ende de nitrógeno. Otro aspecto a tener en cuenta es el cultivo agrícola antecesor y el nivel de producción del mismo ya que puede ocurrir que año a año se produzca una disminución de la fertilidad del suelo. Se sabe que la mayor parte del nitrógeno en el suelo se encuentra formando compuestos orgánicos, quedando disponible para las plantas a través del proceso de mineralización y que este proceso es muy dependiente de las variables ambientales, tales como temperatura y humedad. El nitrato es la principal forma de absorción por las plantas y puede pasar a la atmósfera por desnitrificación, citándose a la siembra directa como la labranza que más favorece dicho proceso debido

fundamentalmente a la mayor concentración de carbono y de nitrógeno adicionado por fertilización, sobre todo en forma de urea (Palma et al.,1997).

Los cultivos agrícolas y particularmente el de soja requiere importantes cantidades de N para su desarrollo, en el caso de la soja tiene la capacidad de realizar fijación biológica de nitrógeno (FBN) a través de una simbiosis con bacterias y así fijar entre el 70-80%, para absorber el resto de nitrógeno del suelo. Aquí toma importancia la fertilidad química que tenga el suelo, del cual el cultivo extrae el nitrógeno faltante para un adecuado desarrollo, donde las praderas en base a leguminosas son las que logran mejores valores de nitrógeno en suelo mediante fijación simbiótica y aporte de hojarasca rica en Nitrógeno (Racca et al 2002), y en este sentido Gutiérrez et al (2002) indican que el agregado de N al suelo en el cultivo de soja, no tiene ningún efecto sobre la nodulación, crecimiento y rendimiento.

El cultivo de soja se caracteriza por demandar altas cantidades de nitrógeno ya que los granos acumulan alrededor del 40% de N, es decir que si no existen otras limitantes, el rendimiento de este cultivo esta directamente relacionado a su capacidad de acumular nitrógeno siendo las formas de abastecimiento de este elemento las provenientes del suelo a partir de la mineralización de la materia orgánica , de aplicaciones de fertilizantes, como así también del aire a partir del proceso de FBN (Díaz Zorita et al. 2003).

La soja es un cultivo muy exigente en nitrógeno (N), obteniendo una gran parte de este nutriente por medio de la FBN, (Racca, 2003). Sin embargo, durante las primeras etapas del ciclo y en los últimos estadios reproductivos esta asociación mutualista se desarrolla con menor intensidad, por lo que el suministro de fertilizante nitrogenado podría suplir un potencial déficit de N e incrementar los rendimientos. Esto es esperable especialmente cuando se producen fallas en la nodulación como consecuencia de condiciones ambientales que perjudican el establecimiento de los nódulos o perjudican la supervivencia de la bacteria como ser estrés hídrico y/o térmico, elevada disponibilidad de N o condiciones de baja oxigenación por exceso de humedad en el suelo. En estos casos, suelen visualizarse síntomas manifiestos de deficiencia de N, como amarillamiento y menor crecimiento (Díaz Zorita, 2003). Otros autores han informado respuesta de la soja a la fertilización química nitrogenada en condiciones de muy elevada productividad (Wesley et al., 1998).

Echeverría, (2003) indica que los antecedentes de la respuesta de la soja a la aplicación de N son controvertidos, ya que algunos factores edáficos como el pH, el

contenido de materia orgánica (MO), como así también el nivel de rendimiento y los años previos con soja determinan la probabilidad de respuesta al agregado de nitrógeno al cultivo. El nivel de rendimiento es una de las variables importantes que influyen sobre la repuesta a la aplicación de N, dado que elevados rendimientos requieren también elevada disponibilidad de N, la cual puede no ser abastecida por el suelo y por la FBN

Se debe considerar que si las fertilizaciones nitrogenadas son excesivas, tiende a reducir el pH, se altera el complejo absorbente, se pierden cationes de intercambio disminuyendo el calcio intercambiable y la materia orgánica particulada está más expuesta al ataque de microorganismos y al lavado. Por todos estos motivos la dosis de N debe ajustarse a la demanda del cultivo y así aumentar la eficiencia del mismo (Rimatori et al. 2002)

La acumulación de nitrógeno en el cultivo de soja con diferente suministro de este elemento demuestra que hasta el estado reproductivo 1 (R1) los requerimientos son mínimos ya que la acumulación de N está definida por la tasa de crecimiento del cultivo y es independiente de la oferta. La etapa que media entre reproductivo 3 (R3), y reproductivo 6 (R6), se observan diferencias productivas en función de la oferta de N y estas diferencias se manifestarán en la definición del rendimiento. En consecuencia, hasta el comienzo de los estadios reproductivos el suelo puede satisfacer, en líneas generales, los requerimientos de nitrógeno del cultivo pero en la segunda etapa la eficiencia de la FBN, marca la diferencia.

La tasa de absorción de nitratos se incrementa durante la fase vegetativa y alcanza un máximo durante R1 – R3. A comienzo de llenado de grano, la tasa de absorción de nitratos es alrededor del 50 % del máximo. De esto se infiere que el suelo debe proveer suficiente nitrógeno hasta R3 – R4, mientras que a partir de allí la FBN debe ser la principal fuente de nitrógeno para el cultivo. Un adecuado aprovisionamiento de N hasta R3-R4 permitirá definir un elevado número de vainas por unidad de superficie y un índice de área foliar adecuado para el periodo crítico del cultivo. Una elevada FBN durante el llenado de granos permitirá lograr un elevado peso de los mismos, componente importante del rendimiento de este cultivo (Echeverría, 2003).

