

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

**Asociación
Interprofesional
para el Desarrollo
Agrario**

Vol. 100V N.º 1



ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
www.aida-itea.org

2004 - AÑO XXXV Vol. 100V N.º 1	DIRECCIÓN Y REDACCIÓN Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 576311 Fax.: 34-976 575501 E-mail: jmarin@cead.csic.es andreu@cead.csic.es cmmarin@aragob.es	Depósito legal: Z-577-82 ISSN: 1130-6017 INO Reproducciones, S.A. Polígono Miguel Servet, nave 13 50013 Zaragoza
------------------------------------	---	--

COMITÉ DE REDACCIÓN

DIRECTOR: Juan A. Marín Velázquez
SUBDIRECTOR: Joaquín Uriarte Abad
EDITORES: Producción Vegetal: Pilar Andreu Puyal
Producción Animal: Clara M.ª Marín Alcalá
VOCALES: José Álvarez Álvarez
Rafael Delfa Belenguer
Joaquín Gómez Aparisi
Emilio Manrique Persiva
José Luis Alabart Álvarez
Azucena Gracia Royo
M.ª Dolores Quílez Sáez de Viteri
Marisol Luis Arteaga
Pere Alberti Lasalle

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Ángel Ruiz Mantecón
2.º Rafael Socías i Company
SECRETARIO: Eduardo Notivol Paino
TESORERO: Joaquín Uriarte Abad
VOCALES: Pere Alberti Lasalle
José Álvarez Álvarez
Clara M.ª Marín Alcalá
M.ª Teresa Paramio Nieto
Emilio Manrique Persiva
Antonio Felipe Mansergás
Rafael Delfa Belenguer

Prohibida toda reproducción total o parcial sin autorización expresa
de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario, editor titular del Copyright.

ITEA no se responsabiliza necesariamente con las opiniones vertidas 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 2004 se publicarán los volúmenes 100A y 100V correspondientes a las series
Producción Animal y Producción Vegetal.

El precio de la suscripción para 2004 será de 27 € para una serie y de 36 € para las dos series.

Se acepta el intercambio con otras revistas.

ITEA. Apartado 727. 50080 Zaragoza (ESPAÑA)

RELACIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ITEA (PRODUCCIÓN VEGETAL) DURANTE 2003

AUTOR Y TÍTULO	Rev. n.º	Pág.
G. ACHIM, I. BOTU, M. BOTU, I. GODEANU, A. BACIU, S. COSMULESCU: <i>'Miroval', un nuevo patrón clonal para cultivares de ciruelo europeo</i>	99V-1	92
E.S. ALBÁS, S. JIMÉNEZ, J. APARICIO, M.A. MORENO: <i>Influencia de diferentes patrones híbridos almendro x melocotonero en la calidad del fruto de melocotonero</i>	99V-1	48
H.A. ALTUBE, R.S. RIVATA, M.G. ONTIVERO-URQUIZA, R.J. TABORDA: <i>Caracterización de variedades de almendro (Prunus amygdalus Batsch) mediante el polimorfismo enzimático</i>	99V-2	208
B.H. BARRITT, B.S. KONISHI, M.A. DILLEY: <i>Influencia de 12 clones de M.9 y otros 12 patrones enanizantes en el crecimiento, la productividad y la susceptibilidad al golpe de sol en el manzano 'Fuji'</i>	99V-1	132
A. BATTISTINI, E. SUBIRÀ BERINI: <i>Resultados agronómicos de 'Victor', un patrón semi-enanizante para cerezo</i>	99V-1	120
J. BONANY, J. CARBÓ, M. CASALS, I. IGLESIAS, R. MONTSERRAT: <i>Comportamiento de algunos patrones clonales de manzano en Girona y Lleida con especial referencia a la calidad del fruto</i>	99V-1	123
I. BOTU, E. TURCU, M. BOTU: <i>Nuevas selecciones de patrones de ciruelo con bajo vigor y elevada capacidad de propagación</i>	99V-1	83
B. DICHIO, C. XILOYANNIS, G. CELANO, L. VICINANZA, D. ESMENJAUD, J. GÓMEZ APARISI, G. SALESES: <i>Comportamiento de nuevas selecciones de patrones de Prunus resistentes a nematodos agalladores en condiciones de asfixia</i>	99V-1	23
R. DOLCET-SANJUAN, E. CLAVERIA, J. BONANY, I. IGLESIAS, L. ASÍN, M.H. SIMARD: <i>Selección de nuevos patrones para peral: cribado in vitro y evaluación en campo para tolerancia a clorosis férrica</i>	99V-1	157
G. ECHEVERRÍA, M.L. LÓPEZ, J. GRAELL: <i>Compuestos aromáticos y calidad de manzanas 'fuji' durante su maduración en campo y posterior almacenamiento frigorífico</i>	99V-2	181
C. FEI, R. MASSAI, F. LORETI: <i>Observaciones preliminares sobre nueve patrones para melocotonero en un suelo de replantación</i>	99V-1	38
S. FRANKEN-BEMBENEK: <i>'GiSelA 3' (209/1) – Un nuevo patrón clonal de cerezo de la serie giessen</i>	99V-1	97
J. GARCÍA BRUNTON, L. RINCÓN, J. SÁEZ: <i>Respuesta del melocotonero 'Catherine' injertado sobre 16 patrones con cuatro niveles de riego</i>	99V-1	75
J.R. GISPERT FOLCH: <i>Influencia de la enmienda cálcico-magnésica en la producción y calidad de pradera natural de montaña con suelos ácidos</i>	99V-2	196
D. GÓMEZ DE BARREDA, M. GAMÓN, A. DEL BUSTO, A. IÑIGUEZ, A. TEN, J.M. ^a VALDÉS, A. SAEZ, J. GARCÍA, L. SÁNCHEZ, I. PERIS, J.G. ^a DE LA CUADRA: <i>Absorción radicular de simazina en cuatro variedades de olivo</i>	99V-2	214
J. GONZÁLEZ NARANJO, A.F. MUÑOZ RODRÍGUEZ: <i>Polinización de las variedades de ciruelo japonés 'Autumn Giant' y 'Royal Diamond' ...</i>	99V-3	225

