ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCION VEGETAL

Asociación
Interprofesional
para el Desarrollo
Agrario
1995 – Vol. 91V N.º 3



I T E A

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

1995 - AÑO XXVI Vol. 91V N.º 3	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet, nave 13 50013 Zaragoza

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Pere Albertí Lasalle
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
SECRETARIOS: Serie Producción Vegetal: Eduardo Notivol Paíno
Serie Producción Animal: José Luis Alabart Álvarez
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
Clara Marín Alcalá
Juan A. Marín Velázquez
Luis Pérez Pérez
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Michel Villalta Martín
Carlos Zaragoza Larios

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Beatriz Amorena Zalbaza
2.º Rafael Socias i Company
SECRETARIO: José Álvarez Álvarez
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: José Folch Pera
Miguel Cambra Álvarez
Ricardo Revilla Delgado
Joaquín Gómez Aparisi
Gerardo Caja López
Antonio Felipe Mansergas
Emilio Manrique Persiva

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

ITEA no se solidariza necesariamente con las opiniones en los artículos firmados que publica, cuya responsabilidad corresponde a sus autores

Suscripciones y Distribución

Información Técnica Económica Agraria publica tres números en volumen. En 1995 se publicarán los volúmenes 91A y 91V correspondientes a las series

Producción Animal y Producción Vegetal.
El precio de la suscripción para 1995 será de 3.500 ptas. para una serie y de 5.000 para las dos series.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza

OPINIÓN

EL RECUERDO DEL PROFESOR MONTEAGUDO

Deseo reflejar la semblanza docente, aunque sea de forma sucinta, porque difícilmente podría expresar en pocas líneas, la dilatada actividad docente de D. Ildefonso Monteagudo Paz que acaba de dejarnos.

El profesor Monteagudo nació en 1931 en Málaga, aunque siendo muy niño, sus padres le trasladaron a Madrid donde residía. Terminó los estudios de Ingeniero Agrónomo en el año 1956, y, dos años después, fue nombrado Profesor Interino de Cálculo de Probabilidades y Estadística en la ETSIAM, de estancia efímera porque su vocación era la Genética.

Siendo muy joven, en 1960, es nombrado Profesor Adjunto Interino de Genética en la ETSIAM, plaza que obtiene ya por concurso oposición en 1969 y que ocupa hasta el año 1983. En todos estos años colabora activamente en el desarrollo de Tesis Doctorales.

El estudio fue la obsesión del Profesor Monteagudo, así lo avalan los títulos obtenidos. En 1966 acabó los estudios de Licenciado en Ciencias Biológicas y un año después obtiene el tercer título, Diplomado en Estadística Matemática por la Universidad Complutense de Madrid. Con este bagaje no le resultaría difícil ganar la plaza de Profesor Adjunto por Concurso Oposición de Genética en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Complutense de Madrid en el año 1968. Su vasta formación le permitía impartir las enseñanzas dentro del campo de la genética cuantitativa, una disciplina, a todas luces, de difícil impartición y no fácil comprensión.

En el año 1968 gana la Cátedra de Genética y Fitopatología de la EUITA de Madrid, donde imparte las enseñanzas de Genética y Mejora vegetal y Fitopatología. Desde la Cátedra, dirige cantidad ingente de trabajos Fin de Carrera, de forma especial, los relacionados con la mejora vegetal.

Durante todos estos años, la dedicación a la docencia fue compartida con la actividad investigadora llevada con gran rigor científico, casi siempre dentro del campo de la mejora vegetal. Quienes trabajamos a su lado sabemos de su cariño por los maíces, línea de investigación que desarrolló durante 39 años, en su mayor tiempo en el INIA y posteriormente en la EUITA de Madrid, siendo uno de los pioneros de la investigación en estas Escuelas.

Muchos Profesores y Catedráticos recordarán al Profesor Monteagudo como presidente o secretario de sus oposiciones. De todos llegan los ecos de gratitud por la comprensión, generosidad y estímulo de este Profesor, un ejemplo a seguir en el futuro, aunque muy difícil igualar.

La muerte del Profesor Monteagudo deja una profunda huella en la Comunidad Científica, mucho mayor entre sus amigos que somos muchos.

José Sinobas Alonso
Doctor Ingeniero Agrónomo

TERCER SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRICIÓN MINERAL DE FRUTALES DE HOJA CADUCA

Zaragoza - Campus de Aula Dei
26-31, mayo de 1996

Organizan:

- Consejo Superior de Invesetigaciones Científicas (CSIC): Delegación de Aragón y Estación Experimental de Aula Dei.
- Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos (CIHEAM).
- Servicio de Investigación Agraria (SIA) de la Diputación General de Aragón.

Lugar de celebración:

Campus de Aula Dei, Zaragoza, días 26-31 de mayo de 1996.

Sesiones de Trabajo:

La presentación de trabajos podrá ser oral o en póster.

1. Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la nutrición vegetal.
2. Factores genéticos, medioambientales y de cultivo que afectan al estado nutricional.
3. Análisis de suelo y planta y su interpretación.
4. Condiciones y manejo del suelo que afectan al estado nutricional del árbol.
5. Deficiencias y excesos minerales: diagnóstico y corrección.
6. Necesidades nutritivas y recomendaciones de abonado en relación con la calidad del producto y con la protección del medioambiente.

Las empresas relacionadas con el sector, tendrán la oportunidad de exponer y presentar sus productos.

Fechas límite:

31-01-96 Area temática para presentación, título del trabajo y abstract definitivos.
31-03-96 Inscripción y abono de cuotas.
12-05-96 Recepción de trabajos definitivos para publicar en *Acta Horticulturae.*

Los interesados en participar o asistir al Congreso pueden solicitar información a:
Secretaría del "Third International Symposium on Mineral Nutrtion of Deciduous Fruit Trees"
Apartado 202; 50080 Zaragoza
Tlfs: 976-576511; Fax: 976:575620 (Dr. Monge)
976-575194; Fax: 976-575828 (Sr. Gascón)
E-mail: JGASCON@MIZAR.CSIC.ES

ITEA (1995). Vol. 91V N.º 3, 149-156

ACLIMATACIÓN, CULTIVO EN VIVERO Y CALIDAD DE PLANTA DE CASTAÑO MICROPROPAGADO

M.E. Miranda Fontaíña
J. Fernández López

Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán. Xunta de Galicia. Apartado 127. 36080, Pontevedra (España).

RESUMEN

Se describen las condiciones e instalaciones necesarias para aclimatar plantas de castaño procedentes de cultivo *in vitro*. Así mismo se analiza el estado hídrico del material vegetal que se encuentra en diferentes etapas del proceso de micropropagación, observándose altos niveles de transpiración tanto en brotes crecidos *in vitro,* como el material en aclimatación.

Por otro lado, se estudia la calidad de la planta castaño producida por micropropación, comparándola con el material procedente de acodo bajo y de semilla.

Palabras clave: Micropropagación, *Castanea crenata y C. sativa,* Aclimatación, Calidad de planta, Relaciones Hídricas.

SUMMARY

ACCLIMATIZATION, CULTIVATION IN NURSERY AND PLANT QUALITY ON MICROPROPAGATED CHESTNUT PLANTS

In this paper the conditions and installations to acclimatize chestnut plants from tissue culture are described. Water relations of the vegetable material from different stages of micropropagation process are also analysed. High levels of transpiration both *in vitro* grown shoots and plants on acclimatization step are recorded.

Plant quality from micropropagation is studied and compared with plant from stooling and seedling.

Key words: Micropropagation, *Castanea crenata and C. sativa,* Acclimatization, Plant Quality, Water Relations.

Introducción

La micropropagación permite la rápida multiplicación clonal de híbridos interespecíficos de *Castanea crenata* y *C. sativa,* seleccionados para producción de madera o como portainjertos (MIRANDA y FERNÁNDEZ, 1993). El éxito de esta técnica, a escala comercial depende de que se consigan, además de unas tasas de multiplicación adecuadas, aclimatar el material con elevado porcentaje de supervivencia y que la calidad de la planta obtenida en vivero sea buena.

La aclimatación implica un acondicionamiento gradual de las plantas cultivadas *in vitro* a condiciones *in vivo*. Con el objeto de optimizar las condiciones de aclimatación y minimizar las pérdidas de plantas, se estudia el estado hídrico de las plantas durante la aclimatación y se compara con material vegetal de otras etapas del proceso de micropropagación. Así mismo, se describen las condiciones e instalaciones en las que se desarrolla la aclimatación.

Debido a la importancia que tiene la calidad de las plantas obtenidas, para la aplicación de la técnica a nivel comercial, se analiza la calidad de planta micropropagada, comparándola con la obtenida por acodo bajo (sistema de propagación comercial tradicionalmente utilizado) y semilla.

Materiales y métodos

Material vegetal: El material estudiado son clones de castaño híbridos entre *Castanea crenata* y *C. sativa* (URQUIJO, P. 1956; VIEITEZ, E. 1960), seleccionados para producción de madera o como portainjertos.

Multiplicación in vitro: El material utilizado en este estudio había sido establecido *in vitro*, a partir de brotes recientes de cepa. Este material fue subcultivado cada cuatro semanas, multiplicado, elongado y enraizado directamente en sustrato esterilizado (MIRANDA y FERNÁNDEZ, 1992, 1993) en una cámara de crecimiento con temperatura 25°C, 16 horas de fotoperíodo y luminosidad (radiación PAR) de 50 $\mu mol.m^{-2}.seg^{-1}$. Posteriormente las plantas fueron trasladadas a un invernadero para su aclimatación.

Aclimatación y Cultivo en Vivero: Las plantas son aclimatadas mediante una reducción progresiva de la humedad relativa (desde el 100 al 70%), en un túnel de polietileno transparente de 600gg, situado en un invernadero que posee condiciones ambientales controladas, durante todo el año. Los túneles de aclimatación tienen una longitud de 8 metros de largo, 1.2 metros de ancho y 60 cm de alto en su punto central, están provistos de un sistema fog-air que funciona a ocho atmósferas y está controlado con un humidostato, para conseguir la humedad deseada. La temperatura en el interior oscila entre 26° y 21°C y la luminosidad es próxima a 350 $\mu mol.m^{-2}.seg^{-1}$ al medio día solar. Este sistema permite mantener elevada la humedad alrededor de la planta evitando encharcamientos. El proceso de aclimatación dura de uno a dos meses.

Tras la aclimatación, las plantas son trasplantadas a recipientes individuales de 500 c.c. para el cultivo en invernadero o son establecidas en campo durante la primavera, para su cultivo a raíz desnuda, con un espaciamiento de 20x20 cm, en eras cubiertas con polietileno negro para el control de malas hierbas. Las plantas crecidas en recipiente se trasplantaron al año siguiente a suelo.

Medidas de estado hídrico: Se tomaron datos de la transpiración ($\mu g.cm^{-2}.s^{-1}$) y Resistencia Estomática a la Difusión ($s.cm^{-1}$) en material vegetal que se encontraba en diferentes etapas del proceso de micropropagación: (1) al final de la elongación (*in vitro*), (2) durante la aclimatación y (3) durante el cultivo en invernadero en recipiente de 500 cc. Con el fin de igualar las condiciones ambientales durante las mediciones, se colocaron los brotes (caso 1) y las plantas (casos 2 y 3) en un túnel con humedad relativa próxima al 75 %, temperatura 25°C y luminosidad (radiación PAR) media de 350 $\mu mol.m^{-2}.seg^{-1}$. Así mismo, se tomaron medidas de ambos parámetros en función de la variación de la humedad relativa

(entre 40 y 98 %). Las medidas fueron hechas en la última hoja expandida, entre las doce y trece hora solar (en 15 plantas y al menos dos repeticiones). Para la toma de datos se utilizó un porómetro (Steady State Porometer, Li-1600, Li-Cor. Inc. Nebraska, USA).

Calidad de Planta Micropropagada: Se determinó una vez finalizado el proceso de producción en vivero (al final del primer y del segundo año). Para ello se midieron los siguientes parámetros: (1) longitud de tallo (cm), (2) diámetro de cuello (cm) (3) tipo de ramificación (número de ramas, longitud, grosor), (4) materia seca de parte aérea y radical y (5) años que tarda en producir fruto, además se observaron otros caracteres subjetivos relacionados con la forma de crecimiento.

El *tratamiento estadístico* de los resultados se obtuvo mediante un análisis de varianza realizado con SAS (1987) por el método GLM y la comparación de medias fue hecha por el test Student-Newman-Keuls (SNK) para un nivel de significación de 0.05. Con los datos de variación de transpiración en función de la humedad relativa, se realizó un análisis de regresión lineal usando el procedimiento REG para cuantificar las relaciones entre estas variables.

Resultados y Discusión

Aclimatación: En las condiciones descritas se consigue al menos un 90% de supervivencia. El crecimiento inicial de las plántulas en el túnel es muy lento, pero después de cuatro semanas se alcanza un crecimiento vigoroso y un considerable aumento en la longitud de los entrenudos y del tamaño de las nuevas hojas desarrolladas.

Medidas de pérdida de agua transpiracional: Existen diferencias significativas en las tasas medias de transpiración para humedades relativas constantes y altas (70 a 80 %), dependiendo de la etapa en la que se encuentra el material vegetal (Tabla 1). Así los brotes desarrollados *in vitro* presentan niveles de transpiración mucho más elevadas (6.37 $\mu g.cm^{-2}.s^{-1}$) que las plantas acli-

TABLA 1
VALORES MEDIOS DE TRANSPIRACIÓ N Y RESISTENCIA ESTOMÁTICA A LA DIFUSIÓN, EN MATERIAL DE CASTAÑO EN TRES ETAPAS DE LA MICROPROPAGACIÓN. HR 70-80%, TEMPERATURA 25.4 °C. VALORES SEGUIDOS DE LA MISMA LETRA NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES A UN NIVEL DE PROBABILIDAD DE 5%.

	Transpiración ($\mu g.\ cm^{-2}\ s^{-1}$)	Resistencia Estomática ($s.cm^{-1}$)
I. *In Vitro*	6.37 a	0.63 b
II. Aclimatación	3.94 b	1.48 b
III. Invernadero	1.05 c	7.18 a

matadas (3.93μg.cm^{-2}.s^{-1}) o creciendo en el invernadero (1.04 μg.cm^{-2}.s^{-1}).

En la Tabla 2 se vuelve a observar los altos valores de transpiración, en material *in vitro,* sobre todo para humedades ambientales próximas al 40%. Esto indica la importancia de situar el material crecido in vitro en condiciones de humedad similar a las que existe en el recipiente de cultivo, donde la atmósfera saturada de humedad supone un pequeño gradiente entre el espacio intercelular de las hojas y el ambiente, causando baja transpiración (valores superiores al 90%). Sin embargo, cuando las plantas micropropagadas son transferidas a condiciones con valores bajos de humedad ambiental, se origina un gradiente de humedad elevado que induce la pérdida de agua excesiva y descontrolada causando rápida deshidratación (BLANKE and BELCHER, 1989). Así mismo, se ha encontrado una relación (coeficiente de determinación) inversa significativa, para brotes crecidos *in vitro* ($R^2 = 0.87$) entre la humedad relativa y la transpiración, mientras que para los otros dos tipos de material no es significativa (planta aclimatada $R^2 = 0.18$; planta en invernadero $R^2 = 0.45$).

Resistencia Estomática a la Difusión de vapor de agua: En la tabla 1 se observa que, para una humedad relativa entre 70-80%, los brotes crecidos *in vitro* presentan valores medios más bajos (0.66 s.cm^{-1}) que las plantas aclimatadas (2.71 s.cm^{-1}) y ambos significativamente más bajos que en plantas de invernadero (7.18 s.cm-1). Los valores de resistencia de las hojas varía en función de la humedad relativa ambiental (Tabla 2), pero el grado de dependencia es diferente dentro de cada grupo de material vegetal, siendo muy elevado en material desarrollado en invernadero.

Los valores de la resistencia estomática y de la transpiración son indicativos del grado de apertura de los estomas y del funcionamiento de los mismos. Los datos vistos anteriormente indica que los estomas de plantas de castaño crecidas *in vitro* no funcionan correctamente, provocando tasas de transpiración excesivas, dato ya señalado para otras especies por BRAINERD and

TABLA 2:
VALORES EXTREMOS DE TRANSPIRACIÓN Y RESISTENCIA ESTOMÁTICA A LA DIFUSIÓN PARA HUMEDADES RELATIVAS COMPRENDIDAS ENTRE EL 42.4 Y 98.8 %, TEMPERATURA 25.4 °C, EN LOS TRES GRUPOS DIFERENCIADOS DE CASTAÑOS MICROPROPAGADOS

	Transpiración (μg.cm^{-2}.s^{-1})			Resistencia Estomática (s-cm^{-1})			Humedad Relativa (%)	
	Medio	Max.	Min.	Medio	Max.	Min.	Min.	Max
I. *In Vitro*	7.08	12.88	1.83	0.60	0.99	0.06	42.4	98.8
II. Aclimatación	3.82	7.78	1.10	1.84	5.66	0.65	48.0	89.6
III. Invernadero	1.29	2.47	0.48	6.40	11.2	2.07	42.8	86.8

FUCHIGAMI (1982) y SUTTER and LANGHANS (1982).

La supervivencia de plantas que son transferidas de la cámara de cultivo, depende por un lado de la adaptación progresiva de las hojas presentes en este momento, así como del rápido crecimiento de las nuevas hojas que ya están adaptadas a las condiciones del invernadero SUTTER and LANGHANS 1982). Por ello, la transferencia de plantas de castaño, desde la cámara de cultivo al invernadero, debe realizarse cuatro semanas después de haber comenzado el enraizamiento. En este momento, ya existe crecimiento activo en el 90 % de los brotes enraizados y así las nuevas hojas se desarrollarán en condiciones ambientales más adecuadas.

Calidad de Planta: Las plantas procedentes de micropropagación presentan durante el primer año menor tamaño que la obtenidas por acodo (que poseen 1,5 m.), debido al pequeño tamaño inicial, sin embargo, su crecimiento posterior es muy rápido. El material micropropagado posee respectivamente, a los 2,5 y a los 6 meses, una altura media de 6,93 y 23,95 cm. y un diámetro en el cuello de la raíz 0,20 y 0,85 cm. En la tabla 4 se pueden observar los crecimientos en plantas micropropagadas de 1, 2 y 3 años. Después de uno o dos años de crecimiento en vivero, presentan tamaño suficiente para ser usadas en plantaciones forestales.

Del análisis de los datos de materia seca se deduce que las plantas micropropagadas son mucho más equilibradas que las procedentes de acodo bajo, pues el sistema radical supone el 53,31% y 45,68% de la materia seca total en planta de uno y dos años respectivamente, frente al 7.08% en plantas de acodo de un año MIRANDA Y FERNÁNDEZ, 1993). Además las plantas de cultivo *in vitro* poseen un sistema radical bien formado, con un número medio de raíces primarias superior a 12, caracterizándose por ser gruesas, muy largas y ramificadas. Estas características son responsables del éxito de la planta micropropagada durante el trasplante y la supervivencia en campo (superior al 90 %).

En cuanto a la forma de crecimiento, las plantas procedentes de cultivo *in vitro* mantienen una dominancia apical muy marcada. La propagación por acodo ocasiona problemas de plagiotropismo que a veces se subsanan con la edad. En la plantas de castaño micropropagadas, esta forma de crecimiento aparece raramente durante el primer año de desarrollo y desaparece casi completamente durante el segundo período vegetativo, resultados similares con planta micropropagada han sido encontrados por RITCHIE y LONG (1986) trabajando con *Pseudotsuga menziesii.*

La forma de ramificación, en plantas micropropagadas crecidas a raíz desnuda, está caracterizan por producir durante el primer y segundo año ramas laterales más grandes y en mayor número que en las plantas procedentes de acodo bajo. En las plantas de acodo apenas se desarrollan ramas laterales durante el primer año. En las plantas crecidas en envase el número de ramas es menor y, durante el siguiente año de crecimiento en suelo, las ramas son más cortas y delgadas que las desarrolladas desde el principio a raíz desnuda. Mayor similitud en el sistema de ramificación se encuentra cuando se comparan plantas procedente de cultivo *in vitro* y de semilla (Tabla 3), observándose un número medio de ramas muy similar, aunque la forma de ramificación difiere, debido a que en planta micropropagada las ramas son más largas, con ramificación secundaria y se desarrollan sobre todo en la base, mientras que en planta de semilla son más cortas y abundantes hacia

TABLA 3
ABUNDANCIA DE RAMAS Y LONGITUDES Y DIÁMETROS DE LAS MISMAS, EN CASTAÑOS MICROPROPAGADOS Y PROCEDENTES DE SEMILLA, TRAS DOS AÑOS DE CRECIMIENTO EN VIVERO. DATOS MEDIOS DE DOS CLONES

	N° Medio de ramas	Longitud media (cm)	Diámetro medio (cm)
Micropropagada 2°año	10.02 ± 3.49	31,74 ± 20,05	0,43 ± 0,21
Semilla 2° año	15.38 ± 5,80	23,51 ± 57,74	0,44± 0,14

TABLA 4
VALORES (V) DE CRECIMIENTO DE PLANTA MICROPROPAGADA AL FINAL DEL PRIMER Y SEGUNDO AÑO EN VIVERO. LOS DATOS AQUÍ PRESENTES SON MEDIAS DE 15 CLONES EN LOS DOS PRIMEROS CASOS Y DE 5 CLONES EN LOS DOS SIGUIENTES. R.D.: RAÍZ DESNUDA, REC.: RECIPIENTE (500 CC).

