



# INFLUENCIA DEL LABOREO EN ALGUNAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO Y EN LA EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR EL TRIGO (*Triticum durum* L.)

## Influence of tillage on some properties hydrophysic of soil and nutrient extraction by wheat (*Triticum durum* L.)

Roberqui Martín Martín<sup>1</sup>✉, Eduardo Jerez Mompies<sup>1</sup>  
y Félix Moreno Lucas<sup>2</sup>

**ABSTRACT.** The intensive use of agricultural machinery has been one of the reasons that caused degradation soil, that's why this investigation was conducted in order to evaluate the responses caused by different tillage systems on some hydro soil properties and in the extraction of nutrients for growing wheat (*Triticum durum* L.) in experimental plots of the Institute of Natural Resources and Agrobiology from Seville, Spain. For the study, a sample design was used. The treatments were: conventional tillage (CT) and conservation (LC) in experimental plots and long-term no-till (NT) and new traditional tillage (NTT) in short duration, on plots of 240 m<sup>2</sup> and 140 m<sup>2</sup>, respectively, in Fluvisol soil. The pilot phase bulk density and water content in the soil were evaluated. Besides the extraction of nutrients by the crop foliage, grain and yield were determined. The results showed significant differences among treatments in the extraction of N, P and K in different parts of plant assessed, highlighting the CT with higher extraction of nutrients for growing and higher performance, the most appropriate, considering the environmental benefits of the same.

**Key words:** tillage, yield, density, soil moisture, nutrition

**RESUMEN.** El uso intensivo de la maquinaria agrícola ha sido una de las causas que ha provocado la degradación de los suelos, es por ello que se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar las respuestas provocadas por diferentes sistemas de laboreo en algunas propiedades hidrofísicas del suelo y en la extracción de nutrientes por el cultivo del trigo (*Triticum durum* L.), en parcelas experimentales del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, España. Para el estudio se utilizó un diseño muestral. Los tratamientos consistieron en: laboreo tradicional (LT) y de conservación (LC), en parcelas experimentales de larga duración y no laboreo (NL) y laboreo tradicional nuevo (LTN) en corta duración, en parcelas de 240 m<sup>2</sup> y de 140 m<sup>2</sup>, respectivamente, en un suelo Fluvisol. En la fase experimental se evaluaron la densidad aparente y el contenido de agua en el suelo. Además se determinó la extracción de nutrientes por el cultivo en follaje, granos y el rendimiento. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en la extracción de N, P y K en las diferentes partes de planta evaluada, destacándose el LC con una mayor extracción de nutrientes por el cultivo y mayor rendimiento, siendo el más adecuado, si se consideran los beneficios medio-ambientales que aporta el mismo.

**Palabras clave:** labranza, rendimiento, densidad, humedad del suelo, nutrición

## INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo es uno de los problemas medioambientales más importantes a escala mundial y la principal amenaza para la sostenibilidad y el

mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos. En suelos agrícolas, el laboreo convencional puede favorecer la destrucción de la estructura, pérdida de materia orgánica, compactación y emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Por otra parte, la Agricultura de Conservación es la combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas,

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla IRNAS, CSIC España

✉ rmartin@inca.edu.cu

que mejoran la calidad del suelo, a través de tres principios técnicos cruciales: no alterar el suelo de forma mecánica (se planta o siembra directamente); cobertura permanente del suelo, especialmente con el uso de rastrojos y cultivos de cobertura; selección juiciosa para las rotaciones de los cultivos. Estos sistemas muestran que cuando la calidad del suelo mejora, aumenta la producción agrícola y disminuye la erosión del suelo (1).

El trigo (*Triticum durum* L.) es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz (*Zea mays* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) y es un componente esencial de la dieta humana, proporcionando alrededor de una quinta parte de las calorías consumidas (2) y constituye la base de la alimentación de más del 96,4 % de la población mundial (3). El presente trabajo se realizó con el objetivo evaluar la influencia de los diferentes sistemas de labranza en algunas propiedades hidrofísicas del suelo, así como la extracción de nutrientes y el rendimiento del cultivo del trigo en condiciones de seco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en parcelas experimentales de distinta duración, establecidas en la finca experimental "La Hampa", en el Departamento de Agua-Suelo-Planta, perteneciente al Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS), España.

Se establecieron parcelas experimentales de 240 m<sup>2</sup> en experimentos de larga duración (18 años), donde se compararon el laboreo tradicional (LT) con utilización de arado de vertedera y volteo del suelo y el laboreo de conservación (LC) con pase de cultivador y cobertura del suelo con los residuos vegetales del cultivo anterior y de 140 m<sup>2</sup> en experimentos de corta duración (6 años), donde se compararon el laboreo tradicional nuevo (LTN) con utilización de vertedera y volteo del suelo, con el no laboreo (NL). En ambos casos se utilizó un diseño muestral con dos repeticiones por tratamiento. El suelo se clasificó como un Xerofluvent (4), el que se corresponde por la clasificación cubana con un Fluvisol (5), el cual presenta una textura franco arcillosa con bajos contenidos de carbono orgánico total y nitrógeno, así como alto en fósforo y potasio (Tabla I).

