

Comportamiento del suelo y de los cultivos en la AC

Resultado de los ensayos realizados a lo largo de 20 años en la finca Tomejil

Este artículo expone los resultados obtenidos en la finca experimental de Tomejil (Sevilla) en cuanto al comportamiento del suelo (temperatura, compactación, estado de humedad, etc.) y de los cultivos (cereal, girasol y leguminosas) evaluado sobre tres sistemas de manejo del suelo: laboreo convencional, mínimo laboreo y siembra directa. Además, incluye un estudio comparativo de los costes en estos sistemas.

Francisco Perea Torres.

Departamento Ciencias Agroforestales. E.U.I.T.A. Universidad de Sevilla.

La necesidad de producir para una población cada vez mayor, que se estima en 10.000 millones para el año 2050, junto a los avances tecnológicos en la agricultura moderna, permiten producir un suministro de alimentos en calidad y cantidad sin precedentes. Sin embargo, no ha aumentado excesivamente el área cultivada, creando en el hombre la idea equivocada de lo ilimitado de los recursos de la tierra, mientras que se han utilizado nuestros campos de cultivo de forma irracional.

Todo ello deriva en un aumento constante de problemas, distintos a los de la agricultura pasada, con importantes impactos medioambientales. De esta forma se pasa, a finales del siglo XX, de la euforia respecto al rendimiento de los cultivos, a la preocupación que se vive en estos momentos sobre el futuro de los recursos naturales de la tierra.

La solución al problema no es fácil, ya que no podemos reducir la productividad agrícola actual, pero sí es posible la introducción de nuevas tecnologías que favorezcan el uso más racional del manejo del suelo.

Es por ello que hoy está en cuestión la búsqueda de la productividad máxima y se hace hincapié en el uso sostenible de los recursos agrarios. Dentro de esta tendencia cobra especial relevancia la agricultura de conservación.

Según normas de ASAE (1998), se considera agricultura de conservación el sistema de laboreo y siembra que mantenga un mínimo del 30% de residuos vegetales en la superficie del suelo después de la siembra, o que mantenga al menos 1.120 kg/ha de residuos en la superficie en los periodos de erosión crítica.

La agricultura de conservación se encuentra en un claro proceso de expansión en amplias zonas de América y Australia, donde la necesidad de producir a menor coste económico y medioambiental es grande y, además, como ocurre en Estados Unidos, ha contado con el apoyo de las organizaciones gubernamentales.

La **figura 1** representa la superficie mundial de siembra directa durante el año 1999, se observa la superficie reducida en España, quizás debido al alto coste de la maquinaria de siembra y al

desconocimiento del comportamiento de los parámetros agronómicos con este tipo de manejo del suelo.



Temperatura del suelo

La temperatura del suelo constituye una propiedad física considerada de vital importancia cuando hablamos del desarrollo de los cultivos, pues de ella dependen cuestiones tan importantes como las actividades química y biológica que transforman los nutrientes vegetales en formas aprovechables. La germinación de las semillas está relacionada directa-

mente con la temperatura del suelo, de tal forma que se crea un punto óptimo de germinación, por encima y por debajo del cual disminuye el porcentaje de germinación.

El manejo del suelo, en cuanto al mantenimiento de una cubierta vegetal se refiere, podría alterar la temperatura en su superficie, pudiéndose registrar diferencias significativas entre un suelo desnudo y cultivado en régimen de prácticas de laboreo de conservación, que mantiene la cubierta vegetal inalterada.

La cubierta vegetal sobre la superficie del suelo influye en la temperatura de éste de diferentes maneras: reduce la cantidad de radiación solar directa incidente, al tiempo que refleja una mayor cantidad a la atmósfera, ya que el manto vegetal suele tener un albedo superior al del suelo desnudo.

FIGURA 1.

Superficie mundial de siembra directa en 1999



Por tanto, en una primera aproximación, podemos pensar que los suelos sometidos a este tipo de prácticas son más fríos que los suelos manejados de forma convencional; sin embargo, los resultados obtenidos muestran un mayor calentamiento en la zona de influencia de las raíces, debido a la mayor superficie de contacto entre las partículas sólidas del suelo.