Los factores que restringen el crecimiento limitan la fijación biológica del N y reducen la eficiencia de este proceso que comienza 30 días después de la siembra, aumenta hasta alcanzar un máximo durante el periodo reproductivo e inicio del llenado de grano y disminuye a partir del estadio de desarrollo de R5 (Zapata y col.1987).

## **1.2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### ***1.2.1 Hipótesis general***

La cantidad de nitrógeno mineral en el suelo en tres momentos del ciclo del cultivo de soja es distinto entre los manejos ensayados.

### ***1.2.2 Hipótesis específicas***

1 –La cantidad de nitrógeno de nitratos en el suelo en las tres labranzas será mayor a la siembra comparada con los otros momentos del ciclo

2- La cantidad de nitrógeno de nitratos en el suelo será mayor durante el ciclo del cultivo en todos los tratamientos fertilizados comparados con los no fertilizados.

3- La cantidad de nitrógeno de nitratos en el suelo será mayor en las labranzas conservacionistas fertilizadas

### ***1.2.3 OBJETIVO GENERAL***

Evaluar la cantidad de N mineral en el suelo y en la planta de soja, con el propósito de establecer la variación de este nutriente en cada sistema de manejo ensayado.

### ***1.2.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS***

1-Evaluar la influencia de las labranzas sobre la evolución del nitrógeno del Suelo.

2-Evaluar la influencia de la fertilización sobre el nitrógeno del suelo.

3- Evaluar la evolución de la cantidad de nitrógeno en el ciclo del cultivo

4- Evaluar la evolución del nitrógeno, en cada una de las capas muestreadas del Perfil del suelo.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Ubicación del área de ensayo**

El trabajo se realizó en el CAMDOCEX de la U.N.R.C, *Pozo del Carril*. El suelo es un Hapludol típico, de textura franco arenosa muy fina

El estudio se incluyó en el marco del Programa de desarrollo de alternativas tecnológicas para producción agropecuaria sustentable en el oeste de Río Cuarto y a su vez en el proyecto Efecto del uso y del manejo sobre indicadores de la calidad física y química del suelo, que se inició en el año 1994.

### **2.2 Descripción del ensayo**

Se trabajó en uno de los sistemas del programa denominado **Agrícola ganadero con bovinos** el cual se trata de un suelo con historia agrícola con rotación de cultivos maíz-girasol, incorporándose soja en ciclo 2003-04, donde los rastrojos son pastoreados, y los cultivos se han implantado bajo tres sistemas de labranza: convencional (**LC** rastra de discos y arado de rejas), reducida (**LR** en base a cincel) y siembra directa (**SD**) y en cada sistema de labranza con fertilización de nitrógeno y fósforo (**F**) y sin fertilización (**NF**). En esta situación en la rotación se incluyó una pastura de alfalfa en mezcla con gramíneas que se implantó en marzo de 1999 y fue utilizada con animales bovinos con pulso de pastoreo de alta utilización e ingresó nuevamente al sistema agrícola con pastoreo de rastrojos en el año 2003, con cultivo de soja (Don Mario 4800), que se inoculó con bacterias fijadoras de nitrógeno la totalidad de las parcelas; y las parcelas **F** se fertilizó a la siembra con fosfato monoamónico a razón de 70 kg.ha<sup>-1</sup>, El diseño experimental utilizado, es en bloques con repetición (**I y II**) completos y aleatorizados con un arreglo espacial de parcelas subdivididas, según sistema de labranza y con-sin fertilización.

### **2.3 Actividades realizadas**

#### **2.3.1 Muestreo**

Para el presente trabajo, en el ciclo 2003-2004 se tomaron muestras compuestas por 3 submuestras de suelo, para cada uno de los tratamientos, y a 3 profundidades distintas del suelo (0-10 cm.), (10-20 cm.), y (20-50 cm.). Este muestreo se repitió en tres momentos del ciclo del cultivo siembra (Sbr), reproductivo (R1) y



cosecha (R8). Los puntos elegidos para extraer las muestras se realizaron siguiendo una transecta en dirección SE – NO. En R1 y R8 se tomaron muestras de plantas en una superficie de 1 m<sup>2</sup> para evaluar contenido de nitrógeno total en planta a través del método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965).

### **2.3.2 Determinaciones realizadas**

#### **-En el suelo:**

Se midió el contenido de nitrógeno de nitratos (N-  $\text{NO}_3$ ) por el método del ácido fenol di sulfónico (Bremner, 1965). Los valores se tomaron en ppm. de nitrógeno de nitrato y se expresaron en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Para ello se usaron los datos de peso específico aparente del proyecto que soporta a este trabajo.

#### **-En la planta de soja:**

Para cada tratamiento y bloque respectivo, en estado reproductivo (R1) y en cosecha (R8) se tomaron 3 submuestras para conformar una muestra compuesta por órganos; a la misma se la secó y molió para medir la cantidad de N total expresado en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  por el método semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965). El presente estudio se realizó desde la etapa de la toma de muestras, hasta la molienda del material recolectado.

### **2.4 ANALISIS ESTADISTICO**

Los resultados de nitrógeno de nitrato obtenidos, tomando las tres profundidades expresadas en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; se procesaron a través de el programa INFOSTAT y utilizando el test de comparación múltiple de Duncan, al 5% de probabilidad, se comparo los distintos sistemas de labranza, fertilización, momento del ciclo del cultivo y las respectivas interacciones.

### **3 RESULTADOS y DISCUSIÓN**

En primer lugar se presentaran los resultados obtenidos de la cantidad de nitrógeno asimilable en el suelo en los distintos tratamientos ensayados y su relación con el contenido de nitrógeno en planta. En segundo término se indicarán las interacciones.

