

SISTEMAS DE MANEJO DEL SUELO Y SUS EFECTOS SOBRE EL CULTIVO DE AGRIOS

C. Gracia, L. Val, J. Delgado de Molina
Depto. de Mecanización Agraria
E.T.S.I.A.
Valencia

F. Juste
Instituto Valenciano de Inves-
tigaciones Agrarias
Moncada (Valencia)

Abstract

A number of soil management methods are reported here: mechanical tillage, using various pieces of farm equipment (rotary tiller, rotary hoe and cultivator), zero-tillage and reduced tillage methods. From each method the energy consumption, together with yields and costs involved have been determined and, on the other hand, the evolution of certain physical properties of the soil has been followed up (bulk density infiltration and compaction) and especially those related to water storage and water content. Finally, the effects that these methods might have had on quality and production of fruits have been examined. The results obtained belong to an experiment conducted over the last three years in the Valencian Community.

Resumen

En esta comunicación se plantean varios sistemas de manejo del suelo: laboreo mecánico con diferentes aperos (fresadora, cavadora y cultivador), técnicas de no laboreo y laboreo mixto. De cada sistema se ha determinado por un lado los consumos de energía, rendimientos y costes que supone; por otro, se ha seguido la evolución de ciertas propiedades físicas del suelo (densidad aparente, infiltración y compactación) y en especial las que se relacionan con el almacenamiento y contenido de agua. Finalmente se analiza los efectos que en la calidad y producción de frutos hayan podido tener cada uno de los diversos sistemas de manejo del suelo estudiados. Los resultados obtenidos corresponden a una experiencia realizada en la Comunidad Valenciana durante los tres últimos años.

1. Introducción

La región citrícola de Valencia, debido a que las parcelas suelen ser de pequeño tamaño, presenta unas condiciones muy particulares para las operaciones mecanizadas y en especial, para los sistemas de manejo del suelo. En este sentido, se utilizan un gran número de formas de cultivo y combinaciones de aperos según los criterios de cada agricultor o las costumbres de cada zona.

La presente comunicación resume un trabajo desarrollado durante los tres últimos años en diversas zonas de la región de Valencia y que trata, por un lado, de determinar los consumos de energía, rendimientos y costes de cada una de las operaciones de cultivo y por otro, de conocer de una manera sistemática el efecto de estos aperos y sistemas de cultivo y no-cultivo sobre algunas propiedades físicas del suelo (densidad aparente, compactación, porosidad, capacidad de campo, infiltración y evolu-

ción de frutos en la primera y segunda inflorescencia. No se observaron diferencias significativas en cuanto a la precocidad, pues tanto las plantas de suelo caliente como las testigo entraron en producción al principio de Mayo. Es de destacar en esta producción temprana, considerada hasta el 15 de Junio, que el peso medio de los tomates en suelo caliente era de 187 gr frente a los 137 del suelo sin calentar, y que la producción precoz fue de 3,08 kg/planta en suelo caliente y de 1,83 Kg/planta en el testigo.

Las plantas sobre suelo caliente toman un desarrollo más rápido las 5-6 semanas iniciales y después se mantienen en el curso del período vegetativo. Este desarrollo es, no solo, en altura sino también en diámetro del tronco y en peso de materia fresca. Como consecuencia de este desarrollo superior, la curva de recolección acumulada es muy superior sobre suelo caliente (fig. 4), teniendo 5,65 kg/planta frente a los 3,67 kg/planta del cultivo testigo. Asimismo se ha obtenido un mayor peso medio de los tomates en suelo caliente (180 gr) frente a 152 gr para el suelo testigo.

La influencia final de la calefacción del suelo puede cifrarse en este caso en un aumento del 30% en producción, un aumento del peso medio de los frutos superior al 16% y un aumento del peso fresco de la planta en materia seca del 20%.

