

Olite: *un ensayo de larga duración sobre*

Laboreo de conservación y calidad de suelos



Siembra directa en Olite.

**Paloma Bescansa, M^a José Imaz,
Iñigo Virto y Alberto Enrique
(UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA)**

**José Jesús Pérez de Ciriza, Javier Delgado,
Iosu Irañeta y Enrique Díaz (ITG AGRÍCOLA)**

e

L ITGA, en colaboración con la Universidad Pública de Navarra, ha llevado a cabo un ensayo de larga duración sobre Laboreo de conservación en secano que ha

permitido obtener unos resultados muy interesantes sobre su efecto en los suelos y en la fauna que los habita: lombrices y microorganismos. Dicho ensayo se implantó en 1994 en Olite y cuenta ya con doce años de datos y con resultados contrastados. Se trata de una experimentación única en esta zona del valle del Ebro e importante por cuanto los efectos del trabajo agrícola sobre los ecosistemas se detectan verdaderamente al cabo de los años, puesto que son acumulativos.

En Olite se han analizado tres sistemas de Laboreo de Conservación: el No Laboreo (NL), el No Laboreo con quema de Rastrojos (NLQR) y el Laboreo Mínimo con arado chisel (LM) que se han

comparado con el sistema tradicional de laboreo en profundidad con vertedera.

A la vista de los resultados se puede decir claramente que el Laboreo de Conservación mejora de forma sensible y mantiene la calidad de los suelos. Los campos donde se practican sistemas de no laboreo o laboreo mínimo presentan contenidos de materia orgánica y de nitrógeno más altos. Asimismo estos laboreos respetan en mayor medida a las poblaciones de lombrices, también llamadas el "arado natural", y permiten su desarrollo. La actividad de estos animales, como bien saben los buenos agricultores, resulta muy beneficiosa para la aireación y esponjosidad de los suelos. Por tanto, los Laboreos de Conservación no sólo reducen costes económicos y de tiempo a los agricultores sino que también contribuyen a una mayor fertilidad y calidad de sus tierras, como veremos en este artículo.

Razones para la realización de este ensayo



Al reducir o suprimir las labores mediante la siembra directa, el cambio más importante para las zonas semiáridas es que el suelo almacena más agua.

En el año 1994 el ITGA estableció en el término municipal de Olite un ensayo de sistemas de Laboreo de Conservación, como ya se ha dicho en la introducción. Dicho ensayo se ha mantenido hasta la actualidad gracias a la financiación recibida del INIA (proyectos SC94-003-C3-3 y SC98-020-C4-3) y del Gobierno de Navarra (Departamento de Educación y Cultura - Resolución 17/2004 de 29 de enero Dir. Gral. Universidades y Política Lingüística). Su continuidad en el tiempo ha permitido que constituya un ensayo de larga duración, único dentro de esta zona climática que abarca el tramo medio del valle del Ebro. La recogida y análisis de datos se ha llevado a cabo en colaboración con el Área de Suelos de la Universidad Pública de Navarra.

La denominada **Agricultura de Conservación** comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental mantener, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un ma-

nejo integrado del suelo, el agua, los agentes biológicos y los "inputs" externos, según la definición hecha por la FAO y la Asociación Española de Agricultura de Conservación. Se caracteriza por el uso de cubiertas vegetales y de residuos de cosechas anteriores y por un conjunto de técnicas de 'laboreo de conservación' que incluyen sistemas de laboreo reducido o no-laboreo y siembra directa.

El Laboreo de Conservación reduce de forma efectiva el consumo de energía y de trabajo, con un ahorro de entre 15-50% de los costes. Este hecho ha contribuido de manera importante a la implantación de estos sistemas en Navarra, que se adaptan especialmente bien a cultivos como el cereal de invierno en el que el único modo de hacerlo competitivo es la reducción de costes. En el número anterior de esta misma revista se ha publicado un análisis comparado de rendimientos y costes del laboreo de conservación frente a los sistemas convencionales con vertedera (ver Navarra Agraria nº 156 en www.navarraagraria.com).

La sociedad en la que vivimos demanda calidad en todos los ámbitos de su actividad y muy especialmente en los aspectos que tienen relación con el medio ambiente y la salud. Por ello también demanda que los suelos, y en especial los suelos agrícolas, mantengan unas estándares de 'calidad'. Es decir, practicar un manejo sostenible para mantener y/o mejorar su calidad y poder transmitir los suelos en buen estado a las nuevas generaciones.