**Tabla I. Principales características del suelo de la zona de estudio (0-10 cm de profundidad)**

Parámetro	Valores
pH (extracto suelo: agua 1/2,5)	8,2
CE (extracto suelo: agua 1/5)	153 $\mu\text{S cm}^{-1}$
COT (Walkley y Black, 1934)	1,54 %
CaCO <sub>3</sub> (calcímetro Barnad)	26,5 %
N (extracción con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> conc.)	0,095 %
P <sub>olsen</sub> (extracción con HCO <sub>3</sub> Na)	26 mg kg <sup>-1</sup>
K (extracción con NH <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> COO)	1,2 cmol kg <sup>-1</sup>
Arena fina	12,2 %
Arena gruesa	29,6 %
Limo	24,8 %
Arcilla	33,4 %

La siembra del trigo se realizó con una sembradora en línea (espacio entre líneas de 16 cm) y a chorrillo. La variedad empleada fue "Euroduro" de ciclo medio-largo, la densidad de siembra fue de 240 kg ha<sup>-1</sup> aproximadamente. Durante el desarrollo del cultivo no se efectuó ningún tipo de fertilización. En la Tabla II se resumen las labores realizadas para cada sistema.

Durante el desarrollo de la fase experimental se determinó la densidad aparente ( $\rho_a$ ) o peso volumétrico del suelo (24 muestras en toda el área experimental) a distintas profundidades (2-6 cm; 6-10 cm y 12-16 cm) y para el seguimiento de la humedad y evolución de los perfiles hídricos, se empleó el método de Reflectometría en Dominios de Frecuencia (FDR). Los muestreos se realizaron a los 21 días antes de la siembra, en el momento de esta y a los 35 (dds).

En el cultivo se evaluó el rendimiento y el contenido de nutrientes en hojas y granos. Para la extracción de nutrientes se determinó el contenido de N, P, K, Ca, Mg y S, expresados en kg ha<sup>-1A</sup>. La extracción de N, P y K en la biomasa aérea se calculó a partir del rendimiento de masa seca (MS) de la parte aérea y su correspondiente concentración de cada elemento (% N, P o K), por la siguiente fórmula:

$$\text{Extracción de N, P o K (kg ha}^{-1}\text{)} = [\text{MS (t ha}^{-1}\text{)} \times \text{concentración (\%)} \times \text{del elemento en la MS de la parte aérea}] \times 10$$

Para evaluar las diferencias entre los tratamientos, dos a dos, LC vs LT por un lado y LTN vs NL, se utilizó la prueba t-Student, a un nivel de  $\alpha=0,05$ .

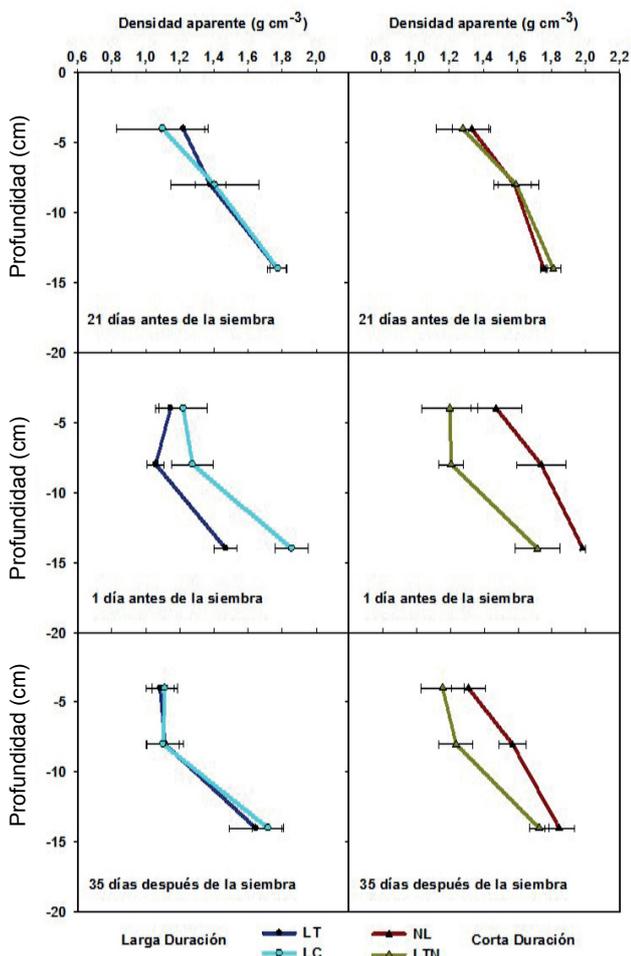
<sup>A</sup> Martin, R. *Sistemas de labranza: su efecto en algunas propiedades hidrofísicas del suelo y en la extracción de nutrientes por el cultivo (Triticum durum L.)*. Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2015, Mayabeque, Cuba, 95 p.

**Tabla II. Labores y operaciones agronómicas realizadas**

Tratamientos			
LT	LC	NL	LTN
Vertedera	Herbicida	Herbicida	Vertedera
Cultivador	Cultivador	-	Cultivador
Grada de discos	Grada de discos	-	Grada de discos
Siembra y Cosecha	Siembra y Cosecha	Siembra y Cosecha	Siembra y Cosecha

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad aparente ( $\rho_a$ ) y el contenido de agua en el suelo son propiedades hidrofísicas que se modifican por el tipo de laboreo. Dichas propiedades son fundamentales para conocer el comportamiento y la evolución del estado físico del suelo (Figura 1).



