

*Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Facultad de Ciencias Agrarias
Ruta Prov. N°4 y Juan XXIII
Lomas de Zamora. Buenos Aires. Argentina*



ESPACIO DE PRÁCTICAS PROFESIONALES TRABAJO FINAL DE GRADO

***“Comportamiento del nitrógeno potencialmente mineralizable
bajo metodología de incubación anaeróbica en diferentes
sistemas de labranza”***

AUTORA

IBÁÑEZ YANINA

DIRECTOR

ING. AGR. RODRÍGUEZ HERNÁN ADRIÁN

EVALUADORES

ING. AGR. DRA. BARRIOS MÓNICA

ING. AGR. GONZÁLEZ GABRIELA

ING. AGR. MSC. TORRECILLAS MARCELO

Llavallol, Agosto 2018

“Las opiniones expresadas por el autor de este Trabajo no representan necesariamente los criterios de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora”.

ÍNDICE GENERAL

Tema	Pág
Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Anexos	vi
Abreviaturas	vii
Resumen	01
Introducción	03
Hipótesis y objetivos	07
Materiales y métodos	08
Resultados y discusión	11
Concentración de nitrógeno anaeróbico en los tratamientos analizados	11
Relación de la materia orgánica con la concentración de nitrógeno anaeróbico presente en el suelo	13
Incidencia de las labranzas sobre la densidad aparente y la concentración de nitrógeno anaeróbico	14
Conclusiones	16
Propuestas	17
Bibliografía	18
Actividades complementarias	22
Anexo	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág
Figura 1: Ubicación geográfica del sector ensayo del campo experimental de la Comisión Nacional de Energía Atómica	08
Figura 2: Distribución de las parcelas de siembra directa, labranza convencional y labranza mínima en el DBCA	09
Figura 3: Muestras previas a ser incubadas y muestras con siete días de incubación anaeróbica	10
Figura 4: Relación del contenido de materia orgánica y la concentración de nitrógeno anaeróbico con densidad aparente en los sistemas de labranza estudiados	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág
Tabla I: Valores de nitrógeno anaeróbico expresados en mg Kg ⁻¹ para las diferentes profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm en los tratamientos	11
Tabla II: Valores de nitrógeno potencialmente mineralizable expresados en mg Kg ⁻¹ en todas las profundidades y tratamientos	12
Tabla III: Valores promedios de materia orgánica expresados en g 100g ⁻¹ de suelo seco en todas las profundidades y tratamientos	13
Tabla IV: Valores de nitrógeno anaeróbico considerando la densidad aparente, expresados en mg Kg ⁻¹ para las diferentes profundidades y tratamientos	14

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág
Anexo I: Análisis de varianza y Test de Tukey para nitrógeno anaeróbico en las diferentes profundidades y tratamientos	23
Anexo II: Análisis de varianza y Test de Tukey para nitrógeno potencialmente mineralizable en las diferentes profundidades y tratamientos	24
Anexo III: Análisis de varianza y Test de Tukey para %MO en las diferentes profundidades y tratamientos	26
Anexo IV: Análisis de regresión lineal entre nitrógeno anaeróbico y %MO en las diferentes profundidades y tratamientos	27
Anexo V: Análisis de varianza y Test de Tukey para nitrógeno anaeróbico con densidad aparente en las diferentes profundidades y tratamientos	29
Anexo VI: Análisis de varianza y Test de Tukey para nitrógeno potencialmente mineralizable con densidad aparente en las diferentes profundidades y tratamientos	30
Anexo VII: Análisis de regresión lineal entre nitrógeno anaeróbico con densidad aparente y %MO de los tratamientos	31

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
C	carbono
Cm	centímetros
Dap	densidad aparente
DBCA	diseño en bloques completos aleatorizados
g Kg ⁻¹	gramos/Kilogramos
g 100g ⁻¹	gramos/100 gramos
LC	labranza convencional
LM	labranza mínima
mg Kg ⁻¹	miligramos/Kilogramos
MO	materia orgánica
N	nitrógeno
Nan	nitrógeno anaeróbico
No	nitrógeno orgánico
Npm	nitrógeno potencialmente mineralizable
NH ₄ ⁺	amonios
NO ₃ ⁻	nitratos
SD	siembra directa
μm	micrones
&	y

RESUMEN

El nitrógeno anaeróbico es un indicador de las concentraciones de nitrógeno potencialmente mineralizable. De la concentración total de nitrógeno orgánico presente en el suelo, sólo una fracción activa puede ser transformada por la biomasa microbiana a formas inorgánicas solubles para ser aprovechadas por las plantas. Por lo tanto, este método biológico, puede convertirse en una herramienta útil al momento de determinar la disponibilidad real del nitrógeno en el suelo, para ser aprovechado por un cultivo a lo largo de su ciclo. Los sistemas de labranza empleados, entre otros factores, pueden ejercer un efecto diferencial sobre las concentraciones de materia orgánica en el suelo y por ende, del contenido de nitrógeno anaeróbico. Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar los efectos que ejercen dos sistemas de labranza en la concentración de nitrógeno anaeróbico, la incidencia del contenido de materia orgánica y la densidad aparente del suelo sobre el mismo. El ensayo evaluado proviene de ocho años en rotación de cultivos sometido a diferentes sistemas de labranza: siembra directa y labranza convencional. El diseño experimental empleado fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones. Se realizaron extracciones de muestras previas a la siembra del cultivo, a tres profundidades diferentes. Las mismas fueron acondicionadas y posteriormente incubadas mediante la técnica anaeróbica, para su determinación. Se hallaron diferencias significativas en el tratamiento de siembra directa en los primeros centímetros del perfil con valores de $76,45 \text{ mg Kg}^{-1}$ y $55,80 \text{ mg Kg}^{-1}$ para labranza convencional respectivamente. La concentración de nitrógeno anaeróbico también se relacionó con el contenido de materia orgánica presente en el

