

Aspectos agronómicos de la agricultura de conservación en una alternativa de trigo-girasol-leguminosas en secano

F. Perea Torres*

La agricultura ha sido utilizada por el hombre como medio de desarrollo y avance en el espacio y en el tiempo. Desde sus inicios, hace unos 14.000 años, la agricultura ha progresado adaptándose mejor para mantener el crecimiento demográfico de la población humana, apoyado por la innovación tecnológica en sus diferentes etapas.

El suministro de alimentos en calidad y cantidad sin precedentes, sin haber aumentado excesivamente el área cultivada, ha creado en el hombre la idea errónea de lo ilimitado de los recursos de la Tierra.

Todo ello determina un aumento constante de problemas, aunque distintos a los de la agricultura pasada, pero con importantes impactos ambientales. De esta forma se pasa a finales del siglo XX, de la euforia desbordada respecto al rendimiento de los cultivos, a la preocupación y cautela que se vive en estos momentos sobre el futuro de los recursos naturales de la Tierra.

La solución al problema no es fácil, no se puede reducir la productividad agrícola actual, pero sí es posible la introducción de nuevas tecnologías, dirigidas a favorecer un uso más racional del suelo. Por ello, hoy en día, está en cuestión la búsqueda de la productividad máxima y se hace hincapié en el uso sostenible de los recursos agrarios.

En este marco, caben destacar las técnicas de Agricultura de Conservación, por su gran interés a la hora de resolver estas cuestiones, éstas hacen compatible la conservación del medio ambiente y la producción agrícola, al margen de otros muchos apartados económicos y sociológicos, a tener en cuenta en un futuro próximo.



Figura 1. Finca Experimental de Tomejil

El presente trabajo resume el estudio de algunos aspectos agronómicos de este tipo de agricultura, basado en ensayos realizados en la Finca Experimental de Tomejil dependiente del Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Agroalimentaria y de la Producción Ecológica de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.

Descripción de la finca

En 1982 se estableció en la Estación Experimental de Tomejil, situada en la Campiña de Carmona, un ensayo pionero en técnicas de Agricultura de Conservación, con el objetivo de estudiar el comportamiento agronómico del suelo en cultivos herbáceos de secano con una alternativa de trigo, girasol y leguminosas, figura 1.

La finca Tomejil se encuentra en una zona representativa de los suelos arcillosos de la Campiña andaluza, y constituyen las tierras de labor típicas del cultivo de secano en la región.

La gran profundidad de estos suelos, unido al elevado contenido en arcillas,

que le comunica un alto poder retentivo del contenido de agua, permite el desarrollo de cultivos de verano como la remolacha y girasol.

Características edáficas

Entre las ventajas agronómicas de estos suelos se encuentra su elevada capacidad de intercambio catiónico, derivada de su alto contenido en arcilla, que permite poner a disposición de la planta los nutrientes del suelo, lo que se traduce en rendimientos elevados de cosecha.

El perfil de los suelos vérticos es muy constante e indiferenciado en horizontes, sobre todo en los cultivados, que son prácticamente la totalidad de ellos.

No existen horizontes edáficos claramente apreciables ni por el color, ni por variación de textura, y además el material originario, que es bastante profundo, tiene análogo aspecto e inciertos límites con el horizonte Bv y con la roca originaria. Así estos suelos presentan un horizonte Ap de cultivo y debajo el horizonte Bv.

La clasificación de los vertisoles de la Finca Experimental de Tomejil se puede considerar incluida en el Suborden Xererts que viene definido por el carácter cli-

*Universidad de Sevilla, Dpto. Ciencias Agroforestales



Figura 2. Siembra Directa de trigo con cubierta de girasol

mático xérico, donde el suelo llega a secarse en verano hasta una profundidad de más de 50 centímetros, presentando las clásicas grietas que se abren y cierran una vez al año y permanecen abiertas durante más de 60 días consecutivos en los suelos naturales.

Características climáticas

El clima de la zona se caracteriza, en cuanto a temperaturas se refiere, por inviernos en general benignos y cortos, donde rara vez las temperaturas bajan de 0°C. Las mínimas se producen principalmente durante el mes de febrero; este hecho tiene importancia para el cultivo, ya que en dicho mes, las medias de las máximas suelen ser superiores a la de los dos meses precedentes (enero y diciembre), produciéndose estas mínimas en momentos en los cuales las plantas han iniciado su proceso de desarrollo vegetativo, encontrando pues, peores condiciones para soportar estas bajas temperaturas.