(LT) laboreo tradicional (LC) laboreo de conservación  
 (NL) no laboreo (LTN) laboreo tradicional nuevo  
 Las barras significan el intervalo de confianza para la media ( $\alpha=0,05$ )

**Figura 1. Influencia del tipo de laboreo en la densidad aparente ( $\rho_a$ ) de un suelo Fluvisol a diferentes profundidades, en experimentos de larga y corta duración**

En las parcelas del experimento de larga duración no se encontraron diferencias significativas en los muestreos realizados a los 21 días antes de la siembra y 35 días después, lo cual pudiera estar relacionado con el contenido de agua en el suelo en esos momentos, variable que será analizada más adelante.

Sin embargo, al analizar el muestreo realizado en el momento de la siembra se encontraron diferencias significativas para profundidades mayores de 5 cm, lo cual es una respuesta a las precipitaciones<sup>A</sup> ocurridas durante ese período y previo al momento de muestreo.

Este comportamiento resultó muy similar al ocurrido en el experimento de corta duración en el que se compara el laboreo tradicional nuevo con el no laboreo, donde aún las diferencias fueron mayores entre tratamientos en el momento de la siembra y a los 35 dds, no ocurriendo así en el experimento de larga duración.

Uno de los beneficios de labrar el suelo es reducir la  $\rho_a$  (aumentar la porosidad), sin embargo, el efecto de la labranza sobre la  $\rho_a$  es temporal, ya que después de realizada la labor, el suelo rápidamente se restablece, recuperando de esta forma su  $\rho_a$ . Es de destacar que el sistema de laboreo empleado también tiene un efecto importante en el comportamiento de la densidad aparente, especialmente en las capas superiores.

Al respecto (6), afirman que los sistemas de labranza empleados, no mostraron efecto en las propiedades físicas del suelo ni en su detrimento, ni en su mejoramiento, debido a la estabilidad del suelo y al trabajo a corto plazo.

De igual manera, al evaluar la densidad aparente sobre dos sistemas de laboreo (convencional y no laboreo) en el cultivo de maíz y sorgo durante 1 año (7), no encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, manifiestan que existe una clara tendencia de encontrar mayores valores en los tratamientos con labranza convencional, a diferencia de los tratamientos sin labores previas a la siembra (labranza cero).

Independientemente de los criterios reflejados en la literatura, en los resultados de este trabajo, se demuestra que en la condición de no laboreo aumenta la densidad aparente, provocado en gran medida por la compactación del suelo, la cual reduce los espacios porosos al no realizarse ninguna labor en el mismo, pero

estos efectos no llegan a niveles de riesgo agronómico. Por otra parte, la estabilidad estructural y la infiltración se incrementan significativamente bajo siembra directa, lo que permite un mayor almacenaje de agua en el suelo. Estos cambios provocan una deficiente aireación y un suministro inadecuado de oxígeno para el desarrollo de las plantas. Así mismo, la degradación de la estructura del suelo por compactación provoca una ralentización o paralización del desarrollo de las raíces, al aumentar la resistencia mecánica.

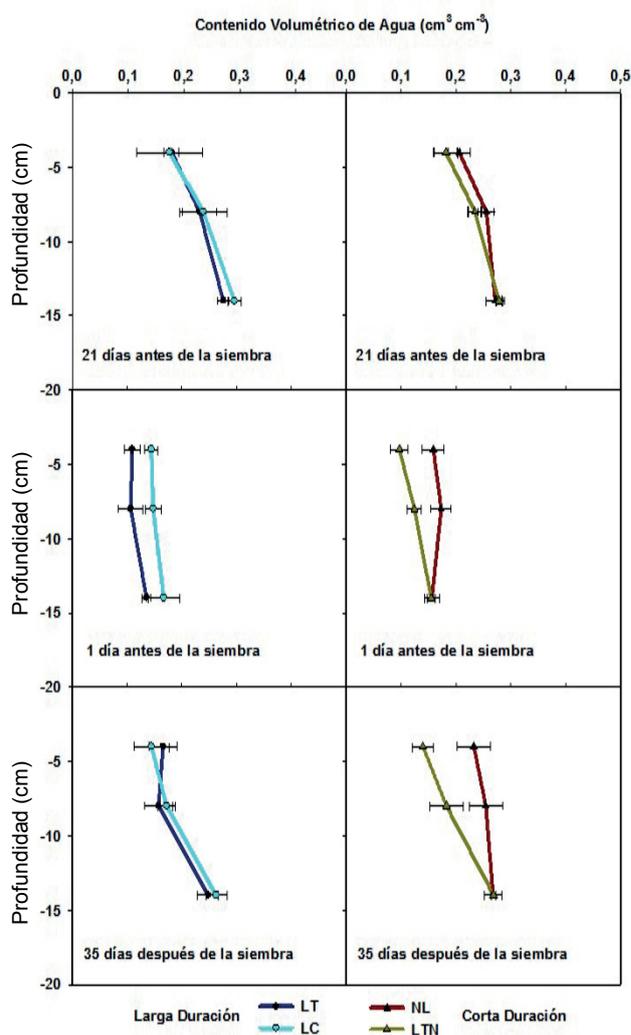
Por otra parte, se demuestra que las propiedades físicas del suelo son importantes tenerlas en cuenta en áreas con bajas precipitaciones (8), ya que afectan el rendimiento en grano y la eficiencia del uso del agua en el cultivo del trigo.