Al reducir o suprimir totalmente las labores, el suelo cambia en muchos aspectos. El cambio de mayor repercusión para la producción del cultivo de secano en zonas semiáridas es que el suelo almacena más agua. Pero hay otras ventajas como el aumento del contenido de materia orgánica y por tanto de la fertilidad del suelo, la mayor formación natural de agregados y el incremento de la biodiversidad entre otros.

Alguno de estos cambios, sin embargo, puede plantear inconvenien-

tes en el manejo del suelo y repercutir negativamente en la producción, ya que por ejemplo el suelo es más frío y se compacta inicialmente, aunque en muchos suelos ésta es sólo una situación transitoria que va disminuyendo con el tiempo. Tampoco se obtienen buenos resultados en suelos con mal drenaje.

En general, aunque en parte depende de las condiciones específicas de cada lugar, los sistemas de la-

boreo de conservación mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por lo que contribuyen a mejorar su calidad.

En este trabajo se presentan algunos de los resultados obtenidos en el ensayo de Olite, fruto de la colaboración entre el ITGA e investigadores del grupo 'Gestión y manejo sostenible de suelos' de la Universidad Pública de Navarra, y en concreto **se analizan as-**

pectos físico-químicos y biológicos del suelo y las producciones del cultivo.

Algunos de estos resultados forman parte del trabajo de Tesis Doctoral 'Determinación y selección de indicadores de calidad del suelo para la evaluación de sistemas de Agricultura de Conservación en cultivo de cereal de zonas semiáridas en Navarra' realizada por M^a José Imaz en julio de 2005.



En el corte de suelo se aprecia la actividad beneficiosa de las lombrices en parcela de siembra directa. Éste es un ejemplar de *Scherotheca gigas*.

Los Laboreos de conservación aumentan el contenido de materia orgánica y por tanto la fertilidad de los suelos, permiten una mayor formación natural de agregados y el incremento de la biodiversidad.



AHIVA EL AGUA, S.L.

● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ● DRENAJES ●

PREMIO DEL CLUB DE INVENTORES ESPAÑOLES al "Mejor sistema para instalación enterrada de tuberías"

¡ Atención agricultores !



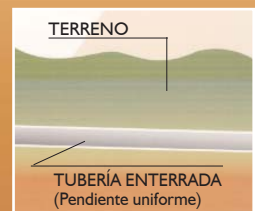
Se consigue un drenaje perfecto evitando las obstrucciones en el tubo, al introducir éste y la grava pretensando la tierra y mantener una inclinación constante controlada por láser.

Además, el sistema utilizado por "AHIVA

- Nuevo sistema más rápido y económico
- Guiado por láser
- Mejora las fincas y el medio ambiente
- Imprescindible para la preparación de VIÑAS, ENDRINAS, OLIVOS y OTROS FRUTALES.

EL AGUA" logra purificar la tierra de la acumulación de herbicidas y abonos que han sido depositados a lo largo de los años.

En las tierras salitrosas de regadío, se elimina la sal. El drenaje sirve tanto para las aguas superficiales como para las subterráneas.



2

Características del ensayo

El ensayo de Olite tiene un **diseño de bloques aleatorizados con cuatro repeticiones** donde cada parcela individual es de 9 x 24 m. Se realiza un **monocultivo de cebada**, propio de esta zona. El tratamiento principal es el **sistema de laboreo con los siguientes tipos:**

- **No laboreo (NL):** se mantiene el rastrojo y se realiza siembra directa utilizando una sembradora específica con apertura de línea de siembra de 3 a 5 cm de profundidad.
- **No laboreo con quemado de rastrojo (NLQR):** al igual que en el tratamiento anterior se trata de una siembra directa pero inmediatamente antes de la siembra se quema el rastrojo (excepto en otoño de 2005 por la prohibición estatal). Se trata de una quema de baja intensidad e incompleta que deja en superficie abundantes restos fragmentados.
- **Laboreo mínimo-chisel (LM):** labor vertical realizada con un arado chisel de 15 cm de profundidad.
- **Laboreo profundo-vertedera (LP):** labor con volteo realizada con un arado de vertedera que alcanza 30 cm.
- **Año y vez con vertedera:** no se contempla en este artículo.
- **Laboreo habitual de la zona:** tratamiento que ha ido variando a lo largo de los años y tampoco se estudia en este trabajo.