	Altura (cm)			Diámetro (cm)		
	V. Medio	V.Mínimo	V.Máximo	V.Medio	V.Mínimo	V.Máximo
Rec. 1 año	59,80	39,01	86,56	0,70	0,50	0,96
R.D. 1 año	65,89	26,76	105,29	1,30	0,68	1,97
R.D. 2 años	155,78	86,00	240,00	2,49	1,08	4,1
R.D. 3 años	236,67	110,00	350,00	3,60	1,44	6,35

el ápice. La tendencia del material micropropagado a producir elevado número de ramas laterales ha sido encontrada en rododendron ETTINGER y PREECE, 1985) y en grosella (WAINWRIGHT and FLEGMANN 1985).

La precocidad en la floración y la fructificación varía entre clones, en algunos ocurre durante el segundo año en de crecimiento en campo, mientras que en otros clones se retrasa al tercer y cuarto año.

Conclusiones

Para lograr buenos resultados en la micropropagación de castaño, a nivel comercial, es imprescindible conseguir un alto porcentaje de supervivencia durante la aclimatación. Los resultados sobre el comportamiento hídrico, en material procedente de la cámara de cultivo, indican un anormal funcionamiento de los estomas, lo que pro-



Figura 1: Aspecto general del invernadero de aclimatación de castaños micropropagados.

voca tasas de transpiración excesivas. De ahí la importancia de realizar la transferencia, desde laboratorio al invernadero, en el momento adecuado y de contar con buenas instalaciones de aclimatación, que regulen las condiciones ambientales que favorezcan el crecimiento rápido del nuevo material.

La planta de castaño procedente de cultivo *in vitro* presenta altos porcentajes de supervivencia durante en trasplante y crecimiento en campo. Estos altos porcentajes de supervivencia son debidos a su buena calidad y a que son muy equilibradas, como se deduce de los resultados de materia seca. Debido a su pequeño tamaño inicial es necesario mantenerlas durante uno o dos años en vivero, antes de ser utilizadas en plantaciones y deben ser sometidas a poda, debido al elevado número de ramas laterales que presentan.

Bibliografía

BRAINERD, K.E. and FUCHIGAMI, L.H., 1982. Stomatal functioning of in vitro and greenhouse apple leaves in darkness, mannitol, ABA and CO_2. *J. Exp Bot.* 33:388-392.

BLANKE, M.M. and BELCHER, A.R. 1989. Stomata of apple leaves cultured *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture,* 19 (1): 85-89.

ETINGER, T.L. and PREECE, J.E., 1985. Aseptic micropropagation of Rhododendron P.J.M. hybrids. *J. Hortic. Sci.* 60: 269-274.

MIRANDA, E. and FERNÁNDEZ, J., 1992. The micropropagation of Chestnut tree: in vivo establishment and post-propagation growth. In: *Mass Production Technology for Genetically improved-fast Growing Forest Tree Species* I: 421-426. AFOCEL-IUFRO. Bordeaux, France.

MIRANDA, M.E.; FERNÁNDEZ, J., 1993. Micropropagación, Cultivo en vivero y calidad de planta de clones híbridos de *Castanea sativa* y *Castanea*

crenata. I Congreso Forestal Español. Pontevedra, Junio de 1993. pp. 343-348.

RICHIE, G.A. and LONG, A.J., 1986. Field performance of micropropagated Douglas Fir. *New Zeland Journal of Forestry Science* 16 (3): 343-356.

SAS (1987). SAS/STAT guide for personal computers, SAS Institute Inc., Cary, N.C.

SUTTER, E. and LANGHANS, R.W., 1982. Formation of epicuticular wax and its effect on water loss in cabbage regenerated from shoot-tip culture. *Canadian Journal of Botany*, 60: 2896-2902.

URQUIJO, P., 1957. La regeneración de castaño, Bol. Pat. Veg. Ent. Agr. XXII, 217-232.

VIEITEZ, E., 1960. Obtención de castaños resistentes a la enfermedad de la tinta. Centro Regional de Enseñanzas y experiencias Forestales de Lourizán, Pontevedra.

WAINWRINGHT, H. and FLEGMANN, A.W., 1985. The micropropagation of gooseberry (Rives uvacrispa L.): II. In vitro proliferation and in vivo establishment. *J. Hortic. Sci.* 60 (4): 481-491.

(Aceptado para publicación el 11 de mayo de 1995)

ITEA (1995). Vol. 91V N.º 3, 157-163

ROTACIÓN VS: MONOCULTIVO. EL CAMINO HACIA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN CUBA

A. Leyva*
J. Pohlan** *

* Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
San José de las Lajas, Gaveta Postal 1
La Habana, Cuba, Coordinador Cubano de proyectos sobre Agricultura Sostenible en Cuba
** Universidad de Leipzg
Departamento de la Agricultura Tropical,
Fichtestr. 28, D 04275 Leipzig, RFA
Coordinador Alemán de proyectos sobre Agricultura Sostenible en Cuba

RESUMEN

En los últimos dos años, la Agricultura Sostenible ha logrado ocupar un lugar importante en los diferentes sistemas de la agricultura cubana. A nivel científico, pero especialmente a nivel de campesino, se esta produciendo un retorno a los principios de rotación de cultivo y policultivo, como una solución a los problemas agronómicos y ecológicos provocados por los sistemas de monocultivo intensivo, todo ello enmarcado en las especiales circunstancias económicas de Cuba. En el presente artículo se presentan ejemplos y resultados de este tipo de trabajos.

Palabras clave: Rotación de cultivo, Agricultura Sostenible, Saccharaum spp., Oryza sativa, Solanum tuberosum.

SUMMARY
ROTATION VS MONOCULTURE. ONE WAY FOR THE SUSTAINABLE AGRICULTURE IN CUBA

The sustainable agriculture has been occupying for the last two years a important role in the different agriculturals ystems of Cuba. Especially the small farmers but also the scientists are coming back to the indicated principles of crop rotation and multicropping against the dangerous intensive monoculture. Examples and results of this kind of experiments are presented.

Key words: Crop rotation, Sustainable agriculture, Saccharum spp., Oryza sativa, Solanum tuberosum.

Introducción

Cuba, con una superficie agrícola total de 6.772 millones de hectáreas, ha sustentado sus producciones principales sobre la base de sistemas de monocultivo (Tabla 1). Por el contrario las hortalizas, raíces, tubérculos y frijoles, han basado sus producciones en sis-

temas mas rentables económicamente, mediante siembras regulares de cultivos principales y secundarios en sus fechas óptimas.

La recientemente desaparecida estructura de una gran parte de las grandes Empresas estatales de Cultivos Varios (ECV), hoy convertidas en Unidades Básicas de Producción Cooperativizada (UBPC) donde los agricultores trabajan como quinteros arrendando tierras al estado sin pago monetario pero con contribuciones en especie, imposibilitaba en la práctica el máximo aprovechamiento de las potencialidades de los suelos en el tiempo. Este hecho se manifestaba en un bajo coeficiente de rotación, particularmente en cultivos de alta especialización como el arroz (Oryza sativa L.), que no aprovechaba los posibles beneficios de la rotación, largamente conocidos y, en el caso del arroz, demostrados por DÍAZ y FLORES (1992) en un experimento de rotación de cultivos (Tabla 2).

Las Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) presentan mejores condiciones profesionales para la introducción de diferentes sistemas de rotación de cultivo y del policultivo, y ha sido en ellas donde se han realizado la mayor parte de los avances en estas nuevas técnicas. Como ejemplo de este tipo de cooperativas se puede citar la CPA "Gilberto León" en el Sur de la provincia de la Habana (MESA et al., 1995).

Estos cambios técnicos - estructurales, unidos a la falta de recursos financieros van acercando la política agraria del país hacia una agricultura de bajos insumos. En este contexto la actual corriente mundial de producir alimentos bajo los principios de una Agricultura Sostenible, es abrazada en Cuba tanto por los dirigentes como por los productores estatales y privados, quienes acuden a variantes actuales de sustitución de insumos externos y a técnicas conservativas desarrolladas a la largo de la civilización humana y que fueron virtualmente olvida-

TABLA 1
SUPERFICIE DE CULTIVO DEDICADA AL MONOCULTIVO
TABLE 1
AREA CULTIVATED IN MONOCULTURE

Cultivos	Superficie (hectarreas)
Caña de azúcar	1.700.000
Plátano fruta	100.000
Cítricos	149.000
Café	130.000
Tabaco	45.000
Arroz	170.000
Total en monocultivo	2.294.000
Pastos naturales y sembrados	2.979.680
Superficie agrícola total	6.772.000

TABLA 2
EFECTO DEL SISTEMA DE ROTACION SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ARROZ
TABLE 2
*CROP ROTACION EFFECTS ON THE YIELD OF RICE (kg * ha~l)*

Sistemas de rotación	1979	1980	1981	1982
Arroz monocultivo	6.160	6.390	5.770	4.870
Soja (grano) - arroz	5.960	6.540	6.270	6.120
Soja (abono verde) - arroz	6.080	6.490	6.420	6.300
Kenaf (fibra) - arroz	6.020	6.490	6.310	6.190
Kenaf (abono verde) - arroz	5.980	6.500	6.440	6.400
Arroz - barbecho - arroz	5.970	6.460	5.900	5.590
Abono verde - barbecho - arroz	6.050	6.450	6.050	5.680

das por el empuje de la llamada "Agricultura Moderna".

El movimiento a favor de la Agricultura Sostenible se multiplica en Cuba y se ha fundado la Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO). En particular, el Instituto Nacional de Ciencias Agricolas (INCA), perteneciente al Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH) ha marcado pautas, investigando en la práctica la aplicación de estos conceptos y comparado sus resultados con las técnicas desarrollistas de elevada utilización de insumos.

Los autores de este trabajo, quieren someter a discusión, algunos de los resultados que ya se han obtenido en la aplicación de éstas técnicas en la producción de cultivos anuales. Los monocultivos traditionales de Cuba, como la caña de azúcar (Saccharum spp.) y el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), que se han cultivado con los métodos de la agricultura moderna incluyendo altos insumos, han demostrado que el abuso de productos químicos en la agricultura provoca enormes problemas ecológicas y no garantiza una producción estable. Por esta razón, es importante conseguir una agricultura tropical con nuevas formas de cultivo mas dirigidas al establecimiento de una agricultura sostenible. Como una de las alternativas, se esta viendo la posibilidad de basar estos sistemas en algunos de los métodos de cultivo tradicionales ya en desuso, y que en muchos casos implican la recuperación de cultivos típicos de cada región

Fragmentos sobre la situación actual en Cuba

En condiciones de monocultivo y con utilización del arado se destacan la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), el plátano (*Musa* spp.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) y un elevado porcentaje de las superficies tabaqueras. En ellos se aplican tecnologías modernas de producción, y se está estudiado la sustitución de fertilizantes minerales por la aplicación de biofertilizantes (*Azotobacter* y *Azospirillurn*, solubilizadores de fósforo y

micorrizógenos /MVA/ entre otros), que si bien en estos momentos constituyen técnicas de elevados costos, su producción podría abaratarse si se realiza de forma artesanal. Estos productos no contaminantes pueden tener un importante futuro en la agricultura si no son portadores de elementos incompatibles con el equilibrio ecológico, lo que no se ha detectado hasta el momento (MARTÍNEZ VIERA y HERNANDEZ, 1995).

Un ejemplo ilustrador de como se puede modificar la producción de un cultivo, lo constituye el sistema de producción de la patata, un cultivo atípico para las zonas bajas del trópico. La patata (Solanum tuberosum L.) fue introducida en Cuba en la época de una estrecha colaboración con los países socialistas de Europa (CAME) y todavía se cultiva en una superficie cercana a las 14.000 ha.

La producción siguiendo técnicas convencionales incluyen los siguientes cuatro elementos básicos:

* Importación de propágulos para ser utilizados en la siembra.

* Importación de fertilizantes (fórmula completa y nitrógeno).

* Importación de productos fitosanitarios contra plagas y enfermedades.

* Importación de petróleo para el riego y generación de electricidad para la conservación de la producción en frigoríficos.

Estas importaciones alcanzan alrededor de 20 millones de US $, que ya no se pueden recuperar como antes por el intercambio de productos en que se basaba el comercio del CAME.

La ventaja del cultivo de la patata en comparación con otros cultivos de raíces y tubérculos típicos para estas condiciones ambientales, como la yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ.) o el ñame (*Dioscorea* spp.), es su ciclo corto, que como el del tomate (*Lycopersicon lycopersicum* /L./ Farw.) y otras hortalizas, es inferior a 110 dias. Su época de cultivo se enmarca en el llamado período de invierno (diciembre hasta marzo) y después se alterna con otros cultivos como el boniato (*Ipomoea batatas* L.), el maíz (*Zea mays* L.) y Cucurbitaceas, de elevado potencial de rendimiento y valor energético cuyas cosechas se realizan según el cultivo o las variedades desde julio a septiembre.

Los resultados obtenidos por LEYVA et al. (1992) investigando durante 5 años diferentes sistemas de rotación utilizando la patata como cultivo principal, demuestran la factibilidad de la obtencion de tres cosechas por año en la misma superficie, sin que esto afecte negativamente al suelo ni al rendimiento del cultivo principal (Tabla 3).

Sin embargo, estos buenos resultados consecuencia de la introducción de las rotaciones estaban obtenidos sobre la base de la utilización de altos insumos, por lo que se decidió iniciar en el año 1992 un nuevo paso en esta investigación utilizando principios de la Agricultura Sostenible. También en el cultivo de la caña de azúcar algunos productores han retornado a ciertas practicas tradicionales propagadas por REYNOSO (1925) intercalando la caña sembrada con leguminosas como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con maní (*Arachis hypogaea* L) o con maíz. Así se produce mas caña por hectárea que en las grandes extensiones de las unidades estatales.

Aunque se sabe que estos ejemplos no se podrán reproducir en toda el área que se encuentra en monocultivo, indudablemente pueden marcar la pauta de futuras investigaciones.

TABLA 3
SISTEMAS DE ROTACIÓN PARA OBTENER TRES COSECHAS AL AÑO CON LA PATATA COMO CULTIVO PRINCIPAL
TABLE 3
CROP ROTATION SYSTEMS FOR THREE HARVESTS

Primera siembra: Diciembre Primera cosecha: Marzo	Segunda siembra: Abril Segunda cosecha: Julio	Tercera siembra: Agosto Tercera cosecha: Noviembre
PATATA	maíz o boniato	soja
PATATA	boniato o maíz	maní
PATATA	boniato o maíz	caupí
PATATA	boniato	maíz
PATATA	caupí	boniato

Resultados en la aplicación de técnicas sostenibles en el cultivo de la patata

Para lograr tales objetivos se introdujeron nuevos conceptos no tenidos en cuenta por los productores y que pueden beneficiar el suelo y los rendimientos de las cosechas:

* Uso del laboreo mínimo del suelo.

* Utilización de leguminosas como precedentes a la patata con doble propósito (obtención de granos comestibles e incorporación de la biomasa vegetal al suelo como abono orgánico).

* Utilización de materia orgánica (gallinaza) como sustituto del fertilizante mineral.

* Uso de biofertilizantes y bajas dosis de fertilizantes minerales.

* Conservación de residuos de cosecha en la superficie como cobertura.

* Uso de sistemas de cultivos asociados, como vía de protección contra plagas y enfermedades.

* Disminición de la aplicación de productos fitosanitarios químicos contra plagas y enfermedatle.c

Después de dos años de investigación es posible demostrar parcialmente que:

– El rendimiento de la patata esta influido drásticamente por las fuentes de la nutrición nitrogenada (Tabla 4). Aunque los biofertilizantes de actual experiencia en Cuba (*Azotobacter* y *Azospirillum*) pueden sustituir el 25 % del nitrógeno en el arroz no parecen ejercer una influencia capaz de sustituir una parte del fertilizante mineral que normalmente requiere la patata. Falta evaluar la eficiencia de los hongos micorrizógenos en presencia de la materia orgánica cuya respuesta debería ser positiva.

– Dentro de las leguminosas que han sido evaluadas como posibles sustitutos de fertilizantes la *Vigna unguiculata* L. (frijol caupí), parece ser el cultivo que mejor resulta como precedente a la patata.

– Los cultivos posteriores a la patata (boniato, maíz, Cucurbitaceas) generalmen-

te tienen rendimientos razonables y económicos, sin que se necesiten aportes nutricionales addicionales, si es que la patata antecedente recibió el fertilizante en dosis adecuada.

– Los rendimientos pueden alcanzar niveles satisfactorios con escasas aplicaciónes de herbicidas, insecticidas y fungicidas.

– La falta de material autóctono y de variedades mejoradas y bien adaptadas a las condiciones nacionales son aún un obstáculo importante para la realización del sistema Agricultura Sostenible.

Sin embargo el cultivo de patata en Cuba será mucho mas sustentable en condiciones ambientales típicas para este cultivo, como las que presentan las zonas montañosas de la Sierra de Escambray o de la Sierra Maestre.

Conclusiones

La situación energética de Cuba, tan estrangulada, ha provocado la utilización de alternativas que no son comunes en el mundo y que podrían ser un ejemplo para el desarrollo de una agricultura Sostenible

Existen alternativas que permiten sustituir una parte importante de las grandes extensiones del monocultivo en Cuba como la caña de azúcar, el arroz y el plátano, con rotaciones que deben incluir cultivos bien adaptados a las condiciones de la localidad y que presentan así la posibilidad de poder producir satisfactoriamente con bajos insumos.

En este momento existe suficiente nivel científico en las Ciencias Agropecuarias en Cuba como para poder introducir con el apoyo de la práctica, sistemas de produc-

TABLA 4
RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN EL CULTIVO DE LA PATATA UTILIZANDO ALTERNATIVAS SOSTENIBLES
TABLE 4
POTATO YIELDS WITH DIDDERENT SUSTAINABLE ALTERNATIVES

Variantes utilizadas	Rendimiento en $kg*ha^{-1}$	
Testigo de la producción con fertilizantes (N, P, K) y aplicación adicional de nitrógeno	28.440	***
Sin fertilizantes (N, P, K) y en su lugar incorporación de abono verde (caupí) después de hacerle una cosecha de granos más nitrógeno adicional	26.680	***
Sin fertilizantes (N, P, K) y en su lugar Azotobacter más nitrógeno adicional	16.680	*
Sin fertilizantes (N, P, K) y en su lugar abono orgánico (gallinaza 40 $t*ha^{-1}$) más nitrógeno adicional	23.900	**
Solamente nitrógeno adicional	14.340	NS
Mycorrizas sin fertilizantes	12.820	NS
Testigo sin fertilizantes	13.330	NS

ción sostenible. Esto podrá lograrse utilizando alternativas de bajos insumos, el mantenimiento del medio ambiente y la estipulación de alta diversidad en la producción agropecuaria.

Los proyectos iniciados para el desarrollo de la Agricultura Sostenible en Cuba, tendrían en cuenta los resultados obtenidos en experimentos aislados correspondientes a las diferentes especialidades de la agricultura y permitirán mediante la aportación de los conocimientos tradicionales, producir, capacitar y convivir en este sistema agrícola tan histórico y futurístico.

Bibliografía

DIAZ G., FLORES T.,1992. Informe de las investigaciones relacionadas con la rotación en el cultivo del arroz. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); La Habana, 16 pp.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (IFOAM), 1992. Normas básicas para la agricultura ecológica y el procesamiento de alimentos. Asamblea General, Sao Paul, Brasil, 28 pp.

LEYVA A., TRETO E., FERNÁNDEZ L., MORENO I., 1992. Estudio de diez sistemas de rotación de cultivos donde la patata constituye el cultivo principal. VIII Seminario Científico del INCA, San José de las Lajas, 112, 1992

MARTÍNEZ VERA R., HERNÁNDEZ G., 1995. Los biofertilizantes en la agricultura cubana. II Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana, 43-47.

MESA A., CASANOVA., QUINTERO P. L., 1995. La rotación de los cultivos en los sistemas de agricultura sostenible. II Encuentro de Agricultura Orgánica, La Habana, 27-30.

REYNOSO A. 1925. Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. La Habana, 521 pp.

WOODWARD L., 1995. The Organic Vision. Ecology and Farming, May, No. 9, 29-31.