Según los datos del contenido volumétrico de agua en el suelo (Figura 2) evaluados en tres momentos diferentes, se aprecia en sentido general una tendencia a mostrar mayores contenidos de agua en los tratamientos de LC y NL en ambas condiciones experimentales a partir del momento de la siembra, con respecto a los demás tratamientos evaluados, lo cual está en plena correspondencia con la poca intensidad de labores que se realizan en ambos sistemas, lo cual permite que el suelo mantenga menos alterada su estructura y conserve una mayor cantidad de vasos capilares que le permite el ascenso del agua desde las capas más profundas y por consiguiente presentar un mayor contenido hídrico que cuando se realizan varias labores, sobre todo en los suelos con elevada capacidad de retención de agua y en los años de menor precipitación.

Es de destacar que en ambas condiciones experimentales el contenido volumétrico de agua en el primer muestreo mostró valores similares entre tratamientos, lo cual está en correspondencia a que este muestreo se realizó inmediatamente después de la ocurrencia de las precipitaciones<sup>A</sup>.

En todos los casos los mayores niveles de humedad se encontraron en las capas profundas, debido a la acción de las labores recientes que favorecieron la infiltración del agua de lluvia, independientemente del sistema de laboreo empleado, pues la recarga hídrica del perfil solo es posible bajo estas condiciones, si existen precipitaciones. En tal sentido, un aspecto a considerar es la profundidad del suelo en la determinación de la humedad (9), cuando de lo que se trate sea de evaluar el rendimiento potencial del trigo.

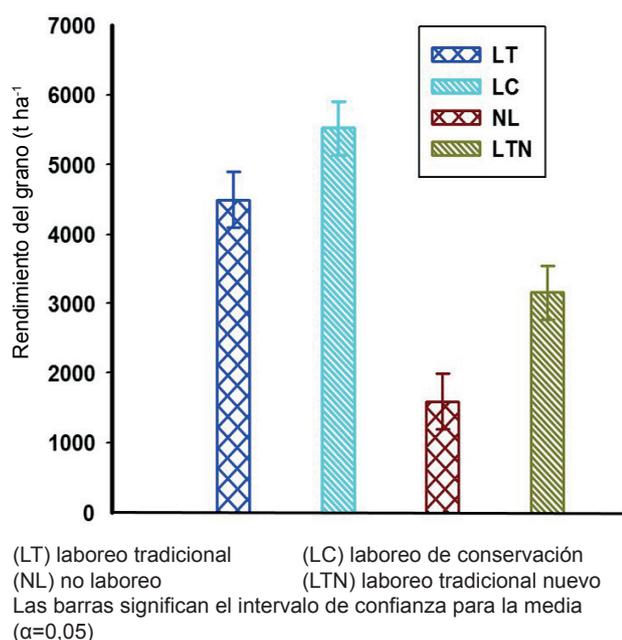
Se ha establecido que la disponibilidad de agua en el suelo es un factor determinante en la producción agrícola (10) y no solamente está asociada con las condiciones climáticas, el uso del suelo y las propiedades de este, sino también con fluctuaciones del agua subterránea durante el período de crecimiento. Por otra parte, el déficit hídrico afecta el rendimiento del trigo y la calidad del grano (11).



(LT) laboreo tradicional (LC) laboreo de conservación  
(NL) no laboreo (LTN) laboreo tradicional nuevo  
Las barras significan el intervalo de confianza para la media ( $\alpha=0,05$ )

**Figura 2. Influencia del tipo de laboreo en el contenido volumétrico de agua de un suelo Fluvisol a diferentes profundidades, en experimentos de larga y corta duración**

En cuanto al análisis del rendimiento (Figura 3) se puede apreciar que existen diferencias significativas entre los tratamientos en las dos condiciones experimentales. Es necesario destacar que los rendimientos obtenidos fueron bajos el NL en el experimento de corta duración, lo cual pudo estar influenciado por una menor exportación de masa seca del follaje hacia el grano, debido al menor crecimiento de las plantas dadas las condiciones poco favorables que para ello provocó el NL.



**Figura 3. Comportamiento del rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>) en experimentos de larga y corta duración**

Se ha establecido que la producción de trigo se ve limitada por la resistencia mecánica del suelo (12), un factor que es parte del ambiente radical y por ende del funcionamiento adecuado de las raíces, lo cual se traduce en menores rendimientos al no poder satisfacer las necesidades de agua y nutrientes requeridos en cada momento del ciclo.

Sin embargo, en el experimento de larga duración el laboreo de conservación, dado los efectos positivos que este sistema le confiere a las propiedades hidrofísicas del suelo, permitió que las plantas alcanzaran el mayor rendimiento, no siendo así, en las parcelas en las que se utilizó el laboreo tradicional debido a que en las mismas la intensidad de labores fue mayor.

El rendimiento del cultivo de trigo en una región determinada es la consecuencia de la interacción entre factores ecológicos como radiación solar, temperatura, disponibilidad de agua y de nutrientes, tecnológicos como el laboreo del suelo y finalmente genéticos propios de la planta, cuyo resultado final es el producto de interacciones entre los procesos de crecimiento y desarrollo que ocurren durante todo el ciclo del cultivo (13).

La potencialidad del cultivo de trigo difiere entre las distintas regiones productoras de este cereal, debido a factores fundamentalmente climáticos. No obstante, en muchos casos los rendimientos potenciales del cultivo no se alcanzan, donde la nutrición y su manejo, a través de la fertilización, constituyen uno de los principales recursos que limitan la producción de trigo (9, 14).