J. IGLESIAS, L. ASÍN, R. MONTSERRAT, P. VILARDELL, J. CARBÓ, J. BONANY: <i>Comportamiento de algunos patrones de peral en Lleida y Girona</i>	99V-1	147
I. IGLESIAS, R. MONTSERRAT, J. CARBÓ, J. BONANY, M. CASALS: <i>Evaluación del comportamiento agronómico de algunos patrones para melocotonero en Lleida y Girona</i>	99V-1	58
S. JIMÉNEZ, A. GARÍN, J.A. BETRÁN, Y. GOGORCENA, M.A. MORENO: <i>Influencia de diferentes patrones para cerezo en la calidad del fruto del cultivar 'Sunburst'</i>	99V-1	112
J.A. DE JUAN, A. MOYA, S. LÓPEZ, O. BOTELLA, H. LÓPEZ, R. MUÑOZ: <i>Influencia del tamaño del cormo y la densidad de plantación en el rendimiento y la calidad de la producción de cormos de Crocus sativus L.</i>	99V-2	169
E. LESCAY BATISTA: <i>Interacción genotipo/ambiente y estabilidad del rendimiento de bulbos en cuatro variedades de cebolla (Allium cepa L.)</i>	99V-3	262
R. MASSAI, F. LORETI, C. FEI: <i>Evaluación de nuevos patrones híbridos melocotonero x almendro</i>	99V-1	27
F. MONTERO, J.A. DE JUAN, R. PARRA, E. SAJARDO, A. CUESTA, A. CRUZ, A. RAMIRO: <i>Valoración agronómica de la respuesta cuantitativa y cualitativa de la producción de Vitis vinifera L. (cv. 'Airen') sometida a diferentes estrategias de programación de riegos</i>	99V-3	267
M.A. MORENO: <i>Mejora y selección de patrones frutales de hueso en la Estación Experimental de Aula Dei</i>	99V-1	11
A. MOTISI, F. PERNICE, F. SOTTILE, T. CARUSO: <i>Gradientes del potencial hídrico del tronco de la nectarina 'Armking' en función del patrón</i>	99V-1	68
C.O. BUDDE, C. LUCANGELI, G. POLENTA, R. MURRAY, L. ARROYO, G. VALENTINI: <i>'Ginart', un cultivar de durazno de interés para la zona templado húmeda de la República Argentina</i>	99V-3	249
T.L. ROBINSON, R.L. ANDERSEN, S.A. HOYING: <i>Comportamiento de los patrones de cerezo 'Gisela' en el noreste de Estados Unidos</i>	99V-1	101
A. DE ROSSI, L. RUFATO, E. KERSTEN, C. ZANCAN: <i>Comportamiento vegetativo del manzano 'Imperial Gala' con diferentes longitudes de intermediario de EM9</i>	99V-1	140
G.H. VALENTINI, R.E. MURRAY, L.E. ARROYO: <i>Evaluación de los efectos de distintos portainjertos sobre características productivas de dos variedades de melocotón</i>	99V-3	234