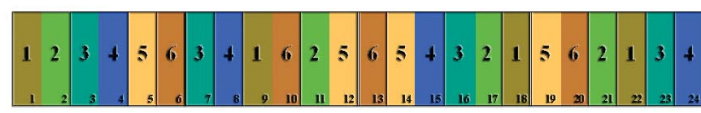
En el ensayo se han medido a lo largo de estos doce años algunas propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica, la evolución de la compactación mediante la densidad aparente y el contenido de humedad en el suelo durante el periodo de cultivo.

También se han estudiado otras propiedades relacionadas con el desarrollo de la estructura y de la porosidad como la cantidad, tamaño y calidad de los agregados del suelo; la capacidad de retención de agua y la capacidad de transmisión o permeabilidad del suelo; la resistencia a la penetración; la disponibilidad de macronutrientes en el sistema; el proceso de mineralización de la materia orgánica así como un estudio cuantitativo y cualitativo del carbono orgánico y de sus diferentes fracciones. Otro aspecto estudiado ha sido la actividad biológica del suelo midiendo lombrices y otros parámetros como las denominadas actividades enzimáticas.

Muchas de estas propiedades se consideran hoy en día **'indicadores de calidad del suelo'**. De ellas hemos seleccionado para este artículo algunas de las más significativas, como son el contenido de materia orgánica, la disponibilidad de macronutrientes N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio) y la actividad de las lombrices de tierra. Los datos que comentamos a continuación corresponden a los últimos cinco años (2002/2006).

Figura 1. CROQUIS DEL ENSAYO DE OLITE.

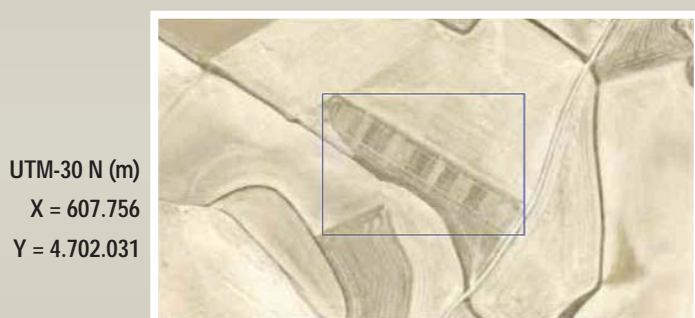
- 1 - NL = NO LABOREO o Siembra Directa.
- 2 - LZ = LABOREO ZONA: Grada.
- 3 - LM = LABOREO MÍNIMO: Cultivador.
- 4 - LP = LABOREO PROFUNDO: Vertedera.
- 5 - NLQR = NO LABOREO con Quema de Rastrojo.
- 6 - AV = AÑO Y VEZ con laboreo vertedera. (1 año cultivo, otro barbecho)



LOCALIZACIÓN DE LA PARCELA DE ENSAYOS



Ortofotografía Color
1:5000 (año 2003).
(Sitna)



Es un hecho ampliamente reconocido que **la materia orgánica es el 'indicador de calidad del suelo' más importante para valorar cambios en el suelo originados por el manejo agrícola** ya que influye en múltiples propiedades del suelo tanto físicas como químicas y biológicas. Tiene además la ventaja de ser un indicador precoz, es decir sensible a corto plazo a los cambios de manejo.

No resulta fácil aumentar el nivel de materia orgánica del suelo, ni hacerlo de forma extensiva y mucho menos sin realizar aportes orgánicos (estiércoles, lodos, etc), no siempre disponibles, y desde luego no disponibles en cantidades suficientes como para compensar el descenso del nivel de materia orgánica producido en los suelos agrícolas tras cientos de años de cultivo y extracciones.

En la figura 2 se incluye el contenido de materia orgánica de los distintos tratamientos a lo largo de los últimos cinco años del ensayo. Se observan diferencias generales entre unos años y otros, que están determinadas por las condiciones meteorológicas de la campaña, que en conjunto afectan más a la tasa de mineralización que un determinado sistema de laboreo.