Tentativamente se podrían atribuir las diferencias en la producción<sup>B</sup> a que en el tratamiento de no laboreo existe mayor resistencia a la penetración en el suelo por parte de las raíces, lo cual no permite que el sistema radical le ofrezca al cultivo todas las condiciones para que exprese su máximo potencial de producción, además el hecho de sembrar en cualquiera de las condiciones de laboreo establecidas (LT, LC y LTN), le propiciaron a las plantas condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo.

Un elemento importante en la producción de trigo lo constituyen las labores realizadas al suelo en la preparación del mismo para la siembra, lo cual puede repercutir en la fertilidad del suelo. En la Figura 4 se presenta la extracción de macronutrientes en el follaje, en experimentos de larga y corta duración, como se puede apreciar el comportamiento es similar en ambos tipos de experimentos, aun cuando los tratamientos utilizados en una u otra condición fueron los que provocaron una mayor o menor extracción.

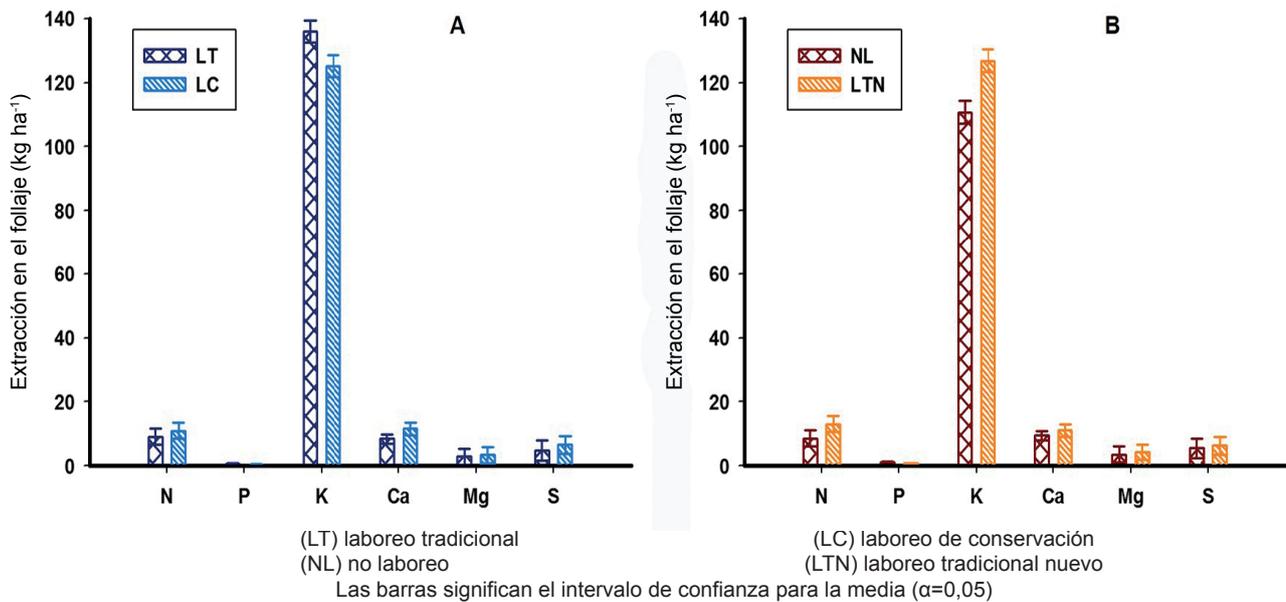
El elemento que en mayor cantidad fue extraído es el K, coincidiendo en ambos casos con los tratamientos en los que se realizó el laboreo tradicional y laboreo tradicional nuevo, al parecer esta condición favorece una mayor exploración de las raíces en el suelo, logrando una mayor acumulación en la parte aérea en función del movimiento de los nutrientes en la planta. También es importante destacar que este nutriente se encuentra en una mayor concentración de acuerdo a los resultados del análisis de suelo previo a la siembra (Tabla I).

El K es el catión más abundante en las vacuolas y el citoplasma, desempeña por tanto un papel clave en la osmorregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre estomático. Por otra parte es activador de más de 50 sistemas enzimáticos, entre los que se destacan oxidoreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasas y quinasas (15).

Además juega un papel importante su presencia en el follaje, evitando la sensibilidad de las plantas al encamado por la acción del viento, así como el ataque de patógenos a las raíces. El papel bioquímico del mismo en la nutrición y osmorregulación, está dado porque disminuye los efectos adversos de la presencia de altas concentraciones salinas en el suelo (16).

Es conocido también su valor dentro de la planta porque disminuye el efecto del estrés (17, 18) y es el responsable principal del traslado de azúcares fotosintetizados, a medida que la planta va fotosintetizando, va acumulando azúcares en las hojas, estos son los que la planta trasloca a los granos en el momento del llenado de los mismos.

<sup>B</sup> Montenegro, J. J. *Efecto de tres sistemas de labranza en la calidad de los suelos y el desarrollo de tres sistemas de cultivo, tercer ciclo de observación.* Tesis de Grado, Universidad Earth, 2006, Costa Rica, 78 p.



**Figura 4. Extracciones de macronutrientes en el follaje, en experimentos de larga (A) y corta duración (B)**

El P fue el elemento menos absorbido, lo cual está en correspondencia con las más bajas necesidades de este elemento por las plantas, en relación con el resto de los macronutrientes, baja disponibilidad de P en el suelo es una de las principales restricciones en alcanzar rendimientos más elevados en una agricultura sostenible (19).