RELACIÓN DE ARTÍCULOS PUBLICADOS EN ITEA (PRODUCCIÓN ANIMAL) DURANTE 2003

AUTOR Y TÍTULO	Rev. n.º	Pág.
A. ARGAMENTERÍA: <i>Red temática de alimentación animal</i>	99A-1	5
MARIANA BALLENT, HERMINIA GRACIELA LANDI, GLADYS BILBAO, ALBERTO DICK: <i>Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica</i>	99A-2	130
R. BERNABÉU, J. MARTÍNEZ DEL OLMO, H. VERGARA: <i>Evaluación financiera de las explotaciones esapícolas de Castilla-La Mancha</i>	99A-1	47
O. FEED, J. FRANCO, P. GARCÍA: <i>Efecto de la administración de vitamina D3 sobre la ternera de la carne de vacas Hereford en pastoreo</i>	99A-1	41
D. FELICIANO, D. CAMARENA, L.M. ALBISU: <i>La comercialización de la carne de cordero fresco en Zaragoza</i>	99A-3	177
G. HERVÁS, N. MANDALUNIZ, L.M. OREGUI, A.R. MANTECÓN, P. FRUTOS: <i>Evolución anual del contenido de taninos del brezo (Erica vagans) y relación con otros parámetros indicativos de su valor nutritivo</i>	99A-1	69
A. LEGARRA, E. UGARTE, F. ARRESE: <i>Análisis del progreso genético en el esquema de mejora de la raza Latxa</i>	99A-3	192
J.C. MARTÍNEZ ÁVILA, J.J. JURADO GARCÍA: <i>Modelización de la productividad de un coto de caza menor</i>	99A-2	121
M.C. DE MIGUEL BILBAO, R. RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, M. REDONDO CRISTÓBAL: <i>Análisis de estudios financieros de las sociedades mercantiles acogidas a la Denominación de Origen de Guijuelo</i>	99A-2	105
R. PAZ, H. LIPSHITZ, R. ÁLVAREZ, P. USANDIVARAS: <i>Diversidad y análisis económico en los sistemas de producción lecheros caprinos en el área de riego del Río Dulce-Santiago del Estero-Argentina</i>	99A-1	10
L. TORRANO, J. VALDERRÁBANO: <i>Capacidad de utilización de la vegetación espontánea por los rumiantes</i>	99A-3	145
J.A. II DE VASCONCELOS SILVA, M. EIJI MATSUNAGA, J. PEREIRA ELER, J.B. STERMAN FERRAZ: <i>Análisis genético de la distancia de fuga en un rebaño de raza Nelore (Bos taurus indicus)</i>	99A-3	167
Z.G. VITEZICA, R.J.C. CANTET: <i>Ponderaciones de la información familiar e individual en modelos animales y BLUP: 1. Modelos con grupos genéticos, 2. Modelos con paternidad incierta</i>	99A-2	95

ABSORCIÓN DE MACROELEMENTOS POR EL MELOCOTONERO

L. Rincón, J. García-Brunton, J. Sáez

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). Estación Sericícola. Calle Mayor s/n. 30150 La Alberca (Murcia), España
luisf.rincon@carm.es