La distribución de la lluvia es irregular, corresponde a los meses de Noviembre, Diciembre y Enero el periodo de más precipitaciones. Las primaveras, sin embargo, suelen ser menos generosas en cuanto a lluvias se refiere. Hay que hacer constar el largo periodo comprendido entre mayo y septiembre en el cual, la proporción de lluvias con respecto al total anual

es escaso, si a esto se une la coincidencia con los meses de temperatura más alta, el resultado puede ser una incidencia negativa para el desarrollo de los cultivos.

Las precipitaciones constituyen el factor esencial que más limita la producción en el secano andaluz, de tal forma que la zona se caracteriza por tener poca diversidad de cultivos, destacan fundamentalmente los cereales, sobretodo trigo, oleaginosas como el girasol, y algo de leguminosas, garbanzos y habas, aunque en pequeñas proporciones.

Estudio de la temperatura del suelo

Flujo de calor en el suelo

El régimen térmico del suelo, indicador del balance de energía con la atmósfera, es una característica de gran importancia para la planta por regular los procesos físicos, químicos y biológicos de la germinación y desarrollo de las mismas.

La temperatura está determinada por factores de tipo externo, e internos propios del suelo. Entre los primeros cabe nombrar la radiación solar, nubosidad, temperatura y humedad del aire, viento, etc.. Entre los factores internos destacan el albedo y color del suelo, la exposición, cubierta vegetal, textura, contenido de humedad del suelo, la materia orgánica y la rugosidad.

El régimen térmico del suelo puede ser modificado mediante mecanismos que alteren la absorción y emisión de calor por radiación en la superficie. Entre estos mecanismos se encuentran las prácticas culturales que controlan el aspecto externo, la humedad y la protección.

Las prácticas de Agricultura de Conservación, al mantener una cubierta vegetal, influyen sobre la temperatura en superficie, se pueden registrar diferencias significativas entre un suelo desnudo y un suelo cultivado en régimen de laboreo conservación.

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

Definición de los sistemas de manejo de suelo

A continuación se describen los sistemas de manejo de suelo utilizados en el desarrollo del ensayo:

- Laboreo tradicional o convencional, en el que se alza la parcela con una vertedera, cuya función es la de invertir el perfil del suelo con una labor enérgica y profunda para incorporar los residuos vegetales, junto con las malas hierbas existentes en ese momento. A continuación, con sucesivos pases de cultivador o grada, se reduce el tamaño medio de los terrones, de tal modo que pueda actuar la sembradora sin dificultad. Durante el ciclo del cultivo se suelen dar pases de labor, si se trata de una planta de escarda, para el control de las malas hierbas.
- Laboreo mínimo, en el que se simplifican las operaciones de laboreo al máximo, la vertedera es sustituida por arados de alzada vertical menos profunda, tipo chisel o subsolador, en este caso la cubierta se mantiene limpia mediante la aplicación de herbicidas de contacto y de acción foliar. Los residuos vegetales no se incorporan completamente.

• Laboreo nulo o siembra directa, en el cual una vez cosechado, no se realiza ninguna operación con tractor, excepto las necesarias para la siembra y los tratamientos de fitosanitarios, fertilizantes y herbicidas que sean necesarios para mantener la cubierta limpia. La única labor realizada es la de los discos abridores de la sembradora y demás elementos propios de ésta. En

la **figura 2** se observa la siembra directa de un cultivo de trigo, con un control previo de malas hierbas, mediante aplicación de herbicidas no selectivos, y con una cubierta vegetal constituida por restos de girasol, procedente del cultivo anterior. Destacar como la siembra se realiza, incluso, sin tumar las cañas, ya que los discos realizan la función de corte en la dirección del avance de la máquina.

Material y métodos

La medida de la temperatura se realizó mediante termistores, cuya escala de medida oscila entre -20°C a 70°C . Estos termistores se conectan a unos pequeños registradores de datos que permiten almacenar las lecturas de dos termistores situados a diferente profundidad. Cada sistema de manejo del suelo disponía de uno de estos equipos, dependiendo de la frecuencia de la toma de datos, en nuestro caso 30 minutos, el registrador era capaz de almacenar datos durante tres meses antes de llenar su memoria. La información almacenada era transferida a un ordenador portátil mediante un programa suministrado conjuntamente con el sistema de medida en entorno Windows, que permitía el registro y posterior análisis.