suelo con un $R^2=0,99$ para siembra directa y $R^2= 0,27$ en labranza convencional en el primer estrato.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos a nivel mundial ha generado una intensificación en el uso agrícola de los suelos, que sumado a la reducción de la superficie agropecuaria, trajo aparejados efectos sobre la fertilidad de los mismos, como la disminución del contenido de materia orgánica (MO) (Studdert & Echeverría, 2000). Esto afecta las propiedades físicas, químicas y biológicas debido a que la MO está íntimamente relacionada con la capacidad del suelo de cumplir con sus funciones en el agroecosistema, tales como: almacenar y proveer nutrientes, acumular agua y permitir su circulación y la del aire, mantener una estructura estable en la agrupación de partículas para la formación de macro y microagregados y resistir a la erosión (Weil & Magdoff, 2004). A su vez, los agregados inciden sobre el grado de protección física de la MO en función del manejo del suelo (Cozzoli *et al.*, 2010). Roldán *et al.* (2014) demostraron que la estabilidad de los macroagregados de dos Molisoles bajo distintos sistemas de labranza y diferentes formas de uso se relacionaban estrechamente con el contenido de MO en ellos, especialmente sus fracciones lábiles, ya que son los componentes del suelo más sensibles a las alteraciones producidas por el uso agrícola (Studdert *et al.*, 2015).

La realización de monocultivos y la falta de rotaciones con pasturas han generado una notable disminución de los niveles de MO de los suelos de la Región Pampeana, llegando a tener sólo de 50 a 60% del nivel original según zonas. Esto podría acentuar la disminución en la disponibilidad de micronutrientes debido a que la MO tiene estrecha relación con los mismos (Sainz Rozas *et al.*, 2013).

Por otra parte, el aporte de carbono (C) por los cultivos a través de sus residuos tiene influencia en los niveles de MO, especialmente de las fracciones más jóvenes y

su disponibilidad se relaciona con la de los demás minerales y nutrientes incluido el nitrógeno (N) (Domínguez *et al.*, 2009).

La densidad aparente (Dap) también tiene incidencia en el mismo, ya que se relaciona con la proporción de poros existentes en el suelo. Sus alternaciones pueden ser debidas al empleo de diferentes sistemas de labranza, el crecimiento de raíces, movimiento de fauna interior, entre otros. Valores elevados de Dap se asocian a suelos con menor aireación y mayor resistencia a la penetración, afectando funciones hidrológicas como la infiltración y la percolación (Agostini *et al.*, 2014).

La labranza convencional (LC) genera una incorporación de los residuos vegetales al suelo reduciendo la cobertura superficial y favoreciendo la elevación de la temperatura, permitiendo un aumento del flujo de oxígeno dentro del suelo exponiendo a la MO protegida dentro de los agregados a una mineralización más intensa (Wright & Hons, 2005). Sus valores de Dap serán, por tanto, menores ya que la remoción del suelo lo dejará más suelto y mullido.

Bajo siembra directa (SD), en cambio, la Dap es más elevada, debido a una mayor compactación del suelo, los residuos de los cultivos permanecen sobre la superficie y su transformación ocurre dentro de los primeros centímetros del perfil (Powlson *et al.*, 2014) generando una estratificación, la cual variará acorde al manejo que se realice sobre los mismos. A su vez, proporciona una mejor conservación de la MO protegida dentro de los agregados por no ser laboreados (Six *et al.*, 2004). Los beneficios esperados de la SD en cuanto a este aspecto, es dependiente de las condiciones edafo-climáticas de cada sitio, del nivel inicial de MO y de las combinaciones de cultivo para su mineralización. Por ello, podría ser imprudente

considerar tales beneficios de manera universal (Powlson *et al.*, 2014; García *et al.*, 2016). Domínguez *et al.* (2016) indicaron que la reducción de la intensidad de la labranza puede conducir a un aumento del nitrógeno potencialmente mineralizable (Npm), pero al haber menor perturbación del suelo, la tasa de mineralización será menor, lo que produciría deficiencia de N en los cultivos. Esto aumenta la necesidad de fertilización nitrogenada y, por lo tanto, de un diagnóstico preciso y confiable de la disponibilidad de N que debe tomar en cuenta la capacidad de mineralización de N del suelo (Sainz-Rozas *et al.*, 2008).

Entre los nutrientes, el N es uno de los que más incide en el ciclo de los cultivos. Su importancia radica en que es el mineral que limita en mayor medida la producción a nivel global. Asimismo, es deficiente de forma universal debido a las pérdidas que se generan por el mal manejo de los suelos y por la agresión que se hace de sus reservas orgánicas (Vidal *et al.*, 2002).

Las formas orgánicas de N (restos vegetales en descomposición, humus, microorganismos, entre otros) constituyen hasta el 95% del N total en la capa arable. A pesar de la gran cantidad de nitrógeno orgánico (No) que se encuentra en el suelo, se estima que sólo del 1 al 3% del total es mineralizado (Keeney, 1982; Martínez *et al.*, 2015). La mineralización del N, se encuentra entonces, fuertemente relacionada a una fracción activa de este elemento y poco al N total presente en el suelo.

El Npm se refiere a la cantidad del No edáfico que puede ser convertido por la actividad de la biomasa microbiana presente en el suelo (aeróbica y aeróbica facultativa, heterótrofa) a formas inorgánicas solubles, fundamentalmente amonios

(NH_4^+) y nitratos (NO_3^-), lo cual es una alternativa eficaz para cuantificar el aporte de N del suelo para los cultivos (Campbell *et al.*, 1981).