RESUMEN

En parcelas comerciales de cultivo se ha estudiado la acumulación anual de nutrientes del melocotonero (*Prunus persica* (L.) Bach) cv "Caterina", injertado sobre los patrones GF677 y Ciruelo Pollizo. En cada parcela, la biomasa total desechada se fraccionó en hojas, frutos y madera de poda. Dichas fracciones se secaron y se determinaron la materia seca, la concentración de nutrientes en cada fracción y la acumulación de nutrientes. Al final del ciclo anual de cultivo, la materia seca total desechada en los árboles injertados sobre híbrido GF677 fue de 14,1 t/ha, distribuida en las siguientes proporciones: hojas 22,6%, frutos 50,2% y madera de poda 27,2%, obteniéndose un índice de área foliar de 2,9. En árboles injertados sobre ciruelo pollizo la biomasa seca total desechada fue de 10,0 t/ha, contribuyendo las hojas con el 23,8%, los frutos con el 55,0% y la madera de poda con el 21,2%, consiguiéndose un índice de área foliar de 2,6. La concentración mineral en planta fue superior en hoja para el nitrógeno, potasio, calcio y magnesio y en fruto para el fósforo, encontrándose el menor contenido de nutrientes en la madera de poda. Las cantidades totales de macronutrientes acumulados en los árboles injertados sobre híbrido GF677 en kg/ha fueron: 166,1 de N; 17,5 de P; 183,8 de K; 169,8 de Ca y 32,8 de Mg. En árboles injertados sobre ciruelo pollizo las cantidades totales de macronutrientes acumuladas fueron en kg/ha: 110,3 de N; 13,8 de P; 154,3 de K; 131,7 de Ca y 24,5 de Mg. En ambos patrones la mayor parte del N, P y K se acumularon en los frutos y la mayor cantidad de Ca y Mg en las hojas.

Palabras clave: *Prunus persica*, nutrientes, concentración, acumulación, riego por goteo, ciruelo pollizo, GF 677.

SUMMARY

NUTRIENTS ABSORPTION IN PEACH

Annual accumulation of nutrients in peach tree (*Prunus persica* (L.) Bach) cv "Caterina" grafted onto hybrid GF 677 and "pollizo" plum tree in a commercial plot were studied. The total biomass dropped were divided in leaves, fruits and pruning wood being all of them dried. The total dry matter, the nutrient concentration and the nutrient stored were determined. At the end of the growing cycle the total dry matter dropped in trees grafted onto GF677 was 14.1 t/ha divided in leaves 22.6%, fruits 50.2% and pruning wood 27.2% being the leaf area index 2.9%. The total dry matter dropped in trees grafted onto "pollizo" plum was 10 t/ha, in which the leaves contributed with 23.8%, the fruits 55% and the pruning wood 21.2%. In this case the leaf area index was 2.6%. The nutrient concentration in plant was higher in leaves for nitrogen, potassium, calcium and magnesium however, in fruits was phosphorous. The total amount of macronutrient sto-

red in trees grafted on to GF677 were in kg/ha: N 166.3, P 17.5, K 183.8, Ca 169.8 and Mg 32.8. In trees grafted on to plum "pollizo" were in Kg/ha: N 110.3, P 13.8, K 154.3, Ca 131.7 and Mg 24.5. In both rootstocks the highest amount of N, P and K were accumulated in fruits Ca and Mg were accumulated in leaves.

Key words: *Prunus persica*, nutrients, concentration, accumulation, trickle irrigation, ciruelo pollizo, GF 677.

Introducción

La base fundamental para realizar una fertilización racional en el cultivo de árboles frutales, es conocer la absorción de nutrientes durante el ciclo anual de cultivo y la cinética de la absorción. En cultivos frutales, la absorción anual de nutrientes se puede considerar como la acumulación de nutrientes en la biomasa desechada de los árboles (hojas, frutos y madera de poda).

Es suficientemente conocido que la fertirrigación en riego por goteo mejora la productividad de los frutales y la eficiencia del agua y de los nutrientes (ALWAY, 1993; BUSSI *et al.*, 1991; HUGUET, 1981). La fertirrigación exige para su programación óptima conocer la extracción de nutrientes y cinética de absorción, al efecto de ajustar las aportaciones a la demanda del cultivo (BAR-YOSEF, 1986).