#### **3.1 Nitrógeno asimilable y ciclo del cultivo**

El contenido de nitrógeno asimilable en el perfil del suelo en los momentos del ciclo del cultivo se indica en la Tabla 1. El valor de nitrógeno a la siembra es significativamente mayor comparado con R1 y cosecha. Esta diferencia es de aproximadamente un 34 % entre siembra y R1 y un 40 % entre siembra y cosecha. Diferencias semejantes fueron observadas por Rivero et al (2006) en un Argialbol típico. Esto se debe a que el cultivo a lo largo del ciclo almacena importantes cantidades de nitrógeno para formar su estructura y la mayor extracción es en la producción de granos. Esto coincide con lo expuesto por Echeverría (2003) quien sostiene que los requerimientos desde la germinación hasta la floración (R1) son bajos, mientras que desde comienzos de fructificación (R3) hasta la plenitud de llenado de grano (R6), la demanda es elevada.

Zapata, et al. (1987) destacan que el aporte de N por parte del suelo tiene importancia hasta R1, ya a partir de allí el mayor aporte es por parte de la fijación biológica de nitrógeno. Zapata y col. (1987) sostienen que los factores que restrinjan el crecimiento, limitarán la fijación biológica del N y reducirán la eficiencia de este proceso. En general este proceso comienza 30 días después de la siembra, aumenta hasta alcanzar un máximo durante el periodo reproductivo e inicio del llenado de grano y disminuye a partir del estadio de desarrollo de R5.

En la tabla 1 se observa que el nitrógeno del suelo disminuye en aproximadamente unos 13 kg.ha<sup>-1</sup> desde la siembra a la cosecha (una disminución del 40%). Esta pérdida de nitrógeno del suelo, se debe al consumo que realiza el cultivo y otras pérdidas del sistema como la desnitrificación y lixiviación. La desnitrificación es el proceso por el cual organismos desnitrificadores utilizan el NO<sub>3</sub> en lugar del O<sub>2</sub> para su actividad respiratoria, este proceso se incrementa con el aumento en el contenido de humedad del suelo y en el contenido de nitratos por efecto de la fertilización; por lo que los sistemas conservacionistas y fertilizados tendrán una mayor tasa de desnitrificación. La lixiviación es el proceso por el cual los nitratos, que son solubles en agua y que por efecto de las precipitaciones son arrastrados en profundidad fuera del alcance de las raíces.

En el lapso que va desde la siembra a la cosecha, el nitrógeno en la planta pasa de 0 kg.ha<sup>-1</sup> a 244 kg.ha<sup>-1</sup>. El aporte por parte del suelo no es suficiente a la demanda del cultivo, es así que el cultivo utiliza otras fuentes de nitrógeno siendo la fijación biológica de nitrógeno la más importante. Rivero et al (2006) indicaron que mientras el contenido de N en suelo disminuía un 40% la cantidad de N en la planta de soja incrementaba en un 91%. Echeverría (2003) sostiene que la FBN, en condiciones normales, puede aportar entre el 25 y 84 % del nitrógeno total absorbido. Por otro lado este autor indica además que la tasa de absorción de NO<sub>3</sub> se incrementa durante la fase vegetativa y alcanza un máximo durante R1 – R3, mientras que a comienzo de llenado de grano (R5), la tasa es de un 50 % del máximo. De esto se infiere que el suelo debe proveer suficiente nitrógeno hasta R3 – R4, mientras que luego de este momento, la FBN sería la principal fuente de nitrógeno para el cultivo.

**Tabla 1:** Contenido de nitrógeno en cada momento del ciclo, hasta los 50 cm del perfil del suelo (N-NO<sub>3</sub>) y en la planta (N total)

Momento del ciclo del cultivo	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg ha <sup>-1</sup> )	N total en planta (kg.ha <sup>-1</sup> )
Siembra	31.22 a	0
Reproductivo 1	20.67 b	14.57
Cosecha	18.77 b	243.9

Letras distintas en columna indican diferencia significativa al (p<= 0.05) según Duncan

### 3.2 N asimilable y sistema de labranza utilizado

Si el contenido de nitrógeno en el suelo se evalúa desde el punto de vista de las labranzas se observa que SD y LR son estadísticamente similares y mayores en un 26% que LC (Tabla 2). Estos resultados no coinciden con los observados por Zourarakis (1982) y Domínguez et al (2006) quienes encontraron valores mayores en labranza convencional. Domínguez et al (2001) indicaron que bajo siembra directa la ausencia de remoción sumado a las menores temperaturas del suelo pueden producir deficiencias de N.

Los resultados encontrados en el presente estudio podrían estar asociados a que las labores y toma de muestra de suelo en la labranza convencional se hicieron con pocos días de antelación a la siembra lo cual llevó a una baja mineralización de la materia orgánica, Stevenson y Cole (1999) sostienen que las fracciones lábiles de la materia orgánica son expuestas por las labranzas y atacadas por los microorganismos del suelo produciendo la mineralización de los nutrientes.

Por otro lado en la Tabla 2 también se observa que el contenido de N en planta sigue la misma tendencia, aunque con diferencias mucho menos marcadas, si bien no fue analizado estadísticamente.