5. Conclusiones

Como resultado de estos primeros ensayos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

El funcionamiento de la Central es bastante irregular, pudiendo tener paradas completas durante varios días. Para una explotación se debería incorporar un sistema auxiliar de aporte de energía. El funcionamiento de este sistema auxiliar sería pequeño, pero importante para salvar un cultivo de las heladas que pudieran llegar a cualquier momento.

Debido a la proximidad de la capa freática, hay una pérdida de calor en las capas profundas del suelo, lo que hace necesario instalar una red de tubos enterrados y otra superficial que aporte calor a la atmósfera.

Según los resultados obtenidos para los cultivos hortícolas ensayados, no parece aconsejable la instalación de estos sistemas de calefacción del suelo al aire libre, pues la precocidad y la producción que se obtienen no compensan económicamente los gastos de instalación y el mantenimiento.

En cultivo de tomates en primavera con tunel caliente se ha obtenido un aumento del 20% en tamaño y peso y de un 30-35% en producción.

Con el aumento de la energía aportada a la superficie y con tuneles con doble pared se pueden obtener cultivos de invierno con un coste diario de energía de 74 MJ para un tunel de 150 m². Esta energía es la utilizada únicamente para circulación de agua y representa un aporte efectivo de calor al suelo y al ambiente de unos 100 W/m².

ma de riego es a manta.

En este último año y con el fin de completar los resultados, se ha ampliado el estudio a otra parcela de suelo franco-arcilloso en el término de Carlet (comarca sur de Valencia), que presentaba una gran compactación y problemas de infiltración. Asimismo, se han controlado algunas parcelas de la comarca de Alcira con distintos sistemas de manejo del suelo.

Como sistemas de manejo del suelo, se han elegido seis de las muchas combinaciones que se emplean en la región de Valencia. Así los tratamientos empleados son:

- T1 (NC) : No cultivo con suelo desnudo todo el año.
- T2 (NCH): Laboreo mínimo; con uno o dos pases de cavadora en primavera y el resto del año aplicaciones de herbicidas no residuales.
- T3 (NCC): No cultivo con cubierta vegetal en invierno.
- T4 (F) : Cultivo durante todo el período con labores de fresadora.
- T5 (C) : Cultivo durante todo el período con labores de cavadora.
- T6 (CT) : Cultivo tradicional; uno o dos pases de cavadora y posteriormente durante el verano pases de fresadora y cultivador.

Estos tratamientos se han distribuido al azar en la parcela, ocupando cada uno una superficie de unos 1500 m², con tres filas de árboles por tratamiento. Los parámetros medidos en cada tratamiento han sido: Consumo de combustible, eficiencia energética del tractor-apero, infiltración y cantidad de agua, densidad del suelo y resistencia a la penetración. Además se ha controlado el coste y la mano de obra necesaria para cada tratamiento y la producción y calidad de la fruta.

2.1. Consumo energético

El tractor con el que se realizaron las pruebas fue un MASSEY-FERGUSON 147, de 36 KW de potencia efectiva a 2.250 r.p.m.

Para la determinación del consumo horario, se instaló en el tractor un caudalímetro PLV modelo 106 de la casa PIERBURG LUFTFAHRTGARATE UNION.

Los aperos controlados desde el punto de vista del consumo energético han sido: subsolador, cultivador, fresadora, cavadora, pulverizador y abonadora suspendida.

La metodología utilizada para todas las determinaciones de este apartado, se encuentra en una publicación anterior (GRACIA et al., 1985).

2.2. Propiedades físicas del suelo

Densidad aparente: Para la determinación de la densidad, se emplearon cilindros metálicos de 6'0 cm. de diámetro y 7'0 cm. de altura, tomando muestras inalteradas de suelo a 5, 15, 25 cm. de profundidad y realizando 4 repeticiones por tratamiento.

Infiltración: La infiltración se ha determinado mediante infiltróme-

tros de cilindros concéntricos, determinando la altura de agua infiltrada en el cilindro interior de 9 cm. de diámetro y ajustando una curva de tipo $I = at^b$ (donde I = infiltración acumulada; t = tiempo; a, b = constantes).