(Aceptado para publicación el 7 de septiembre de 1995)

ITEA (1995), Vol. 91V N.º 3, 164-174

PROSPECCIÓN DE VARIEDADES DE ALGARROBO EN ANDALUCÍA

J. Tous
I. Batlle
A. Romero

Institut de Recerca i Tecnología
Agroalimentàries (IRTA)
Departament d'Arboricultura Mediterrània
Apartat 415, 43280 - Reus (Tarragona)

RESUMEN

Se prospectaron en 1993 las zonas previamente identificadas como de mayor densidad de algarrobos de cinco provincias de Andalucía (Cádiz, Córdoba, Granada, Málaga y Sevilla). En el área estudiada, se han establecido dos principales zonas (litoral e interior) de presencia de algarrobos. Se distinguieron, básicamente, dos grupos de poblaciones: *"Bravía"* (denominación que agrupa a todos los árboles de semilla) e *"Injertada"* (grupo muy variable debido a que en cada zona se ha injertado el mejor material de la misma o el procedente de cultivares del Levante español). Se inventariaron 25 denominaciones locales, pertenecientes a 22 cultivares femeninos distintos, de los cuales solamente uno ('Sayalonga') destaca por tener cierta importancia superficial. Los resultados de la caracterización del material recogido muestran la existencia de una gran variabilidad genética. También se han observado importantes diferencias en las características del fruto entre individuos. Las algarrobas del tipo "Bravía" son más claras, cortas, estrechas, ligeras y de mayor rendimiento en garrofín que las "Injertadas". Las variedades consideradas más interesantes se introdujeron en 1994 en una colección, localizada en el IRTA-Mas Bové, Reus (Tarragona), mediante propagación por injerto sobre patrón franco.

Palabras clave: Algarrobo, Andalucía, cultivares, prospección, ecología, garrofa, garrofín.

SUMMARY
NATIVE CAROB CULTIVARS SURVEY IN ANDALUSIA

The most important carob growing areas of five Andalusian provinces (Cádiz, Cordoba, Granada, Málaga and Seville) were surveyed in 1993. Two main producing zones (coastal and inland) were established. In both explored zones, two main populations were distinguished: "Ungrafted" (grouping all seedling trees growing wild) and "Grafted" (which is a variable group, due to in each zone its most promising material or that coming from cultivars of the Spanish eastern coast was grafted). We identify 25 local names belonging to 22 distinct female cultivars. Only 'Sayalonga' is broadly cultivated. The results of the pomological characterization of the samples collected showed a high genetic variability within the Andalusian carob germplasm. Important pod trait differences between wild and cultivated trees were observed. "Ungrafted" carob trees gave pods lighter, shorter, and narrower than "Grafted". Wild carob trees produ-

ce higher seed yield than cultivated. The most promising types were introduced in 1994, by budding on seedling rotstocks, in the collection of IRTA-Mas Bové (Reus, Spain).

Key words: Carob, Andalusia, cultivars, survey, ecology, carob pod, carob seed, Spain.

Introducción

El algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) es una especie polígama, termófila y perennifolia típica de la vegetación mediterránea. En la Península Ibérica se distribuye por la franja litoral de las provincias costeras, desde Cataluña hasta el Algarve, penetrando hacia el interior por los valles del Ebro (50 km) y del Guadalquivir (150 km). También está representado en la flora balear. En Andalucía, el algarrobo se distribuye por las provincias costeras, pero al ser una planta cultivada desde antiguo, es difícil precisar sus límites naturales (BATLLE y TOUS, 1994).

España es el primer país productor (150.000 tm) y exportador mundial de garrofas, seguido de Italia (50.000 tm), Portugal (30.000 tm), Marruecos (25.000 tm) y Chipre (17.000 tm). La UE (España, Italia, Portugal y Grecia) produce más del 75% de la producción mundial, estimada en unas 330.000 tm anuales (TOUS y BATLLE, 1990). En Andalucía existen más de 25.000 árboles diseminados y unas 600 ha de cultivo regular, las cuales se reparten principalmente entre las provincias de Cádiz (51 %) y Málaga (47 %) (MAPA, 1992). La comercialización de algarrobas se estima en torno a 5.000 tm, siendo muy variable según años y precios del mercado, es decir, cuando hay interés económico por su recolección.

El aprovechamiento principal de la garrofa hasta los años 60 era la pulpa (90% del fruto aprox.) para alimentación animal. Actualmente, la parte del fruto que tiene más valor es la semilla o garrofín, que se destina a la extracción industrial de goma. Esta goma es un hidrocoloide que se utiliza como espesante y estabilizante alimentario de alta calidad (E-410) en diferentes productos (helados, sopas, salsas, cremas, etc.). Durante los últimos años esta utilización ha revalorizado el interés por su cultivo (TOUS y BATLLE, 1990). También, en algunas regiones productoras españolas, se ha constatado un creciente interés en el algarrobo para la reutilización forestal de suelo agrícola, debido a que la reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC) ha originado el establecimiento de ayudas por parte de varias Autonomías. En zonas del mediterráneo con limitados recursos de suelo y agua, y con clima suave (bajo riesgo de heladas) el algarrobo, que es una especie poco exigente agronómicamente, representa una alternativa de cultivo interesante.

En España, el algarrobo cultivado (Cataluña, Levante y Baleares), debido a la selección empírica del agricultor, produce frutos de elevado contenido en pulpa, mientras que el algarrobo silvestre predomina en Andalucía y produce algarrobas de alto rendimiento en garrofín. La variabilidad genética de un material predominantemente de semilla es muy elevada, lo que justifica el interés de prospectar el material autóctono andaluz. Solamente existe un estudio reciente sobre material vegetal de algarrobo, realizado en las provincias de Almería y Málaga (RODRÍGUEZ y FRUTOS, 1988), des-

cribiéndose las características morfológicas del fruto de 15 ecotipos distintos.

En este artículo se presentan los resultados de la prospección del algarrobo en Andalucía, con objeto de conocer las zonas de mayor densidad y/o diversidad de esta especie y, también, de identificar los tipos de algarrobo con mayor interés comercial.

Material y métodos

Para la prospección e inventariado del material de algarrobo autóctono andaluz se ha seguido la metodología propuesta por BARRANCO y RALLO (1984) en olivo y ya utilizada en algarrobo en Cataluña (BATLLE y TOUS, 1990). Se determinaron previamente las zonas de producción de garrofa más importantes de cinco provincias (Cádiz, Córdoba, Granada, Málaga y Sevilla) de Andalucía. La delimitación de las mismas se realizó, por una parte, a través de agentes comerciales del sector troceador industrial y, por otra, se contactó con técnicos y agricultores andaluces conocedores de la especie. La prospección se realizó en septiembre de 1993, ya que es la época en que coinciden la maduración del fruto y la floración siguiente.

Durante las visitas efectuadas en 25 municipios se recogió información sobre las denominaciones, zona de cultivo, características agronómicas y comerciales de cada variedad y/o ecotipo más interesantes, así como también muestras de 25 frutos para su posterior descripción, pesado, medición y troceado. El troceado y separación de las semillas se realizó manualmente. Los árboles preseleccionados en campo se introdujeron mediante injerto sobre patrón franco en mayo de 1994 en una colección situada en el IRTA-Centro de Mas Bové (Reus, Tarragona), para su posterior evaluación.

Para la caracterización de los cultivares se estudiaron los siguientes parámetros morfológicos del fruto (9) y su semilla (5):

a) *Fruto:* forma, peso total (g), longitud (L, cm) y anchura (A, cm) de la vaina y su relación (L/A), espesor central y marginal (cm), número de semillas y rendimiento en garrofín (definido por la relación entre peso de las semillas y peso del fruto).

b) *Semilla* o *garrofín:* peso (g), longitud (L, cm), anchura (A, cm), espesor (E, cm) e índice de redondez: $i = 2E / (L+A)$.

Los resultados de las determinaciones efectuadas se expresaron por la media de los datos individuales en un año y su desviación estándar (± DE). La variabilidad del conjunto de muestras para las distintas características del fruto analizadas, se evalúan, mediante la determinación del coeficiente de variación (CV).

Resultados y discusión

Situación actual y zonas de cultivo

El algarrobo en Andalucía se cultiva poco en plantaciones regulares y se presenta asilvestrado normalmente en las laderas más cálidas, nunca como especie predominante. En las zonas costeras llanas o con recursos hídricos ha sido desplazado por cultivos subtropicales y, en otras muchas, ha sido eliminado por el desarrollo urbanístico. La especie generalmente no ha sido propagada por los agricultores sino que ha tenido una diseminación natural. Este tipo de dispersión ha originado individuos que muestran el completo polimorfismo floral de la

especie sobresaliendo los de flores femeninas y masculinas. En la mayoría de las zonas prospectadas de Granada y Málaga los árboles están injertados. Existen también poblaciones aisladas formadas por individuos de semilla, sobre todo, en Cádiz, Sevilla y Córdoba. El injerto se ha practicado sólo en las zonas de cultivo más favorables. Esta práctica ha tenido un doble objetivo: propagar tipos con algarrobas de mayor contenido en pulpa y eliminar árboles macho improductivos. Sin embargo, los árboles machos y/o hermafroditas son necesarios para polinizar a los femeninos. La frecuencia natural de polinizadores parece suficiente actualmente. Durante la prospección no se observaron árboles hermafroditas. La presencia de tipos hermafroditas en Cataluña, Levante y Baleares es mucho más frecuente que en Andalucía y el Algarve (Portugal), desconociéndose la causa.

Las poblaciones de algarrobos estudiadas aparecen con una distribución espacial aislada y generalmente envejecidas. Se ha encontrado algún ejemplar centenario de excepcionales dimensiones (Pizarra). También se ha constatado la existencia de dos plantaciones regulares importantes: una en Jerez (Cádiz) de 300 ha y la otra en Ayamonte (Huelva) de unas 10 ha.

Se han establecido dos zonas de presencia de algarrobos en Andalucía:

Zona litoral: comprende la franja costera de Almería, Granada, Málaga, Cádiz y Huelva. Los municipios principales son: Canjáyer y Tabernes (Almería); Almuñécar, Motril, Gualchos-Castell de Ferro y Lújar (Granada); Sayalonga, Vélez-Málaga, Istán, Mijas, Ojén, Pizarra y Cártama (Málaga); Jerez (Cádiz) y Ayamonte (Huelva).

Zona interior: comprende áreas interiores de Málaga, Cádiz, Sevilla y Córdoba. Los principales municipios productores son: Gaucín, Casares y Ronda (Málaga); Ubrique, Grazalema y El Gastor (Cádiz); Coripe y Puerto Serrano (Sevilla); y Hornachuelos (Córdoba).

En la zona interior, es destacable la presencia de algarrobos situados a más de 1000 m de altitud sobre el nivel del mar en Cádiz (El Gastor) y Málaga (Ronda). También se han observado garroferos a más de 100 km del mar en Sevilla (Coripe) y Córdoba (Hornachuelos). La exposición a umbría o solana modifica la altura y extensión que ocupa la especie. En las montañas litorales y prelitorales del sur, el algarrobo que es una planta termófila, asciende a alturas y se aleja del mar a distancias notablemente más elevadas que las de Cataluña, Levante y Baleares, donde normalmente vegeta bien hasta los 500 m de altitud y los 40-50 km de la costa. Las observaciones realizadas en Andalucía, región de gran variabilidad microclimática, demuestran la existencia de poblaciones adaptadas a diferentes condiciones ecológicas.

Características del material vegetal

Se inventariaron 25 denominaciones locales, pertenecientes a 22 cultivares femeninos distintos, encontrándose en general sinonimias relacionadas con nombres genéricos del tipo 'bravío', 'injertado', 'algarrobo', 'castellana', etc. Algunos de los cultivares identificados se caracterizan, principalmente, por producir algarrobas de alto rendimiento en garrofín y mostrar buenas características agronómicas. En general, los árboles presentan buen estado fitosanitario aunque no se aplican tratamientos. En algunos algarrobos se observaron daños en hoja causadas por la enfermedad oidio (*Oidium ceratoniae* C.)

Se distinguieron, básicamente, dos grupos de poblaciones de algarrobo (Fig. 1):

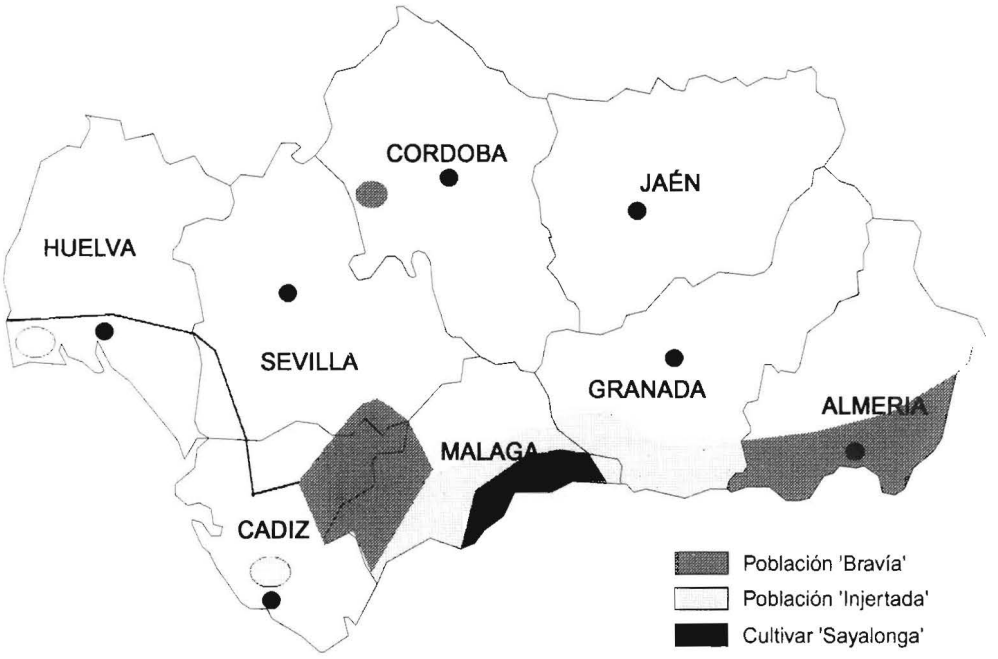


Figura 1. Distribución del algarrobo en Andalucía.

"Bravía" (B): denominación que agrupa a todos los árboles de semilla. Es, por tanto, muy diversa. Los frutos tienen en común un tamaño pequeño y un alto rendimiento en semilla. Existen diferentes denominaciones como 'Cosquillenta' y 'Negrita de Grazalema' (Cádiz) y nombres de topónimos (El Gastor, Coripe, etc.) o propietarios (Tío Clarito).

"Injertada" (I): es un grupo muy variable debido a que en cada zona se ha injertado el mejor material de la misma o el procedente de cultivares del Levante español, que se introdujeron a mediados de la década de los años 50. Existen diferentes tipos de algarroba pero todos destacan por su tamaño grande y contenido medio en pulpa. Se han identificado individuos muy interesantes "a priori" por su relación entre el tamaño y contenido en semilla. Se presentan diferentes denominaciones según zonas y tipos, destacando 'Fina' (Granada), 'Sayalonga' (Málaga), 'Injerta' o 'Herta' (Cádiz), etc.

Una relación de las denominaciones locales encontradas con indicación de su zona de difusión aparece en la Tabla 1. Destaca el cultivar principal 'Sayalonga' por tener la máxima superficie cultivada (unas 100 ha), principalmente, en la comarca malagueña de La Axarquía. Los algarrobos de la población "Bravía" suelen ser más rústicos y resistentes a heladas que los "Injertados".

Los resultados obtenidos, respecto a las medidas morfológicas de los ecotipos más interesantes, aparecen en las Tablas 2 (longitud, anchura, L/A, número de semillas del fruto), 3 (peso garrofa y rendimento en

garrofín) y 4 (peso semilla, longitud, anchura, L/A y espesor del garrofín). Se observan importantes diferencias en las características del fruto entre individuos de la población estudiada.

El tamaño medio de la garrofa varía de 14,5 cm, para los tipos "Bravía", a 16,3 cm para los "Injertados". El peso medio del fruto oscila entre 9,7 g (tipo *B*) y 16,2 g (tipo I). La forma de la vaina va desde recta a curvada. Los frutos de los tipos "Bravía" tienen un color marrón más claro que los del tipo "Injertados" o "cultivados", que tienen tonalidades más oscuras. El rendimiento en garrofín es, en general, más elevado que el de otras zonas productoras del Levante español, y varía del 13-24% para los tipos "Bravía" a 9-19% para los "Injertados", con valores medios de 18% y 14% respectivamente. Los porcentajes de semilla más elevados se han encontrado en los tipos 'Coripe-1' (24,4%), 'Coripe-2' (23,6%),

TABLA 1
RELACIÓN DE DENOMINACIONES DE ALGARROBO Y SU LOCALIZACIÓN EN ANDALUCÍA
TABLE I
CAROB TREE NAMES AND GROWING AREAS IN ANDALUSIA

Denominaciones	Localización	Provincia
Población ' Injertada ':		
'Herta' *	Ubrique, Grazalema	Cádiz
'Mesto' *	Ubrique	Cádiz
'Cajíz 1'	Velez-Málaga	Málaga
'Casares'	Casares	Málaga
'Istán'	Istán	Málaga
'Mijas'	Mijas	Málaga
'Sayalonga'	Sayalonga, Velez-Málaga, Ojen	Málaga
'Basta' *	Gualchos, Lujan, Motril	Granada
'Fina'	Gualchos, Luján, Motril	Granada
'Valenciana' *	Gualchos, Luján, Motril	Granada
Población 'Bravia' (de semilla):		
'Cosquillenta'	Ubrique, Grazalema	Cádiz
'Negrita de Grazalema'	Grazalema	Cádiz
'Gastor n° 1, 2 y 3'	El Gastor (C)-Ronda (M)	Cádiz-Málaga
'Hornachuelo'	Hornachuelos	Córdoba
'Tío clarito'	Hornachuelos	Córdoba
'Gauzín'	Gauzín	Málaga
'Pizarra'	Pizarra	Málaga
'Coripe n° 1, 2 y 3'	Coripe	Sevilla

* Posible origen en el Levante español

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL FRUTO DE ALGUNOS ECOTIPOS DE ALGARROBO PRESELECCIONADOS EN ANDALUCÍA (VALORES MEDIOS ± DE).
TABLE 2
CAROB POD MORPHOLOGICAL TRAITS OF SOME ECOTYPES PRESELECTED IN ANDALUSIA (MEAN VALUES ± SD)

Denominación	Longitud (cm)	Anchura (cm)	L/A	Espesor marginal (cm)	Espesor central (cm)	Número de semillas
'Cajíz 1' *	17,32±2,05	1,74± 0,12	9,90±1,24	0,75±0,07	0,51± 0,06	12,4±2,02
'Casares' *	17,82±1,19	1,90±0,10	9,41± 0,79	1,02±0,07	0,54±0,06	8,80±1,90
'Coripe 1'	12,16±0,95	1,41±0,07	8,64±0,63	0,60±0,02	0,51±0,07	9,29±1,89
'Coripe 2'	17,58±1,41	1,99±0,08	8,84±0,81	0,73±0,06	0,43±0,07	12,40±2,46
'Coripe 3'	13,05±1,00	1,94±0,11	6,76±0,62	0,47±0,03	0,40±0,05	9,13±1,68
'Cosquillenta'	13,97±1,22	1,98±0,11	7,08±0,82	0,59±0,06	0,51±0,05	10,10±1,37
'Fina' *	14,60±1,40	2,05±0,11	7,15±0,87	0,75±0,08	0,44±0,07	11,37±1,73
'Gastor 1'	14,87±2,46	1,65±0,16	9,07±1,62	0,49±0,07	0,39±0,03	9,00±3,10
'Gastor 2'	15,59±2,18	1,59±0,10	9,83±1,26	0,51±0,07	0,34±0,08	9,87±1,81
'Gastor 3'	14,50±2,08	1,85±0,15	7,94±1,68	0,61±0,05	0,47±0,05	9,07±1,94
'Herta' *	16,27±1,46	1,96±0,15	8,32±0,82	0,78±0,12	0,53±0,06	13,13±2,33
'Hornachuelos'	16,50±1,59	1,94±0,09	8,52±0,96	0,63±0,07	0,52±0,04	9,80±2,14
'Istán'*	14,16±2,79	2,17±0,12	6,52±1,23	1,01±0,13	0,56±0,11	8,90±2,23
'Mijas' *	14,49±1,69	1,96±0,12	7,38±0,69	0,70±0,10	0,59±0,04	12,60±1,14
'Pizarra'	13,16±1,19	1,78±0,12	7,43±0,75	0,87±0,05	0,53±0,06	12,30±1,70
'Sayalonga' *	17,64±3,74	2,06±0,10	8,58±1,78	1,15±0,10	0,66±0,06	12,64±1,96
'Tío clarito'	14,26±2,08	2,24±0,17	6,40±0,95	0,86±0,08	0,57±0,09	9,00±2,74
'Valenciana' *	15,27±1,63	2,37±0,16	6,44±0,62	1,07±0,06	0,60±0,06	12,13±2,17

* Cultivares injertados

'Coripe-3' (21,6%), 'Cajiz-1' (19,5%), 'Gastor-1' (19,38%) y 'Pizarra' (17,37%). El tamaño de la semilla es también muy variable, pero, en general, los garrofines son más redondeados y gruesos que los cultivares procedentes de otras regiones españolas; ésta característica parece estar relacionada con un mayor contenido en endospermo o goma de las semillas (ALBANELL et al., 1988). Hay que tener en cuenta que el rendimiento en garrofín es actualmente un parámetro importante para la preselección de material de algarrobo pero, también, que el criterio para realizar su selección final debería ser la producción total de semilla por árbol.