Momento de quema controlada.

A pesar de estas diferencias globales interanuales, se aprecia que los sistemas de Laboreo de Conservación tienen un contenido de materia orgánica más alto que el laboreo profundo. El contenido medio en No Laboreo es un 14 % más alto que el de Laboreo con vertedera.

La distribución de la materia orgánica en profundidad (cuadro 1) ofrece los mismos resultados y en los tres últimos años ya se observan, lo que parece una tendencia, diferencias estadísticamente significativas en la primera capa de 0-5 cm de profundidad. A partir de esta profundidad no hay diferencias entre tratamientos.



No laboreo con quema de rastrojo: una quema de baja intensidad

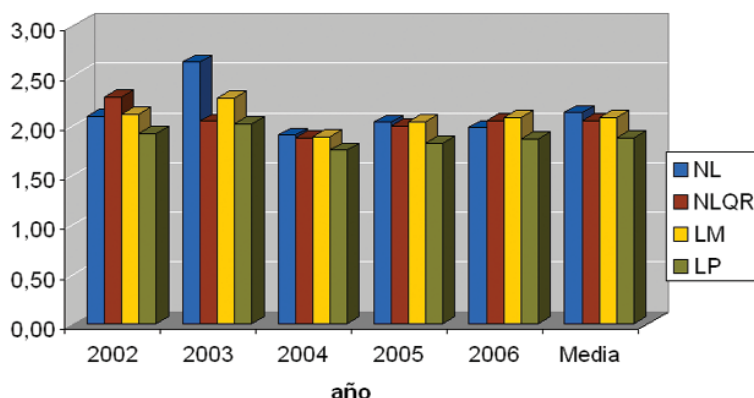
Hay también que comentar la **falta de respuesta al quemado de rastrojo: el contenido de materia orgánica en ambos sistemas NL y NLQR se mantiene en cifras muy similares** en la mayoría de los años y lo mismo ocurre con su distribución en profundidad.

Cuadro 1. DISTRIBUCIÓN EN PROFUNDIDAD DE MATERIA ORGÁNICA (%) PARA UN PERIODO DE CINCO AÑOS

	2002	2003	2004	2005	2006
Profundidad 0-5 cm:					
No laboreo	2,18 ab	2,95 b	2,32 b	2,35 b	2,35 b
No laboreo+quemado rastrojo	2,6 b	2,26 a	2,22 ab	2,28 b	2,43 b
L. mínimo-Chisel	2,24 ab	2,32 a	2,19 ab	2,14 b	2,30 b
L. profundo-Vertedera	1,9 a	2,06 a	1,87 a	1,90 a	1,91 a
Profundidad 5-15 cm:					
No laboreo	2,04	2,48	1,69	1,87	1,79
No laboreo+quemado rastrojo	2,13	1,93	1,7	1,85	1,85
L. mínimo-Chisel	2,05	2,25	1,73	1,98	1,97
L. profundo-Vertedera	1,92	1,99	1,69	1,78	1,84
Profundidad 15-30 cm:					
No laboreo	1,72	1,83	1,63	1,72	1,78
No laboreo+quemado rastrojo	1,83	1,89	1,63	1,79	1,81
L. mínimo-Chisel	1,97	1,84	1,68	1,82	1,8
L. profundo-Vertedera	1,9	1,88	1,59	1,78	1,73

Los valores de una misma columna con letras diferentes presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos

Figura 2. MATERIA ORGÁNICA (%) EN 15 cm SUPERIORES





Vista del ensayo. Arriba en otoño. A la derecha en mayo de 2005.



Otro cambio observado en los Laboreos de Conservación y especialmente en No Laboreo es que **se produce 'estratificación'** (cuadro 1). El hecho de que se estratifiquen algunas propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica es muy interesante, viene a suponer que el suelo tenga una situación parecida a la de suelos de calidad reconocida como por ejemplo los de una pradera. La estratificación también se utiliza como 'indicador de calidad del suelo' ya que se considera muy positivo que la mayor calidad se produzca en la capa superficial pues esta es la zona de mayor actividad biológica y la de intercambio con la atmósfera.