El suelo actúa como un disipador de energía, en forma de calor, amortiguando la incidencia de la radiación solar en un intervalo de profundidad muy pequeño. Las parcelas estudiadas de laboreo convencional (LC), presentan mayor temperatura a 0,15 m. de profundidad, por el contrario, las parcelas de siembra directa (SD), la respuesta al calentamiento es más rápida en superficie con respecto a lo que ocurre en LC.

Ambos hechos, en principio contradictorios, se deben a una respuesta a impulsos que aparecen a distinta escala: mayor temperatura en LC en profundidad, dado el menor enfriamiento en el

ciclo anual de la radiación, debido a una menor conductividad térmica, como consecuencia de la menor humedad del suelo en este intervalo. Sin embargo, el aumento de la velocidad de calentamiento en superficie, en la parcela de SD, se debe a la mayor conductividad térmica en esta zona, que hace que la temperatura se disipe en superficie, calentando a la misma.

La oscilación diaria de la temperatura es similar en los sistemas de manejo del suelo que se han estudiado: siembra directa, laboreo mínimo y laboreo convencional, si bien, cuando hay cubierta vegetal considerable, dicha oscilación se ve reducida. El menor volumen de poros en la capa superficial del suelo bajo condiciones de siembra directa, retrasa la conducción del calor hacia zonas más profundas del suelo, lo que provoca un calentamiento más rápido en los primeros centímetros de éste.

Resistencia del suelo a la penetración

Uno de los problemas más graves derivados de la mecanización en la agricultura actual es la aparición de cambios estructurales del suelo, que reducen el número y tamaño de los macroporos, y que denominamos compactación. El continuo paso de los tractores y sus aperos transmiten al suelo presiones verticales y horizontales, cuya respuesta más inmediata es la aparición de dicho problema, que aunque suele desaparecer con el laboreo superficial, su efecto perdura en el tiempo y en profundidad, formando las temidas suelas de labor.

De aquí se desprende que la consecuencia inmediata del laboreo del suelo es el aumento del volumen de poros, "descompactación". Por lo tanto, uno de los puntos a tener en cuenta a la hora de hablar del laboreo reducido sería el posible incremento de la compactación en el horizonte superficial, que puede crear dificultades en la emergencia de las semillas y para el crecimiento radicular.

Por otro lado, los suelos sometidos a laboreo reducido, y sobretudo, donde se realiza la siembra directa, se conservan mejor

FIGURA 2.

Relación entre la resistencia del suelo a la penetración y la humedad en un suelo no labrado

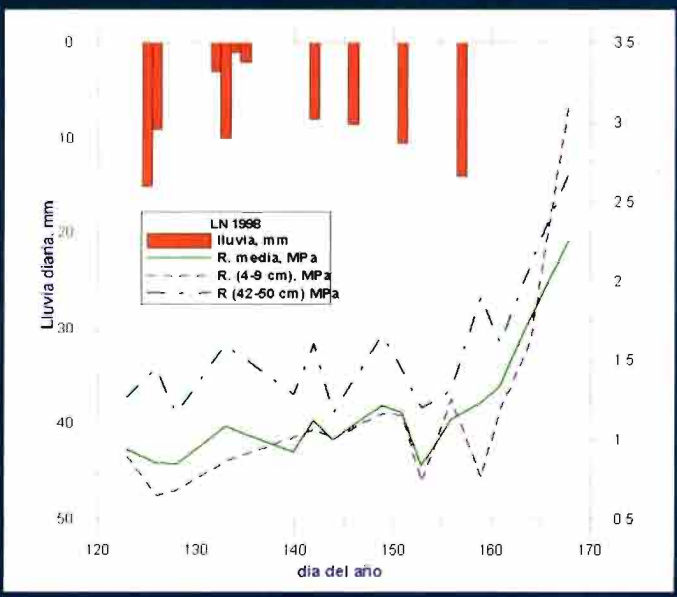


FIGURA 3.