La **figura 3**, representa la dinámica diaria de la temperatura en los tratamientos de siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC), destaca como en las primeras, la temperatura en la superficie del suelo es más baja, aproximadamente un grado centígrado menos que en las parce-

Temperatura del suelo

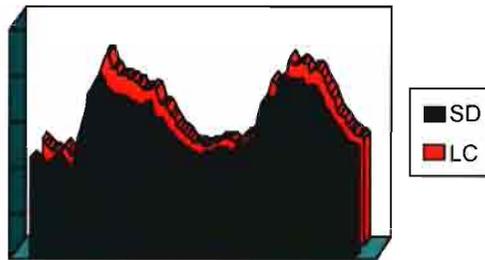


Figura 3. Temperatura del suelo con siembra directa (SD) y laboreo convencional (LC)

las de laboreo convencional, efecto que refleja la capacidad amortiguadora de la cubierta vegetal sobre la temperatura del suelo.

La energía aportada por la radiación solar se distribuye por la capa de residuos y, posteriormente por el suelo, transportándose, además de por radiación, por conducción, a través de moléculas de un mismo cuerpo en contacto entre ellas, y por convección, debido a la presencia de algún fluido.

Las prácticas de Agricultura de Conservación al mantener una cubierta vegetal influyen sobre la temperatura en superficie

Cabe esperar entonces, que todo aquello que modifique las características estructurales de los suelos, en este caso las labores culturales efectuadas en los sistemas de Agricultura de Conservación, modificará el comportamiento térmico de éstos.

La **figura 4** ilustra este efecto, los suelos que han sido labrados de forma tradicional, presentan una curva sinusoidal normal en superficie, aunque presenta un retraso horario con respecto a los suelos sometidos a la práctica de siembra directa. Este efecto encuentra una respuesta clara si se tiene en cuenta el menor volumen de poros en superficie en los últimos al mismo tiempo que un contenido mayor de agua en ese horizonte.

Resistencia del suelo a la penetración

Uno de los problemas más graves derivados de la mecanización en la agricultura, es la aparición de cambios estructurales del suelo, que reducen el número y tamaño de los macroporos, y que denominamos compactación (Duval, 1982).

La porosidad del suelo puede ser estimada por la densidad aparente que, a su vez, da una idea del grado de compactación. Así, cuanto mayor es el espacio poroso del suelo, menor es su densidad aparente y la compactación.

La consecuencia inmediata del laboreo del suelo es el aumento del volumen de poros y una disminución de su densidad aparente. Así, 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 crea dificultades en la emergencia de las semillas (Miller y Donahue 1990) y para el crecimiento radicular.

Por otro lado en los suelos con laboreo reducido y, sobre todo, donde se realiza

siembra directa, se conservan mejor 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.

La resistencia a la penetración del suelo es otra propiedad física que refleja el grado de compactación de éste. Su medida se caracteriza por la rapidez, facilidad y bajo costo.

La **figura 5** como la resistencia a la penetración (índice de Cono) es mayor a la profundidad de 42-50 cm que en superficie, aunque al final del periodo estudiado, y coincidiendo con el periodo de desecación, las curvas se invierten, produciendo una capa de endurecimiento en superficie.

La **figura 6** representa la evolución del índice de cono en relación con la profundidad en la parcela de siembra directa durante el periodo de tiempo estudiado.

Se aprecia una tendencia clara hacia el endurecimiento en superficie, alcanzando valores extremos por encima de 3 Mpa*. Sin embargo, a partir de los 10 cm. de profundidad, aunque persiste esa misma tendencia, el efecto es menos acusado, se alcanzan valores de 2 Mpa, permisibles para el desarrollo radicular.

La mayor proporción del perfil estudiado (0-35 cm), toma unos valores aproximados de 1 MPa, incluso cuando el suelo permanece en condiciones de baja humedad al final del periodo estudiado.

Efecto del manejo del suelo en la producción

Uno de los aspectos que más preocupan a los agricultores que se inician en el

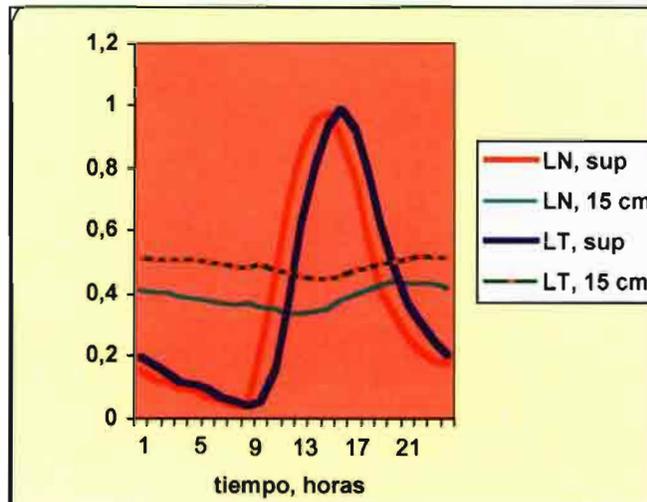


Figura 4. Temperatura del suelo en función de la profundidad y del manejo

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.