En el cuadro 2 se muestran los contenidos de nitrógeno a las tres profundidades estudiadas. Es interesante destacar en primer lugar que los tres Laboreos de Conservación muestran un contenido significativamente mayor de Nitrógeno que el laboreo con vertedera, tanto de 0-5 cm como de 5-15 cm de profundidad. Esta circunstancia se aprecia claramente cuando analizamos conjuntamente los 15 cm superiores (figura 3).

Asimismo se observa que en el horizonte de 0-5 cm el tratamiento de no laboreo con quemado de rastrojo (NLQR) tiene un contenido de Nitrógeno más alto que NL y LM y que esta diferencia tiene significación estadística.

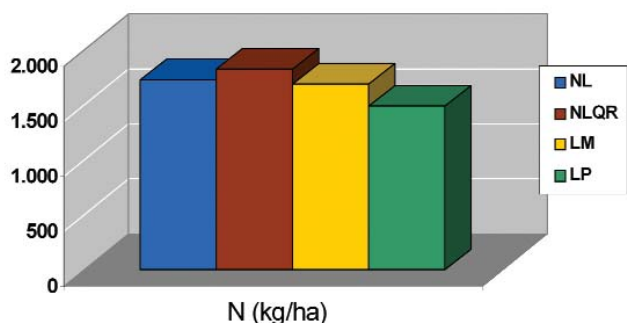
No existen diferencias significativas en el contenido de fósforo ni de potasio (figuras 4 y 5). Los bajos contenidos de fósforo asimilable son valores característicos de este tipo de suelos, con abundancia de carbonato cálcico (35%). El potasio no es limitante en estos suelos ni para este cultivo y de hecho no se aplica K en el abonado del ensayo.

Cuadro 2. DISTRIBUCIÓN EN PROFUNDIDAD DE NITRÓGENO TOTAL (kg/ha) EN AÑO 2004

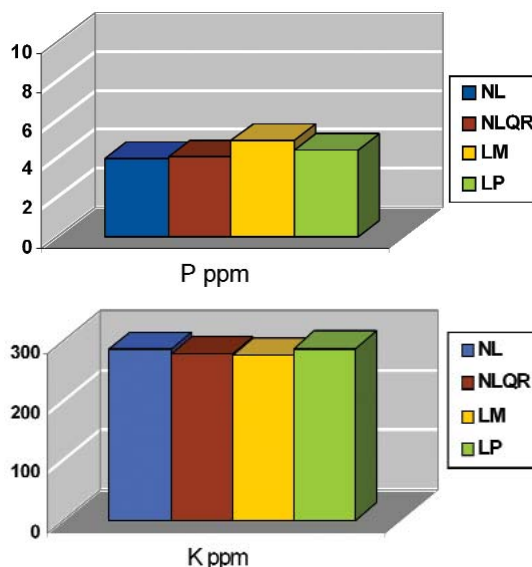
	N (kg/ha)
Profundidad 0-5 cm:	
No laboreo	1.190 b
No laboreo+quemado rastrojo	1.285 c
L. mínimo-Chisel	1.077 b
L. profundo-Vertedera	1.027 a
Profundidad 5-15 cm:	
No laboreo	2.014 b
No laboreo+quemado rastrojo	2.107 b
L. mínimo-Chisel	2.014 b
L. profundo-Vertedera	1.729 a
Profundidad 15-30 cm:	
No laboreo	2.730
No laboreo+quemado rastrojo	2.628
L. mínimo-Chisel	2.868
L. profundo-Vertedera	2.736

Los valores de una misma columna con letras diferentes presentan diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos

Figura 3. Contenido medio de Nitrógeno (kg/ha) en horizonte 0-15cm tras diez años de ensayo (año 2004)



Figuras 4 y 5. Contenido medio de Fósforo y Potasio (ppm) en horizonte 0-15cm tras diez años de ensayo.





Scherotheca gigas.

4

Lombrices de tierra

Desde la célebre cita de Charles Darwin (1881): "El arado es uno de los mas antiguos y valiosos inventos realizados por el hombre, pero mucho antes de que fuera inventado, las lombrices de tierra ya se ocupaban del laboreo del suelo y continúan haciéndolo", hasta la actualidad, tanto la comunidad científica y técnica como los propios agricultores conocen la importancia que estas poblaciones tienen en los suelos agrícolas donde se consideran indicadores de un suelo 'sano'. Es lógico, por tanto, que las lombrices también formen parte de los denominados 'indicadores de calidad del suelo'.