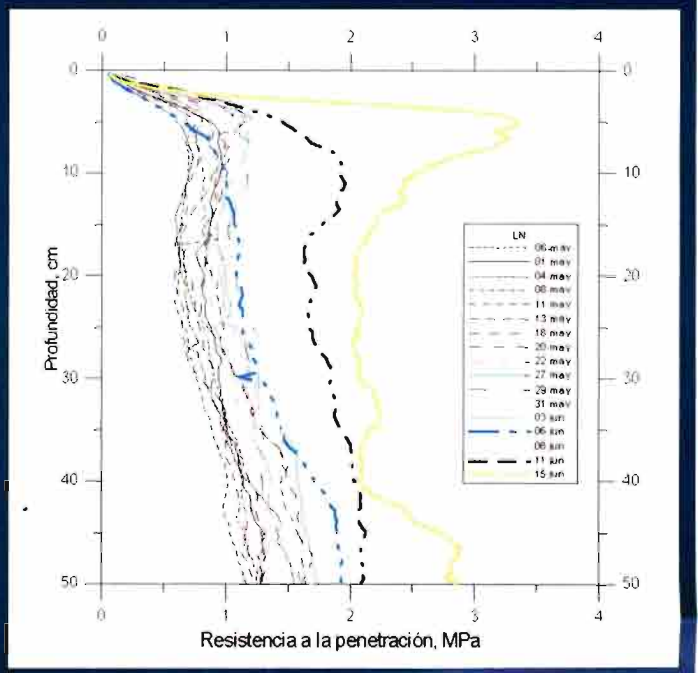
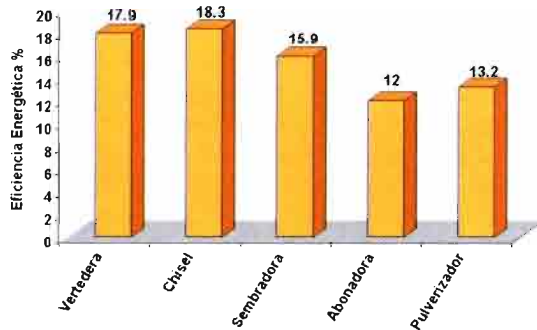


FIGURA 4.

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA MAQUINARIA



los bioporos construidos por las lombrices de tierra y por las mismas raíces. Todo ello contribuye a aumentar la porosidad del suelo de una forma natural más estable.

Los resultados obtenidos en la Finca Experimental de Tomejil, muestran el comportamiento del suelo, en lo que a compactación se refiere, en un ensayo a largo plazo.

La resistencia a la penetración del suelo, al igual que la densidad aparente, es otra propiedad física que nos da una idea muy aproximada del grado de compactación de éste; su medida se caracteriza por la rapidez, facilidad y bajo costo.

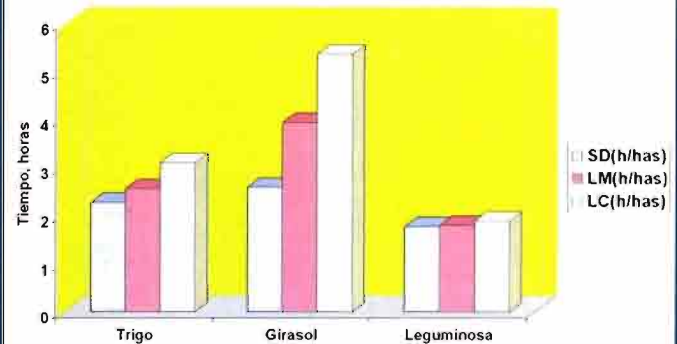
En la figura 2 se observa como la resistencia a la penetración aumenta al aumentar la profundidad, aunque al final del periodo estudiado, coincidiendo con la fase de desecación del suelo, las curvas se invierten, produciendo una capa de endurecimiento superficial. Es interesante destacar la oscilación de la resistencia en profundidad, en relación a las precipitaciones recogidas en la finca, indicando como la infiltración del agua de lluvia se ha visto favorecida en la parcela de no laboreo.