**Tabla 2:** Contenido de nitrógeno(N-NO<sub>3</sub>) promedio para cada labranza, en el perfil del suelo hasta los 50 cm de profundidad y en la planta a la cosecha (N total)

Sistema de labranza	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg.ha <sup>-1</sup> )	N total en planta a la cosecha(kg.ha <sup>-1</sup> )
Siembra directa	26.35 a	253.12
Labranza reducida	25.22 a	241.27
Labranza convencional	19.10 b	237.42

Letras distintas en columna indican diferencia significativa al ( $p \leq 0.05$ ) según Duncan

### 3.3 Nitrógeno asimilable y fertilización

Al evaluar el contenido de nitrógeno en el suelo, comparando tratamientos fertilizados durante campañas anteriores, versus no fertilizados y que en la actual siembra a las parcelas fertilizadas se le agrego al suelo  $8.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de nitrógeno; en la Tabla 3 se observa que en los tratamientos fertilizados los valores son mayores y diferentes estadísticamente a los no fertilizados, alcanzando esta diferencia el 19 %.

En el cultivo de soja, un mayor contenido de nitrógeno en el suelo a la siembra se traduce en un mayor contenido de nitrógeno en planta en sus primeras etapas de ciclo. Echeverría, (2003) quien además sostiene el suelo debe proveer suficiente N hasta R3-R4, ya que un buen aprovisionamiento de N hasta esta etapa define un elevado numero de vainas, y luego de este momento la FBN debe ser la principal fuente de nitrógeno. En el presente estudio estas diferencias son muy pequeñas. Wesley et al (1998) indicaron que el suministro de fertilizante nitrogenado puede suplir un potencial déficit de N hasta R3-R4

**Tabla 3:** Contenido de nitrógeno(N-NO<sub>3</sub>) promedio según fertilización, en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad y en la planta a la cosecha (N total)

Fertilización	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg.ha <sup>-1</sup> )	N total en planta a la cosecha (kg.ha <sup>-1</sup> )
Fertilizado	26.00 a	250.96
No fertilizado	21.11 b	236.95

Letras distintas en columna indican diferencia significativa al ( $p \leq 0.05$ ) según Duncan

### **3.4 Interacciones**

#### **3.4.1 Interacción entre labranzas y fertilización**

En la Tabla 4 se indica el contenido de nitrógeno en el suelo para la interacción labranza por fertilización. Se observa que las labranzas más conservacionistas y F son los manejos con un mayor contenido de nitrógeno (SD F –LR F) y diferentes estadísticamente a LR NF, SD NF y LC-F, cuyos valores son de alrededor del 20 % menores, mientras que otra diferencia significativa se produce con LC–NF que ocupa el último lugar y es 43 % menor que SD-F y un 37 % menor que LR -F. Como se mencionó las labranzas fertilizadas son las que tienen los valores más altos promedio de nitrógeno versus los no fertilizados. Para el caso de las labranzas fertilizadas, el manejo de fertilización fosforada y nitrogenada se realiza desde varias campañas anteriores a esta actual campaña. Este manejo lleva a un incremento en la biomasa aérea y subterránea de los distintos cultivos implantados y se traduce en un incremento mayor de restos orgánicos aportados al sistema suelo. Los restos orgánicos se transforman en materia orgánica y esto se traduce directamente por la mineralización en más nitrógeno en el suelo.

Las labranzas conservacionistas por efecto de este tipo de manejo, poseen un mayor contenido de humedad durante todo el ciclo del cultivo, esto lleva a que las plantas puedan absorber por sus raíces más agua y a su vez más nutrientes, como lo es el nitrógeno aportado por la fertilización y el ya existente en el suelo. Esto lleva directamente a una mayor biomasa aérea y que ese nitrógeno no se pierda por lixiviación u otro tipo de pérdidas. La combinación de la acción conjunta de las labranzas más conservacionista y el efecto de la fertilización lleva a que en este perfil se encuentren los valores de nitrógeno más altos.

Estos resultados se contraponen con lo observado por Zourarakis (1982) quien observó que cuando se usaba cincel el contenido de nitrógeno era menor que cuando la labranza se realizaba con arado de rejas.

**Tabla 4:** Contenido de nitrógeno(N-NO<sub>3</sub>) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo interacción labranza-fertilización.

Interacción labranza – fertilización	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg.ha <sup>-1</sup> )
SD-F	29.88 a
LR-F	26.81 a
LR-NF	23.63 b
SD-NF	22.82 b
LC-F	21.31 b
LC-NF	16.88 c

Letras distintas en columna indican diferencia significativa al ( $p \leq 0.05$ ) según Duncan

### 3.4.2 Interacción entre labranzas y momentos del ciclo del cultivo

Al analizar el contenido de nitrógeno en el suelo en la interacción labranzas por momentos en el ciclo del cultivo (Tabla 5), se observa que se producen diferencias estadísticas entre SD-siembra, LR-siembra y el resto de los tratamientos no muestran diferencias entre sí. En este sentido se destaca que la primera es un 12 % superior a la segunda, mientras que el promedio de las siete interacciones siguientes son un 52% y un 45% menor a la primera y segunda respectivamente. Otro aspecto a considerar es que los valores más elevados se producen a la siembra solo en las labranzas conservacionistas mientras que en LC el valor es sensiblemente menor contrariamente a lo hipotetizado y demostrado por diversos autores entre ellos Zourarakis (1982) y Domínguez et al (2006) Como fue oportunamente expresado podría deberse a que en ese caso el laboreo se realizó muy cercano a la siembra del cultivo, dos días previo a la siembra; y no existió el tiempo necesario para la mineralización de la materia orgánica, la que se produciría semanas posteriores y con el cultivo ya implantado, alcanzando valores elevados en el estado reproductivo e iguales a las otras labranzas a pesar de los mayores requerimientos del cultivo.