La mayoría de los estudios realizados sobre la nutrición en diferentes especies frutales, han tratado de evaluar la influencia del nitrógeno (ALMELIOTIS *et al.*, 1997; HUGUET y GIRAUDON, 1977; LALATTA, 1987; SMITH *et al.*, 1979; STAESSEN *et al.*, 1985) y del potasio (NIEDERHOLZER *et al.*, 1991; URIU *et al.*, 1980) en el crecimiento y productividad de los árboles. Otra serie de estudios han evaluado el efecto del equilibrio mineral de la fertilización sobre el contenido y evolución de nutrientes en planta (CASERO y CARPENA,

1987; MANDRIN y SOING, 1993a; MONTAÑÉS *et al.*, 1990a,b) y la influencia del patrón en el estado nutricional del melocotonero (ALVINO *et al.*, 1989)

Sin embargo, la información disponible en la literatura sobre el consumo de nutrientes por el melocotón es poco numerosa, destacando los trabajos realizados por LIWERANT (1953) y HUGUET (1978) que determinaron la acumulación total de macronutrientes en los órganos vegetativos aéreos del árbol. En el mismo sentido, SOING y MANDRIN (1993a,b) determinaron en melocotoneros cultivados en contenedores e hidroponía, las cantidades totales de agua, nitrógeno y potasio absorbidas, así como su cinética de absorción. GRASA *et al.*, (1998) estudió el contenido mineral en hoja en fecha próxima a la abscisión y pérdidas de nutrientes en frutos y en la madera de poda de mantenimiento de los árboles.

El objetivo de la presente experiencia ha sido evaluar la cantidad de macronutrientes absorbidos por el melocotón "Caterina" injertado sobre patrones de ciruelo pollizo y GF 677 respectivamente.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló durante el año 2000 en la comarca de Cieza, zona productora más importante de la Región de Mur-

cia, en la que se seleccionaron ocho fincas con plantaciones de melocotonero (*Prunus persica* (L.) Bach) cv “Caterina”, cuatro de ellas injertadas sobre híbrido melocotonero-almendro GF677 y las otras cuatro sobre Ciruelo Pollizo (CP) de Murcia. Todas las plantaciones formadas en vaso italiano de pisos tenían una edad comprendida entre 8 y 9 años.

El riego de las fincas desde su plantación fue de goteo con fertirrigación, realizándose las prácticas de cultivo de acuerdo con las directrices de cada propietario.

El diseño estadístico establecido fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, seleccionándose en cada finca y patrón 4 árboles por repetición, sobre los que se realizaron los muestreos de material vegetal.

En cada finca se recabaron datos de la densidad de plantación (D), volumen de copa en m^3 (Vc), agua total aportada durante la campaña de riego en m^3/ha (Qt), producción total de los árboles en t/ha (Pt) y cantidad de N, P_2O_5 , y K_2O aportados en kg/ha (F). D se obtuvo a partir del marco de plantación de cada finca, Vc se evaluó multiplicando la altura por la anchura por la profundidad de la copa del árbol, Pt mediante la suma de las tres recolecciones parciales sucesivas realizadas y Qt y F fueron facilitadas por los propietarios de las fincas.

La biomasa total desechada se fraccionó en hojas (H), frutos (Fr) y madera de poda (Mp), determinándose los siguientes parámetros:

- MSH ($kg \cdot ha^{-1}$) = Materia seca total de hojas más pecíolos.
- MSFr ($kg \cdot ha^{-1}$) = Materia seca de frutos.
- MSMp ($kg \cdot ha^{-1}$) = Materia seca de la madera de poda.
- MST ($kg \cdot ha^{-1}$) = Materia seca total = MSH + MSMp + MSFr.

- AFE (cm^2 de hoja verde g^{-1} de materia seca de hoja) = Área foliar específica.

- SFt ($m^2 \cdot ha^{-1}$) = Superficie foliar total calculada = AFE x MSH

- IAF (adimensional) = Índice de área foliar = SFt ($m^2 \cdot ha^{-1}$)/ $10^4 m^2 \cdot ha^{-1}$

El número y peso total de hojas de los árboles se obtuvo envolviendo totalmente la copa de los árboles con una malla de $1 cm^2$ de luz desde el 15 de octubre (inicio de la caída natural) hasta el 15 de diciembre (final de la caída). Cada 10 días se pesó la biomasa fresca total y se tomó una alícuota de 200 hojas en la que se relacionaron el peso fresco con el peso seco (conseguido desecando las hojas a $65^\circ C$ en estufa de aire forzado hasta peso constante). La materia seca total de cada recolección se obtuvo multiplicando la biomasa verde por la relación entre el peso seco y peso fresco de las hojas. La materia seca total de hojas (H) al final del ciclo de cultivo se evaluó sumando la materia seca de todas las recolecciones.