La figura 3 representa la evolución seguida por los valores de la resistencia a la penetración del suelo, en relación a la profundidad, durante todo el periodo de tiempo estudiado en la parcela de no laboreo.

Se distingue una tendencia continuada hacia el endureci-

FIGURA 5.

TIEMPOS DE TRABAJO EN LA ALTERNATIVA DE TRIGO, GIRASOL Y LEGUMINOSA CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SUELO



miento de la superficie, registrando valores extremos al final del periodo, aunque el intervalo mayor de compactación suele estar en los 3-4 cm superficiales, y por tanto no afectando el desarrollo normal de las raíces.

En definitiva, se puede decir que la resistencia a la penetración del suelo, como índice de compactación, disminuye con la humedad. Este factor actúa de forma más importante que el manejo de suelo utilizado; no obstante, hay también diferencias: el laboreo nulo o siembra directa (SD) presenta mayor compactación en superficie que los tratamientos de laboreo convencional (LT) y mínimo (LM).

Los efectos de las labores en la descompactación del suelo actúan de forma poco duradera, aumenta la resistencia a la penetración a los pocos días de realizada la labor.

El agua es el factor que más limita la producción en los sistemas agrícolas de secano, particularmente en regiones áridas y semiáridas. En la mayor parte de la geografía española y, en general, en ambientes de clima mediterráneo, la distribución esta-

FIGURA 6.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA ALTERNATIVA DE TRIGO, GIRASOL Y LEGUMINOSA CON DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SUELO

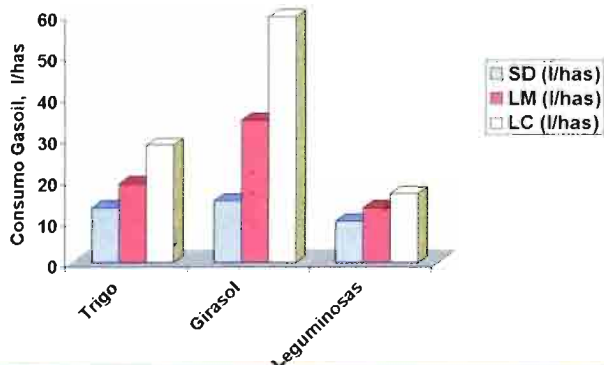
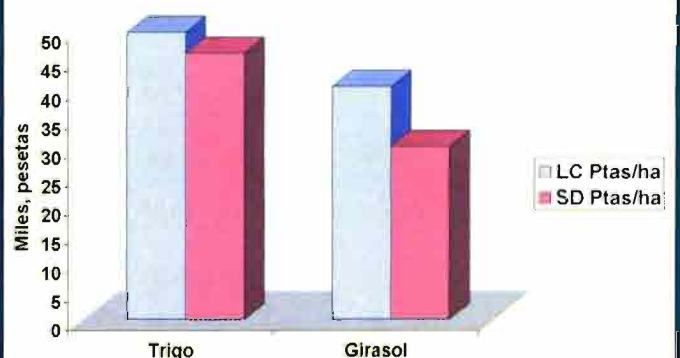


FIGURA 7.

COSTES DE PRODUCCIÓN DE TRIGO Y GIRASOL CON LABOREO CONVENCIONAL Y SIEMBRA DIRECTA



cional de las lluvias es irregular y poco favorable al mantenimiento de un balance hídrico adecuado. Los veranos son secos, con altas intensidades de evapotranspiración, y la variabilidad interanual de las precipitaciones es muy alta. El éxito de los secanos sustentados en este tipo de ambiente depende en gran medida de la capacidad del suelo para almacenar agua. En ese sentido, es importante destacar la introducción de nuevas técnicas de manejo del suelo, que optimizan la estructura de éste, permiten la continuidad de los macroporos transmisores de agua, no dispersados por la influencia de las labores, lo que supone el incremento de las vías preferenciales de recarga. Los efectos del no laboreo se hacen notar igualmente en el aumento de la mesofauna, de tal forma que la proliferación de lombrices del suelo incrementan el número de bioporos, actuando de la misma forma en la recarga hídrica del suelo.