Bonde & Rosswal (1987) determinaron que su disponibilidad a lo largo del año no es homogénea, ya que detectaron disminuciones en el Npm en primavera y verano con sucesivos incrementos en el otoño. Estos cambios estacionales podrían estar también relacionados con la calidad del sustrato y con los factores abióticos que regulan su descomposición. La dinámica de la fracción activa de la MO, el tipo de suelo, las prácticas de manejo que se pueden efectuar en él, que inciden en forma diferencial en los procesos de descomposición del material vegetal y las condiciones ambientales, particularmente el contenido de agua y la temperatura del suelo, ejercen una fuerte influencia sobre el proceso de transformación de los materiales vegetales dentro del suelo. Por ello, también podrían esperarse cambios estacionales en las fracciones más lábiles de la MO y de los materiales carbonados que se incorporen según el momento en que se lo haga (Casado-Murillo & Abril, 2013). De existir tales variaciones a lo largo de las estaciones, es importante determinar el momento de estimación del nitrógeno anaeróbico (Nan) como indicador de salud del suelo y como diagnóstico de la fertilidad nitrogenada. Esta técnica es utilizada en el Sudeste Bonaerense, para estimar su concentración y diagnosticar necesidades, efectuando los muestreos de suelo entre otoño y primavera (Studdert *et al.*, 2015).

Para su medición pueden emplearse diferentes métodos, Echeverría *et al.* (2000) encontraron una estrecha correlación del Npm y el Nan en suelos del Sudeste bonaerense ($R^2=0,65$).

El Nan es un indicador temprano promisorio de los cambios que ocurren en el suelo debido al uso y es más estable en el tiempo que otros indicadores como los NO_3^- , pero a su vez, es sensible a cambios en las prácticas de manejo del suelo (Pegoraro *et al.*, 2013; Reussi Calvo *et al.*, 2013), lo cual lo hace más flexible al momento de realizar un muestreo y más independiente de las condiciones hídricas del perfil (Zilio *et al.*, 2016). Por tanto, se lo considera como una herramienta útil para estimar las concentraciones de Npm en el suelo.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis:

- I. Las concentraciones de nitrógeno anaeróbico son mayores bajo el tratamiento de siembra directa en todas las profundidades.
- II. Los valores de Nan se encuentran relacionados con el contenido de materia orgánica en el suelo.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- a. Evaluar el comportamiento del nitrógeno anaeróbico en suelos agrícolas sometidos a diferentes sistemas de labranza y a diferentes profundidades.
- b. Evaluar la variación de la concentración de nitrógeno anaeróbico en relación al contenido de materia orgánica en los diferentes sistemas de labranza y sus profundidades.
- c. Evaluar el efecto de la densidad aparente en las concentraciones de nitrógeno anaeróbico en los distintos tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue realizado en el Campo Experimental de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), en el Partido de Ezeiza, Buenos Aires (34° 49' 01" LS 58° 34' 16" LW) (Figura 1), sobre un suelo Argiacuol vértico (Soil Survey Staff, 2010), con un contenido de MO de 41,2 g Kg⁻¹ en los primeros 20 cm de profundidad. El historial del ensayo proviene de ocho años de una rotación de cultivos los cuales fueron: soja 1° (2005/06), trigo/soja 2° (2006/07), maíz (2007/08), soja 1° (2008/09), trigo/soja 2° (2009/10), maíz (2010/11), soja 1° (2011/12), trigo/soja 2° (2012/13); sometidos a tres sistemas de labranza (tratamientos): labranza mínima (LM), SD y LC (en este trabajo sólo estas dos últimas fueron evaluadas).

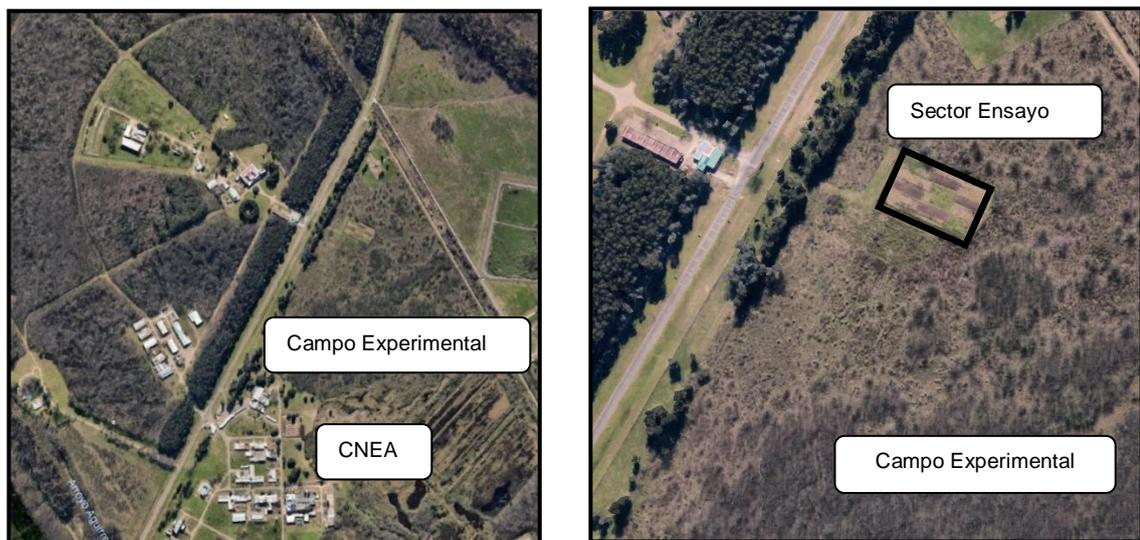


Figura 1: Ubicación geográfica del Sector Ensayo del Campo Experimental de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

El diseño del ensayo fue de bloques completos aleatorizados (DBCA), con tres repeticiones (Figura 2). Cada una de ellas posee una superficie de 250 metros cuadrados.

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
SD	LC	SD
LC	LM	LM
LM	SD	LC

Figura 2: Distribución de las parcelas de siembra directa (SD), labranza convencional (LC) y labranza mínima (LM) en el DBCA (LM no fue empleada como tratamiento en este ensayo).