Las lombrices de tierra se alimentan de restos orgánicos de origen vegetal, pero nunca de materia viva, por lo que no constituyen una amenaza para las producciones, y contribuyen de forma muy efectiva a incorporar y estabilizar en el suelo estos compuestos. Junto a los restos orgánicos ingieren también una gran cantidad de masa de suelo, que mezclan y maceran en su interior y que depositan en forma de excretas en la superficie del suelo o en el interior de galerías y cavidades. La mayor parte de la materia orgánica sufre pocos cambios químicos por su causa, pero sí físicos, ya que queda finamente troceada y eso contribuye a la formación de estructura en el suelo.

Por otra parte crean una red de galerías, algunas permanentes (galerías vivienda) y otras temporales, al moverse de una a otra zona del suelo para encontrar temperaturas o humedad más favorables. Se trata de unos poros cilíndricos, con paredes ligeramente compactadas, estables incluso con el suelo muy húmedo, y que pueden permanecer abiertos bastante tiempo después de ser abandonados. Su diámetro y su longitud los sitúan entre los poros más grandes del suelo, y favorecen los procesos de movimiento del agua en el suelo y la penetración de las raíces.



En la foto superior, ejemplares muestreados en un bloque de suelo de 20x20x20 cm bajo No Laboreo. A continuación, actividad de lombrices, excretas y galerías que son vía para la penetración de raíces.

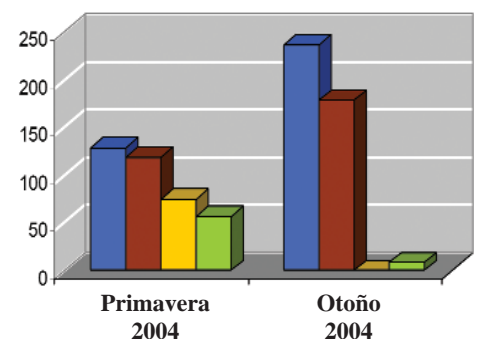
Los sistemas de Laboreo de Conservación al reducir o eliminar la alteración mecánica del suelo y al aumentar los restos de cosecha dejados in situ, crean en muchos suelos agrícolas condiciones favorables para el desarrollo de una mayor actividad de las lombrices. La respuesta es bastante rápida, tres o cuatro años son suficientes para influir positivamente en estas poblaciones y ofrecer cambios importantes.

Las lombrices suelen vivir en comunidades de hasta seis especies diferentes. En el ensayo de Olite hemos encontrado una comunidad constituida por tres especies diferentes (La identificación taxonómica de las especies ha sido realizada por la Dra. M.J.I. Briones del Departamento Ecología y Biología Animal de la Universidad de Vigo). Dos de ellas son endogeas (viven en los 20 cm superiores del suelo y forman un sistema de galerías horizontal): *Allolobophora rosea* y *Proselodrilus praticola*, y una tercera del tipo anecico (de gran tamaño, viven en galerías verticales y penetran a gran profundidad): la *Scherotheca gigas*

Su actividad en Olite se desarrolla durante dos periodos principales: primavera y otoño, el resto del año la falta de humedad o el descenso de la temperatura las mantiene en estado de semiletargo. Los dos muestreos anuales se han realizado coincidiendo con ambos periodos de actividad.

Los resultados obtenidos (Figuras 6 y 7) muestran importantes diferencias en relación con el tipo de laboreo. En los sistemas NL y NLQR la actividad desarrollada por las lombrices es muy intensa. Los 20 cm superiores que hemos estudiado están muy removidos, con una gran cantidad de galerías de diversos diámetros, algunas rellenas de nuevo por sus propios excretas.