Cuando se estudia el perfil del suelo en profundidad, aparecen diferencias interesantes que denotan mayor humedad en esta zona a favor de las parcelas sometidas a siembra directa. Se puede decir que la capacidad de infiltración en un suelo sometido a técnicas de manejo de laboreo nulo aumenta con respecto a las de laboreo tradicional, dada la mejor estructura en las primeras y, consecuentemente, una mayor humedad en estas parcelas.



La mecanización de las labores agrícolas constituye un alto porcentaje de los costes en las explotaciones: representa el 25% de la producción bruta y más del 45% de los costes de producción. Uno de los costes más importantes a tener en cuenta en el conjunto de las labores agrícolas es el de combustible, lógicamente, el consumo de gasoil estará determinado por las prácticas culturales en cada zona; la maquinaria consume el 25% de la energía demandada por las explotaciones agrícolas y el 37% de la energía procedente del petróleo.

El alto coste de mecanización, sobre todo en lo que se refiere al apartado del combustible, unido al estancamiento generalizado de los precios agrícolas, genera una disminución progresiva de los beneficios agrarios que hace cada vez más necesario disponer de sistemas de cultivo capaces de producir un ahorro de los costes. Desde el punto de vista de la mecanización es necesario reducir la energía y potencia necesaria para la realización de las tareas agrícolas.

La eficiencia energética relaciona la energía útil en la máquina con la del combustible y evalúa globalmente su aprovechamiento.

Como se observa en la figura 4, la eficiencia energética de to-



En el caso de las leguminosas, el tiempo de trabajo es parecido en los tres sistemas: no ocurre lo mismo con el gasto en combustible, siempre mayor en LC.

40 años ayudándole a conservar el suelo



Sembradora-abonadora neumática SPE 06

Con microdistribuidor independiente para microgránulos



Pregunte a los expertos:

Castilla y Aragón:

Teodoro: 629 89 36 65

Albacete:

Vicente B.: 686 97 68 52

Cuenca y Ciudad Real:

Antonio: 610 42 68 79

Andalucía:

Javier: 629 16 34 39

Extremadura y Toledo:

Antonio P.: 639 82 76 74

Asturias y Cantabria:

Pedro: 659 78 23 74

Sur de Portugal:

Ricardo: 988 00 43 47

Norte de Portugal:

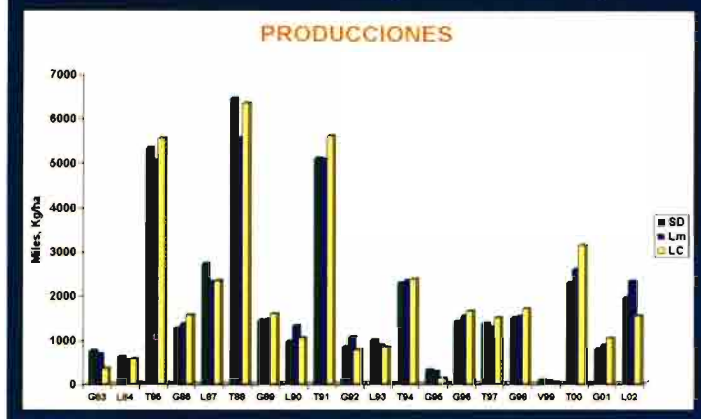
Carlos: 639 82 61 82



Siembra Directa

Polígono de Bergondo. Parroquia de Cortiñán - parc. D.22.
Tel.: 981 79 55 33/34 . Fax: 981 79 55 35. 15640-Bergondo, La Coruña

FIGURA 8.
Producciones obtenidas en el ensayo de la finca Tomejil.



das las operaciones agrícolas se encuentra entre 1/6 y 1/10, lo que demuestra la necesidad de mejorarla y/o reducir o eliminar las operaciones posibles.