Se realizaron extracciones de muestras durante la estación invernal, previa a la siembra del cultivo de verano, a tres profundidades diferentes: de 0-5 cm, de 5-10 cm y 10-20 cm. Las mismas fueron acondicionadas por secado al aire, homogeneizadas y posteriormente tamizadas a 2000 μm .

Para la determinación de NH_4^+ se efectuó la incubación de una alícuota de las muestras de los tratamientos en todas las profundidades mediante la técnica de incubación anaeróbica durante 7 días a 40°C (Waring & Bremner, 1964) (Figura 3). Finalizada la incubación se determinó el NH_4^+ presente en cada muestra por destilación con arrastre de vapor y posterior titulación.



Figura 3: Muestras previas a ser incubadas (izquierda) y muestras con siete días de incubación anaeróbica (derecha).

El Nan fue estimado por diferencia entre las muestras incubadas con muestras analizadas sin incubar con igual procedimiento.

Los valores obtenidos fueron expresados en mg Kg^{-1} .

Para la estimación del Npm se empleó la ecuación del modelo lineal, desarrollada por Echeverría *et al.* (2000) donde:

$$\text{Npm} = 1,37 \text{ Nan} + 83,17 \quad (R^2 = 0,65)$$

Los análisis estadísticos fueron efectuados mediante el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2014), donde se realizaron ANOVA y la comparación de las medias de los tratamientos con un nivel de significancia del 5% mediante Test de Tukey.

Para determinar la relación entre la concentración de Nan y la MO se efectuó un análisis de regresión simple.

Los valores de MO y Dap fueron proporcionados por la Cátedra de Edafología perteneciente a esta casa de estudios (Barrios *et al.*, 2016)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de nitrógeno anaeróbico en los tratamientos analizados

Los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico (Anexo I), indicaron que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en los primeros centímetros del suelo, no hallándose diferencias en las demás profundidades, bajo los diferentes sistemas de labranza (Tabla I). Coincidiendo con los resultados de los trabajos efectuados por Diovisalvi *et al.* (2008), Cozzoli *et al.* (2010) y García *et al.* (2016) en ambos tratamientos.

Tabla I: Valores de nitrógeno anaeróbico expresados en mg Kg^{-1} para las diferentes profundidades de 0-5, 5-10 y 10-20 cm en los tratamientos.

Tratamiento	Nan (mg Kg^{-1})		
	Profundidad (cm)		
	0-5	5-10	10-20
SD	76,45 a	67,85 a	33,11 a
LC	55,80 b	69,75 a	40,92 a

En cada profundidad, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Nan: Nitrógeno anaeróbico. SD: Siembra directa. LC: Labranza convencional.

La concentración de Nan en la SD fue un 37% mayor que en la LC para el primer estrato, siendo inferior y no significativa en las demás profundidades.

Los rangos de 33 y 76 mg kg^{-1} de suelo fueron coincidentes con valores hallados por Cozzoli *et al.* (2010) sobre un Argiudol típico y Acosta *et al.* (2014) sobre un Hapludol típico.

El Npm calculado tuvo valores que fueron disminuyendo acorde a la profundidad en el tratamiento de SD, no ocurriendo lo mismo en la LC donde se encontraron

mayores concentraciones en la profundidad de 5-10 cm (Tabla II y Anexo II). Respuestas similares obtuvo Diovisalvi *et al.* (2008) con iguales tratamientos en el suelo.

Tabla II: Valores de nitrógeno potencialmente mineralizable expresados en mg Kg^{-1} en todas las profundidades y tratamientos.

Tratamiento	Npm (mg Kg^{-1})		
	Profundidad (cm)		
	0-5	5-10	10-20
SD	187,91 a	176,12 a	128,53 a
LC	159,62 b	178,73 a	139,23 a

En cada profundidad, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Npm: Nitrógeno potencialmente mineralizable. SD: Siembra directa. LC: Labranza convencional

En la SD puede observarse cómo decrecen las concentraciones a medida que aumenta la profundidad, esto puede deberse a la estratificación de la MO en los primeros centímetros debido a la falta de remoción del suelo (Domínguez *et al.*, 2009, Cozzoli *et al.*, 2010). En cambio, la LC al presentar un mayor grado de remoción a lo largo del perfil produce una distribución más homogénea. Esta distribución coincide con las concentraciones de MO medidas en todos los tratamientos y profundidades y explica la distribución diferencial del contenido de Npm en la LC a lo largo del perfil del suelo.

Relación de la materia orgánica con la concentración de nitrógeno anaeróbico presente en el suelo

El efecto de las labores agrícolas sobre los suelos permite visualizar la distribución de la concentración de Nan y Npm relacionados con el contenido de MO (Tabla III). La misma presentó diferencias significativas en todos los tratamientos y profundidades (Anexo III).

Tabla III: Valores promedios de materia orgánica expresados en $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de suelo seco en todas las profundidades y tratamientos.

Tratamiento	MO ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de suelo seco)		
	Profundidad (cm)		
	0-5	5-10	10-20
SD	4,69 a	3,70 a	2,88 b
LC	3,84 b	3,38 b	3,39 a

En cada profundidad, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). MO: Materia orgánica. SD: Siembra directa. LC: Labranza convencional.

El análisis de regresión lineal efectuado demostró una relación existente entre el contenido de MO y la concentración de Nan para los diferentes tratamientos (Anexo IV), siendo mayor en la SD que la LC para los primeros cm del perfil con un $R^2=0,99$ y $R^2=0,27$ respectivamente. Coincidiendo con lo evaluado por Cozzoli *et al.* (2010) y Pegoraro *et al.* (2013) sobre un Argiudol típico en ambos casos.

La LC en cambio, presentó mayores valores en los estratos inferiores con un $R^2=0,62$ para el segundo y $R^2=0,60$ para el tercero, demostrando cómo se relaciona la integración de MO con el Nan en el perfil respecto al tipo de labranza empleada.