Las determinaciones de estas propiedades físicas del suelo están descritas en una publicación anterior (JUSTE et al., 1985).

2.3. Producción y calidad de la fruta

Para estas determinaciones, se eligieron los árboles en mejor estado de desarrollo en cada uno de los tratamientos, para evitar que diferencias en ese aspecto falsearan los resultados.

Para las pruebas de calidad de fruta, se diseñó la experiencia a base de hacer tres repeticiones de tres árboles cada una y tomar de todas las partes del árbol y totalmente al azar, 50 frutos por repetición.

Los muestreos se efectuaron simultáneamente en todos los tratamientos y tuvieron lugar cada año en aproximadamente las mismas fechas (diciembre-enero). Estas pruebas de calidad se centraron en análisis químicos del zumo (acidez, sólidos solubles e índice de madurez) y en determinaciones de propiedades físicas del fruto (peso, diámetro, altura, relación D/H, densidad, espesor de la corteza e índice de color).

La producción de cada tratamiento se halló a partir de datos tomados en los mismos árboles elegidos para las pruebas de calidad de fruto, recogiendo esta vez todos sus frutos.

3. Resultados y discusión

3.1. Consumo energético

Comparando las potencias netas de los diversos aperos, se deduce la elevada potencia consumida por la fresadora (7'5 Kw) frente a un apero similar como es la cavadora (2'7-2'9 Kw). El cultivador requiere un consumo de potencia alto en comparación con lo que representará la energía consumida. Esta elevada potencia se debe principalmente a que su velocidad de trabajo es más elevada (4'6 Km/h frente a 1'6 Km/h para los aperos rotativos). El subsolador presenta unas pérdidas importantes entre la potencia total al servicio y la potencia neta. Estas pérdidas son debidas fundamentalmente al elevado coeficiente de resbalamiento (0'12-0'24) con el que se trabaja. La compactación del suelo y la presencia de numerosas raíces en la zona central de la calle obligaba a subsolados poco profundos (25 cm.) y a paros continuos y levantamientos del apero. Para esta primera labor, sería necesaria la utilización de tractores con mayor capacidad de tracción o realizar pases sucesivos aumentando progresivamente la profundidad de subsolado.

Se ha medido directamente para cada apero la capacidad teórica de trabajo (ha/h), la energía neta requerida por el apero (MJ/ha) y el combustible neto empleado (l/ha). Estos valores no incluyen las pérdidas debidas a virajes, regulaciones y maniobras. De estos valores teóricos, des-

taca la menor capacidad de los aperos accionados y especialmente la del pulverizador, con 0'25 ha/h. De la misma forma que sucedía con los valores de potencia neta, la energía consumida por la fresadora (64'26 MJ/ha) es muy superior a la energía requerida por la cavadora (24'8 MJ/ha).

En cuanto a la energía total necesaria para un tipo de cultivo tradicional medio, tienen pequeña incidencia las labores de subsolado y abonado, mientras que el consumo de energía que supone la fresadora es elevado y superior a la suma de todas las demás operaciones de laboreo. Algo similar sucede con los tratamientos fitosanitarios, cuyo consumo es tan importante que representa el 46% de la energía total consumida en las operaciones de cultivo y casi el 75% de las necesidades de mano de obra.

3.2. Propiedades físicas del suelo

3.2.1. Densidad aparente

En la evolución de las densidades aparentes del suelo a lo largo del trabajo, se aprecian diferencias significativas entre los valores tomados a 5 cm. de profundidad (fig. 1). Las últimas densidades aparentes obtenidas (1'66-1'72 g/cm³) indican que ha existido una compactación a lo largo de los dos años, pues inicialmente los valores en la misma época eran de (1'44-1'50 g/cm³).