**Tabla 5:** Contenido de nitrógeno(N-NO<sub>3</sub>) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo en la interacción labranza-momento del ciclo del cultivo.

Interacción labranza – momento del ciclo	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg.ha <sup>-1</sup> )
SD- siembra	40.29 a
LR-siembra	35.45 b
LC-reproductivo	21.60 c
LR-reproductivo	20.70 c
SD-reproductivo	19.71 c
LR-cosecha	19.51 c
SD-cosecha	19.05 c
LC-siembra	17.92 c
LC-cosecha	17.77 c

Letras distintas en columna indican diferencia significativa al ( $p \leq 0.05$ ) según Duncan

### 3.4.3 Interacción entre fertilización y momentos del ciclo del cultivo

La interacción de referencia se indica en la Tabla 6 donde puede observarse diferencias estadísticas entre F y NF a la siembra, F reproductivo y NF reproductivo y cosecha. El valor mas alto de nitrógeno corresponde a la interacción fertilización – siembra que es un 27 % mayor que NF- siembra, mientras que es un 38 % mayor que F – reproductivo y, oscila entre un 46% y un 50% por encima de F– cosecha, NF– reproductivo y NF– cosecha. Esto indica claramente que la fracción del nitrógeno asimilable en el suelo varía en mayor medida por efecto de la extracción del cultivo que hace que descieran bruscamente los valores en el suelo. En segundo término toma importancia el efecto de la fertilización entre los momentos reproductivo–cosecha. Esto coincide con lo expuesto por Wesley et al. (1998) quienes sostienen que el suministro de fertilizantes nitrogenados, podría suplir un potencial déficit de nitrógeno e incrementar los rendimientos, como así también por lo expresado más recientemente por Forjan et al (2006) quienes en un Argiudol típico y luego de 11 años de ensayo observaron que los cultivos de soja y maíz presentaron la mayor demanda de N y



además indicaron deficiencias de N especialmente en las secuencias donde se incluyeron oleaginosas –principalmente soja- que no fueron fertilizados con N y cuando el maíz alcanzó rendimientos elevados.

**Tabla 6:** Contenido de nitrógeno(N-NO<sub>3</sub>) promedio en el perfil del suelo hasta los 50 cm. de profundidad para los tres momentos del ciclo del cultivo interacción fertilización-momento del ciclo del cultivo.

Interacción fertilización – momento del ciclo	N-NO <sub>3</sub> en el suelo (kg.ha <sup>-1</sup> )
F-Siembra	35.97 a
NF-Siembra	26.47 b
F-Reproductivo	22.47 c
F-Cosecha	19.55 cd
NF-Reproductivo	18.87 d
NF-Cosecha	18.00 d

Letras distintas en columna indican diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) según Duncan

### 3.5 Variación del contenido de nitrógeno en el perfil para cada combinación de labranza y fertilización en los tres momentos del ciclo del cultivo evaluados

En la figura 1 se indica la variación del nitrógeno en el perfil del suelo en todos los tratamientos. La tendencia general observada es que si bien a la siembra se producen diferencias importantes entre tratamientos (como se describió precedentemente), en general la disminución entre siembra y reproductivo es más marcada en las labranzas conservacionistas F y NF, mientras que se produce un leve aumento en la LC F y NF. Entre reproductivo y cosecha la cantidad de nitrógeno disminuye levemente en todos los tratamientos.

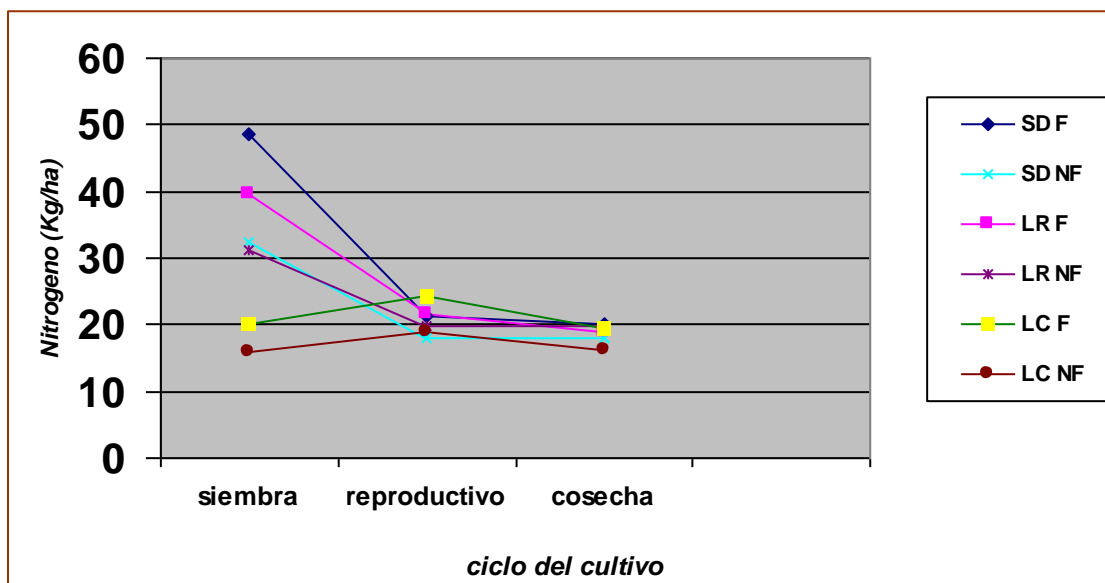


Figura 1: Evolución del contenido de nitrógeno en el perfil a través del ciclo de cultivo según tipo de labranzas y fertilizaciones.