Incidencia de las labranzas sobre la densidad aparente y la concentración de nitrógeno anaeróbico

Se evaluó, a su vez, el efecto que generan las labranzas sobre el grado de compactación que sufre el suelo, los cambios en su porosidad y aireación. La importancia de considerar esta variable se debe a la relación de estos cambios estructurales con la concentración de Nan.

Se hallaron también diferencias significativas para SD en los primeros cm del perfil (Tabla IV y Anexo V). Resultados similares obtuvo Studdert *et al.* (2015) sobre un suelo Argiudol típico en el primer estrato para ambos tratamientos.

Tabla IV: Valores de nitrógeno anaeróbico considerando la densidad aparente, expresados en mg Kg⁻¹ para las diferentes profundidades y tratamientos.

Tratamiento	Nan c/Dap (mg Kg ⁻¹)		
	Profundidad (cm)		
	0-5	5-10	10-20
SD	95,85 a	87,59 a	47,13 a
LC	59,46 b	80,98 a	38,15 a

En cada profundidad, letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Nan c/Dap: Nitrógeno anaeróbico con densidad aparente. SD: Siembra directa. LC: Labranza convencional.

Esto demuestra que la labranza de SD ocasiona, mediante la compactación del suelo, una mayor masa del mismo por unidad de superficie, en comparación con la LC que al presentar un suelo mas removido, es menor. Mostrando un 61,20% más de Nan en los primeros cm, no encontrándose diferencias significativas en las demás profundidades, contrastando los resultados obtenidos en los análisis

realizados previamente sobre la concentración de Nan, donde no se consideró la Dap y la LC tenía mayor valores para este indicador en los estratos inferiores.

El Npm también fue evaluado considerando la Dap del suelo, obteniéndose iguales resultados a los análisis ya realizados, sólo encontrando diferencias significativas entre la SD y la LC para los primeros cm (Anexo VI).

El contenido de MO tuvo igual respuesta en el análisis de regresión lineal, siendo significativo para la concentración de Nan considerando la Dap del suelo (Anexo VII).

La Figura 4 demuestra mediante la pendiente, la tendencia positiva de cómo aumenta el Nan con incrementos en la concentración de MO presente en el suelo, siendo más representativo en la SD ($p=0,0002$) que la LC ($p=0,0046$).

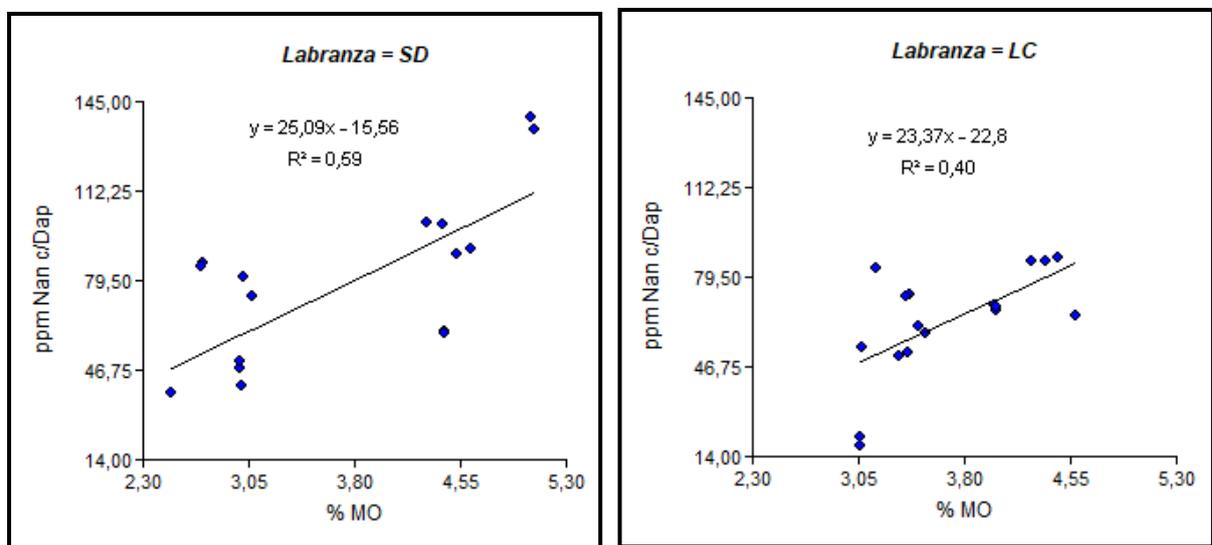


Figura 4: Relación del contenido de Materia orgánica y la concentración de Nitrógeno anaeróbico con Dap en los sistemas de labranza estudiados. ($p < 0,05$ hay relación lineal).

MO: Materia orgánica. SD: Siembra directa. LC: Labranza convencional. Dap: Densidad aparente. Ppm: partes por millón (mg Kg^{-1})

CONCLUSIONES

La implementación de diferentes sistemas de labranza impactan sobre la materia orgánica del suelo, lo que ejerce efectos sobre la concentración y distribución del nitrógeno anaeróbico en el perfil. Los sistemas de cultivo bajo siembra directa presentan una estratificación de la materia orgánica, debido a la acumulación de restos vegetales sobre la superficie del suelo; asociada a ella, la concentración de nitrógeno anaeróbico es marcadamente superior en el estrato superficial del suelo, acompañando su disminución al de la materia orgánica en profundidad. Por otro lado, bajo labranza convencional, la distribución vertical del nitrógeno anaeróbico es más homogéneo producto de la incorporación de los restos vegetales en el suelo.

A su vez, debe considerarse la densidad aparente del suelo, ya que ocasiona cambios en la cantidad de masa de suelo por unidad de volumen, modificando los valores de concentración de cualquier variable en estudio (entre ellas, el nitrógeno anaeróbico y la materia orgánica). Por lo tanto, es un factor importante a tener en cuenta al momento de determinar la salud edáfica.