Al analizar el comportamiento del contenido de macronutrientes por el grano, en experimentos de larga y corta duración (Figura 5), se puede observar que el resultado es diferente, debido a que en este caso las mayores concentraciones en este órgano corresponden al N, difiriendo significativamente entre los tratamientos evaluados. Tal es el caso que el LC fue donde las plantas presentaron una mayor acumulación en el grano con respecto al LT en el experimento de larga duración.

Estudios realizados demuestran que la labranza de conservación proporciona medios eficaces para conservar la fertilidad del suelo (20), así como aumenta las necesidades de nitrógeno, lo que implica un mayor contenido de este elemento en el grano, como lo demuestran los resultados obtenidos.

En el cultivo del trigo, se ha comprobado que la conductividad eléctrica (EC) y la concentración de nitratos (8) estuvieron significativamente correlacionadas con el rendimiento en grano.

En general, el N cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas y es este nitrato el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, cuyo exponente principal es el AIA (ácido indolacético). Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas, quizás por

esta razón se encuentren elevados niveles en los granos (21). En este mismo experimento el resto de los elementos no presentaron diferencias significativas entre ambos tratamientos evaluados.

En el caso del experimento de corta duración, hay que tener en cuenta que en sistemas de cero laboreo la mineralización de la materia orgánica (MO) del suelo se ve reducida y la no incorporación de los residuos enlentece la mineralización de la misma. La magnitud del enlentecimiento en la mineralización de residuos dependerá de la cantidad de residuos, del tipo de residuos, tanto en su forma física como en su composición química por la relación C/N, contenido de lignina, entre otros y finalmente de las condiciones climáticas, lo cual explica que en este caso específico bajo esa condición de laboreo, fue donde se encontró una menor extracción (15).

Es importante destacar que encontrar mayores cantidades de nitrógeno en el grano, está relacionado con la movilización de asimilados y de nutrientes desde el follaje hacia este órgano, si se tiene en cuenta que el N es el nutriente más importante en el desarrollo de la planta, dada su abundancia en las principales biomoléculas de la materia viva (22), además de formar parte de las proteínas y ácidos nucleicos, así como de aminoácidos y otros compuestos.

En la Figura 6 se representa el contenido total en follaje más grano de los principales macronutrientes en experimentos de larga duración (A) y corta duración (B).

Se aprecia que en ambos experimentos los contenidos de nitrógeno difirieron significativamente entre los tratamientos evaluados, sin embargo para el caso del P y el K no se muestran diferencias significativas.

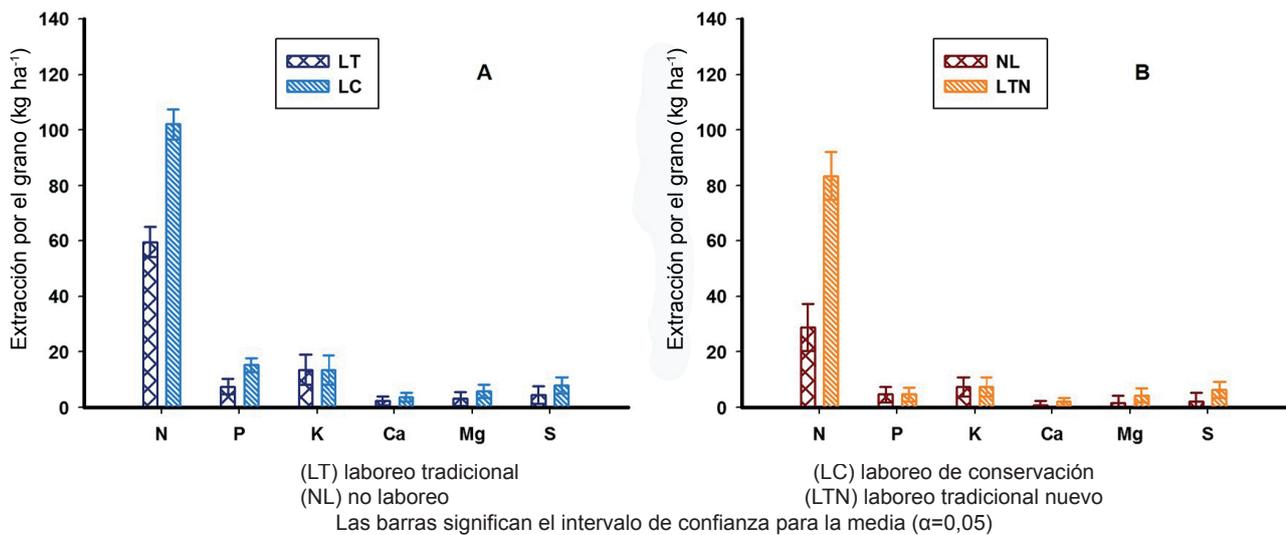


Figura 5. Extracciones de macronutrientes por el grano, en experimentos de larga duración (A) y corta duración (B)