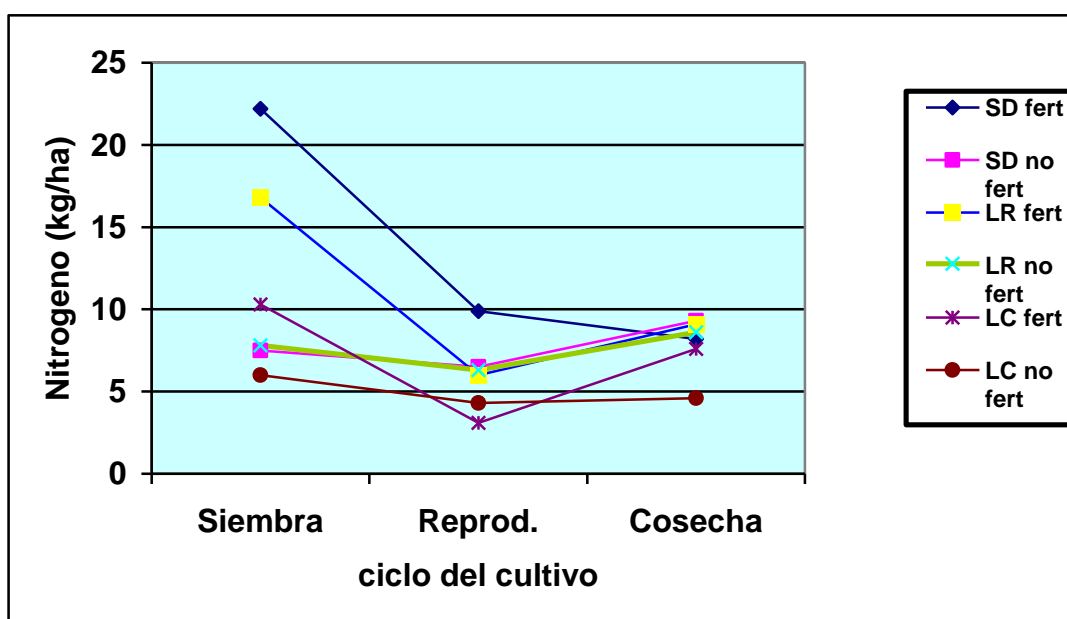
### 3.6 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo, según profundidad del perfil en los tres momentos del ciclo del cultivo con la combinación labranza fertilización.

#### 3.6.1 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo a la profundidad 0-10 cm.

En la figura 2 se indica la variación del nitrógeno asimilable del suelo para los primeros 10 cm del perfil. La tendencia que siguen los distintos tratamientos son los mismos en las tres etapas del ciclo del cultivo, con valores iniciales de nitrógeno altos a la siembra, en donde las labranzas con fertilización son mayores a sus respectivas sin fertilización, (**SD F** es un 196% mayor a **SD NF**; **LR F** es un 115% mayor a **LR NF** y **LC F** es un 72 % mayor que **LC NF**) y las labranzas con menor disturbio en el perfil (**SD** y **LR**) son las que también registran los mayores valores de nitrógeno a la siembra.

En la etapa reproductiva del cultivo los valores de nitrógeno asimilable para los primeros 10 cm. de perfil sufren una importante disminución; observándose los mayores descensos en las labranzas fertilizadas con una disminución promedio del 159 % respectivamente comparando siembra – reproductivo. Por otra parte en todas las labranzas no fertilizadas los valores de disminución de nitrógeno son del 25 %

promedio. Al analizar el nitrógeno a cosecha se destaca que se produce una estabilización y un pequeño incremento en los valores de nitrógeno comparadas con reproductivo, además la SD y LR ambas F y NF tienen valores muy semejantes y superiores a LC F y NF. En este sentido Zourarakis (1982), encontró una respuesta similar; en la cual la tendencia seguida de la concentración de nitratos es un aumento inicial y máximo a la siembra, una posterior caída brusca en la etapa reproductiva y una estabilización con un aumento lento hacia cosecha. Este autor encontró que la LC tiene valores mayores a la LR.

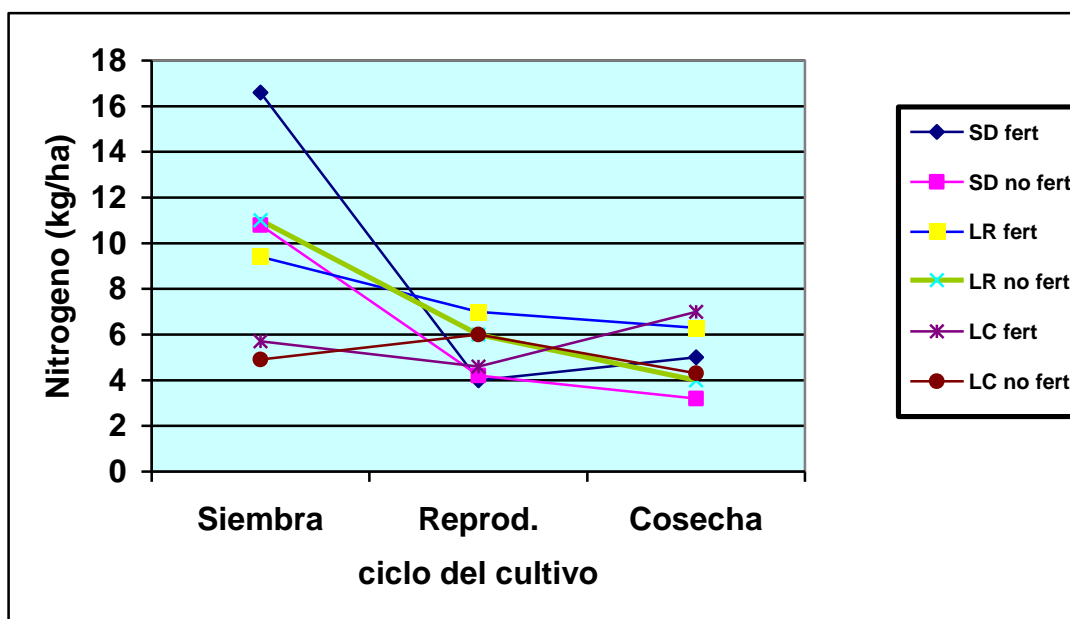


**Figura 2: Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 0–10 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza y fertilización.**