En los tratamientos de no cultivo (T1 y T3), la densidad en superficie aumenta rápidamente el primer año y se mantiene posteriormente constante con valores muy elevados. En los de laboreo, este aumento es gradual, dependiendo del período del año y del tiempo transcurrido desde la última labor. No se han observado grandes diferencias entre estos tratamientos (T4, T5, T6), por lo que sus valores se agrupan según un valor medio (TX). La justificación de este aumento progresivo en los tratamientos de laboreo debe estar en las condiciones iniciales del suelo: previamente al inicio de la experiencia, se había realizado una labor cruzada con cavadora y se había aportado tierra desde los laterales de cada calle a su parte central, para nivelarlas y facilitar el riego, con lo que se creó una gran capa superficial muy esponjada. Al realizarse siempre labores muy superficiales (8-10 cm) y darse los pases de las diferentes máquinas con un tractor de 45 Kw y 1.500 Kg, se ha producido la recompactación de dicha capa superficial.

En los diferentes sistemas de manejo del suelo empleados, las densidades aparentes a partir de 15 cm. de profundidad no se han visto afectadas y mantienen valores muy elevados.

3.2.2. Resistencia a la penetración

Para evaluar el nivel de compactación, también se han empleado las curvas obtenidas con el penetrógrafo, de las que se ha deducido el índice de cono (IC). En los tratamientos de laboreo, no se observó con este método diferencias apreciables entre ellos, por lo que análogamente a lo realizado con los valores de la densidad aparente, se agrupan estas condiciones en un único tratamiento (TX). Al comienzo de la campaña, se aprecia como los tratamientos de no cultivo presentan una mejor compacta

ción superficial (0'6 M Pa entre 5 y 10 cm.) frente los 0'2 M Pa de los de laboreo. Estas diferencias se incrementan con el transcurso del verano, llegando a ser en el no-cultivo de 0'7-1 M Pa en su capa superficial, mientras que se mantiene el IC en los de laboreo.

3.2.3. Infiltración

Para todos los tratamientos de laboreo, la infiltración ha sido en el segundo año inferior a la obtenida en el primero, mientras que por el contrario en los tratamientos de no cultivo, ha sido ligeramente superior (fig. 2). Esto puede ser debido a un manejo más cuidadoso de las técnicas de riego diseñadas para este caso, consistente en la utilización de caballones transversales para frenar la lámina de agua. Otra razón podría estar en una posible mejora de la estructura del suelo, debido a los dos años transcurridos desde que se comenzaron las experiencias.

En el estudio de la infiltración para los distintos aperos, se ha observado como la fresadora presenta un valor de infiltración menor en todos los casos y épocas de ensayo. Este mismo efecto se ve reflejado también en la velocidad de avance de la lámina de agua tanto en el primer tercio de la calle como en el segundo, puntos estos donde se hacía esta medición. Así, en el primer tercio se ha obtenido un valor medio de la velocidad de avance de 7'55 m/min para la fresadora y 5'54 m/min para la escavadora. Como consecuencia de ello, la cavadora consigue un 10% más de acumulación de agua de riego, lo que sucede también con el sistema de laboreo mínimo (cavadora-herbicida).

En las parcelas de Carlet, al darse a mitad de noviembre elevadas temperaturas y vientos secos de poniente, se apreció como en aquellos que se llevaban con sistema de laboreo se produjo una importante defoliación y una caída del 20-25% de la fruta, mientras que en las que se empleó el laboreo mínimo, estos fenómenos fueron despreciables. Esto solo puede explicarse porque en estos últimos los árboles disponían de mayor cantidad de agua en el suelo ya que todas las demás condiciones de cultivo eran iguales.

3.2.4. Humedad del suelo

A lo largo del proyecto se ha determinado la humedad del suelo antes y después de regar con el fin de ver la variación de la humedad y la influencia de los distintos sistemas de manejo del suelo en el contenido de agua. En las experiencias realizadas en 1984 se observó como las operaciones de laboreo rompían la tendencia de evaporación del suelo y mantenían el suelo en profundidad (25 cm.) con mayor humedad que los tratamientos de no-cultivo. Estos mismos efectos se han observado en este último año. En los períodos entre dos riegos consecutivos sin labores la evolución de la humedad es muy similar, por el contrario cuando entre dos riegos se da una labor superficial ésta rompe la capilaridad y la humedad del suelo a 25 cm. se mantiene 2-4 unidades mayor que en el no-cultivo.