En el inicio de la caída de hojas (15 de octubre), se tomaron en cada parcela y repetición alícuotas de 250 hojas para determinar la superficie total de hoja (SFT) y el área foliar específica (AFE). La SFt de hoja de cada árbol se obtuvo multiplicando el AFE por el peso seco total de hojas. El IAF se obtuvo dividiendo la SFt de cada árbol por la superficie de suelo que le corresponde según el marco de plantación. El área foliar, anchura y longitud de las 250 hojas se evaluaron en un medidor de área foliar ADC AM100, desecándose posteriormente en estufa de aire forzado a $65^\circ C$ hasta peso constante. El AFE se calculó relacionando la superficie total de las 250 hojas con su peso seco, expresándose en cm^2 de lámina verde por gramo de materia seca. La anchura y longitud de la hoja se utilizaron para esta-

blecer la relación entre el área foliar calculada y la medida (anchura x longitud).

Otra alícuota específica (media de todos los muestreos) de cada fracción vegetal se lavó y desecó en estufa de aire forzado a 65° C hasta peso constante, pesándose y preparándose para el análisis mineral. En la madera de poda se analizó separadamente la madera del año de la madera de dos o más años, expresándose los resultados en un solo dato como de madera de poda. En cada fracción vegetal se determinaron nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). La extracción de los elementos minerales constituyentes del material vegetal se realizó por vía seca. El N se determinó mediante el método Dumas (AOAC, 1990); el P mediante desarrollo de color con el vanado-molibdato amónico y medida espectrofotométrica en el visible; los elementos K, Ca, y Mg por espectrofotometría de absorción atómica, medida directa sobre el extracto diluido (MARTÍN PREVEL *et al.*, 1984).

La cantidad de nutrientes acumulados en la biomasa desechada se obtuvo multiplicando la biomasa de cada fracción vegetal por la concentración de cada nutriente en la materia seca de cada fracción.

Resultados y discusión

Características de las plantaciones muestreadas

Las fincas muestreadas se encuentran situadas en la comarca de Cieza (Murcia) entre las coordenadas 38° 10' 06"- 38° 20' 06" y ubicadas a una altitud de 375 ± 50 m. Los suelos son de textura franco arcillosa con pH superiores a 8 y contenidos muy altos de carbonatos totales (> 35%), clasificados como *regosoles margálicos* (MAPA,

1986). La densidad de plantación, dimensiones y producción de los árboles así como cantidades de agua y fertilizantes aportados al cultivo de cada finca se resumen en el cuadro 1. Los valores reflejados presentan diferencias amplias en las condiciones de cultivo entre las fincas comerciales seleccionadas, necesarias al efecto de obtener valores medios representativos en los resultados.

Biomasa desechada e índice de área foliar

En las parcelas muestreadas, la MST desechada presentó valores significativamente distintos, variando entre 7,4 t/ha y 14,5 t/ha (cuadro 2), diferencias debidas principalmente al vigor de los árboles y en menor grado a las condiciones de cultivo (poda, abonado y riego). Entre patrones (cuadro 3), la biomasa total desechada en los árboles injertados con GF677 fue de 14,1 t/ha, contribuyendo las hojas con el 22,6%, los frutos con el 50,2% y la madera de poda con el 27,2%. En las parcelas injertadas sobre CP la biomasa total desechada descendió significativamente hasta las 10,0 t/ha, donde las hojas contribuyeron con el 23,8%, los frutos con el 55,0% y la madera de poda con el 21,2%.

El IAF presentó una elevada variabilidad en las parcelas muestreadas (cuadro 4), produciéndose diferencias significativas entre parcelas de árboles injertados con el mismo patrón y distintos patrones. El IAF alcanzado en árboles injertados con GF677 fue de 2,9 (m²/m²) y de 2,6 (m²/m²) en los injertados con CP, valores bajos si los comparamos con los alcanzados en cultivos hortícolas, que oscilan entre 5 y 8 según especie (RINCÓN *et al.*, 1995; 1997; 2002). Para la evaluación de la superficie foliar del melocotonero, se obtuvo un buen ajuste entre la superficie de hoja medida y la calculada (figura 1).