PROPUESTAS

Se proponen como continuidad en la línea de investigación sobre el tema:

- Analizar la concentración de Nan y su respuesta en suelos que tienen rastrojo sin integrar, rastrojo picado en superficie y rastrojo picado integrado.
- Determinar el rendimiento de un cultivo ajustando la fertilización acorde a los resultados de Nan obtenidos vs cultivo sin fertilizar.
- Analizar el efecto de la temperatura de incubación sobre los microorganismos en anaerobiosis presentes en el suelo muestreado.
- Evaluar si hay diferencias en los tipos de microorganismos presentes, según la época del año en que se muestree el suelo.
- Evaluar las diferentes poblaciones de microorganismos degradadores de MO según el tipo de suelo y su incidencia para la concentración de Nan.
- Evaluar la relación de macro y microagregados con el contenido de MO y el Nan.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta F; I Moreno; C Cholaky & R Marzari. 2014. N anaeróbico: Indicador sensible de calidad edáfica. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Bahía Blanca. 1:6.
- Agostini M A; M Monterubbianesi; G A Studdert & S Maurette. 2014. Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. Ciencia del suelo. 32: 171-176.
- Barrios M B; AC Sokolowski; J De Grazia; HA Rodríguez; SP Debelis; MC Gagey; AD Blasón & A Buján. 2016. Análisis de componentes principales sobre propiedades físicas del suelo en dos sistemas de labranza. Ciencia del suelo.
- Bonde TA & T Rosswal. 1987. Seasonal variation of potentially mineralizable nitrogen in four cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J.51: 1508-1514.
- Campbell CA; RJK Myers & KL Weier. 1981. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five queensland soils. Soil Res. 19:323-332.
- Casado-Murillo N & A Abril. 2013. Decomposition and carbon dynamics of crop residue mixtures in a semiarid long term no-till system: effects on soil organic carbon. Open Agric. J. 7(Suppl. 1- M3): 11-21.
- Cozzoli MV; N Fioriti; GA Studdert; GF Domínguez & MJ Eiza. 2010. Nitrógeno liberado por incubación anaeróbica y fracciones de carbono en macro- y microagregados bajo distintos sistemas de cultivo. Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) - EEA INTA Balcarce, Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar. ISSN 1850-2067.

- Diovisalvi NV; GA Studdert; GF Domínguez & MJ Eiza. 2008. Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos y nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza. . Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) - EEA INTA Balcarce, Instituto de Suelos, CIRN INTA Castelar. Ciencia del Suelo 26(1) 1-11.
- Di Rienzo JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Domínguez GF; NV Diovisalvi; GA Studdert & MG Monterubbianesi. 2009. Soil organic C and N fractions under continuous cropping with contrasting tillage systems on mollisols of the southeastern pampas. Soil Till. Res. 102: 93-100.
- Domínguez GF; GV García & GA Studdert. 2016. Is anaerobic mineralizable nitrogen suitable as a soil quality/health indicator?. Spanish Journal of Soil Science. Vol. 6 Issue 2. 82-97.
- Echeverría HE; N San Martín & R Bergonzi. 2000. Métodos rápidos de nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. Ciencia del Suelo 18:9-15.
- García GV; GA Studdert; M Dominó & GF Domínguez. 2016. Nitrógeno mineralizado en anaerobiosis: relación con sistemas de cultivo de agricultura continua. Ciencia del Suelo vol. 34 no. 1. ISSN 1850-2067.
- Keeney DR. 1982. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. En: Stevenson, FJ (Ed). Nitrogen in agricultural soils. Agronomy Monograph N° 22. Wisconsin, USA. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 605-649.

- Martínez JM; JA Galantini; M Duval & F López. 2015. Indicadores de mineralización de nitrógeno en el sudoeste bonaerense: relación con las fracciones orgánicas del suelo. Ciencias Agronómicas. Revista XXVI. 49-57.
- Pegoraro V; M Boccolini; J Ortiz; C Lorenzon; B Aimetta; D Sbuscio Santos; T Baigorria & C Cazorla. 2013. Efecto de los cultivos de cobertura en los contenidos de las fracciones lábiles de carbono y nitrógeno, y su relación con el nitrógeno anaeróbico en suelos de texturas contrastantes. INTA Marcos Juárez. 2:9.
- Powlson DS; CM Stirling; ML Jat; BG Gerard; CA Palm; PA Sanchez & KG Cassman. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. Nature Climate Ch. 4(8): 678-683.
- Reussi Calvo NI; H Sainz Rozas; HE Echeverría & A Berardo. 2013. Contribution of anaerobically incubated nitrogen to the diagnosis of nitrogen status in spring wheat. Agron. J. 105(2): 321-328.
- Roldán MF; GA Studdert; CC Videla; S San Martino & LI Picone. 2014. Distribución de tamaño y estabilidad de agregados en molisoles bajo labranzas contrastantes. Ciencia del Suelo 32(2): 247-257.
- Sainz-Rozas HR; P Calviño; HE Echeverría; PA Barbieri & M Redolatti. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to the reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. Agron J. 100:1020-1025.
- Sainz-Rozas HR; H Eyherabide; HE Echeverría; PA Barbieri; H Angelini, G Larrea; G Ferraris & M Barraco. 2013. ¿Cuál es el estado de la fertilidad de los suelos argentinos? Simposio IPNI 2013. Rosario, Santa Fé. Pp 62-72.