Los criterios de valoración de frutos, atendiendo a características comerciales (peso del fruto y rendimiento en garrofín) y agronómicas (frutos largos y con baja fuerza de retención para facilitar la recolección), tienen interés para realizar una primera

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS COMERCIALES DEL FRUTO DE DISTINTOS ECOTIPOS DE ALGARROBO EN ANDALUCÍA (VALORES MEDIOS ± DE)
TABLE 3
CAROB POD COMMERCIAL TRAITS OF SOME ECOTYPES OF ANDALUSIA (MEAN VALUES ± SD)

Denominación	Peso garrofa entera (g)	Peso pulpa (g)	Peso garrofines (g)	Rendimiento en garrofín (%)
'Cajíz 1' *	12,58±1,88	9,91±1,61	2,60±0,42	19,50±2,60
'Casares' *	17,99±2,01	15,79±1,76	2,20±0,47	11,20±2,07
'Coripe '	5,64±0,48	4,16±0,50	1,49±0,30	24,40±5,04
'Coripe 2'	13,19±2,77	10,96±2,48	2,23±0,44	23,60±3,09
'Coripe 3'	6,86±1,38	5,12±1,22	1,74±0,32	21,60±4,48
'Cosquillenta'	10,57±1,32	8,75±1,20	1,82±0,25	17,21±2,20
'Fina' *	13,88±2,53	11,84±2,39	2,04±0,31	14,57±2,06
'Gastor 1'	7,18±1,77	5,74±1,35	1,44±0,50	19,38±3,62
'Gastor2'	7,04±1,39	5,46±1,17	1,58±0,29	17,00±2,92
'Gastor 3'	9,78±2,08	8,15±2,02	1,63±0,35	14,10±4,52
'Herta' *	13,47±3,05	11,10±2,91	2,36±0,42	16,40±3,97
'Hormachuelos'	11,87±2,13	9,71±1,69	2,16±0,47	16,24±1,49
'Istán' *	16,55±2,88	14,77±2,53	1,78±0,45	9,60±1,62
'Mijas' *	12,88±2,70	11,96±2,07	2,65±0,24	16,60±3,05
'Pizarra'	11,65±2,29	9,31±2,12	2,34±0,32	17,37±3,52
'Sayalonga' *	21,89±3,95	18,86±3,68	3,03±0,47	13,50±2,17
'Tío clarito'	13,14±2,78	12,43±2,56	1,89±0,58	12,69±1,76
'Valenciana' *	17,53±3,48	14,74±3,22	2,79±0,50	13,90±3,30

* Cultivares injertados

selección en campo de árboles potencialmente interesantes. En función de los resultados obtenidos, se pueden destacar los siguientes individuos de las poblaciones "Bravía" ('Coripe-2', 'Gastor-2' y 'Hornachuelos') e "Injertada" ('Cajiz-1', 'Sayalonga' y 'Herta').

La variabilidad de las características analizadas, expresadas como coeficiente de variación (CV), es pequeña para la forma del fruto (longitud, anchura y L/A), número de semillas y peso de las mismas, mientras que es elevada para el peso del fruto entero y rendimiento en garrofín, según muestran los valores incluidos en la Tabla 5. En general, la variabilidad de la población "Bravía" es superior a la de la "Injertada". Estos resultados son parecidos a los encontrados por RODRÍGUEZ y FRUTOS (1988) en el sureste de España.

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LAS SEMILLAS DE ALGUNOS ECOTIPOS DE ALGARROBO EN ANDALUCÍA (VALORES MEDIOS ± DE)
TABLE 4
CAROB SEED MORPHOLOGICAL TRAITS OF SOME ECOTYPES OF ANDALUSIA (MEAN VALUES ± SD)

Denominación	Peso (g)	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Espesor (cm)	Índice de redondez
'Cajíz 1'*	0,21±0,02	0,82±0,05	0,71±0,03	0,47±0,03	0,61±0.06
'Casares' *	0,25±0,01	0,92±0,04	0,79±0,03	0,45±0,02	0,53±0,03
'Coripe 1'	0,16±0,01	0,83±0,03	0,63±0,02	0,44±0,02	0,60±0,03
'Coripe 2'	0,18±0,01	0,89±0,03	0,66±0,04	0,35±0,02	0,45±0,02
'Coripe 3'	0,19±0,02	0,88±0,03	0,71±0,04	0,39±0,01	0,49±0.03
'Cosquillenta'	0,18±0,01	1,07±0,04	0,69±0,02	0,34±0,02	0,39±0,02
'Fina' *	0,18±0,02	0,90±0,04	0,68±0,04	0,41±0,03	0,52±0,05
'Gastor 1'	0,16±0,02	0,85±0,03	0,65±0,01	0,36±0,02	0,48±0,02
'Gastor 2'	0,16±0,02	0,91±0,07	0,66±0,02	0,35±0,04	0,44±0,04
'Gastor 3'	0,18±0,01	0,84±0,03	0,72±0,03	0,39±0,02	0,51±0,04
'Herta' *	0,18±0,02	0,84±0,04	0,66±0,03	0,41±0,03	0,54±0,05
'Hornachuelos'	0,22±0,02	0.97±0,05	0,73±0,03	0,47±0,03	0,55±0,04
'Istán' *	0,20±0,02	0,98±0,06	0,67±0,02	0,42±0,03	0,51±0,03
'Mijas' *	0,21±0,01	0,95±0,04	0,64±0.02	0,44± 0,02	0,56±0,03
'Pizarra'	0,19±0,02	0,78±0,06	0,64±0,02	0,47±0,03	0,66±0,03
'Sayalonga' *	0,24±0,01	0,93±0,06	0,76±0,03	0,49±0,03	0,59±0,04
'Tío clarito'	0,21±0,01	0,82±0,03	0,71±0,02	0,46±0,03	0,59±0,04
'Valenciana' *	0,23±0.02	0,98±0,03	0,71±0,04	0.40±0,03	0,47±0,04

* Cultivares injertados

Las características de los frutos analizados de la población "Injertada" de Andalucía (Granada, Málaga y sur de Cádiz) se parecen a otras muestras de garrofas cultivadas en España, principalmente, con las procedentes de variedades de Baleares (CAJA et al., 1988). Los rendimientos elevados de la población de árboles "Bravía" son parecidos a los encontrados en otras variedades sin injertar de otros países mediterráneos, denominadas vulgarmente como tipos "Apostolika" y "Agria" en Chipre (ORPHANOS y PAPACONSTANTINOU, 1969), "Agriogene" en Sicilia (DI LORENZO, 1988), "Ungrafted" en Creta (MARAKIS et al., 1988) y "Yabani" en Turquía (SECMEN, 1973). Una vez recogido e inventariado el material cultivado y silvestre más interesante es necesario evaluar dicho material en colecciones y ensayos comparativos para seleccionar los tipos más interesantes.

TABLA 5
VALORES MEDIOS, DESVIACIÓN ESTANDAR (DE) Y COEFICIENTES DE VARIACIÓN (CV) DE ALGUNOS PARÁMETROS IMPORTANTES DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA DE LA POBLACIÓN AUTÓCTONA DE ALGARROBO EN ANDALUCÍA

TABLE 5
MEAN VALUES, STANDARD DEVIATION (SD) AND COEFICIENT OF VARIATION (CV) OF SOME IMPORTANT PARAMETHERS OF POD AND SEED OF THE ANDALUSIAN NATIVE CAROB POPULATION

Característica	Valor medio ± DE		CV (%)	
	'Bravía'	'Injertada'	'Bravía'	'Injertada'
Longitud del fruto (cm)	14,56±1,65	16,32±1,76	11,33	10,78
Anchura del fruto (cm)	1, 84±0,24	2,02±0,18	12,99	8,76
L/A	8,05±1,11	8,16±1,33	13,82	16,28
Peso fruto (g)	9,69±2,81	16,16±3,19	29,03	19,75
Número semillas	10,00±1,30	11,62±1,64	13,02	14,12
Rendimientos garrofín (%)	18,41±3,88	14,54±2,97	21,10	20,41
Peso semilla (g)	0,18±0,02	0,21±0,02	9,98	11,56
Espesor semilla (cm)	0,40±0,05	0,44±0,03	12,97	7,49
Índice de redondez	0,52±0,08	0,54±0,04	16,16	7,95

Conclusiones

De los resultados de la prospección y caracterización de los frutos del material de algarrobo estudiado en Andalucía se destaca lo siguiente:

– En el área estudiada, se han establecido dos zonas (litoral e interior) de presencia de algarrobos en Andalucía. También se ha observado una gran diversidad microclimática y altimétrica en las zonas donde se ha localizado el material autóctono prospectado.

– Se ha observado una gran riqueza en el germoplasma de algarrobo en esta Comunidad y, también, una mayor heterogeneidad de la población "Bravía" con respecto a la "Injertada". Los frutos del tipo "Bravía" son más claros, cortos, estrechos, ligeros y de mayor rendimiento en garrofín que los "Injertados".

– Con respecto a las características del fruto de la población analizada, puede decirse que existe una gran variabilidad, especialmente en los aspectos relacionados con el peso del fruto y el rendimiento en garrofín.

– Los genotipos estudiados, principalmente los del tipo "Bravía", producen algarrobas de alto rendimiento en garrofín en estado silvestre, por lo que es necesario que demuestren un buen comportamiento agronómico y productivo en condiciones de cultivo para su posible utilización en las futuras plantaciones comerciales.

Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda prestada por agricultores, técnicos y agentes del sector agrario andaluz para la realización de la prospección. Este trabajo se ha financiado a través de un proyecto INIA (SC 93-120) sobre selección de material vegetal en frutos secos o desecados.

BIBLIOGRAFÍA

ALBANELL, E., CAJA, G., CASANOVA, R., 1988. Características físicas y contenido en endospermo de semillas españolas de algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.). II International Carob Symposium. Valencia, 558-566.

BARRANCO, D., RALLO, L., 1984. Las variedades de olivo cultivadas en Andalucía. Ed. Ministerio de Agricultura-Junta de Andalucía. Madrid, 387 pp.

BATLLE, I., TOUS, J., 1990. Cultivares autóctonos de algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en Cataluña. Investigación Agraria. Vol 5 (2): 223-238.

BATLLE, I., TOUS, J., 1994. Importancia ecológica y económica del algarrobo en Andalucía. Quercus,101 (7): 11-14.

CAJA, G., ALBANELL, E., CASANOVA, R., 1988. Caracterización morfológica de frutos de algarrobo cultivados en España. II International Carob Symposium. Valencia,119-229.

DI LORENZO, R., 1988. Ricerche sul carrubo in Sicilia. I Colloque 'Cultures alternatives non excedentaires'. Milazzo (Sicilie), juillet 1987. Ed. CEE. Luxembourg. Rapport EUR 11709, 35-45.

MARAKIS, S., KALAITZAKIS, J., MITRAKOS, K., 1988. Criteria for recognizing carob tree varieties.II International Carob Symposium. Valencia,195-208.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA), 1992. Anuario de Estadística Agraria. Ed. Secretaria General Técnica. Madrid, 678 pp.

ORPHANOS, P.I., PAPACONSTANTINOU, J., 1969. The carob varieties of Cyprus. Tech. Bull., 5. Cyprus Agricultural Research Institute. Ministry of Agriculture and Natural Resources. Nicosia, 27 pp.

RODRÍGUEZ, J., FRUTOS, D., 1988. Primeros estudios sobre las poblaciones de algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el Sureste y Sur de España. II International Carob Symposium. Valencia, 255-267.

SECMEN, O., 1973. Ecology of *Ceratonia siliqua*, L. I - Morphological studies. Scientific reports of the Faculty of Science. Izmir Ege University n.° 148.

TOUS, J., BATLLE, I., 1990. El algarrobo. Ed. Mundi-Prensa. Madrid,102 pp.

(Aceptado para publicación el 24 de agosto de 1995)

ITEA (1995), **Vol. 91V N.º 3,** 175-185

INFLUENCIA DEL RIEGO SOBRE LA ACIDEZ DE MOSTOS EN cv. TEMPRANILLO (V. vinífera L.)

E. García-Escudero*
J. Baigorri**
J.R. Lissarrague***
V. Sotes***
* Centro de Investigaciones Agrarias
de La Rioja.
Apartado 1056.
26080 Logroño.
** Servicio de Viticultura y Enologia
Diputación Foral de Alava
01300 Laguardia (Alava)
*** E.T.S.I.A.
Ciudad Universitaria.
28040 Madrid.

RESUMEN

Se estudia en viñedos de Rioja Alavesa, sobre cv. Tempranillo y durante el trienio 1985-1987, los efectos del aporte de dosis moderadas de riego (volúmenes estacionales de 1500 m^3/ha y de 3000 m^3/ha), sobre la acidez del mosto.

En términos generales, hemos podido observar que los mostos de parcelas regadas presentan mayores valores de acidez total, una tendencia a la baja de sus pH, contenidos más elevados de ácido málico e inferiores de ácido tartárico, así como niveles más reducidos de potasio.

Palabras clave: Riego, acidez, mosto, Tempranillo.

SUMMARY

INFLUENCE OF IRRIGATION WATER ON MUST ACIDITY IN CV. TEMPRANILLO (V. Vinífera L.)

This paper concers the study of the effect of applying moderate quantities of irrigation water (seasonal totals of 1500 m^3/ha and 3000 m^3/ha) on must acidity, to vines of the Tempranillo variety in the Rioja Alavesa sub-region during the years: 1985-1987.

The following general conclusions were that the must showed a higher total acid content, a tendency for reduced pH's, increased levels of malic and lower reading tartaric acid, as well as a reduction in the potassium content.

Key words: Irrigation, acidity, must, Tempranillo.

Introducción

El problema de la disminución de acidez en mostos y vinos, es causa de preocupación en la viticultura mundial. Son muchos los autores que consideran que tal circunstancia no solo debe abordarse en su vertiente enológica, sino más bien bajo una perspectiva fisiológica y agronómica, ya que el equilibrio ácido-base de los mostos depende en gran medida de las aptitudes genéticas de la planta, de las características del medio y del efecto modulador de las técnicas de cultivo (LÓPEZ et al., 1991).

En este sentido, el riego ejerce una clara influencia sobre la evolución y contenido final de los ácidos orgánicos, entre otras razones debido al incremento de la producción y del vigor unitario de la planta, a la modificación de su microclima o bien por su incidencia en la dinámica de absorción de potasio.

Aunque con frecuencia se observe que el riego supone un aumento global de la acidez del mosto (BOUBALS et al., 1984), alcanzándose los valores más extremos de acidez en aquellos viñedos que reciben las aportaciones de agua más elevadas (LISSARRAGUE, 1986; ANTONACCI, 1987; GARCÍA-ESCUDERO, 1991), la respuesta es variable y en ocasiones contradictoria. Por ello, no debe extrañar que algunos trabajos lleguen a conclusiones tales como que el riego produce una disminución de la acidez o bien que ésta se mantiene indiferente (RAPOSO-RODRÍGUES,1987; MATTHEWS y ANDERSON, 1988).

En relación al pH, tampoco existe una tendencia definida ni con la dosis de riego ni con el momento de aplicación (MIALI, 1984). Mientras que NEJA et al.(1977), LISSARRAGUE (1986), LOUE et al.(1987), GARCÍA-ESCUDERO (1991) y BARTOLOMÉ (1993), indican que el pH de los mostos de parcelas regadas tiende a disminuir, CHAMPAGNOL (1986) observa que si bien puede darse una ligera disminución del pH en el mosto de parcelas regadas, como consecuencia de una mayor proporción de ácido málico respecto al ácido tartárico, posteriormente el pH puede aumentar en el vino, ya que no solo el ácido málico es más débil que el tartárico, sino que también es probable que la fermentación maloláctica se produzca, proceso frecuente en Rioja Alavesa por sus peculiares técnicas de elaboración. Por su parte, HEPNER et al. (1985) y MATTHEWS y ANDERSON (1988) no han obtenido diferencias significativas entre el pH de mostos de viñas regadas y no regadas.

Durante los años 1985, 1986 y 1987, se llevaron a cabo unas experiencias en viñedos de la DOC. Rioja, con objeto de contribuir al estudio de la incidencia del riego sobre parámetros que determinan la acidez del mosto.

Material y métodos

El estudio se ha realizado en viñedos de Laguardia (Rioja Alavesa), en una zona de influencia mediterránea, con precipitaciones inferiores a los 500 mm y temperatura media anual de 13.5°C. A la hora de establecer el criterio de elección de los diferentes niveles de alimentación hídrica, se tuvieron en cuenta dos consideraciones básicas:

– Los resultados obtenidos por LISSARRAGUE (1986) en las mismas condiciones de trabajo, y los de otros autores

como COLAPIETRA (1984), LIUNI et al.(1985), MIALI et al. (1985) y ANTONACCI (1987), en los que se puede observar que la aplicación de volúmenes moderados de agua en zonas semiáridas de influencia mediterránea, con precipitaciones inferiores a los 500 mm, supone una mejora cuantitativa, y en muchos casos cualitativa, de la producción de viñedos con baja densidad de plantación, como es el caso que nos ocupa: un viñedo de la variedad Tempranillo (sobre R-110), con una densidad de plantación de 2850 cepas/ha (2,50 x 1,40 m), conducido en espaldera y sistema de poda Guyot mixto, que distribuye una carga individual de 10-12 yemas.

– El establecimiento del balance hídrico para el año medio, que alcanza un déficit en torno a los 300 mm. Cabe destacar que durante los tres años de estudio, los valores del déficit hídrico (Método de Blaney-Criddle, modificado por DOORENBOS y PRUITT,1976) fueron:

- Año 1985: 263 mm
- Año 1986: 398 mm
- Año 1987: 281 mm

Teniendo en cuenta estas observaciones, y durante un período de 15 a 18 semanas, que abarcaría desde el momento en que los brotes alcanzan una longitud de 15-20 cm (2ª quincena de Mayo) y hasta dos semanas antes de la fecha presumible de vendimia (según evolución del proceso de maduración), se establecieron tres tratamientos hídricos o dosis de riego:

– Testigo (T):

Parcelas que no reciben ningún aporte de agua distinto al de las precipitaciones naturales.

– Dosis-1 (D1):

Aplicación localizada de 1500 m^3/ha (150 mm), durante el período considerado.

– Dosis-2 (D2):

Aplicación localizada de 3000 m^3/ha (300 mm), durante el mismo período.

En el momento de la vendimia, y sobre el mosto procedente de 400 bayas de cada parcela elemental o repetición, se procedió a evaluar la influencia del riego sobre la acidez mediante el análisis de parámetros que la definen: Acidez total (g/l de ác. tartárico), pH, contenido en ácido málico (g/l) y ácido tartárico (g/l), relación tartrato/malato y nivel de potasio (ppm).

Resultados y discusión

La influencia que la aplicación de dosis moderadas de agua ejerce sobre parámetros que contribuyen a definir la acidez del mosto, quedan reflejados en las Tablas nº 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Por otra parte, y teniendo en cuenta la incidencia más o menos directa de otros parámetros, las Tablas nº 1 y 2 aportan datos del efecto que el riego tiene sobre la producción, el vigor y la concentración de azúcares alcanzada.

En cada Tabla aparecen los valores medios del parámetro considerado para cada tratamiento (T=Testigo; D1=150 mm; D2=300 mm) y año de estudio. El resultado del análisis de varianza (G.S.) se expresa como: NS, no significativo; *, $p<0,05$; **, $p<0,01$; ***, $p<0,001$. Los tratamientos con letras distintas difieren significativamente ($p<0,05$) en el Test de Duncan.

Producción y vigor

Tal y como puede observarse en la Tabla nº1, el riego ha ejercido un efecto positivo bajo el punto de vista productivo, aumentando en todo momento la producción unitaria, el peso del racimo y el peso y tamaño final de la baya. No obstante, el rendimiento no ha aumentado al hacerlo la dosis de agua, de tal modo que la aplicación de 1500 m^3/ha (D1) resulta satisfactoria, alcanzándose un "techo productivo" que el aporte de 3000 m3/ha no ha podido superar.

En relación al vigor, caracterizado por el peso de madera exportada en la poda, se alcanzan valores superiores en las parcelas regadas, siendo más elevados a medida que aumenta el volumen de agua aportado. Esta circunstancia tendrá sin duda una clara influencia sobre la actividad vegetativa de la planta y el microclima de hojas y racimos.

Concentración de azúcares

El riego no ha modificado de forma apreciable la concentración de azúcares en el mosto, expresado como grado probable, dándose la circunstancia, según año y nivel de riego, en que incluso el contenido de azúcares es superior en parcelas regadas, sobre todo cuando se aplican los volúmenes de agua más elevados (D2). Esto indica a su vez, que si bajo un punto de vista productivo la dosis de agua más moderada (D1) resultaba satisfactoria, esta última no ha sido capaz de alcanzar concentraciones de azúcar suficiente para niveles de producción semejantes.