Figura 6. Actividad de lombrices de tierra. Número medio de individuos/m²



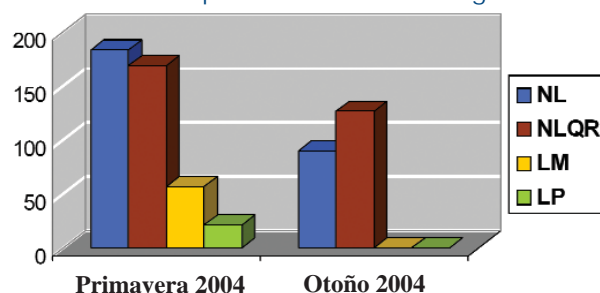
Tanto en la población total de lombrices (número de individuos) **como en la biomasa** (peso total de individuos) se aprecian cifras superiores a las del laboreo mínimo e incluso duplican a las del laboreo profundo. Estas diferencias resultan mucho más acusadas en el muestreo de otoño, que se realizó un mes después de las labores de preparación del suelo, en esta época prácticamente solo se han encontrado ejemplares en los tratamientos de No laboreo (NL y NLQR)

Es también interesante destacar que quemar o no el rastrojo en No laboreo tiene mucha menos influencia en la actividad de las lombrices que labrar. Las diferencias entre NL y NLQR son mínimas e incluso en otoño los ejemplares encontrados en NLQR tienen mayor peso que los de NL, circunstancia que atribuimos a que la quema de rastrojo que se realiza es incompleta y deja en superficie abundantes restos fragmentados lo que facilita la alimentación de las lombrices.



Excretas de lombriz en superficie en tiempo normal y tras la quema; su actividad no desciende por esta causa.

Figura 7. Actividad de lombrices de tierra. Biomasa o peso total de individuos g/m²



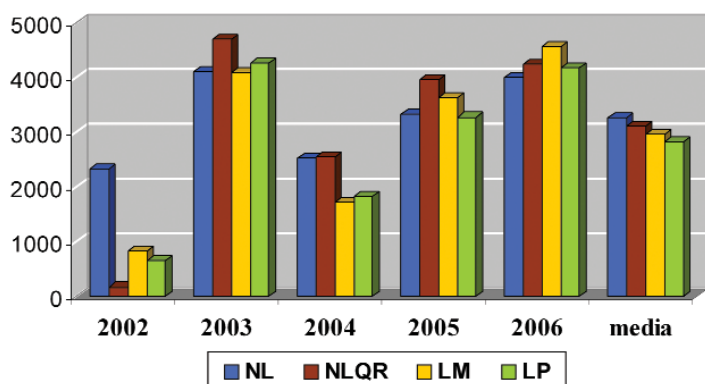
5

Producciones

Analizando los datos de las producciones de cebada durante los años 2002-06 se observa en primer lugar la elevada variabilidad interanual, pudiendo obtener desde los 641 kg/ha de 2002 hasta los 4.175 kg/ha de 2006 en un mismo tratamiento (LP). Esta variabilidad está muy relacionada con las condiciones meteorológicas de la campaña agrícola, principalmente con la precipitación. El año 2002 fue un año muy seco con una precipitación acumulada hasta junio de 289 mm cuando la media de la zona hasta ese mes es de 453 mm, esto supuso unas producciones muy bajas. En estas condiciones el No Laboreo presentó una producción más elevada que el resto.

Las producciones medias obtenidas en este período de tiempo señalan al NL como el más productivo con 3.256 kg/ha, seguido del NLQR, LM y por último LP con una producción de 2.836 kg/ha.

Figura 8. Producción de cebada en kg/ha.



CONCLUSIONES

- Los tres sistemas de laboreo de conservación (NL, NLQR y LM) presentan un contenido más alto de materia orgánica en el suelo que el sistema con vertedera (LP)
- Lo mismo sucede con el contenido de **Nitrógeno: es más alto en los tres sistemas de laboreo de conservación** (NL, NLQR y LM) que con el laboreo profundo con vertedera.
- La reducción de labores es la clave para el desarrollo de lombrices.** Las poblaciones se reducen drásticamente en otoño tras las labores ya sea laboreo mínimo o profundo y se recuperan en primavera, aunque siempre hay mayor actividad en No laboreo (NL y NLQR).
- Si se hace No laboreo (siembra directa) no hay diferencia entre quemar (NLQR) o mantener el rastrojo (NL):** el contenido de materia orgánica en ambos sistemas NL y NLQR se mantiene en cifras muy similares en la mayoría de los años y lo mismo ocurre con su distribución en profundidad. En lo que se refiere a la actividad de las lombrices tampoco hay diferencias entre ambos tratamientos. Por último hay que comentar que el contenido de nitrógeno en el horizonte superficial es significativamente más alto en NLQR que en NL..