La experiencia acumulada es, sin embargo, 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. Algunos informes sobre la repercusión del cambio de manejo del suelo sobre las producciones se publicaron

en fechas muy tempranas (Cook y col., 1953) pero se limitaban a recoger los datos de un periodo corto de tiempo. Ahora 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.

De acuerdo con Kladvikov y col.,

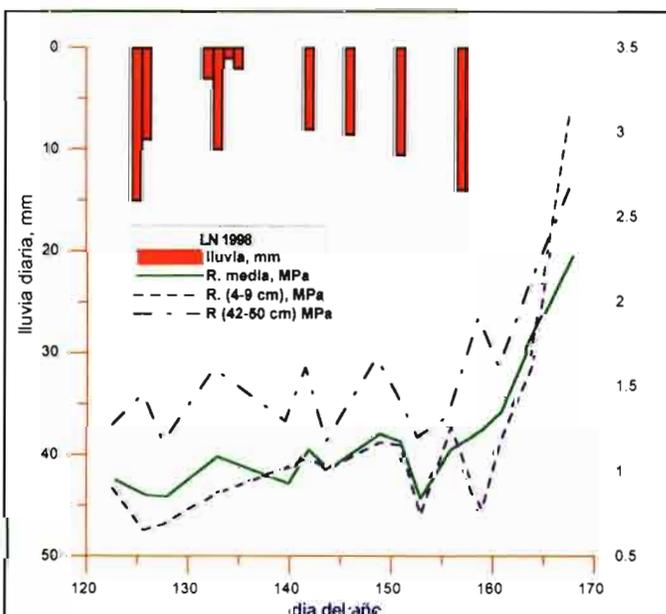


Figura 5. Relación del Índice de Cono con las precipitaciones y la profundidad

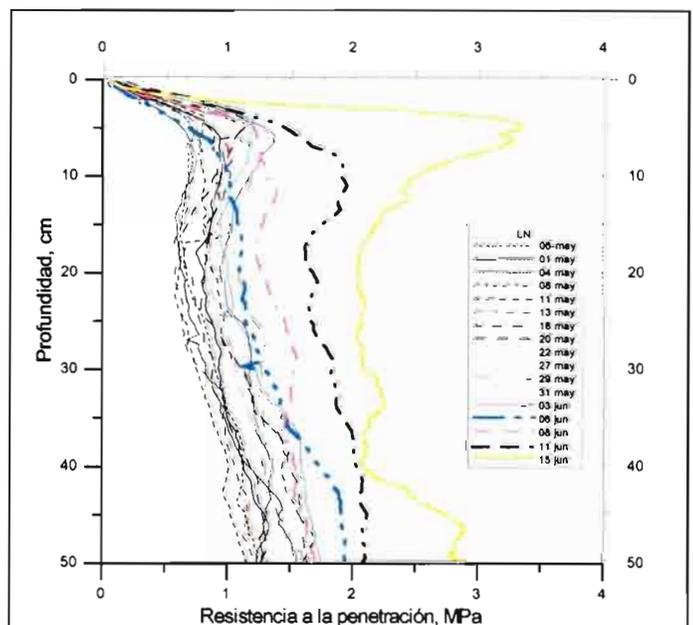


Figura 6. Evolución del Índice de Cono en una parcela con Siembra Directa

* Megapascal

(1986) los sistemas de siembra directa son muy beneficiosos en los suelos con bajo contenido en materia orgánica y estructura deteriorada; aquí los resultados obtenidos con la implantación de estos sistemas son mejores que cuando se aplican a suelos con alto contenido en materia orgánica y buena estructura.

La siembra directa parece sin embargo poco recomendable para los suelos pobremente drenados, con bajos contenidos en materia orgánica y deficiente estabilidad estructural (Dick y Van Doren, 1985 y Kladvivko y col., 1986).