3.3. Producción y calidad de fruto

Las diferentes producciones obtenidas se indican en la figura nº 3.

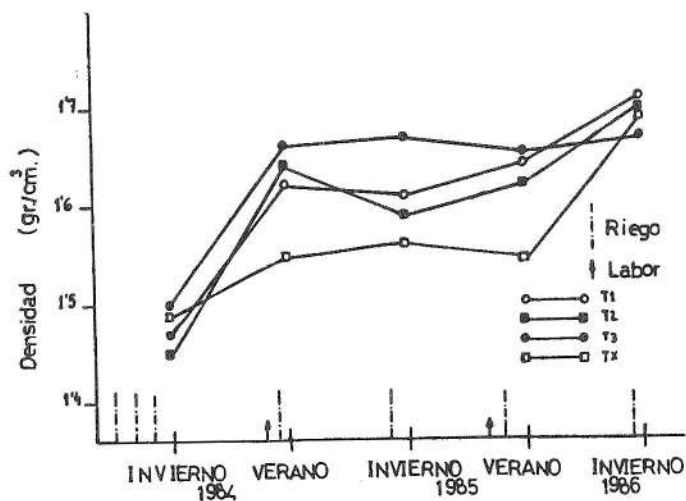


Fig. nº 1. Variación de la densidad aparente según tratamientos y época del año.

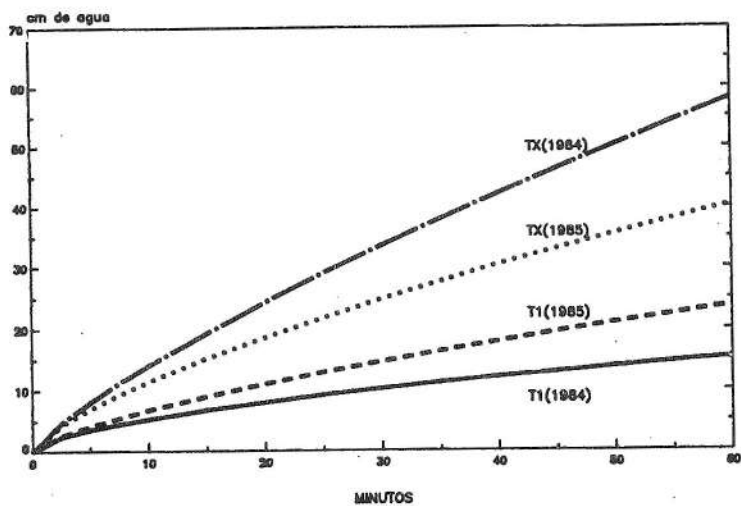


Fig. nº 2. Infiltración acumulada de agua en laboreo y no-cultivo en 1984 y 1985.

Cuadro n° 1.- Efecto de los distintos tratamientos sobre las características físicas de la naranja W. Navel (los valores, son medias anuales de tres repeticiones).

Característica	Diámetro (mm)			Peso (gr)			Espesor corteza (mm)			Densidad		
Año	1983	1984	1985	1983	1984	1985	1983	1984	1985	1983	1984	1985
Tratamiento												
T1 (NC)	76'5	74'7	74'7 a	211'9	189'1	205'7 a	6'24	5'78	5'02 a	0'84	0'83	0'88 a
T2 (CH)	78'1	74'8	71'1 b	227'9	190'0	180'2 c	7'76	5'89	4'57 a	0'86	0'85	0'86 a
T3 (NCC)	76'7	71'9	73'1 ab	213'3	169'0	193'2 ab	7'69	5'83	4'36 a	0'84	0'84	0'91 a
T4 (F)	78'9	71'0	73'1 ab	229'0	160'8	186'4 bc	6'87	5'55	4'62 a	0'87	0'84	1'07 a
T5 (C)	76'1	69'9	74'5 a	210'5	153'9	198'5 ab	7'52	6'07	5'09 a	0'85	0'83	0'88 a
T6 (CT)	75'5	70'6	67'3 c	213'3	160'7	172'8 c	6'59	5'85	4'60 a	0'88	0'85	0'94 a