### 3.6.2 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo en la profundidad 10-20 cm.

En la figura 3 se puede observar los cambios en nitrógeno asimilable para esta porción del perfil. A la siembra en SD F se producen los valores mayores de nitrógeno y superiores en un 58 % respecto a un segundo grupo (LR F, LR NF y SD NF), un 215 % respecto al tercer grupo (LC F y LC NF).

En la etapa reproductiva es importante destacar que los valores mas bajos de nitrógeno corresponde a SD F, SD NF.



**Figura 3: Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 10-20 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza-fertilización.**

### 3.6.3 Variación del contenido de nitrógeno asimilable del suelo a la profundidad 20-50 cm

En la figura 4 se observa que la LC F y NF para los 20-50 cm del perfil continua manteniendo los valores mas bajos de nitrógeno a la siembra al igual que para las profundidades de 0-10 cm. y 10 -20 cm. En este sentido Zourarakis (1982), como ya se menciono encontró que la LC tiene valores mayores a la LR.

También se observa que en esta profundidad en el estado reproductivo LC y LR se comportan muy distintas a SD. En LC aumentan los valores de nitrógeno en forma importante principalmente la fertilizada mientras que en LR disminuye el valor de nitrógeno pero de manera menos brusca comparado con SD. Esto puede asociarse a que las precipitaciones producen una lixiviacion de nitrógeno a una mayor profundidad para las labranzas con remoción. Maddonni et al. (2003) sostiene que los nitratos son solubles en agua, antes la ocurrencias de lluvias que superen la condición de capacidad de campo esta agua drena por los poros del suelo arrastrando una proporción de nitratos. Esto depende de la capacidad de retención hídrica del suelo, en las labranzas conservacionistas poseen mayores valores de retención y por lo tanto menor lixiviación.

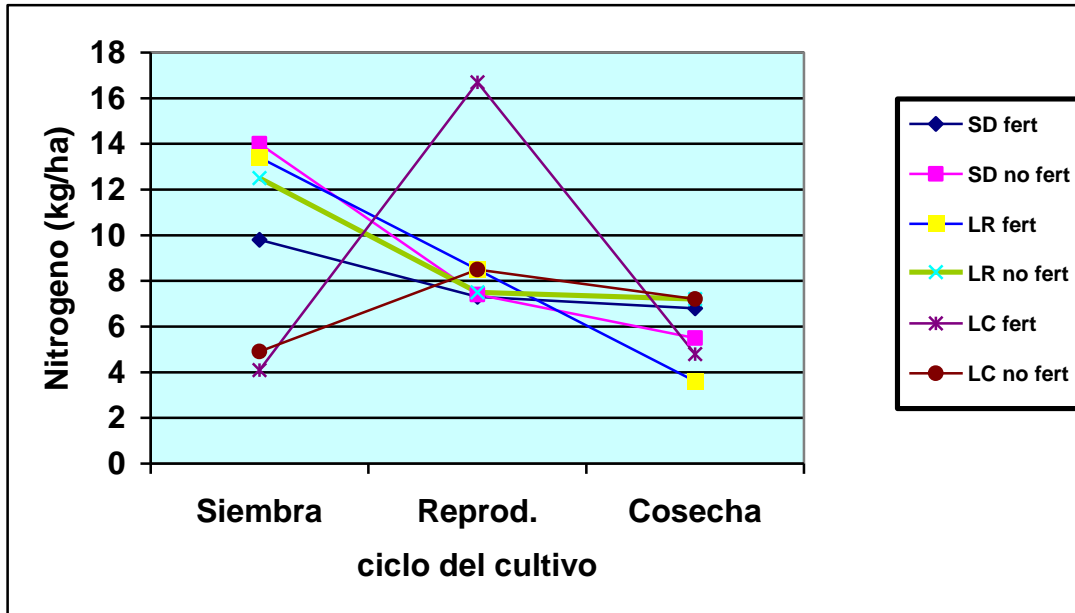


Figura 4: Evolución del contenido de nitrógeno en el suelo a la profundidad 20-50 cm. del perfil, en el ciclo del cultivo según labranza-fertilización.

#### 4. CONCLUSIONES

- En el ciclo del cultivo la cantidad de nitrógeno asimilable más elevado se produjo en labranzas conservacionistas fertilizadas y, la más baja en labranza convencional no fertilizada.
- En las labranzas conservacionistas a la siembra se observó el mayor contenido de nitrógeno en suelo el que disminuyó en alrededor del 48% en los estadíos fenológicos reproductivos y cosecha.
- En labranza convencional la cantidad de nitrógeno asimilable fue semejante en los tres momentos del ciclo evaluados.
- En los sitios históricamente fertilizados y en los tres momentos del ciclo el nitrógeno asimilable del suelo fue superior a los mismos momentos no fertilizados.
- En el manejo de nitrógeno para el cultivo de soja, es fundamental el aporte por parte de la fijación biológica de nitrógeno, lo que la hace una práctica importantísima de manejo.
- En el manejo de nitrógeno del suelo, toma importancia el agregado de este nutriente por parte de los fertilizantes en los cultivos antecesores.