Los suelos denominados bujeos, propios de una extensa región de Andalucía

ro fuertemente erosionados en muchas zonas, los efectos de una prolongada falta de laboreo consistirán en una pro-

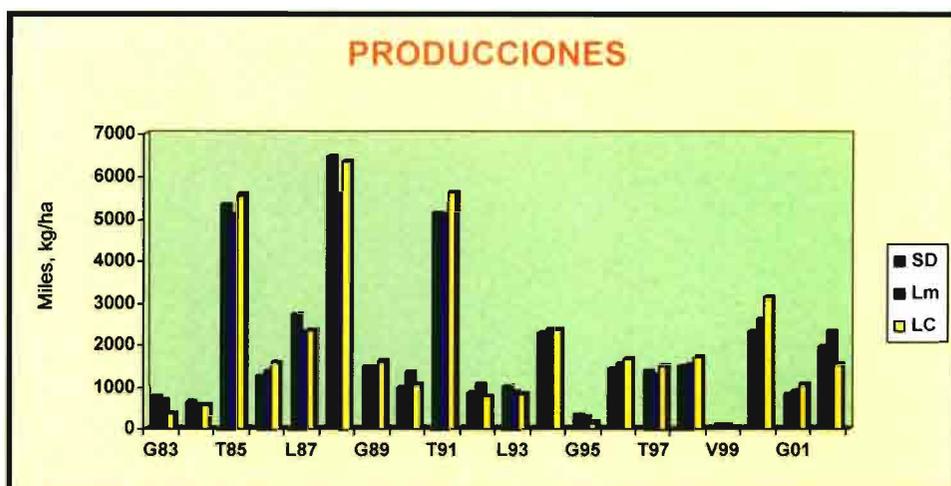


Figura 7. Producciones medias anuales de cuatro repeticiones recogidas en el ensayo de la Finca Experimental de Tomejil (Carmona-Sevilla). G-Girasol, T-Trigo, L-Leguminosa grano, V-Veza

Analizando las producciones de todos los años y cultivos, no aparecen diferencias significativas entre las cosechas de SD, LM y LC. No sólo no se aprecia una disminución de los rendimientos, sino que se vislumbra una tendencia a producir mayores cosechas en LM (114%) y SD (121%) que en LC (100%).

Las técnicas de Agricultura de Conservación hacen compatible la conservación del Medio Ambiente y la producción agrícola

que se extienden desde la provincia de Cádiz hasta Jaén; se caracterizan por su buena estructura, alto contenido en arcillas expansibles y bajo porcentaje de materia orgánica. En periodos de lluvia prolongados, presentan condiciones de hidromorfismo temporal. Por tanto es de gran interés averiguar si en estos suelos, de elevado potencial productivo, pe-

gresiva reducción de los rendimientos

A continuación se observan los efectos producidos sobre las producciones de cereales, oleaginosas y leguminosas en los sistemas de manejo de suelo de Agricultura de Conservación: Siembra Directa y Laboreo Mínimo, y comparados con los sistemas de Laboreo Convencional. **Figura 7**



Bibliografía

- Cook, R.L., L.M., Turk y H.F. McColly. 1953. Tillage methods influence crop yields. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17:410-414
- Dalmou L., A. M. C. Verdú y R. Sosa. 1997. Influencia del laboreo sobre la temperatura superficial del suelo en el cultivo de cereales de invierno, en Actas Congreso Nacional Agricultura de conservación y medidas agroambientales. Burgos.
- Dick, W.A. y D.M. Van Doren. 1985. Continuous tillage and rotation combinations. Effects on corn, soybean and oat yields. Agron. J. 77:459-465
- Duval, Y., 1982. Effect of two spring cultivation techniques on soil compaction root growth and yields of sugar beets.
- Kladvivko, E.J., D.R. Griffith y J.V. Mannering. 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soya beans in Indiana. Soil and tillage Res. 8:277-287
- Miller, R. w. y D. L. Donahue. 1990. Soils. An introduction to soils and plant growth. Sixth edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. 768 pp.

Más experiencia,
mayor responsabilidad

Aunque todavía
Bayer CropScience es una
compañía joven, nuestra
experiencia se basa en la de sus
predecesores.

Nuestra extensa presencia en
todo el territorio nacional, el amplio
catálogo de productos y la sólida
experiencia técnica contrastada en
el mercado, nos ha permitido alcanzar
nuestros objetivos, convirtiéndonos
en una empresa líder en nuestro campo
de trabajo y un socio a elegir por
nuestros clientes.

Nuestro agradecimiento a ellos, red de
distribución y agricultores, y a todos los que
han confiado en nuestro proyecto. Juntos
afrontaremos los desafíos del futuro con mayor
competencia y responsabilidad.

SU ALIADO PARA EL PROGRESO