Acidez

Aunque en la situación inicial (1985), los valores de acidez no muestran diferencias significativas entre parcelas regadas y no regadas, el comportamiento observado en

CUADRO 1
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN Y DESARROLLO VEGETATIVO. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

Tratamiento	1985				1986				1987			
Parámetro	T	D1	D2	G.S	T	D1	D2	G.S	T	D1	D2	G.S
Producción unit.	5.18 a	6.80 a	6.66 b	**	2.88a	6.18 b	5.77 b	***	3.50 a	5.68 b	5.88b	***
Peso medio racimo	267 a	345 b	324 b	**	178 a	351 b	343 b	***	197 a	290 b	322 b	***
Peso de 100 bayas	150 a	233 c	212 b	***	135 a	243 b	248 b	***	168 a	214 b	224 b	***
Peso madera poda	–	–	–	–	0.43a	0.95 b	1.49 c	***	0.48 a	0.93 b	1.49c	***

T = Testigo
D1 = Aplicación localizada de 150 mm.
D2 = Aplicación localizada de 300 mm.
Producción unit. = Producción unitaria (kg/cepa)
Peso medio del racimo (g) Peso de 100 bayas (g)
Peso de madera de poda (kg/cepa)

CUADRO 2
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES EN EL MOSTO, EXPRESADA COMO GRADO PROBABLE. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985		11.02 a	12.17b	12.20b	***
1986		12.20b	11.57a	12.58b	**
1987		11.32	10.95	11.28	NS

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

los dos años siguientes pone de manifiesto que el riego ha supuesto un aumento de la acidez total del mosto.

Por otra parte, este aumento de acidez es más notable cuando el aporte de agua es mayor (300 mm), ya que para la dosis más baja (150 mm), la acidez se mantiene indiferente o el incremento es menos acusado en relación al Testigo (T).

El comportamiento de la acidez está en gran parte ligado a la dinámica de los ácidos orgánicos presentes en la uva, es decir, el ácido málico y el ácido tartárico, situación que será objeto de comentario más adelante. Se podrá comprobar que el aumento de acidez al que aludimos, se ha debido básicamente al incremento experimentado por el ácido málico en las parcelas regadas.

pH

La respuesta del pH a los diferentes niveles de alimentación hídrica, manifiesta un alto grado de heterogeneidad en el tiempo. No obstante, se observa una tendencia a presentar valores más bajos en aquellas parcelas que reciben el mayor aporte de agua (D2).

Cabe destacar que esta tendencia observada en los mostos, no tiene por qué ser la misma en el vino, ya que los mostos de parcelas regadas pueden presentar pH más bajos, caso que nos ocupa, por una mayor acumulación de ácido málico en relación al ácido tartárico (más estable y fuerte que el ácido málico), y sin embargo posteriormente dar lugar a vinos con pH más elevados por una menor aportación del ácido tartárico (CHAMPAGNOL, 1986).

Contenido en ácido málico

Quizás uno de los efectos más evidentes del riego haya sido el aumento experimentado por los niveles de ácido málico en las parcelas regadas, llegándose a producir diferencias máximas del orden del 80% respecto al Testigo para el año 1986, y en torno al 30% en los otros dos años de estudio. Por otra parte, hay que destacar que no se establecen diferencias cuando se comparan las dosis de riego, si bien existen niveles ligeramente superiores en aquellas parcelas que

CUADRO 3
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: ACIDEZ TOTAL (G/L DE AC. TARTÁRICO). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO \ DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985	5.67	5.60	5.63	NS
1986	6.12a	6.82b	7.25b	***
1987	4.88a	5.15a	5.48b	***

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 4
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: PH. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO \ DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985	3.28a	3.36b	3.32ab	*
1986	3.36b	3.28ab	3.21a	*
1987	3.49b	3.51b	3.36a	**

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

reciben la dosis de agua más moderada (150 mm). Por tanto, podríamos decir que en nuestras condiciones de trabajo, la concentración final de ácido málico en el mosto no se ha visto afectada por la cantidad de agua aplicada.

El incremento de ácido málico en las parcelas regadas, podría imputarse, por un lado a una mayor concentración de este ácido al final de la fase herbácea del desarrollo de la baya, lo que permitiría disponer en el inicio de la maduración de unos valores de ácido málico que contribuirían a minimizar las pérdidas de éste por fenómenos de dilución. Hay muchos autores (VAN ZYL, 1984; BRAVDO et al., 1985; MATTHEWS y ANDERSON, 1988; GARCÍA-ESCUDERO, 1991) que ponen de relieve la importancia que tiene la disponibilidad de agua en el período comprendido entre cuajado y envero, coincidiendo con la Fase I del desarrollo de la baya, en el contenido final de ácido málico en el mosto, observando que el déficit hídrico antes del envero hace caer su concentración.

Por otra parte, los niveles de ácido málico se mantendrían superiores en las parcelas regadas debido a una menor degradación de este ácido en concepto de combustión, hecho ligado al microclima luminoso y tér-

CUADRO 5
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO DE AC. MÁLICO (G/L). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS	T	D1	D2	G.S.
1985		2.07a	2.72b	2.63b	***
1986		2.10a	3.89b	3.83b	***
1987		2.42a	3.30b	3.10b	*

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

mico de los racimos, que quedan más sombreados y menos expuestos a la acción de la radiación solar y de la temperatura, consecuencia todo ello de un mayor desarrollo vegetativo y masa vegetal inducido por el riego (KLIEVER, 1964).

Contenido en ácido tartárico

A diferencia que en el caso del ácido málico, los niveles de ácido tartárico en mostos procedentes de parcelas regadas son siempre significativamente inferiores a los obtenidos en las parcelas testigo, con una disminución media entre el 10% y el 20%, según años y dosis. Esta consideración viene a confirmar que las diferencias de acidez observadas a favor de las parcelas regadas, se deben fundamentalmente a una mayor concentración de ácido málico.

En consonancia con lo expuesto por CHAMPAGNOL (1986) y ZAMBONI et al. (1987) observamos, que si bien existe un paralelismo positivo entre contenido de ácido málico, producción y vigor, en el caso del ácido tartárico se establece una relación negativa de éste con los niveles de ácido málico, rendimiento y vigor. Dada la mayor estabilidad del ácido tartárico respecto al ácido málico durante el proceso de maduración, hemos de buscar explicación al descenso de ácido tartárico en mostos de parcelas regadas, por fenómenos de dilución, habida cuenta de que en estas parcelas, tanto la producción unitaria como el peso y tamaño final de la baya, son significativamente superiores en comparación con el Testigo.

Esta circunstancia queda en parte ratificada por la correlación negativa y altamente significativa que se establece en nuestro estudio, entre niveles de ácido tartárico (y ; g/l) y la producción unitaria (x_1 ; kg) por una parte, y el peso de 100 granos por otra (x_2 ; g), de tal modo que a medida que aumenta el rendimiento y el tamaño de la baya, disminuye el contenido de ácido tartárico en el mosto:

Relación tartrato/malato

El pH del mosto, pero sobre todo el del vino, depende en gran medida de la relación existente entre el ácido tartárico y el ácido málico. La evolución de la relación Tartrato/Malato va en paralelo a la de los ácidos tartárico y málico. Durante los tres años de estudio, se mantienen constantes las diferencias significativas para la relación

CUADRO 6
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO EN AC. TARTÁRICO (G/L). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	6.82b	5.32a	5.74a	***
1986	7.53c	6.23a	6.57b	***
1987	5.81b	5.21a	5.29a	***

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 7
CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL EXISTENTE ENTRE LA PRODUCCIÓN UNITARIA (X1), EL PESO DE 100 BAYAS (X2), Y EL ÁCIDO TARTÁRICO (Y).

1985	r = -0,560 (*) y = -0,365 x1 + 8,227 (*)	r = -0,848 (*) y = -0,017 x2 + 9,324 (*)
1986	r = -0,752 (***) $y = -0,225\ x_1 + 8,038$(***)	r = -0,892 (***) $y = -0,010\ x_2 + 8,790$(***)
1987	r = -0,810 (***) $y = -0,194\ x_1 + 6,412$(***)	r = -0,704 (***) $y = -0,008\ x_2 + 7,026$(***)

entre parcelas regadas y no regadas, siendo siempre superior para el Testigo, sin darse prácticamente diferencias cuando se comparan dosis entre sí.

Contenido en potasio

Son muchos los autores que confirman el aumento de la concentración de potasio en los mostos procedentes de parcelas regadas, ya que el riego al mantener o restaurar la actividad de las raíces superficiales, hace que la planta se beneficie de un medio enriquecido en potasio, por lo que así se mejora la nutrición potásica de la vid. Sin embargo, en nuestras condiciones de trabajo, no se detectan diferencias significativas entre tratamientos en lo que a niveles de potasio se refiere, aunque las parcelas regadas, y sobre todo aquellas que reciben mayor dotación de agua (D2), presentan unas concentraciones de potasio inferiores a las del Testigo. Tal situación concuerda con otros trabajos, en los cuales el nivel de potasio permanece similar, e incluso más bajo, en viñedos que reciben un aporte adicional de agua (LISSARRAGUE, 1986; MATTHEWS y ANDERSON, 1988; GARCÍA-ESCUDERO, 1991).

Esta circunstancia podría justificarse en nuestro caso por un fenómeno de dilución, ya que las vides que reciben aporte de agua alcanzan producciones unitarias y un peso

CUADRO 8
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: RELACIÓN MOLAR TARTRATO/MALATO. LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	2.98 b	1.76 a	1.95 a	***
1986	3.22 b	1.43 a	1.55 a	***
1987	2.22 b	1.42 a	1.55 a	**

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

CUADRO 9
EFECTO DEL APORTE DE DOSIS MODERADAS DE AGUA SOBRE LA ACIDEZ DEL MOSTO: CONTENIDO EN POTASIO (PPM). LAGUARDIA 1985, 1986 Y 1987

AÑO	DOSIS T	D1	D2	G.S.
1985	–	–	–	–
1986	1758	1657	1585	NS
1987	1572	1630	1396	NS

T, D1, D2 = Ver Cuadro 1

de la baya netamente superiores a los niveles que se alcanzan en las parcelas no regadas, y aunque en términos absolutos las plantas regadas hayan podido absorber más potasio, éste se diluye en una masa vegetal y un volumen de cosecha mucho mayor. En este sentido, la relación hollejo/pulpa disminuye con el riego , favoreciendo así la dilución.

Por otra parte, al no acompañar el abonado a la aplicación del riego por goteo y al realizarse en la finca objeto de estudio una fertilización localizada en el centro de la calle, lejos de la zona humectada por los goteros, la absorción potencial de potasio, como consecuencia del aporte de agua, queda minimizada.

Conclusiones

De la discusión de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

– Por lo general, el riego ha supuesto un aumento de la acidez del mosto, incremento que fundamentalmente se debe al aumento de su contenido en ácido málico, y que resulta ser más importante a medida que aumenta la cantidad de agua aplicada.

– Aunque la respuesta del pH es poco uniforme, se observa una tendencia a obtener mostos con pH más bajos por aplicación del riego.

– Las parcelas regadas experimentan siempre un aumento del contenido de ácido málico y una disminución de ácido tartárico. Como consecuencia de ello, la relación Tartrato/Malato se mantiene en todo momento inferior con la aplicación del riego.

– En relación al nivel de potasio alcanzado por los mostos, no se observan diferencias entre parcelas regadas y no regadas, si bien el contenido es ligeramente inferior en parcelas con riego.

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda prestada por Pilar Santamaría Aquilué y Olga Zaballa Ogueta, del Centro de Investigaciones Agrarias de La Rioja.

Bibliografía

ANTONACCI., 1987. Influenza della "non coltura" e della disponibilitá idrica sulla produzione della vite nell'ambiente caldo-arido. Vignevini, 6, 31-40.

BARTOLOME C., 1993. Respuestas de la Vid (V. vinífera L.) a condiciones de estrés hídrico: efectos sobre las relaciones agua-planta, el crecimiento, la producción y la calidad (cv. Tempranillo). Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal:Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

BOUBALS D., MERIAUX D., ROLLIN H., PANINE M., POTIER JM., LESSUT J., GUIRAUD JL., 1984. Résultats d'un essai d'irrigation par aspersion sur sept variétés de vigne dans le sud de la France. Bull. O.I.V., 641-642, 597-605.

BRAVDO V., HEPNER Y., LOINGER S., COHEN S., TABACMEN H., 1985. Effect of irrigation and crop level on growth field and wine quality of Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic., 36, 132-139.

CHAMPAGNOL F., 1986. L'acidité des moûts et des vins (II partie). Facteurs physilogiques et agronomiques de variation. Progrés Agricole et Viticole, 103, n°20, 463-465.

COLAPIETRA., 1984. Influenza del volume stagionale e del metodo di distribuzione dell'acqua sulla qualitá e quantitá di uva da vino nell'ambiente caldo-árido dell'Italia Meridionale. Riv. Vitic. Enol., 37, 234-250.

DOORENBOS J., PRUITT WO., 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudios FAO : Riego y drenaje, n° 24.

GARCÍA-ESCUEDRO E., 1991. Influencia de la dosis y del momento de aplicación del riego sobre la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid (V. vinífera L.). Tesis Doctoral. Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Universidad Politécnica de Madrid.

HEPNER Y., BRAVDO B., LOINGER C., COHEN S., TABACMAN H., 1985. Effect of drip irrigation schedule on growth yield, must composition and wine quality of Cabernet Sauvignon. Am. J. Enol. Vitic., 36, 77-85.

KLIEVER WM., 1964. Influence of environment on metabolism of organic acids and carbohydrates in Vitis vinífera. I. Temperature. Plant. Physiol., 39, 869-871.

LISSARRAGUE JR., 1986. Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral en la vid. Tesis Doctoral. E.T.S.I.A. de Madrid.

LUICI CS., ANTONACCI., COLAPIETRA M., 1985. Un settenio di sperimentazione irrigua sul vigneto in ambiente "caldo-árido". Riv. Vitic. Enol., 38, 208-215.

LÓPEZ R., SANTAMARÍA P., LÓPEZ T., COMI A., 1991. Estudio de la caída de acidez en vinos de Rioja. Vitivinicultura, 3, 55-59.

LOUE A., BOULAY H., PANINE M., LESSUT J., 1987. Interactions entre régime hydrique et nutrition minérale de la vigne dans un essai factoriel en cases lysimétriques. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 214-222.

MATTHEWS MA., ANDERSON MM., 1988. Fruit ripering in V. vinífera L.: Responses to seasonal water deficits. Am. J. Enol. Vitic., 39 (4), 313-320.

MIALI G., 1984. Influenza dell'intervento irriguo sulla qualitá del mosto di quatro cultivar di vite per uva da vino nel Tavoliere di Puglia. Vignevini, 11, 23-31.

MIALI G., GATTO L., TAGLIENTE., 1985. Influenza dell'intervento irriguo sulle rese produttive di quatro cv. di vite per uva da vino nel Tavoliere di Puglia. Vignevini, 12, 59-67.

NEJA RA., WILDMAN WE., AYERS RS., KASIMATIS AN., 1977. Grapevine response to irrigation and trellis treatments in the Salinas Valley. Am. J. Enol. Vitic., 28, 16-26.

RAPOSO-RODRIGUES ML., 1987. Régime hydrique de la vigne. Conséquences sur quelques aspects physiologiques et sur la production. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 292-297.

VAN ZYL JL., 1984. Response of Colombar grapevines to irrigation as regards quality aspects and growth. South Afr. J. Enol. Vitic., 5, 19-28.

ZAMBONI M., IACONO F., FREGONI M., 1987. Influence de l'époque de sécheresse sur la production et sur la qualité du moût des vignes cultivées en pot. Comunicación al III Symposium International sur Physiologie de la Vigne. Bourdeaux (France), 1986, 223-228.

(Aceptado para publicación el 23 de octubre de 1995)

ITEA (1995), Vol. 91V N.º 3, 186-196

BALANCE ENERGETICO DEL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVO

G. Yepes Jaramillo *
E. Sobrino Vesperinas **

* Dpto. Biología - Fac. Ciencias
Universidad de Medellín. A. A.
3840 Medellín, Colombia

** Dpto. Producción Vegetal:
Botánica y P. V. - E.T.S.I.
Agrónomos. 28040 Madrid, España

RESUMEN

Se estudia la productividad y el balance energético del girasol en un área semiárida de clima mediterráneo, bajo tres diferentes sistemas de cultivo, con objeto de determinar la eficacia energética bajo condiciones de estrés hídrico. Se observó que el sistema de secano tradicional, a pesar de ser escasamente productivo en términos de biomasa comercializable, tiene un balance energético positivo; aunque éste solamente representa un 9% del obtenido en el sistema de regadío y un 26% del correspondiente al secano racional. El sistema más eficaz en la utilización de la energía es el secano racional.

Palabras clave: Girasol, *Helianthus annuus,* balance energético, estrés hídrico.

SUMMARY
ENERGY BALANCE OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) IN SEMIARID ZONES UNDER DIFFERENT CROP SYSTEM.

The productivity and energy balance of sunflower in a semiarid area of Mediterranean climate is studied under three different crop systems, in order to assess the energy efficiency under hydric stress conditions. It is observed that the traditional dryland system, which is scarcely productive in terms of marketable biomass, has a positive energy balance; although this only represents a 9% of the one obtained in the irrigation system, and a 26% of those corresponding to the rational system. The most efficient system in the use of energy is the rational dryland.

Key words: Sunflower, *Helianthus annuus,* energy balance, hydric stress.

Introducción

En al actualidad el girasol, junto con el olivo, es la fuente más importante de aceites vegetales en España, y figura en cuarto lugar cuando se considera a nivel mundial (FAO, 1992). En España, ocupaba en la última década, una superficie de alrededor de 1.000.000 ha (MAPA, 1989). Aunque en 1992 y 1993 creció notablemente, alcanzando 1.400.000 ha. en 1992 y del orden de

2.200.000 ha. en 1993, como consecuencia de las primeras medidas derivadas de la reforma de la Política Agraria Comunitaria (PAC). Sin embargo en 1994, la superficie dedicada al girasol solo alcanzó 1.300.000 ha y en el futuro todavía pueden producirse reducciones de mayor importancia, en la superficie dedicada a este cultivo, como consecuencia de las recientes disposiciones comunitarias dentro del marco de la PAC, que obligan a limitar su superficie.

Considerando su superficie de cultivo, el girasol se sitúa como tercer cultivo herbáceo en España, alcanzando una importancia económica decisiva, especialmente en determinadas áreas donde ha servido para mantener la renta de numerosos núcleos agrarios. La mayoría de esta superficie se cultiva en condiciones de secano, bajo climatología mediterránea, donde las precipitaciones ocurren principalmente en otoño y primavera, mientras que la evapotranspiración de los meses estivales es elevada. De esta manera el girasol debe soportar un estrés hídrico desde medio a elevado según las distintas regiones.

Estos hechos determinan que la productividad del girasol debe basarse, en buena parte, en la reserva hídrica del suelo, por lo que resulta usual, que los suelos dedicados a esta especie en España posean texturas desde francas a arcillosas, junto a una adecuada profundidad, cuando se cultiva en secano.

En ciertas áreas semiáridas mediterráneas, donde actualmente se cultiva, con pluviometria anual del orden de 400 mm. y una elevada transpiración, el cultivo del girasol debe soportar unas condiciones hídricas tan difíciles, que este factor es el que más afecta a la productividad, induciendo una disminución tan rigurosa en el rendimiento, que en ocasiones puede resultar dudosa su rentabilidad económica.

Considerando que los recursos de energía fósil son limitados, la evaluación de la productividad de un cultivo, en distintas zonas y bajo diferentes sistemas de producción desde un punto de vista energético, es una exigencia que se plantea cuando se quiere conocer, el potencial productivo real de cualquier actividad agrícola. En las áreas semiáridas de la región mediterránea, donde no resulta factible obtener elevados rendimientos sin aporte hídrico, por su particular régimen de lluvias, resulta útil el estudio de su balance energético, al considerar los estrechos límites en que se mueve la productividad.

En el presente estudio, se elabora un balance energético del girasol en un área de baja pluviometria ($p < 400$ mm/año) sobre tres diferentes sistemas de cultivo: a) Secano tradicional (de siembra anual), utilizado en zonas semiáridas de la Meseta Central de la Península Ibérica. b) Secano racional, diseñado para mejorar el uso del agua disponible en esas condiciones. c) Regadío.

Material y métodos

Con objeto de conocer el potencial productivo del girasol bajo las condiciones de secano y regadío, se efectuó un ensayo en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y parcela elemental de 24 m^2 en la provincia de Toledo, sobre un suelo tipo luvisol/alfisol de textura franco-arcillosa. El análisis mostró un contenido muy bajo en materia orgánica, que es corriente en esta zona como consecuencia de la ausencia de abonado orgánico, de las prácticas de mono-

cultivo y de la quema de rastrojos. El estudio de la significación de las diferencias entre las medias aritméticas de las observaciones correspondientes a la biomasa de los diferentes sistemas se efectúa mediante la prueba de t.

El tipo climático de la localidad corresponde al Mediterráneo Continental de acuerdo con la clasificación de PAPADAKIS (1966). La precipitación registrada a lo largo del año (1 septiembre a 31 de agosto) fue de 415 mm. y la evapotranspiración estimada por el método de Thornthwaite ascendió a 744 mm. En las parcelas de regadío, el suelo se mantuvo al 70% de la capacidad de campo por debajo de los 40 cm. de profundidad, mediante los riegos adecuados. Para ello se utiliza una motobomba que elevó el agua un desnivel de 4 m.