- Six J; H Bossuyt; S Degryze & K Denef. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 79(1): 7-31.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Studdert GA & HE Echeverría. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1496-1503.
- Studdert GA, GF Domínguez & M Zagame. 2015. Variación estacional de carbono orgánico particulado y nitrógeno anaeróbico. *Ciencia del Suelo.* 33:65-77.
- Vidal I; J Etchevers & A Fischer. 2002. Dinámica del Nitrógeno bajo diferentes rotaciones. *Revista Técnica N° 1.* Chile. ISSN 0365-2807.
- Waring SA & JM Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature (London)* 201:951-952.
- Weil RR & F Magdoff. 2004. Significance of soil organic matter to soil quality and health. In: K Magdoff & RR Weil (eds) *Soil organic matter in sustainable agriculture*. Pp. 1-43. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Wright AL & FM Hons. 2005. Soil carbon and nitrogen storage in aggregates from different tillage and crop regimes. *Soil Sci. Soc. Am.* . 69(1): 141-147.
- Zilio JP; FD Frolla & HR Krüger. 2016. Indicadores de calidad de suelo a nivel de lote en el so bonaerense. *Jornada Nacional de la AACCS.* EEA INTA Bordenave.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Presentación de Trabajo Científico y Póster en el XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo 2016. Río Cuarto, Córdoba. Argentina. “Nitrógeno anaeróbico: reserva potencialmente mineralizable en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza”. Ibáñez Y; H Rodríguez; C Gagey; J De Grazia; M Barrios; S Debelis; A Buján & A Sokolowski.
2. Realización de Trabajo Práctico “Nitrógeno Potencialmente Mineralizable mediante la Incubación Anaeróbica (NAn)” para la Guía de Laboratorio de la Cátedra de Edafología. 2014.

ANEXO

Análisis estadístico INFOSTAT

Anexo I: Análisis de varianza y Test de Tukey para Nan en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de la varianza

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	ppm Nan	12	0,72	0,62	18,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3009,46	3	1003,15	6,94	0,0129
Labranza	1279,89	1	1279,89	8,85	0,0177
Bloque	1729,57	2	864,79	5,98	0,0258
Error	1156,86	8	144,61		
Total	4166,32	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,01011

Error: 144,6071 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	55,80	6	4,91 A
SD	76,45	6	4,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	ppm Nan	12	0,49	0,30	9,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	343,37	3	114,46	2,60	0,1244
Labranza	10,85	1	10,85	0,25	0,6329
Bloque	332,52	2	166,26	3,78	0,0699
Error	352,00	8	44,00		
Total	695,37	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,83131

Error: 43,9999 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
SD	67,85	6	2,71 A
LC	69,75	6	2,71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	ppm Nan	12	0,67	0,54	25,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1382,76	3	460,92	5,31	0,0263
Labranza	182,99	1	182,99	2,11	0,1847
Bloque	1199,78	2	599,89	6,91	0,0181
Error	694,91	8	86,86		
Total	2077,68	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,40850

Error: 86,8639 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
SD	33,11	6	3,80 A
LC	40,92	6	3,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad: 1: 0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo II: Análisis de varianza y Test de Tukey para Npm en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de la varianza

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	ppm Npm	12	0,72	0,62	9,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5647,98	3	1882,66	6,94	0,0129
Labranza	2402,10	1	2402,10	8,85	0,0177
Bloque	3245,87	2	1622,94	5,98	0,0258
Error	2171,31	8	271,41		
Total	7819,29	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=21,93389

Error: 271,4140 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	159,61	6	6,73 A
SD	187,91	6	6,73 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	ppm Npm	12	0,49	0,30	5,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	644,36	3	214,79	2,60	0,1243
Labranza	20,49	1	20,49	0,25	0,6318
Bloque	623,87	2	311,94	3,78	0,0699
Error	660,42	8	82,55		
Total	1304,78	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,09665

Error: 82,5527 gl: 8

Labranza Medias n E.E.

SD 176,12 6 3,71 A

LC 178,73 6 3,71 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	ppm Npm	12	0,67	0,54	9,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2595,48	3	865,16	5,30	0,0264
Labranza	343,47	1	343,47	2,11	0,1848
Bloque	2252,01	2	1126,01	6,90	0,0181
Error	1304,79	8	163,10		
Total	3900,27	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=17,00297

Error: 163,0988 gl: 8

Labranza Medias n E.E.

SD 128,53 6 5,21 A

LC 139,23 6 5,21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo III: Análisis de varianza y Test de Tukey para %MO en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de la varianza

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	% MO	12	0,64	0,50	10,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,63	3	0,88	4,70	0,0355
Labranza	2,19	1	2,19	11,76	0,0090
Bloque	0,44	2	0,22	1,18	0,3568
Error	1,49	8	0,19		
Total	4,12	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,57504

Error: 0,1865 gl: 8

Labranza Medias n E.E.

LC	3,84	6	0,18	A
SD	4,69	6	0,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	% MO	12	0,31	0,05	18,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,54	3	0,51	1,20	0,3714
Labranza	0,31	1	0,31	0,72	0,4197
Bloque	1,23	2	0,61	1,43	0,2941
Error	3,43	8	0,43		
Total	4,97	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,87203

Error: 0,4290 gl: 8

Labranza Medias n E.E.

SD	3,38	6	0,27	A
LC	3,70	6	0,27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	% MO	12	0,75	0,65	8,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,85	3	0,62	7,96	0,0087
Labranza	0,78	1	0,78	10,07	0,0131
Bloque	1,07	2	0,54	6,91	0,0181
Error	0,62	8	0,08		
Total	2,47	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37058

Error: 0,0775 gl: 8

Labranza Medias n E.E.