## 5 BIBLIOGRAFIA CITADA

BREMNER, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen and total nitrogen. In CA BLACK (Ed). Methods of soil analysis part 2 chemical and microbiological properties, Am Soc. of Agron . Inc Publisher – Madison, Wisconsin – USA.

BRICCHI, E.; F. FORMIA; G .ESPOSITO; L. RIVERI Y H. AQUINO 2004. The effect of topography, tillage and stubble grazing on soil structure and organic carbon levels. Spanish Journal of Agricultural Research. Vol.2 N<sup>a</sup> 3. Aceptado. En prensa.

BRICCHI, E. 1996. Relaciones entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Rió IV. Tesis final para obtención del título Magíster Scientiae - Área Ciencia del Suelo UBA.

CASAS, R. 1997. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región Pampeana. Hacia una agricultura producible y sostenible en la pampa .De. CIPA ,5:99-164.cultivted and native grassland soils. Soil Biology & Biochemistry 57:1071-1076.Defining soil quality for a sustainable environment.SSSA Special Publication Number 35.

DIAZ ZORITA, M. 2003. Nuevas estrategias en el manejo de la soja. Fertilización en soja en Argentina. En: Simposio internacional sobre soja. XI Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo 2. pp 113-127.

DOMINGEZ, GF; GA STUDDERT; HE ECHEVERRIA & FH ANDRADE. 2001. Sistemas de cultivo y nutrición nitrogenada en maíz. Ciencia del Suelo 19:47-56.

DOMÍNGUEZ, GF; STUDDERT, GA; COZZOLI, MV y DIOVISALVI, NV. 2006. Relación entre el nitrógeno potencialmente mineralizable y el rendimiento del maíz. Congreso Argentino de la ciencia del suelo. Argentina.

ECHEVERRIA, H E. 2003 “Fertilización nitrogenada en soja “.Disponible en [www.inta.gov.ar/balcarce/ index htm](http://www.inta.gov.ar/balcarce/index.htm).

ECHEVERRIA, H E. 2003. Nutrición y Diagnostico de Nitrógeno en Girasol. Disponible en [ww.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/girasol/echeve.htm](http://ww.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/girasol/echeve.htm)

FABRIZZI, KP; A MORÓN & GARCIAA, F.O. 2003. Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1831–1841

FORJAN, H; BERGH, R.; ZAMORA, M.; MANSO, L.; SEGHEZZO, M. Y E. MOLFESE. 2006. Balance de fósforo y nitrógeno en secuencias agrícolas del sur bonaerense. XX CACS .En CD 5 pag.

GUTIERREZ, J S; FLAVIO, H; SCHEINER, L M. y LAVADO, R S .2002. Repuesta del cultivo de soja a la fertilización Fosforada y Nitrogenada. XVIII. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Chubut .Argentina.

MADDONNI, G. A.; VILARIÑO, P.; y. GARCÍA DE SALAMONE, I. 2003. Dinámica de los nutrientes en el sistema suelo-planta.

MORENO, I. 2000 La materia orgánica y el uso de los suelos. Su impacto sobre propiedades físicas. Tesis Magíster en Ciencias del Suelo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina. 80 pag.

PALMA, R. M.; RIMOLO, M.; SAUBIDET, M. I. AND CONTI, 1997. Influence of tillage system on denitrification in Maize-cropped soils. Biol. Fertil. Soil, 25: 142-146.

RACCA, R.; D. COLLINO; J. DARDANELLI; D. BASIGALUP; N. GONZALEZ; E. BRENSONI; N. HEIN Y M. BALZARINI 2002. Contribución de la fijación biológica



de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana .Edición del INTA .Isban 987 -521- 045-5.pp:56. .

RACCA, R. 2003. Fijación biológica de nitrógeno. En Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. XI Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo 2. pp. 197 – 208

RIMATORI, F; ANDRIULO, A; SASAL, C; y M BUENO ,2002. La Fertilización Nitrogenada y Algunas Propiedades Químicas Edáficas con 20 años de Siembra Directa .XVIII. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madrin, Chubut. Argentina.

RIVERO, E; MORTOLA, N. Y C. IRURTIA. 2006. Macronutrientes en soja y su disponibilidad en el suelo. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Argentina.

STEVENSON, FJ & MA COLE. 1999. Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 427 p.

STUDDERT, G & H ECHEVERRIA. 2006. Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo en el sudeste bonaerense. Pp. 407-437 en ANDRADE F & V SADRAS (eds.), Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA Balcarce-FCA UNMdP.

STUDDERT, G & H ECHEVERRIA. 2006. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1496-1503.

WESLEY, T.; R. LAMOND; V. MARTIN and S. DUNCAN. 1998. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. J.Prod. Agric. 11:331-336.

ZAPATA, F .,S . DANSO, G HARDARSON y M. FREÍD. 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using nitrogen – 15 methodology. Agron. J . 79 : 173-176.

ZOURARAKIS D. y L. A. BARBERIS ,1982. Técnicas de diagnostico de la fertilidad nitrogenada edáfica. Fundamento y desarrollo de las mismas. Remitido para su publicación a la Rev. Facultad de Agronomía (UBA).

ZOURARAKIS D, 1982. Evolución del contenido de nitrato en un argiudol bajo cultivo de maíz .Revista Facultad de Agronomía (UBA).