(a) los números con la misma letra indican que no existen diferencias significativas entre ellos al 95% de significación según el test de rango múltiple de Duncan.

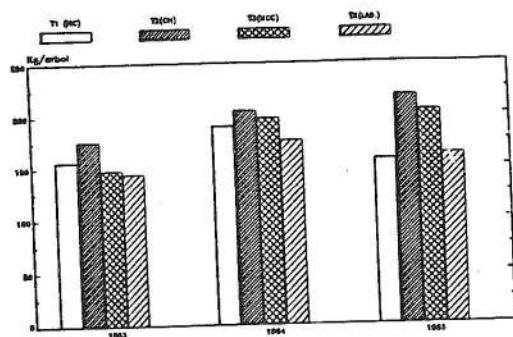


Fig. n° 3.-Producciones medias anuales en Kg/árbol (TX = media de los tratamientos de laboreo).

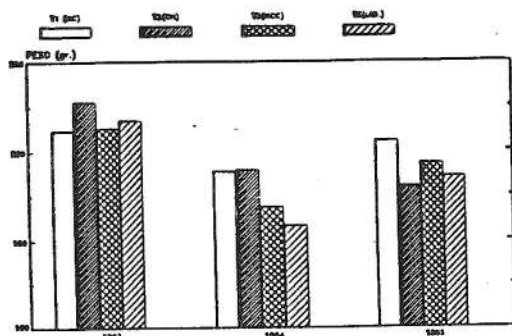


Fig. n° 4.- Efecto de los distintos tratamientos sobre peso del fruto, cada año. (TX = media de tratamientos de laboreo).

En este histograma se han representado los resultados de los tratamientos de laboreo (T4, T5 y T6) como un único TX ya que no se han apreciado diferencias entre ellos. Las elevadas producciones (150-200 kg/árbol) se deben a que los árboles controlados tenían el mejor estado de desarrollo, como ya se indicó en la metodología. Como podía preverse al tratarse de un cultivo arbóreo, las diferencias no se han apreciado hasta que han transcurrido 3 años. En este último, se han recogido 218 kg/árbol en el tratamiento de laboreo mínimo (t2) y 205 kg/árbol en el de no-cultivo con cubierta vegetal (T3) mientras que en los demás, las producciones eran de 160-165 kg/árbol.

En el cuadro nº 1, se representa la influencia de los distintos tratamientos sobre las características físicas del fruto. Se puede apreciar como a partir del segundo año, el tratamiento de no-cultivo produce frutos de mayor tamaño y peso (fig. 4) mientras el tratamiento de laboreo mínimo es el único en que el que el tamaño ha decrecido a lo largo de la experiencia. Estos resultados eran esperables dado que los naranjos al presentar mayor cuajado (y por lo tanto mayor producción) suelen dar frutos menores y viceversa. Las diferencias de cuajado entre los tratamientos se explican por las distintas cantidades de agua disponibles en el suelo.

Respecto a las características del zumo, en 1985, se ha observado que los tratamientos que han dispuesto de más agua en el suelo (T2 y T5) son los que alcanzan mejores índices de madurez debido a una menor propagación de ácido cítrico en el zumo, mientras que los que han sufrido de mayor carencia de agua obtienen los peores (T1 y T4).

Los análisis respecto al índice de color, no muestran ninguna diferencia significativa entre los distintos tratamientos pero sí se aprecia una ligera tendencia a un adelanto en la entrada en color en los tratamientos de laboreo.