La densidad de plantas y las practicas culturales fueron los usuales para cada clase de cultivo, considerando en cada caso plantas en cultivo, que fueron finalmente las recolectadas. Las densidades de plantas fueron 50.000 plantas/ha para el secano tradicional y racional y 88.889 plantas/ha para las condiciones de regadío. En el sistema de secano racional se diseñaron varias técnicas con objeto de utilizar más eficazmente el agua del suelo y mejorar la fertilidad. En todos los casos se utilizó el cultivar híbrido SH - 25.

El suelo se preparó con una labor de arado de 40 cm. de profundidad, realizado en el mes de noviembre para el secano racional y en febrero para los otros dos casos. Más tarde se realizó una labor de cultivador para mejorar las condiciones de estructura y aireación, así como para preparar el lecho de siembra. Ésta se llevó a cabo en marzo, una época normal en la región.

No se utilizó ningún fertilizante en el sistema de secano tradicional, mientras que el sistema de secano racional únicamente se efectuó un abonado de fondo con 150 kg/ha del complejo 8-24-8. En las parcelas de regadío, se abonó en fondo a la dosis de 500 kg/ha de 8-24-8 mezclado con un insecticida de suelo (lindano) a la dosis de 3 kg/ha, practica habitual en condiciones de regadío en esta zona, y como fertilización de cobertera se empleó 250 kg/ha de nitrato amónico cálcico (26% *N*).

En el secano racional, las malas hierbas fueron controlados por un primer pase de cultivador, seguido de una labor de arado bisurco alomando, operación que además induce una mayor profundidad de enraizamiento en el girasol; mientras en el secano tradicional solamente se llevó a cabo la primera operación. Un control mixto herbicida (Trifluralina) y mecánico (una sola labor) fue utilizado en regadío.

La recolección se realizó el 20 de Septiembre usando una microcosechadora de ensayos Hege autopropulsada, que había sido previamente adaptada para el girasol, suplementada con recoleción manual de la biomasa aérea no comercializable. Posteriormente la biomasa recolectada fue transportada utilizando un tractor y remolque. Se recolectó tanto el grano producido (biomasa comercializable) como la totalidad de la parte aérea (biomasa cosechable). La conversión del gasóleo y otros consumos (inputs) a unidades de energía fue realizada utilizando la metodología propuesta por PIMENTEL & PIMENTEL (1979) y la revisión sobre el balance energético de las explotaciones agrarias efectuado por FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1982). En el cálculo de la energía necesaria, para el suministro de la electricidad consumida, se ha tenido en cuenta un rendimiento de transformación del 33,385%.

No solamente han sido considerados los consumos procedentes de las operaciones mecánicas y de los diferentes materiales, sino también los correspondientes al trabajo humano (6 Mcal./h.) según LUCAS (1974) y STOUT (1980). La conversión de biomasa cosechable y comercializable se transforman considerando su composición y el contenido calórico de diferentes tipos de biomasa según MERCIER (1978), ARANDA (1980) y PALZ & CHARTIER (1980). La eficiencia fotosintética fue calculada, sobre la base de la radiación solar interceptada por superficies horizontales en la provincia de Toledo (tabla 1), considerando el tiempo de ocupación del cultivo.

TABLA 1
RADIACIÓN SOLAR INTERCEPTADA POR SUPERFICIES HORIZONTALES EN LA PROVINCIA DE TOLEDO. ANÓNIMO. MINISTERIO DE INDUSTRÍA Y ENERGÍA (ed.) (1981)

Mes	Radiación media diaria (KJ/ha)
Enero	6.282
Febrero	10.640
Marzo	12.342
Abril	17.184
Mayo	19.694
Junio	22.030
Julio	24.822
Agosto	22.266
Septiembre	16.144
Octubre	11.058
Noviembre	6.396
Diciembre	4.562
Total acumulado	5.285.446

Resultados

La productividad obtenida en los diferentes métodos se indica en la tabla 2, desglosada en biomasa cosechable y comercializable. Las diferencias obtenidas entre los tres sistemas de cultivo han resultado ser altamente significativos tanto para la biomasa cosechable como comercializable. En base a estos datos se efectúan parte de los cálculos posteriores. La mayor producción de biomasa comercializable corresponde al girasol cultivado en regadío, que alcanza una cantidad tres veces superior a la correspondiente al sistema de secano racional. La baja producción obtenida en el secano tradicional, es también del orden de tres veces inferior a la conseguida en el secano racional.

El índice de cosecha (tabla 2) es más favorable en el sistema de cultivo en regadío, aunque muy próximo al del secano racional; por otro lado el correspondiente al secano tradicional es mucho menor.

En las tablas 3 y 4 se agrupan los consumos en términos energéticos, utilizados en el cultivo del girasol en los sistemas de cultivo de secano racional y regadío respectivamente. La energía directa empleada en el secano tradicional se calcula en base a los datos correspondientes al secano racional (tabla 3), eliminando los componentes de producción no utilizados. En el cultivo en regadío la energía directa usada alcanza una cifra de 3.828 Mcal/ha que, comparada con la empleada en los otros sistemas, resulta ser 7 veces superior a la del secano tradicional (561 Mcal/ha) y también más elevada que la correspondiente al secano racional (1.079 Mcal/ha).

Las relaciones entre producción (output) y consumo (input) se muestran en la tabla 5. Se aprecia que existen importantes diferen-

TABLA 2
PRODUCTIVIDAD EN TÉRMINOS DE MATERIA SECA DEL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUS* L.) BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO, EN LA PROVINCIA DE TOLEDO

Sistema de cultivo	Biomasa (Kg/ha)		Índice de cosecha
	Cosechable	Comercializable	
Regadío	12.353 a	3.908 a	0,32
Secano Racional	4.420 b	1.350 b	0,31
Secano Tradicional	1.400 c	391 c	0,28

Los valores seguidos por diferentes letras son significativamente diferentes al nivel 1%.

cias entre los tres sistemas de cultivo, tanto cuando se considera el consumo y la producción, como si la comparación se realiza de forma relativa o como balance: Producción/consumo y producción - consumo.

Discusión

La comparación entre la producción obtenida en el sistema de secano racional con la del secano tradicional, que resulta ser del orden de tres veces inferior, muestra que la baja productividad del secano tradicional, esta influida por la rutina y por prácticas agronómicas poco adecuadas, y no sólo por la marcada diferencia existente entre precipitación y evapotranspiración. El sistema seguido en el secano racional muestra que una serie de practicas encaminadas a la mejor utilización del agua disponible por las precipitaciones, junto con el aporte de un pequeña cantidad de fertilizantes, puede mejorar de forma sustancial la productividad. Este grupo de modificaciones, es analizado aquí de forma conjunta.

Un comportamiento similar se presenta cuando se considera el índice de cosecha; el secano tradicional posee el valor más bajo, como consecuencia del fuerte estrés hídrico soportado, que además se agrava según avanza el ciclo biológico del girasol, por lo que la biomasa comercializable se ve influida en mayor manera que la biomasa aérea, al ir agotando progresivamente el agua disponible del suelo. La similitud de valores encontrados entre el cultivo en regadío y en secano racional, muestra que las plantas formadas en este último sistema se encuentran en una situación hídrica mas favorable al final de su ciclo, y el equilibrio alcanzado entre las diferentes partes de la planta es adecuado.

La energía consumida en el secano tradicional es aproximadamente la mitad de la consumida en el racional. La diferencia se explica fundamentalmente por la ausencia de abonado de fondo, ya que ésta representa 457 Mcal/ha. HERNANZ & al. (1992) ponen de manifiesto, que en tres sistemas diferen-

TABLA 3
INPUTS ENERGÉTICOS DEL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUS* L.) EN LOS SISTEMAS DE SECANO RACIONAL Y TRADICIONAL. TOLEDO

Componente de producción	Consumo (h/ha)	Consumo (kg/ha)	Coeficiente energético (Mcal/ha)	Input energético (Mcal/ha)	Mano de obra (Mcal/ha)	Input energético + mano de obra (Mcal/ha)
* Alzado	3,0	–	54,9	164,7	18	182,6
Abonado de fondo con distribución e incorporación	1,5		54,9	82,3	9	91,3
N	–	12	18,0	216,0	–	216,0
P_2O_5	–	36	3,4	122,4	–	122,4
K_2O	–	12	2,3	27,6	–	27,6
* Cultivador	1,5	–	54,9	82,3	9	91,3
* Siembra	1,0		54,9	54,9	6	60,9
* Semilla	–	4	7,7	30,8	–	30,8
* Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
* Recolección	1,0	–	98,0	98,0	6	104,0
* Transporte	0,5	–	54,9	27,5	3	30,5
TOTAL PARA SECANO RACIONAL						1.079,2
TOTAL PARA SECANO TRADICIONAL (Solo componentes con asterisco)						561,0

TABLA 4
INPUT ENERGÉTICO DEL GIRASOL (*HELIANTHUM ANNUS* L.) EN EL SISTEMA DE REGADIO. TOLEDO

Componente de producción	Consumo (h/ha)	Consumo (kg/ha)	Coeficiente energético (Mcal/ha)	Input energético (Mcal/ha)	Mano de obra (Mcal/ha)	Input energético + mano de obra (Mcal/ha)
* Alzado	3,0	–	54,9	164,7	18	182,6
Abonado de fondo con distribución e incorporación	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
N	–	40	18,0	720,0	–	720.0
P_2O_5	–	120	3,4	408,0	–	408,0
K_2O	–	40	2,3	92,0	–	92,0
Insecticida suelo	–	3	26,2	78,6	–	78,6
Cultivador	1,5	–	54,9	82,3	9	91,3
Herbicida	–	2	26,2	52,4	–	52,4
Aplicación	0,50	–	54,9	27,4	3,0	30,4
Incorporación	1,50	–	54,9	82,3	9,0	91,3
Siembra	1,0	–	54,9	54,9	6	60,9
Semilla	–	6	7,7	4,6	–	46,0
Cultivador	1,0	–	54,9	54,9	4,5	59,4
Riego	40,0	–	1,4	77,4	24	101,4
Electricidad	40,0*	–	10,3	412,8	–	412,8
Distribución de abonado cobertera	0,75	–	54,9	41,1	4,5	45,6
	–	65	18,0	1170, 0	–	1170,0
Recolección	1,5	–	54,9	82,3	12	94,3
Transporte	2,0	–	54,9	109,7	12	121,7
TOTAL PARA REGADIO						3.828,4

* = (kw h)

TABLA 5
RELACION ENTRE INPUT Y OUTPUT PARA EL GIRASOL (*HELIANTHUS ANNUUS* L.), BAJO TRES SISTEMAS DE CULTIVO

Sistema de cultivo	Input (Mcal/ha)	Output (Mcal/ha)		Output/Input		Output - Input	
		Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable	Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable	Biomasa cosechable	Biomasa comercia-lizable
Regadio	3.828	59.233	27.004	15,47	7,05	55.405	23.176
Secano racional	1.079	21.194	9.329	19,64	8,65	20.115	8.250
Secano tradicional	561	6.713	2.702	11,97	4,81	6.152	2.141

tes de laboreo extensivo, estudiados sobre tres cultivos, la energía asociada al fertilizante representa entre el 50 % y el 70 %, lo que viene a confirmar el peso energético de los fertilizantes.

La producción obtenida en el cultivo en regadío, es sin duda mucho más elevada que en cualquiera de los otros dos sistemas, pero considerando los altos niveles de los consumos energéticos, es preciso realizar un análisis detallado, para conocer los niveles de eficacia de los diferentes sistemas. Cuando se compara el índice producción/consumo, para los tres casos en términos de biomasa comercializable, el secano racional resulta ser el más eficiente en el uso de la energía, con un valor algo más alto que para el regadío y casi el doble del obtenido en el secano tradicional.

Considerando los excedentes energéticos comercializables generados en el cultivo, para el sistema de regadío se obtiene una energía neta de 23.176 Mcal./ha, casi tres veces superior al secano racional y más de diez veces respecto al secano tradicional. La eficiencia fotosintética sobre radiación global fue más elevada en el cultivo en regadío (0,44), que en los otros dos sistemas (0,013 % y 0,07 %), lo que está relacionado con la mayor biomasa aérea producida por aquel sistema.

A pesar de su limitada producción de biomasa comercializable, el sistema de secano tradicional tiene un balance energético positivo (producción - consumo), aunque resulta ser cuatro veces menor que el obtenido en el sistema de secano racional. Sin embargo, las diferencias entre ambos métodos no representan un coste económico elevado, y se deben básicamente a cuatro puntos: a) Realización temprana de la labor de arado; b) Utilización de un abonado de mantenimiento. c) Extensión del trabajo con cultivador y además realizado con mayor profundidad. d) Control eficaz de malas hierbas mediante ampliación del trabajo mecánico.

El sistema de secano tradicional presenta una baja el eficiencia, como consecuencia de un rendimiento muy reducido, que no aprovecha adecuadamente los consumos utilizados. No resulta muy productivo en términos de biomasa y consecuentemente de energía, pero utiliza niveles de consumos muy bajos. Únicamente puede llevarse a cabo en zonas donde existan grandes superficies de cultivo, porque la biomasa comercializable producida en 10 ha, equivale tan solo a la conseguida en 1 ha bajo regadío.

La utilización del sistema de secano racional, hace preciso considerar el importante peso que el abono tiene desde el punto de consumo de energía. lo que obliga a optimizar su empleo. Por eso, probablemente, resultaría preferible actuar en condiciones semiáridas, sobre parámetros relacionados con una mejor utilización del agua.

La producción del cultivo de girasol en riego, resulta de interés tanto por la elevada producción de energía neta, como por la eficiencia de transformación de los consumos energéticos. La principal limitación estriba, en que la superficie regable es más reducida y la competencia con otros cultivos, para la ocupación de ese área, es fuerte.

Finalmente resaltar la importancia, que como cultivo energético puede tener el girasol en un próximo futuro, considerando sus características favorables para la elaboración de "Biodiesel" a través del proceso de transesterificación, especialmente en los países del sur de Europa, aunque para ello sería preciso contar con precios estables del aceite de girasol.

En otra línea de desarrollo, también hay que considerar la posibilidad de utilizar la

biomasa cosechable, una vez separado el grano, para la producción de energía, cuando se disponga de centrales térmicas equipadas con quemadores adecuados, conjuntamente con la biomasa procedente de otras especies como el cardo (*Cynara cardunculus* L.) . De esta manera, el balance energético del girasol bajo los tres sistemas de cultivo estudiados, resulta mucho más favorable, multiplicándose por tres en el caso del secano tradicional y por dos en los otros dos sistemas.

De acuerdo con FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1993), utilizando 1 kg. de biomasa seca de cardo, se puede producir 1 Kw.h. de electricidad en un planteamiento conservador, y considerando una producción de biomasa seca de 20 tm/ha, la superficie necesaria para una Central de 10 Mw seria de 4.000 ha. El aprovechamiento de la biomasa del girasol actualmente no utilizada, podría contribuir al funcionamiento de las citadas Centrales. Además ayudaría a mejorar el balance energético y económico de las explotaciones de girasol, como ya se indicó. Para la biomasa de girasol, podría establecerse una cifra del mismo orden que la calculada por FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (l.c.) para la biomasa seca de cardo (3 pta./kg.). Únicamente quedaría pendiente el sistema de recolección de la biomasa en girasol, ya que el transporte no debería suponer problemas, al situarse el complejo agroeléctrico relativamente próximo a los campos de producción. De esta forma, con los datos aquí expuestos supondría un incremento del valor de la producción de 22.500 pta/ha en regadío, 7.500 pta/ha en secano racional y 2.500 pta./ha para el secano tradicional en condiciones semiáridas, generándose un aprovechamiento integral del cultivo.

Conclusiones

1. El sistema de cultivo del girasol en condiciones de secano tradicional, en zonas semiáridas produce muy bajos rendimientos, sin embargo tiene un balance energético positivo.

2 El sistema más eficiente en el uso de la energía es el sistema de secano racional. Las normas a seguir para su realización son las indicadas anteriormente.

3. El sistema de regadío es muy eficiente, considerando el balance energético y la eficiencia fotosintética, pero se sitúa en segunda posición cuando se considera la eficacia en el uso de la energía.

4. La elección del método de producción debería ser hecho regionalmente, porque ninguno de los métodos consigue el máximo en todos los parámetros, y también es importante considerar los indicadores socioeconómicos.

5. La utilización no sólo del grano (biomasa comercializable), sino también de la restante biomasa aérea, supondría una importante mejora en el balance energético del cultivo de girasol. También generaría un incremento en el valor económico de la producción.

Referencias bibliográficas

ARANDA, E., 1980. Demanda energética de la Agricultura. Curso de Agroenergética de la E.T.S.I.A. (Tema 3). Madrid.

FAO, 1992. Production Yearbook. FAO Collection. Statistics Serie nº 112. Vol. 46. 221 pp. Roma.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J., 1982. Balance energético de las explotaciones agrarias. Ponencia 2.2. 13ª Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. 29 pp. Zaragoza.

FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J., 1993. Agroenergética: Una opción alternativa de la agricultura actual. El Boletín, 7, 10 - 18.

HERNAZ, J. L., GIRÓN, V. S., CERISOLA, C., NAVARRETE, L. & QUINTANILLA, C. F., 1992. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 7(2), 209 -225.

LUCAS, H. 1974. El gran libro de la Salud. Enciclopedia médica de Selecciones del Reader Digest. Madrid.

MAPA, 1989. Anuario Estadístico Agrario. Secretaría General Técnica. 678 pp. Madrid.

MERCIER, J. R. 1978. Energie et Agriculture. Edit. Debard. Paris.

PAPADAKIS, J., 1966. Los climas del mundo y sus potencialidades agrícolas. Ed. Papadakis. Av. de Cordoba 4584. Buenos Aires.

PALZ, W. & CHARTIER, P. 1980. Energy from biomass in Europe. Applied Sci. Publish. London.

PIMENTEL, M. & PIMENTEL, M. 1979. Food, Energy and Society. Edward Arnold (Publish). London.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA, 1981. Radiación solar sobre superficies inclinadas. Madrid.

STOUT, B. A. 1980. Energía para la Agricultura mundial. Colección FAO: Agricultura nº 7. Roma.

(Aceptado para publicación el 24 de agosto de 1995)

ITEA (1995), Vol. 91V N.º 3, 197-206

INFLUENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO SOBRE LA CALIDAD DEL FRUTO DE NARANJO (Var. Valencia Late): EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS

R. Madrid
R.F. Lacomba,
C. Egea
M. LL. Amo
Dpto. Química Agrícola, Geología
y Edafología. Facultad de Química.
Apartado 4021.
30080 MURCIA

RESUMEN

Se estudia la influencia del tipo de riego (manta y localizado por microaspersión) sobre la evolución y niveles de diversos parámetros químicos del zumo de naranja (var. Valencia Late), durante la etapa de maduración, tales como °Brix, índice de formol, acidez valorable, prolina, pH, ácido ascórbico, macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y oligoelementos (Mn y Zn).

Se estudia la evolución de la relación °Brix/acidez como índice de madurez. Se establecen e interpretan las relaciones índice de formol/N total y K/N+P+K. A partir de los 185 días se considera el momento de la maduración e inicio del posible corte del fruto.

Palabras clave: naranja, zumo, nutrientes, riego, parámetros químicos.

SUMMARY
THE INFLUENCE OF THE TYPE OF IRRIGATION IN THE ORANGE FRUIT QUALITY (Valencia Late cv.). THE EVOLUTION OF CHEMIST PARAMETERS.

The influence of the type of irrigation (flood and drip irrigation) on the evolution and various chemical parameter levels of the orange juice (Valencia Late cv.), during the ripeness stage, such as °Brix, formol index, acids, proline, pH, ascorbic acid, macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrients (Mn and Zn).

The evolution of the relationship °Brix/acids as ripening index is studied. They are established and interpreted the relationship formol index/total N and K/N+P+K. As of 185 days is considered the moment of the ripeness and beginning of the possible court of the fruit.

Key words: orange, juice, nutrients, irrigation, chemist parameters.

Introducción

Factores influyentes en el desarrollo de los cultivos, desde el punto de vista nutricional, son la asimilación de nutrientes, las necesidades hídricas y la fotosíntesis. La calidad y productividad de los frutos vienen influenciados por factores internos, la denominada potencialidad genética y factores externos, que determinan la disponibilidad de metabolitos para su crecimiento, tales como elementos minerales, carbohidratos, agua, etc. (MADRID et al, 1990).

La tecnología del riego localizado permite, frente al riego a manta, aportar los fertilizantes simultáneamente con el agua de riego, con la debida dosificación, oportunidad, frecuencia y ajuste, coincidiendo con las necesidades de los diversos estados fisiológicos de la planta, al utilizar los automatismos apropiados. El grado de humedad que se alcanza en la zona radicular, bulbo húmedo del suelo, por el sistema de riego por goteo es controlado permanentemente, debiendo presentar niveles próximos a la capacidad de campo; que a su vez está influenciado por la evapotranspiración y la concentración de sales en el suelo (LEÓN et al, 1982; MADRID et al, 1987).