La **figura 5** representa los tiempos de trabajo por hectárea para cada uno de los cultivos y sistemas de manejo del suelo. La reducción de los tiempos de trabajo es importante con los sistemas de laboreo de conservación.

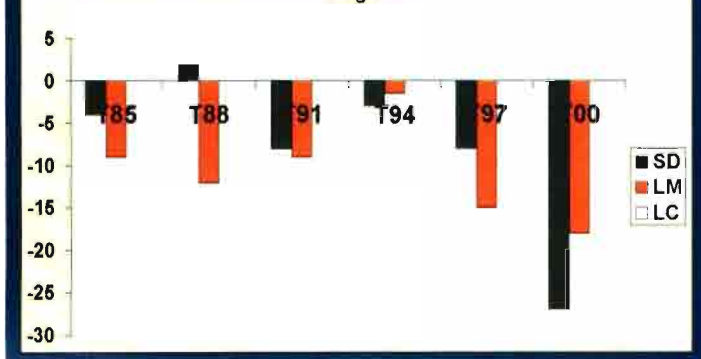
El consumo de combustible, **figura 6**, en los sistemas de no laboreo (SD) se ve igualmente reducido con respecto al laboreo convencional (LC).

Por último, decir que los costes de producción, **Figura 7**, se ven igualmente reducidos al cambiar los sistemas de laboreo, sobre todo si se comparan los sistemas de siembra directa y laboreo convencional.

De acuerdo con los resultados anteriores, es posible bajar la potencia necesaria en los tractores con la siembra directa y ahorrar un 55% de tiempo con respecto al



FIGURA 9.
Diferencias en el porcentaje de producción sobre el Laboreo Convencional (LC) en SD y LM en el cultivo de Trigo



laboreo con volteo y un 25% en relación al reducido.

El consumo de gasoil por hectárea en los sistemas de no laboreo se ve igualmente reducido con respecto al laboreo convencional.

Efecto del manejo del suelo en la producción

Uno de los aspectos que más preocupan a los agricultores que se inician en el laboreo de conservación es el posible efecto negativo que estos sistemas de manejo de suelos tendrán, a largo plazo, sobre las cosechas. Hay razones para temer un paulatino descenso. Entre las causas que podrían justificar el descenso de las producciones, se puede destacar la posible progresiva compactación del suelo, la estratificación de nutrientes poco móviles en los primeros centímetros de suelo, la apertura de numerosos macroporos permanentes que sirven de vías de lixiviación rápida para los abonos más móviles y la invasión de malas hierbas.

Sin embargo, la experiencia acumulada es contradictoria. A veces una operación crucial, como puede ser la siembra, realizada de forma inadecuada influye de forma más acusada en la reducción de la cosecha que las causas arriba apuntadas. Se dispone de datos procedentes de 20 años de duración y, por lo tanto, se tiene un conocimiento más completo de los efectos que produce a largo plazo la adopción de algunos sistemas de la denominada agricultura de conservación.

En la **figura 8** se observa que no aparecen diferencias significativas entre las cosechas en siembra directa (SD), laboreo mínimo (LM) y laboreo convencional (LC). No sólo no se aprecia una disminución de los rendimientos, sino que se vislumbra una tendencia a producir mayores cosechas en laboreo mínimo y siembra directa.

En la siembra directa las producciones representan un 95,4% del laboreo convencional sin llegar a ser estadísticamente diferentes las diferencias en producción, **figuras 9 y 10**. Destacar que la máxima producción media registrada en todo el ensayo (6.444 kg/ha) se dio en el año 1988 en las parcelas sembradas directamente.

En resumen, hay que decir que las producciones no se reducen mediante la aplicación de estas técnicas, incluso algunos años aumentan. ■

FIGURA 10.
Diferencias en el porcentaje de producción sobre el Laboreo Convencional (LC) en SD y LM en el cultivo del Girasol