4. Conclusiones

- Dentro de las operaciones de laboreo, se ha podido comprobar como la energía neta consumida por la cavadora es claramente inferior a la consumida por la fresadora (24 MJ/ha frente a 64 MJ/ha), realizando ambas un trabajo de características similares.

- Los tratamientos fitosanitarios representan el 47% de la energía total consumida en las operaciones de cultivo y más del 75% de las necesidades de mano de obra.

- Entre los distintos sistemas de laboreo, la cavadora es el apero que presenta una mayor infiltración de agua en el suelo (65 cm/h) y una mayor cantidad de agua absorbida (10% más que la fresadora).

- El pase de los distintos aperos produce una disminución de la densidad aparente y un aumento de la infiltración, pero estos efectos permanecen únicamente hasta el primer riego y desaparecen prácticamente a partir del segundo.

- En los tratamientos de no-cultivo la infiltración se reduce a valores muy pequeños (10-15 cm/h), solucionándose este problema aumentando la permanencia de agua en el suelo, mediante caballones transversales.

- Se ha comprobado que las labores superficiales rompen la capilaridad del suelo y por lo tanto la humedad en profundidad se mantiene con valores 2-4 unidades superiores al no-cultivo.

- Los sistemas de no-cultivo con suelo desnudo en estos tipos de suelos francos y franco-arcillosos tienen el grave problema de la infiltración de agua que se manifiesta con una disminución del cuajado y producción del fruto.

Respecto a los sistemas de laboreo se han obtenido los mejores resultados con la cavadora por lo que sería aconsejable una reducción del empleo de otros aperos como la fresadora y en general una reducción del número de pases hasta llegar a un laboreo mínimo. Con este sistema (T2) se han obtenido las mayores producciones, aunque el tamaño de los frutos ha sido algo inferior al de los demás tratamientos.

References

- Awadhawal, N.K., Thierstein, G.E., 1985. Soil crust and its impact on crop establishment. *Soil and tillage Research* 5 p. 289-302.
- Cary, P., Evans, G., 1972. Long-Term effects of soil management treatments on soil physical conditions in a factorial citrus experiment. *J. Hort. Sci.* (47) p. 81-91.
- Cary, P., Weerts, P., 1977. Crop management factors affecting growth, yield and fruit composition of citrus. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. 1: 39-43.
- Economides, C.V., 1976. Effects of certain cultural practices of tree growth, yield and fruit quality of Valencia oranges in Cyprus. *Journal of Horticultural Science*. 51: 545-549.
- Gracia, C., Juste, F., Val, L., Palau, E., 1985. Consumo energético de las operaciones mecanizadas en el cultivo de los Agrios. *Anales INIA* 1985, en prensa.
- Hillel, D., Garner, W., 1970. Measurement of unsaturated conductivity by infiltration through an impeding layer. *Soil Sci.*, 109: 149-151.
- Jones, W.W., Cree, C.B., and Emberton, T.W., 1961. Some effects of Nitrogen sources and cultural practices on water intake by soil in a Washington Navel orange orchard and on fruit production, size and quality. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 77: 146-154.
- Juste, F., Gracia, C., Val, L., Valiente, R., 1985. Influencia de las labores de cultivo sobre las propiedades físicas del suelo en agrios. *17 CIMA* p. 213-222.
- Oliveira, H., Mounerat, C., Souza, D., 1976. Manejo do solo em pomar de Laranja pera. *Pesq. Agropec. bras. Ser. Agron.* 11: 43-48.
- Pomares, F., 1975. Efectos del no cultivo en las propiedades físicas y químicas del perfil en suelos cultivados en agrios. *An INIA. Sr. General* nº 3 p. 49-69.
- Rodriguez, O., Moreira, C., 1964. Estudio de nove practicas de cultivo do polo em pomar citrico. *Bolm. Inst. Pesq. Agropec. Cruz das Almas. Bahia*. 7 (3): 257-258.