Aunque no es absolutamente clara la distinción entre los estadios de desarrollo de los frutos cítricos, sí puede apreciarse más significativamente el grado de madurez mediante la obtención de relaciones entre parámetros químicos y bioquímicos, tales como °Brix/acidez (PRIMO y ROYO, 1969), azúcares/ácidos (WILLS et al, 1984) y azúcares totales/°Brix (BOE 1988). Las prácticas culturales, los niveles y programas de riego y fertilización influyen en gran medida en la calidad y productividad de los cítricos (YAGEV, 1977; LEGAZ et al, 1981; WOLF, 1983; LEÓN et al, 1986).

Se estudia en nuestra investigación la evolución de diversos parámetros químicos en naranja, variedad Valencia Late, durante el período de maduración del fruto, directamente relacionados con su calidad, en dos parcelas próximas, con distinto régimen de riego, a manta y localizado a microaspersión.

Material y métodos

Las parcelas ensayadas se encuentran en Sagunto (Valencia), cultivadas con naranjos adultos de la variedad Valencia Late, sobre patrón de naranjo amargo, de 21 años en el momento del estudio en ambos casos a lo largo de los años 1990 y 1991. Cada parcela de experimentación está constituida por 60 árboles muy uniformes y suelos semejantes, dispuestos en filas, muestreándose 15 árboles en V en la zona central, con una periodicidad aproximada de 30 días; se recogen 25 frutos a lo largo de la franja correspondiente al tercio medio del árbol

Las precipitaciones en la zona son escasas, lo que origina un déficit hídrico, que se resuelve con el riego, utilizando dos sistemas (manta y localizado con microaspersión) para estudiar su influencia en el desarrollo del fruto. El período seco se extiende desde abril a septiembre, superando la E.T.P. a la precipitación, lo que obliga a un aumento del riego. Las medias mensuales de temperatura superan los 10°C durante todo el año y las medias estivales no sobrepasan los 30°C, condiciones adecuadas para el desarrollo de los cítricos.

Los suelos de las parcelas en estudio fueron roturados y abancalados en su día, resultando antropizados y permeables. No presentan en ningún caso problemas de

encharcamiento ni mal desarrollo del sistema radicular de las plantaciones de naranjos. Bajo contenido en carbonatos totales y poder clorosante en ambas parcelas. Bajo contenido en nitrógeno total en la parcela de microaspersión y valores altos en materia orgánica y fósforo, más elevados en la parcela de riego a manta. Capacidad de cambio catiónico media y alta saturación en calcio. Textura franco-arcillo-arenosa.

La recogida de muestras de aguas de riego se ha efectuado siguiendo las normas recomendadas. No son de esperar problemas de toxicidad de sodio (0.04 g/l), cloruros (0.11 g/l) o boro (0.08 mg/l) en el desarrollo de los cítricos, ni existen problemas de permeabilidad derivados de su uso. Ligero riesgo de salinización del suelo, dada su conductividad eléctrica de media a alta (1.41 dS/m) y dureza algo elevada(77 °F). El aporte anual de agua en riego localizado es de 18.8 m3 /árbol y en riego a manta es más elevado

La variedad en estudio se encuentra sometida en las parcelas ensayadas al correspondiente programa de riego y fertilización anual (Cuadro 1). La fertilización básica N-P-K llevada a cabo en los años ensayados en la parcela de riego localizado, se efectúa con urea, fosfato monoamónico y nitrato potásico, utilizando como corrector nitrato de magnesio, vía suelo; distribuidos a lo largo del año y por árbol a razón de 1980 g de nitrógeno, 390 g de fósforo y 662 g de potasio. También se aplican como correctores vía foliar fertilizantes de los oligoelementos manganeso y cinc. La aplicación de los fertilizantes en la parcela de riego a manta se realiza en los mismos períodos que para microaspersión, siendo las cantidades que se aportan de un 20 a un 30% superiores a las indicadas para microaspersión.

Los valores dados, para las distintas fechas y tomas, corresponden a la media de las parcelas con igual sistema de irrigación y dos repeticiones analíticas. Los valores encontrados son sometidos al análisis de la varianza y las diferencias que se consideran son significativas al 95%.

Entre los métodos de análisis del zumo, las medidas de pH se efectúan directamente mediante la utilización de un pH-mV-metro con electrodo combinado de pH. La acidez valorable se determina mediante valoración con NaOH 0.1 N y fenolftaleina 1% como indicador y se expresa en gramos de ácido cítrico anhidro/100 ml de zumo. El índice de formol se determina por valoración potenciométrica con NaOH 0.25 N.

El aminoácido prolina se determina por espectrofotometría-VIS, a 509 nm, del complejo coloreado con ninhydrina mediante extracción con n-butilacetato (I.F.F.J.P., 1983).

Para la determinación de los elementos minerales se efectúa la mineralización del zumo por vía húmeda, con HNO_3 y $HC10_4$. El potasio se determina por espectrofotometría de emisión a partir de los zumos digeridos y diluidos. Calcio, magnesio y los oligoelementos manganeso y cinc se determinan mediante espectrofotometría de absorción atómica, bajo las apropiadas condiciones de trabajo.

El fósforo se determina por espectrofotometría-VIS a 460 nm, mediante desarrollo del color con molibdato amónico y metavanadato amónico.

El nitrógeno total se determina siguiendo el método Kjeldahl semimicro (BREMNER, 1965).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra la evolución con el tiempo de los °Brix, índice de formol, acidez valorable, prolina, pH y ácido ascórbico en el zumo de naranja (var. Valencia Late) bajo ambos sistemas de riego.

El contenido en sólidos solubles aumenta al acercarse al momento de corte del fruto, alcanzando en esta fecha los valores más altos; los niveles de °Brix en los frutos bajo riego localizado es menor que en los regados a manta.

El índice de formol presenta un rango de variación estrecho con un mínimo a los 200 días desde el cuajado del fruto, aumentando conforme van madurando los frutos. Durante el período estudiado los niveles son ligeramente superiores para los frutos en riego a manta, produciéndose una inversión temporal a los 230 días.

La acidez disminuye con la maduración, hasta alcanzar un mínimo en la época de corte del fruto debido a la transformación de los ácidos en azúcares, con valores algo más bajos para el riego localizado, aumentando las diferencias en la última etapa.

La prolina aumenta de forma constante durante el período ensayado, bajo ambos sistemas de irrigación, manteniéndose más altos los niveles para el riego a manta. En el momento de corte se produce un sostenimiento de los niveles de prolina para microaspersión, mientras que en riego a manta continúan aumentando, con una diferencia entre ambos de 39 mg/100 ml.

Al disminuir la acidez de los frutos se produce un aumento de pH, durante el período estudiado, siendo superiores los valores en los frutos sometidos a riego localizado.

Los contenidos en ácido ascórbico son similares para los frutos en ambos sistemas de irrigación entre los 150 y 180 días, a partir de los cuales aparece una clara separación, con igual evolución, y un acentuamiento de las diferencias hacia la etapa de corte del fruto, situándose en niveles superiores bajo riego a manta (57 mg/100 ml).

En la Figura 2 se representa la evolución con el tiempo de los niveles de macronutrientes N, P, K, Ca y Mg y los oligoelementos Mn y Zn en el zumo de naranja durante el período de maduración, bajo los dos sistemas de riego ensayados.

Los niveles y evolución del potasio, elemento mayoritario, son prácticamente coincidentes para ambos sistemas de riego con un mínimo a los 231 días, aumento posterior y un máximo en el momento del corte del fruto, ligeramente superior para el riego a manta (178 mg/100 ml).

El nitrógeno presenta unos valores constantes hasta los 260 días (76 a 102 mg/100 ml), con un leve ascenso hasta alcanzar el valor máximo en la última etapa; los niveles para riego a manta son algo más elevados.

El fósforo mantiene sus niveles estables en la primera etapa con una ligera elevación al final del período de maduración con niveles más altos en todo momento para los frutos bajo microaspersión, debido a una mayor movilidad del nutriente por la influencia mecánica e hídrica del sistema de riego, y una mayor absorción por el cultivo.

Los niveles de magnesio disminuyen inicialmente, siendo coincidentes para ambos sistemas de riego, aumentando ligeramente en la etapa final (11 mg/100 ml); los valores máximos se presentan a los 154 días para ambos sistemas de riego, y evolución coincidente. El calcio presenta un sostenimiento

TABLA I
PROGRAMA DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN PARA LOS SISTEMAS A MANTA Y LOCALIZADO CON MICROASPERSORES

MES	RIEGO (m^3/árbol)	FERTILIZANTE	LOCALIZADO (g/árbol)	MANTA (g/árbol)
I	0.63	Fosfato monoamónico	80.0 - P	100.0 - P
		Nitrato potásico	132.0 - K	165.0 - K
II	0.80	Urea	99.2 - N	124.0 - P
		Fosfato monoamónico	80.0- P	100.0 - P
		Nitrato potásico	132.0 - K	165.0 - K
III	0.98	Urea	197.6 - N	247.0 - N
		Fosfato monoamónico	80.0 - P	100.0 - P
		Nitrato potásico	132.0 - K	165.0 - K
IV	1.37	Urea	297.0 - N	371.2 - N
		Nitrato magnésico	9.5 - Mg	11.8 - Mg
V	2.25	Urea	297.0 - N	371.2 - N
		Nitrato magnésico	9.5 - Mg	11.8 - Mg
VI	3.09	Urea	297.0 - N	371.2 - N
		Nitrato magnésico	9.5 - Mg	11.8 - Mg
VII	2.75	Urea	297.0 - N	371.2 - N
		Nitrato potásico	66.0 - K	82.5 - K
		Nitrato magnésico	9.5 - Mg	11.8 - Mg
VII	2.69	Urea	297.0 - N	371.2 - N
		Nitrato potásico	67.0 - K	83.7 - K
IX	1.96	Urea	297.0 - N	371.0 - N
		Nitrato potásico	66.0 - K	82.5 - K
X	1.26	Nitrato potásico	67.0 - K	83.7 - K
XI	0.61	Fosfato monoamónico	80.0 - P	100.0 - P
XII	0.38	Fosfato monoamónico	80.0 - P	100.0 - P

Correctores foliares de manganeso y cinc (0.15 g/m^2 superficie real en Febrero-Marzo).

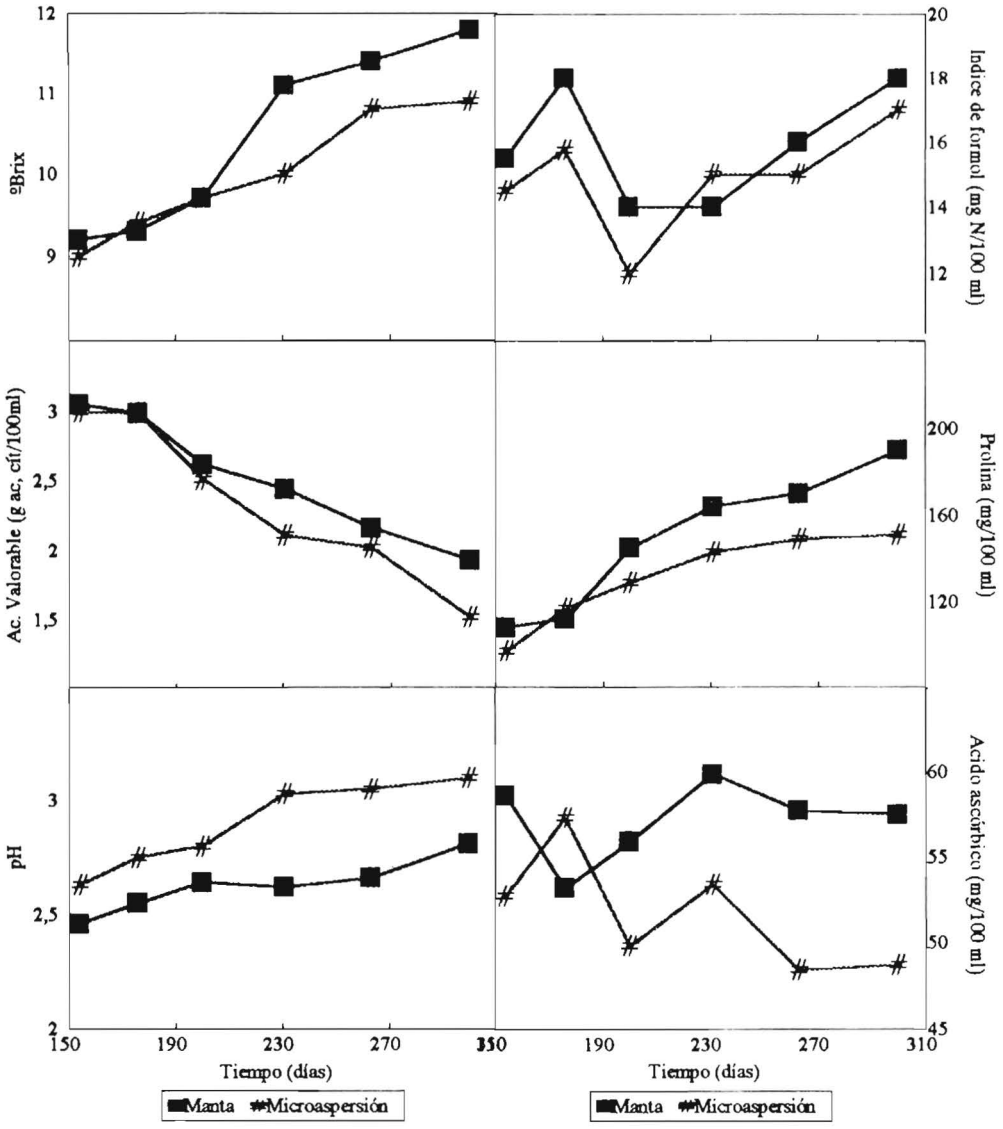


Figura 1. Evolución estacional de los parámetros °Brix, índice de formol, acidez valorable, prolina, pH y ácido ascórbico en zumo de naranja (var. Valencia Late) bajo riego a manta y localizado.

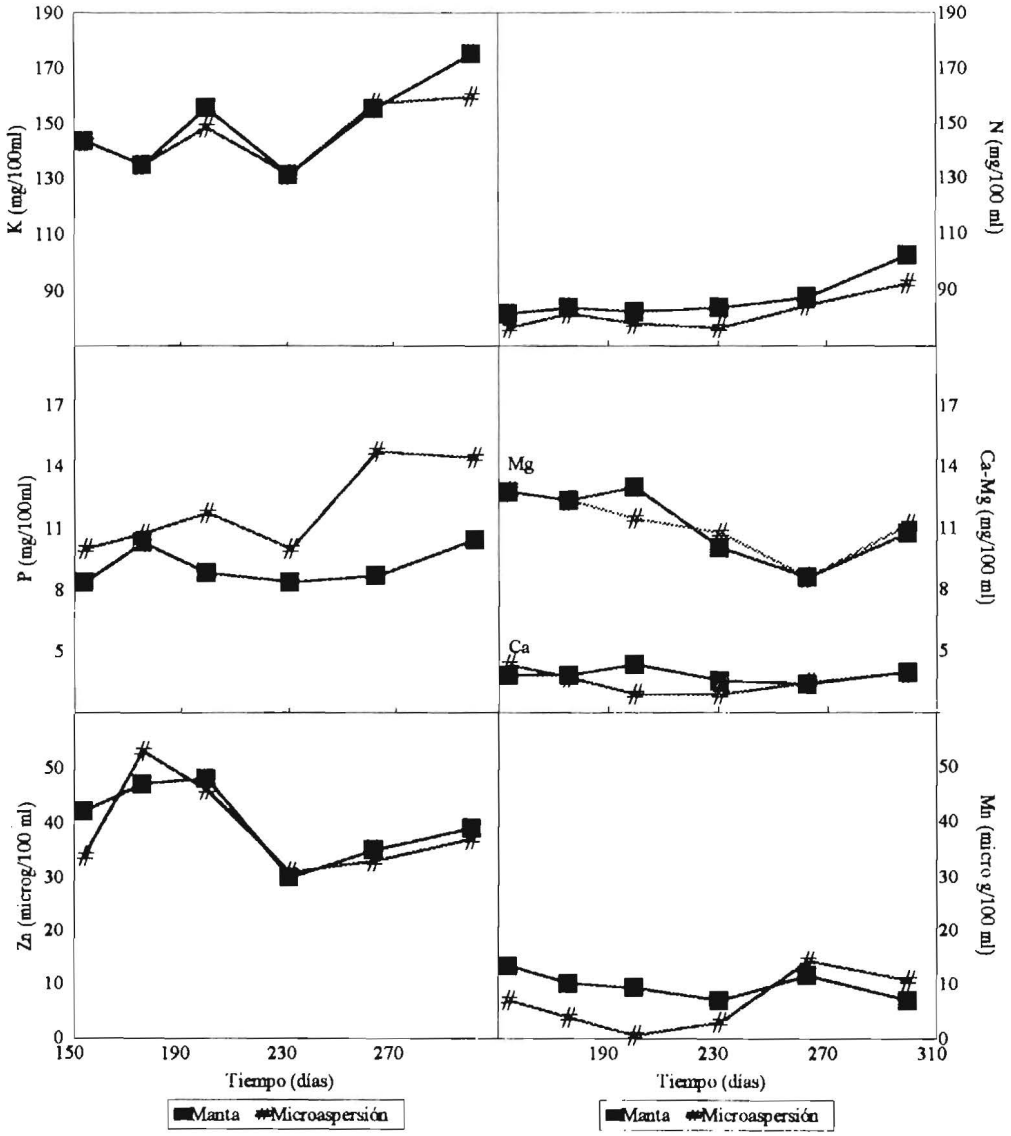


Figura 2. Evolución estacional del contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso y cinc en zumo de naranja (var. Valencia Late) bajo riego a manta y localizado.

de los niveles durante todo el período siendo próximos para ambos sistemas de riego.

Los niveles de cinc son coincidentes para ambos sistemas de riego durante todo el período estudiado, presentando un rango de concentraciones de 34 a 53 μg/100 ml para el sistema de riego por goteo y de 30 a 49 μg/100 ml para el riego a manta.

El manganeso evoluciona de forma similar bajo ambos sistemas de riego con valores más altos para el riego a manta durante la primera etapa e invirtiéndose en la etapa final.

En la Figura 3 se muestra la evolución estacional de las relaciones °Brix/acidez, índice de formol/N total y K/N+P+K en el zumo de naranja, junto a las relaciones de la acidez valorable, °Brix y ácido ascórbico con el crecimiento del diámetro ecuatorial del fruto, bajo ambos sistemas de riego.

La relación °Brix/acidez aumenta a partir de los 185 días desde el cuajado del fruto, alcanzando a los 300 días el valor máximo (6.11 para riego a manta y 7.17 para riego localizado); niveles muy próximos a lo largo del tiempo de desarrollo, acentuándose las diferencias en el momento del corte final

La relación índice de formol/N total se mantiene constante durante el período ensayado, bajo ambos sistemas de riego, con valores prácticamente coincidentes, entrecruzándose a los 200 días.

La relación entre macronutrientes K/N+ +P+K presenta una evolución próxima para ambos sistemas de irrigación (0.58-0.64) con ligeras fluctuaciones iniciales y una constancia a partir de los 240 días desde el cuajado del fruto.

La relación acidez valorable/diámetro del fruto es decreciente como el numerador y teniendo en cuenta el crecimiento del denominador. La evolución es idéntica bajo ambos sistemas de riego, con niveles algo superiores en riego a manta.

La relación °Brix/diámetro es prácticamente constante para ambos sistemas de riego en la etapa de maduración, con valores para riego a manta y microaspersión de 0.17 y 0.15, respectivamente.

La relación ácido ascórbico/diámetro es ligeramente decreciente, con valores más elevados en riego a manta como en los dos casos anteriores, tal como ocurre en la evolución de las dos relaciones anteriores.

Conclusiones

Los niveles de los distintos parámetros estudiados (°Brix, índice de formol, acidez valorable, prolina y vitamina C) son coincidentes inicialmente y superiores en la etapa de maduración en riego a manta frente a goteo con microaspersores, no contribuyendo esta nueva técnica a mejorar la calidad de los frutos, sí la productividad según otros trabajos.

El sistema de riego localizado, frente a manta, favorece la absorción de los nutrientes por parte de la planta en la etapa de maduración del fruto, de forma más acentuada en el caso del fósforo, así como para magnesio y manganeso.