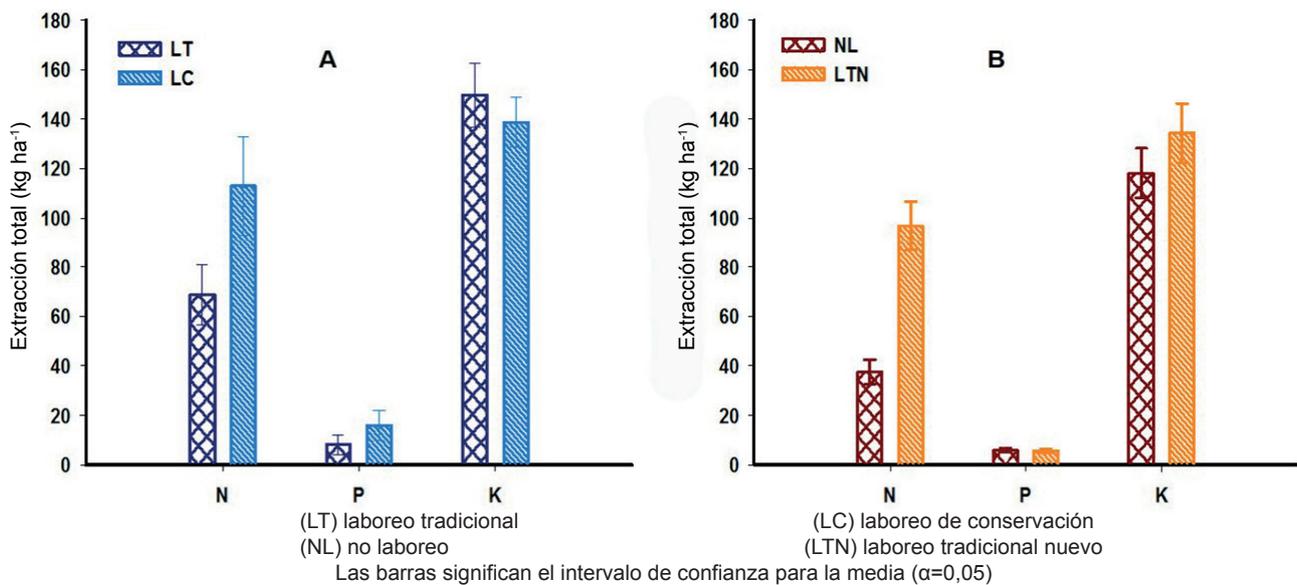


Figura 6. Extracción total de macronutrientes en la parte aérea, en experimentos de larga duración (A) y corta duración (B)

Cuando se diagnostican las necesidades de fertilización de los cultivos (23), es importante conocer las cantidades de nutrientes absorbidas para alcanzar un determinado rendimiento, en el caso del trigo se señala que para alcanzar un rendimiento de 5000 kg ha<sup>-1</sup> se necesita extraer 99 kg ha<sup>-1</sup> de N, 19 kg ha<sup>-1</sup> de P y 16 kg ha<sup>-1</sup> de K.

En este estudio se comprobó que los rendimientos más altos (5524 kg ha<sup>-1</sup>, en el LC) las plantas extrajeron en total 113 kg ha<sup>-1</sup> de N, 16 kg ha<sup>-1</sup> de P y 139 kg ha<sup>-1</sup> de K, por lo que se puede asegurar que este sistema de laboreo propició que se obtuvieran los rendimientos alcanzados y los niveles de extracción estuvieron

alrededor de los valores indicados, aun cuando no se hizo ningún aporte de fertilizante mineral, pero sí se incorporaron mediante el laboreo los residuos del cultivo anterior (*Pisumsativum*, L.) cultivar Hardy.

En sentido general, si se utilizara el follaje como cobertura del suelo en las parcelas experimentales donde se utilizó el no laboreo, se estaría incorporando 23 % de N; 18,3 % de P y 93,8 % de K con respecto al total extraído, pero este follaje es utilizado como forraje para la alimentación animal; por lo que, estos elementos se exportan del suelo, lo que lo hace menos productivo a diferencia de las parcelas experimentales donde se utilizó el laboreo de conservación en el que

se incorpora no el follaje del trigo porque también se exporta, pero si el guisante forrajero, lo cual contribuye a mejorar las propiedades del suelo.