SD	2,88	6	0,11	A
LC	3,39	6	0,11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo IV: Análisis de regresión lineal entre Nan y %MO en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de regresión lineal

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LC	1	ppm NAn	6	0,27	0,09	219,71	46,18	45,56

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	20,72	29,03	-59,89	101,33	0,71	0,5149		
% MO	9,42	7,74	-12,08	30,92	1,22	0,2906	1,48	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	105,29	1	105,29	1,48	0,2906
% MO	105,29	1	105,29	1,48	0,2906
Error	284,48	4	71,12		
Total	389,77	5			

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LC	2	ppm NAn	6	0,64	0,55	58,91	39,27	38,65

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	32,64	14,14	-6,62	71,91	2,31	0,0822		
% MO	9,65	3,64	-0,46	19,76	2,65	0,0570	7,02	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	157,74	1	157,74	7,02	0,0570
% MO	157,74	1	157,74	7,02	0,0570
Error	89,91	4	22,48		
Total	247,66	5			

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LC	3	ppm NAn	6	0,60	0,50	313,86	51,63	51,00

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-58,52	40,72	-171,59	54,54	-1,44	0,2241		
% MO	29,36	11,92	-3,73	62,45	2,46	0,0694	6,07	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1070,64	1	1070,64	6,07	0,0694
% MO	1070,64	1	1070,64	6,07	0,0694
Error	705,45	4	176,36		
Total	1776,09	5			

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
SD	1	ppm	NAn	6	0,99	0,98	19,44	32,91	32,28

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-279,02	20,00	-334,56	-223,48	-13,95	0,0002		
% MO	75,77	4,26	63,95	87,59	17,80	0,0001	316,81	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2465,53	1	2465,53	316,81	0,0001
% MO	2465,53	1	2465,53	316,81	0,0001
Error	31,13	4	7,78		
Total	2496,66	5			

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
SD	2	ppm	NAn	6	0,84	0,80	30,55	37,74	37,11

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	30,82	8,24	7,94	53,70	3,74	0,0201		
% MO	10,97	2,39	4,34	17,60	4,59	0,0101	21,09	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	367,21	1	367,21	21,09	0,0101
% MO	367,21	1	367,21	21,09	0,0101
Error	69,66	4	17,41		
Total	436,87	5			

Labranza	Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
SD	3	ppm	NAn	6	5,1E-04	0,00	55,19	40,93	40,30

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	32,05	23,50	-33,19	97,30	1,36	0,2442		
% MO	0,37	8,13	-22,21	22,95	0,05	0,9661	2,0E-03	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,06	1	0,06	2,0E-03	0,9661
% MO	0,06	1	0,06	2,0E-03	0,9661
Error	118,54	4	29,63		
Total	118,60	5			

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo V: Análisis de varianza y Test de Tukey para Nan c/Dap en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de la varianza

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	ppm Nan c/Dap	12	0,76	0,67	22,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7740,95	3	2580,32	8,53	0,0071
Labranza	3971,24	1	3971,24	13,12	0,0068
Bloque	3769,71	2	1884,85	6,23	0,0234
Error	2420,64	8	302,58		
Total	10161,59	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=23,15898

Error: 302,5798 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	59,46	6	7,10 A
SD	95,85	6	7,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	ppm Nan c/Dap	12	0,57	0,40	8,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	511,10	3	170,37	3,49	0,0698
Labranza	131,01	1	131,01	2,69	0,1399
Bloque	380,09	2	190,05	3,90	0,0659
Error	390,25	8	48,78		
Total	901,35	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,29876

Error: 48,7810 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	80,98	6	2,85 A
SD	87,59	6	2,85 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	ppm Nan c/Dap	12	0,59	0,44	30,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1946,75	3	648,92	3,87	0,0560
Labranza	241,74	1	241,74	1,44	0,2645
Bloque	1705,01	2	852,51	5,08	0,0377
Error	1343,09	8	167,89		
Total	3289,85	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=17,25074

Error: 167,8869 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
SD	38,15	6	5,29 A
LC	47,13	6	5,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo VI: Análisis de varianza y Test de Tukey para Npm c/Dap en las diferentes profundidades y tratamientos.

Análisis de la varianza

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	ppm Npm c/Dap	12	0,76	0,67	12,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14529,36	3	4843,12	8,53	0,0071
Labranza	7453,57	1	7453,57	13,13	0,0068
Bloque	7075,79	2	3537,90	6,23	0,0234
Error	4542,28	8	567,78		
Total	19071,64	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=31,72425

Error: 567,7848 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	164,64	6	9,73 A
SD	214,48	6	9,73 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	ppm Npm c/Dap	12	0,57	0,40	4,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	959,17	3	319,72	3,49	0,0698
Labranza	245,98	1	245,98	2,69	0,1398
Bloque	713,19	2	356,60	3,89	0,0659
Error	732,44	8	91,55		
Total	1691,61	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,73915

Error: 91,5550 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
LC	194,11	6	3,91 A
SD	203,17	6	3,91 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3	ppm Npm c/Dap	12	0,59	0,44	12,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3655,15	3	1218,38	3,87	0,0560
Labranza	453,99	1	453,99	1,44	0,2644
Bloque	3201,16	2	1600,58	5,08	0,0377
Error	2520,88	8	315,11		
Total	6176,03	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=23,63361

Error: 315,1094 gl: 8

Labranza	Medias	n	E.E.
SD	135,43	6	7,25 A
LC	147,73	6	7,25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad: 1:0-5 cm. 2: 5-10 cm. 3: 10-20 cm.

Anexo VII: Análisis de regresión lineal entre Nan c/Dap y %MO de los tratamientos.

Análisis de regresión lineal

Labranza	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
LC	ppm Nan c/Dap	18	0,40	0,37	317,86	153,75	156,42

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-22,84	26,17	-78,32	32,65	-0,87	0,3958		
% MO	23,37	7,10	8,33	38,41	3,29	0,0046	10,85	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2623,70	1	2623,70	10,85	0,0046
% MO	2623,70	1	2623,70	10,85	0,0046
Error	3869,48	16	241,84		
Total	6493,18	17			

Labranza	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
SD	ppm Nan c/Dap	18	0,59	0,56	614,85	166,17	168,84

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-15,56	19,42	-56,72	25,60	-0,80	0,4346		
% MO	25,09	5,25	13,96	36,22	4,78	0,0002	22,83	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11007,15	1	11007,15	22,83	0,0002
% MO	11007,15	1	11007,15	22,83	0,0002
Error	7713,77	16	482,11		
Total	18720,92	17			