La relación °Brix/acidez muestra una constancia inicial, pasando a partir de los 180 días desde el cuajado del fruto a presentar un crecimiento constante, con valores próximos bajo ambos sistemas de riego, con un cierto distanciamiento en el momento final de corte del fruto. Las relaciones índice de formol/N total y K/N+P+K, presenta

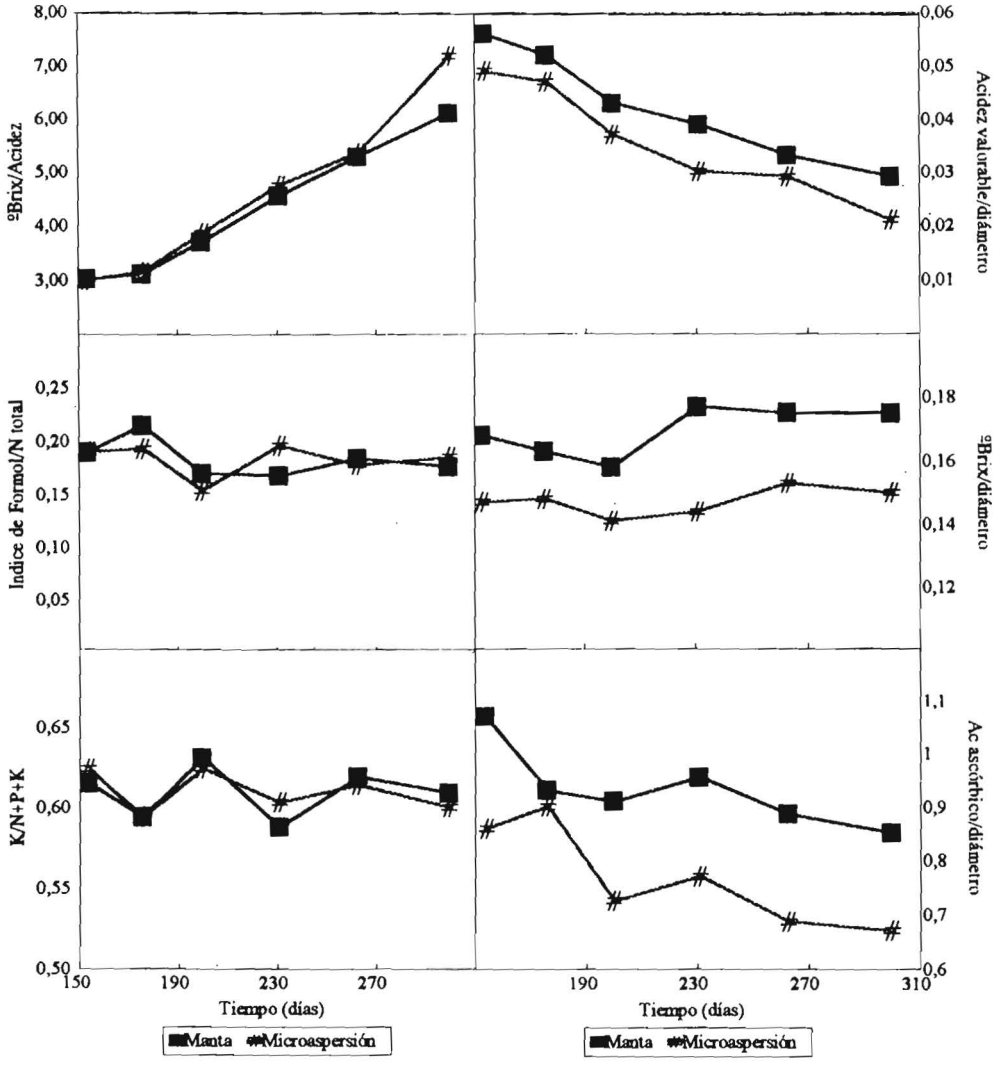


Figura 3. Evolución estacional de las relaciones °Brix/acidez valorable, índice de formol/N total, K/N+P+K, acidez valorable/diámetro, °Brix/diámetro y ácido ascórbico/diámetro en zumo de naranja (var. Valencia Late) bajo riego a manta y localizado.

valores prácticamente constantes y próximos durante el período estudiado, para ambos sistemas de riego.

El estudio evolutivo al relacionar con el diámetro ecuatorial los niveles de acidez valorable, °Brix y ácido ascórbico, conduce a curvas decrecientes para la acidez y la vitamina C, y constante para los °Brix, con valores próximos aunque siempre superiores cuando la irrigación es a manta.

Bibliografía

BOE, 1988. Métodos Oficiales de análisis de zumos. Pag. 3897.

BREMMER J.M., 1965. Total nitrogen. Method of soil analysis. Part. 2. Black. C.A. Edit. American Society of Agronomy. Inc. Publ, Madison.

I.F.F.J.P. Analyses. 1983. Determination of proline. 49, 1-3.

LEGAZ, F., IBÁÑEZ, R. DE BARREDA, D.G., PRIMO MILLO, E., 1981. Influence of irrigation and fertilization on productivity of the "Navelate" sweet orange. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2, 591-595.

LEÓN, A., DEL AMOR, F., TORRECILLAS, A., 1982. La utilización del evaporímetro en la programación del riego localizado del limonero. Anal. Edafol. Agrobiol. 3-4, 497- 510.

LEÓN A., DEL AMOR, F., TORRECILLAS, A., 1986. El riego en la región de Murcia. CAGP-CSIC. Murcia.

MADRID, R, FERRER, C., FERRANDO J.S., 1987. Movilidad y distribución de los iones en el suelo, mediante fertirrigación localizada, en el cultivo de cítricos. II Simposio Nacional de fertilización en riego localizado. Almería. Vol. I. 126-138.

MADRID, R, CÁNOVAS, J., LACOMBA, RF., CANO, J.A., LORENTE, J., BERNAL, P., 1989. Relaciones entre parámetros físicos durante el desarrollo de las naranjas (Var. Valencia Late). Influencia del tipo de riego. ITEA, 85, 23-33.

PRIMO, E., ROYO, J., 1969. Detección de adulteraciones en zumos. XIV. Composición mineral del suero de los zumos procedentes de variedades españolas. A.T.A 9. 100-105.

WILLS, R.H.H., LEE, J.H, GRAHAM, D., MC. GLASSON, W.B., HALL, E.G., 1984. Fisiología de frutos y hortalizas postrecolección. New South Wales. University Press Ltd. Ed. Acribia. Zaragoza. pp 195.

WOLF, P., 1983. On the developmental status of microirrigation. Plant Research and Development. 18, 70-80.

YAGEV, E., 1977. Drip irrigation in citrus orchards. Proc. Int. Soc. Citriculture. 1, 110-113

(Aceptado para publicación el 24 de agosto de 1995)

ITEA (1995), Vol. **91V N.º 3,** 207-210

EFECTO DE COMPUESTOS BIOLOGICOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE CEBADA INFECTADA CON *Puccinia striiformis f.sp. hordei*

A. Castrejón Sanguino

Campo Agrícola Experimental
Morelia, INIFAP Tte. Isidro Alemán 294
Chapultepec Sur
Morelia, Mich. México. 58260

RESUMEN:

El experimento se condujo en condiciones de campo y sobre cebada var. Centinela, la cual es susceptible a *Puccinia striiformis* f.sp. *hordei.* Los tratamientos que se rociaron sobre el cultivo fueron: caldo de extracto de levadura en donde creció *Erwinia herbicola,* caldo de papa-dextrosa en donde se desarrolló *Helminthosporium tritici-repentis,* diluído 1:2 v/v y extracto de plantas de cebada resistentes, infectadas con *P. striiformis hordei* y que presentaron reacción notable de hipersensibilidad. Se realizaron dos aspersiones, la primera en espigamiento y otra 15 días después. Todos los tratamientos favorecieron un incremento en el rendimiento que fluctuó de 100 a 1000 kg/ha, sobresaliendo el relacionado con H. *tritici-repentis,* que también inhibió en un 40% el desarrollo de la roya lineal.

Palabras clave: *Puccinia striiformis* f.sp *hordei,* Compuestos biológicos, Inducción resistencia, Cebada

SUMMARY:
EFFECT OF BILOGICAL COMPOUNDS ON YIELD OF *Puccinia striiformis f.sp. hordei* INFECTED BARLEY.

This study was done under field conditions on Centinela barley variety susceptible to *Puccinia striiformis* f.sp. *hordei.* The treatments were sprinkled on plants and they were: yeast extract broth with *Erwinia herbicola,* potato dextrose broth inoculated with *Helminthosporium tritici-repentis* (1:2 v/v), and barley resistent to *P. striiformis hordei* extracts plants. Two aspersions were done, one on heading and 15 days later. All treatments were favorable on plants and increasing yield 100 to 1000 kg/ha. The best treatment was H. tritici-repentis broth it reduced *P. striiformis hordei* infection in 40%.

Key words: *Puccinia striiformis f.sp hordei,* Biological compounds, Resistance Induction, barley.

Existe amplia información basada en experimentos demostrables que han señalado la respuesta "inmunológica" de plantas susceptibles al ataque de diversos patógenos (Kuc, 1987). Estas respuestas de resistencia, en ese tipo de plantas, pueden ser inducidas por el manejo de organismos de baja virulencia, metabolitos sintetizados por los

patógenos en medios de cultivo, en cuyo caso, al ser aplicados en plantas susceptibles, se incrementa la síntesis de enzimas oxidativas como la fenil-alanina amonia liasa, peroxidasa, catalasa, etc., todas ellas relacionadas con mecanismos de defensa. También existen respuestas de resistencia cuando se aplican determinados compuestos como el peróxido de hidrógeno, ozono, ácido salicílico, fragmentos de pared celular e iones de Ca o Li, etc. (ALBRECHT, *et al.,* 1994; KANGASJARVI, *et al.,* 1994; KUC, 1987; MESSIAEN, VANCUTSEM, 1994; PREISIG, MOREAU, 1994; SIEGRIST, 1994).

La roya lineal o amarilla de la cebada, causada por *Puccinia striiformis* f.sp. *hordei,* se detectó en 1986 en México, causando pérdidas severas en el cultivo; actualmente se tienen variedades tolerantes y un calendario de control químico. Con el propósito de desarrollar un control de la enfermedad diferente al químico, en donde pudiesen estar involucradas reacciones de resistencia inducida, se planteó el presente experimento utilizando compuestos biológicos y realizándolo, bajo condiciones de campo, en el Campo Agrícola Experimental de El Bajío, al centro de la República Mexicana. Para este propósito se utilizó a la variedad Centinela, susceptible a la roya lineal, sembrándose en parcelas de 1.2x5 m (6 m^2). Los tratamientos fueron: caldo de extracto de levadura, donde creció la bacteria *Erwinia herbicola,* caldo de papa-dextrosa, inoculado con *Helminthosporium tritici-repentis,* este hongo en México es de baja virulencia a cebada. Ambos medios se incubaron por espacio de 15 días a temperatura ambiente (18-25°C) y luego se filtraron a través de algodón. El sobrenadante donde creció la bacteria se aplicó directamente y el del hongo se diluyó 1:2 v/v. Por último, se aplicaron extractos de plantas resistentes e infectadas con roya lineal, las cuales mostraron reacciones notables de hipersensibilidad. El extracto se obtuvo moliendo 100 g de follaje en un litro de solución amortiguadora de fosfato de Na 0.1 M y filtrado. En todos los tratamiento se aplicaron 180 ml de solución por parcela (6 m^2) y al testigo se le aplicó el mismo volumen de agua. El diseño experimental fue de parcelas divididas con tres repeticiones, siendo la parcela mayor los tratamiento y la menor el número de aspersiones, dos en total, la primera hacia espigamiento, al inicio de síntomas y la segunda 15 días después, utilizándose la prueba de Tukey 0.05 para separar medias. Los parámetros medidos fueron: rendimiento calculado en ton/ha, porcentaje de grano aprovechable, el cual es un indicador para su aceptación en la industria cervecera, abajo del 84% el grano puede ser rechazado, finalmente el porcentaje de roya lineal, obteniéndose hacia grano masoso; este parámetro se determinó de acuerdo al folleto: Guía para Evaluar Royas, editado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.

Los resultados indicaron que los tratamientos favorecieron un incremento estadísticamente significativo en el rendimiento y grano aprovechable, aún cuando el porcentaje de roya lineal hacia grano masoso fue alto. Se hipotetizó que en las parcelas tratadas, el desarrollo de la roya pudo haber sido lento durante las etapas fenológicas críticas del parasitismo, que van de espigamiento a grano lechoso, en estas etapas, altos porcentajes de infección, provocan reducciones del rendimiento, situación que no sucede en infecciones fuera de estos períodos; en cambio, para el testigo, el desarrollo de la roya pudo ser rápido como en cualquier variedad susceptible y para el momento en que se hizo la evaluación, en grano masoso, los tratamientos ya habían llegado al mismo nivel de infección que en

el testigo. En otras palabras, se sugirió que el testigo llegó a un 100% de infección en las etapas críticas (espigamiento-grano lechoso) y los tratamientos en etapas posteriores (grano masoso). En este experimento no se determinó el porcentaje de infección en períodos anteriores a grano masoso. Por otra parte, los aumentos del rendimiento fluctuaron de 100 a 1000 kg/ha, siendo el más notable la aplicación del caldo de cultivo donde creció *H. tritici-repentis,* seguido de *E. herbicola* y por último la aplicación del extracto de plantas resistentes. Únicamente con dos aplicaciones del caldo *H. tritici-repentis* el porcentaje de infección se redujo en 40% (Cuadro 1). En base a lo indicado por KÚC J., 1987, el cual consigna que, en general, todas las plantas susceptibles son factibles de adquirir resistencia temporal a un patógeno, cunado es manipulado un organismo de baja virulencia o un factor inductor en donde no se involucren organismos vivos; esta situación es la que se propone en el presente trabajo con relación a *H. tritici-repentis,* el cual es de baja virulencia en cebada, siendo el único tratamiento que inhibió en un 40% el desarrollo del patógeno. Con los resultados de este experimento preliminar, se vio la factibilidad de incrementar los redimientos de la cebada parasitada con *P. striiformis-hordei* utilizando materiales no contaminantes del medio ambiente. En conclusión: se observó que todos los tratamientos, excepto el testigo,

CUADRO 1
EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE CEBADA VARIEDAD CENTINELA INFECTADA CON *Puccinia striiformis* f.sp. *hordei,* EN CONDICIONES DE CAMPO

Tratamiento	Número Aplicaciones	Rendimiento Ha.	% Grano Aprovechable	% Roya Lineal	Incremento Kg/Ha
Erwinia/1	1	2.6 BC/2	90.7 A	90.0 B	400
herbicola	2	2.3 C	89.9 AB	100.0 B	100
H. tritici-/1	1	2.8 B	87.9 B	90.0 B	600
repentis	2	3.2 A	87.4 BC	60.0 A	1000
EXTRACTO					
PLANTA	1	2.2 D	86.8 BC	100.0 B	0
RESISTENTE	2	2.7 BC	87.4 BC	100.0 B	500
TESTIGO	0	2.2 D	85.9 C	100.0 B	0
SIGNIFICANCIAS					
PARCELA MAYOR		**	*	**	
PARCELA MENOR		**	*	**	
INTERACCION		**	*	**	
CV		14%	3%	10%	

1. Aplicación de caldos de cultivo en donde crecieron esos organismos.
2. Letras iguales, los tratamientos son estadísticamente iguales Tukey 0.05

favorecieron incrementos en los rendimientos de la cebada var. Centinela parasitada por *P. striiformis* f.sp. *hordei* y en general fueron más efectivas dos aplicaciones que una. El tratamiento sobresaliente fue dos aplicaciones del caldo en donde creció *H. tritici-repentis*.

Bibliografía

ALBRECHT, C., et al, 1994, Chitinase and peroxidase activities are induced in eucalyptus roots according to aggressiveness of Australian ectomycorrhizal strains of *Pisolithus* sp. New Phytologist, 127,217-222.

KANGASJARVI, J., et al, 1994, Plant defence systems induced by ozone. Plant Cell and Environment, 17,783-794.

KUC, J., 1987, Plant immunization and its applicability for disease control, pp. 255-274. En: Innovative Approaches to Plant Disease Control. Cap. 12, Ilan Chet (Ed.), 500 pp. John Wiley & Sons Inc. New York.

MESSIAEN, J., VANCUTSEM, P., 1994, Pectic signal transduction in carrot cells: Membrane, cytosolic and nuclear responses induced by oligogalacturonides. Plant and Cell Physiology, 35,677-689.

PREISIG, C.L., MOREAU, R.A., 1994, Effects of potential signal transduction antagonists on phytoalexin accumulation in tabacco. Phytochemistry, 36,857-863.

SIEGRIST, J. et al, 1994, Defense responses in infected and elicited cucumber (*Cucumis sativus* L.) hypocotyl segments exhibiting acquired resistance. Plant Physiology, 105,1365- 1374.

(Aceptado para publicación el 15 de febrero de 1995)

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Tipo de artículos que pueden ser enviados para su consideración al Comité de Redacción: se admite todo aquel que contribuya al intercambio de información profesional y trate de los más recientes avances que existan en las distintas actividades agrarias.

Para evitar retrasos en publicar se dará prioridad a los artículos que no excedan de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos.

Una *información para autores* más detallada puede ser solicitada al Comité de Redacción. Rogamos sea leída detenidamente, prestando atención especial a los siguientes puntos:

CONDICIONES GENERALES

Los artículos, en castellano, serán enviados por triplicado a:

Sr. Director de la Revista ITEA – Apartado 727 – 50080 ZARAGOZA

Los autores podrán recibir, si lo desean, un juego de pruebas, caso contrario o en el de retrasar su devolución, el artículo será publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

Los originales deberán mecanografiarse a doble espacio en hojas de tamaño uniforme, dejando amplios márgenes y siendo numeradas correlativamente.

El título no incluirá abreviaturas y será corto y preciso. En la misma página se incluirán los nombres completos de los autores, así como la dirección postal y nombre de la Entidad en donde se haya realizado el trabajo.

Todas las colaboraciones incluirán en primer lugar un resumen corto de 200-500 palabras. Será comprensible por sí mismo, sin referencias al artículo. Se aceptará la traducción del resumen a otros idiomas, incluyendo el título.

A continuación del resumen vendrá el artículo completo, procurando mantener una disposición lógica, considerando cuidadosamente la jerarquía de títulos, subtítulos y apartados.

Los dibujos, gráficos, mapas y fotografías deben titularse todos *figuras*. Los *cuadros* y *figuras* deben llevar numeración diferente, pero ambos en cifras árabes.

Los pies o títulos de cuadros y figuras deben redactarse de modo que el sentido de éstos pueda comprenderse sin necesidad de acudir al texto. Los títulos, pies y leyendas de los cuadros y figuras se traducirán al inglés y se incluirán en letra cursiva, bajo el correspondiente en español.

Los dibujos, gráficos y mapas serán presentados en la mejor calidad posible. Las fotografías o diapositivas han de ser nítidas.

En general se evitará el uso de abreviaturas poco conocidas, que en todo caso serán debidamente explicadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En el *texto* las referencias deben hacerse mediante el apellido de los autores en mayúsculas seguido del año de publicación, todo entre paréntesis.

Al final del trabajo, y precedida de la mención *Bibliografía,* se hará constar una lista alfabética de todas (y únicamente) las referencias utilizadas en el texto. En el caso de incluir varios trabajos del mismo autor se ordenarán cronológicamente.

Cuando se citen revistas[1], libros[2] y volúmenes[3] incluyendo artículos de varios autores en la lista de referencias, se hará según los siguientes ejemplos:

(1) DEMARQUILLY C., 1969. Valeur alimentaire du maïs fourrage, I. Composition chimique et digestibilité du maïs sur pied. Ann. Zootech. 18 (1), 17-32.
TABUENCA M.C., 1968 a. Necesidades de frío invernal de variedades de peral. An. Aula Dei, 9, 1-9.
TABUENCA M.C., 1968 b. Necesidades de frío invernal de variedades de albaricoquero. An. Aula Dei, 9, 10-24.

(2) NAKOVSKI L., 1956. Patología general (en ruso), 3 vol. 1862 pp. Ed. Vroskaya. Leningrado.

(3) GONZÁLEZ L., MISONE J., 1972. La gestión de cooperativas, Vol. 1, 126-129. Ed. Casalos. Valencia.

I T E A

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

AÑO XXVI (1995), Vol. 91V N.º 3

ÍNDICE

Página

Opinión (El recuerdo del profesor Monteagudo) 147

M.E. MIRANDA FONTAÍÑA, J. FERNÁNDEZ LÓPEZ.- Aclimatación, cultivo en vivero y calidad de planta de castaño micropropagado 149

A. LEYVA, J. POHLAN.- Rotación VS: Monocultivo. El camino hacia la agricultura sostenible en Cuba 157

J. TOUS, I. BATLLE, A. ROMERO.- Prospección de variedades de algarrobo en Andalucía 164

E. GARCÍA-ESCUDERO, J. BAIGORRI, J.R. LISSARRAGUE, V. SOTES.- Influencia del riego sobre la acidez de mostos en cv. Tempranillo (V. vinífera L.) 175

G. YEPES JARAMILLO, E. SOBRINO VESPERINAS.- Balance energético del girasol (*Helianthus annuus* L.) en condiciones semiáridas bajo diferentes condiciones de cultivo 186

R. MADRID, R.F. LACOMBA, C. EGEA, M.LL. AMO.- Influencia del sistema de riego sobre la calidad del fruto de naranjo (Var. Valencia Late): Evolución de los parámetros químicos 197

A. CASTREJÓN SANGUINO.- Efecto de compuestos biológicos sobre el rendimiento de cebada infectada con *Puccinia striiformis f.sp. hordei* 207