## CONCLUSIONES

Propiedades hidrofísicas como la densidad aparente y el contenido volumétrico de agua en el suelo responden de forma positiva a una menor intensidad de labor, donde el LC juega un papel importante ya que propicia mayor extracción total de nutrientes, lo cual permite que se alcancen los mayores rendimientos. Además es importante asegurar en estudios de este tipo el tiempo que las áreas estén sometidas a dicha preparación del suelo para lograr el resultado deseado.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Brunel, N.; Seguel, O. y Acevedo, E. "Conservation tillage and water availability for wheat in the dryland of central Chile". *Journal of soil science and plant nutrition*, vol. 13, no. 3, septiembre de 2013, pp. 622-637, ISSN 0718-9516, DOI 10.4067/S0718-95162013005000050.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Anuario Estadístico de la FAO* [en línea]. FAOSTAT, 2012, [Consultado: 1 de agosto de 2016], Disponible en: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>.
3. Zecevic, V.; Boskovic, J.; Knezevic, D. y Micanovic, D. "Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat". *Chilean journal of agricultural research*, vol. 74, no. 1, marzo de 2014, pp. 23-28, ISSN 0718-5839, DOI 10.4067/S0718-58392014000100004.
4. Soil Survey Staff. *Keys to Soil Taxonomy*. 10.<sup>a</sup> ed., Ed. Pocahontas Press, junio de 2006, Virginia, USA, ISBN 978-0-926487-22-2.
5. Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Ed. Ediciones INCA, 2015, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
6. Rusinamhodzi, L.; Corbeels, M.; van Wijk, M. T.; Rufino, M. C.; Nyamangara, J. y Giller, K. E. "A meta-analysis of long-term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions". *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 31, no. 4, octubre de 2011, pp. 657-673, ISSN 1774-0746, 1773-0155, DOI 10.1007/s13593-011-0040-2.
7. Malecka, I.; Blecharczyk, A.; Sawinska, Z. y Dobrzeński, T. "The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield". *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 36, no. 2, 11 de abril de 2012, pp. 217-226, ISSN 1300-011X.
8. McDonald, G. K. "Effects of soil properties on variation in growth, grain yield and nutrient concentration of wheat and barley". *Australian Journal of Experimental Agriculture*, vol. 46, no. 1, 2006, pp. 93-105, ISSN 0816-1089, DOI 10.1071/EA04015.
9. Hirzel, J. y Matus, I. "Effect of soil depth and increasing fertilization rate on yield and its components of two durum wheat varieties". *Chilean journal of agricultural research*, vol. 73, no. 1, marzo de 2013, pp. 55-59, ISSN 0718-5839, DOI 10.4067/S0718-58392013000100008.
10. Heuvelmans, G. "Development and credibility assessment of a metamodel relating water table depth to agricultural production". *Agricultural Water Management*, vol. 97, no. 11, 1 de noviembre de 2010, pp. 1731-1741, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2010.06.004.
11. Flagella, Z.; Giuliani, M. M.; Giuzio, L.; Volpi, C. y Masci, S. "Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality". *European Journal of Agronomy*, vol. 33, no. 3, octubre de 2010, pp. 197-207, ISSN 11610301, DOI 10.1016/j.eja.2010.05.006.
12. Whitmore, A. P.; Whalley, W. R.; Bird, N. R. A.; Watts, C. W. y Gregory, A. S. "Estimating soil strength in the rooting zone of wheat". *Plant and Soil*, vol. 339, no. 1-2, febrero de 2011, pp. 363-375, ISSN 0032-079X, 1573-5036, DOI 10.1007/s11104-010-0588-7.
13. Fischer, R. A. "Selection traits for improving yield potential" [en línea]. En: Reynolds M. P., Ortiz M. J. I., y McNab A., *Application of Physiology in Wheat Breeding*, Ed. CIMMYT, México D. F., 2001, pp. 148-159, ISBN 978-970-648-077-4, [Consultado: 1 de agosto de 2016], Disponible en: <[https://books.google.com/cu/books?id=PJ1a3yFTgg4C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/cu/books?id=PJ1a3yFTgg4C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>.
14. Bengough, A. G.; McKenzie, B. M.; Hallett, P. D. y Valentine, T. A. "Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits". *Journal of Experimental Botany*, vol. 62, no. 1, 1 de enero de 2011, pp. 59-68, ISSN 0022-0957, 1460-2431, DOI 10.1093/jxb/erq350.
15. Azcón, B. J. y Talón, M. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Ed. Edicions Universitat de Barcelona McGraw-Hill - Interamericana, 2003, Madrid, España, 523 p., ISBN 978-84-486-0258-1, OCLC: 933335305.
16. Hussain, Z.; Khattak, R.; Irshad, M. y Eneji, A. E. "Ameliorative effect of potassium sulphate on the growth and chemical composition of wheat (*Triticum aestivum* L.) in salt-affected soils". *Journal of soil science and plant nutrition*, vol. 13, no. 2, 2013, pp. 401-415, ISSN 0718-9516, DOI 10.4067/S0718-95162013005000032.
17. Cakmak, I. "The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants". *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 168, no. 4, agosto de 2005, pp. 521-530, ISSN 1436-8730, 1522-2624, DOI 10.1002/jpln.200420485.
18. Cakmak, I. "Potassium for better crop production and quality". *Plant and Soil*, vol. 335, no. 1, 27 de agosto de 2010, pp. 1-2, ISSN 0032-079X, 1573-5036, DOI 10.1007/s11104-010-0534-8.
19. Ramesh, A.; Sharma, S. K.; Yadav, N. y Joshi, O. P. "Phosphorus Mobilization from Native Soil P-Pool upon Inoculation with Phytate-Mineralizing and Phosphate-Solubilizing *Bacillus aryabhatai* Isolates for Improved P-Acquisition and Growth of Soybean and Wheat Crops in Microcosm Conditions". *Agricultural Research*, vol. 3, no. 2, junio de 2014, pp. 118-127, ISSN 2249-720X, 2249-7218, DOI 10.1007/s40003-014-0105-y.

20. Maltas, A.; Charles, R.; Jeangros, B. y Sinaj, S. "Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop nitrogen response and crop yield: Results of a 12-year experiment in Changins, Switzerland". *Soil and Tillage Research*, vol. 126, enero de 2013, pp. 11-18, ISSN 0167-1987, DOI 10.1016/j.still.2012.07.012.
21. Taiz, L. y Zeiger, E. *Plant physiology*. 5.ª ed., Ed. Sinauer Associates, 2010, Sunderland, Mass, 953 p., ISBN 978-0-87893-565-9, OCLC: 845666599.
22. Vivas, H. S.; Vera, C. N.; Albrecht, R.; Martins, L.; Quaino, O. y Hotian, J. L. "Efecto aditivo de la fertilización con fósforo y azufre sobre trigo en una rotación". *Publicación Miscelánea*, no. 116, 2010, pp. 61-67, ISSN 0325-1780.
23. Ciampitti, I. A. y García, F. O. "Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e Industriales". *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, no. 33, 2007, pp. 13-16, ISSN 1666-7115.

Recibido: 3 de julio de 2015

Aceptado: 28 de marzo de 2016