Cuadro 1. Datos de cultivo de las fincas comerciales muestreadas
Table 1. Growing parameters of comercial orchards

Finca, patrón	Datos de cultivo				F ⁵ (kg/ha)		
	D ¹	Vc ²	Pt ³	Qt ⁴			
	árboles/ha	(m ³)	t/ha	m ³ /ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Jumilla GF677	526	64	41,1	6.509	139,0	82,0	171,0
Monea GF677	625	53	43,3	8.836	148,2	83,2	210,9
OCA GF677	400	72	51,5	5.770	105,5	27,8	148,4
Yechar GF677	500	65	42,5	5.563	139,2	68,2	215,2
Blanca CP	800	21	32,3	5.120	132,2	63,4	123,3
Malas CP	833	24	43,0	8.160	140,5	215,0	197,4
Monea CP	625	32	34,7	8.836	148,2	83,2	210,9
Yechar CP	571	18	22,9	7.106	122,1	76,2	212,2

- (1) densidad de plantación.
(2) volumen de copa.
(3) producción total.
(4) volumen de agua aportada.
(5) cantidades de nutrientes aportados.

Cuadro 2. Producción total de materia seca (MST) y distribución en hojas (H), frutos (Fr) y
madera de poda (Mp) según manejo de la fertirrigación
*Total dry weight (TDW) and porcentageof total contributed by leaves, fruits and pruning
wood in comercial orchards*

Finca	MST (t/ha)	Distribución del total de la MST en%		
		H	Fr	Mp
Jumilla GF677	13,6 ± 0,3	26,0 ± 0,6	43,8 ± 1,3	30,2 ± 0,7
Monea GF677	14,5 ± 0,4	19,2 ± 0,6	54,6 ± 1,4	26,3 ± 0,8
OCA GF677	14,0 ± 0,5	20,7 ± 0,7	56,8 ± 1,5	22,5 ± 0,8
Yechar GF677	14,3 ± 0,5	24,4 ± 0,8	45,8 ± 1,9	29,8 ± 1,0
Blanca CP	10,0 ± 0,2	25,7 ± 0,6	50,2 ± 1,1	24,0 ± 0,5
Malas CP	11,5 ± 0,7	20,7 ± 1,3	59,2 ± 2,6	20,1 ± 1,3
Monea CP	11,1 ± 0,5	23,6 ± 0,9	56,3 ± 1,7	20,1 ± 0,8
Yechar CP	7,4 ± 0,4	25,4 ± 1,4	54,1 ± 2,5	20,5 ± 1,1
LSD _{0,05}	1,5	2,8	3,6	2,4

Cuadro 3. Producción total media de materia seca (MST) del melocotonero y distribución en hojas (H), frutos (Fr) y madera de poda (M) según patrón
Table 3. Total dry weight (TDW) and porcentaje of total contributed by leaves, fruits and pruning wood on peach with different roostocks

Patrón	MST t/ha	Distribución del total de la MST en%		
		H	Fr	M
GF677	14,1 ± 0,4	22,6 ± 2,8	50,2 ± 5,8	27,2 ± 3,2
CP	10,0 ± 0,3	23,8 ± 2,3	55,0 ± 3,9	21,2 ± 1,9
LSD _{0,05}	2,2	4,8	9,1	5,02

Cuadro 4. Superficie foliar total (SFT) por árbol e índice de área foliar (IAF) del melocotonero según manejo de la fertirrigación
Table 4. Total leaf area (SFT) and leaf area index (LAI) of peach in comercial orchards

Finca	SFT (m²)	Finca	IAF (m²/m²)
Jumilla GF677	73,6 ± 5,6	Jumilla GF	3,9 ± 0,3
Monea GF677	46,9 ± 4,7	Monea GF	2,9 ± 0,2
OCA GF677	64,8 ± 3,1	OCA GF	2,6 ± 0,1
Yechar GF677	65,8 ± 5,2	Yechar GF	3,3 ± 0,3
Blanca CP	39,2 ± 4,1	Blanca Po	3,0 ± 0,4
Malas CP	25,7 ± 1,8	Malas Po	2,1 ± 0,1
Monea CP	48,5 ± 2,4	Monea Po	3,0 ± 0,1
Yechar CP	40,2 ± 3,5	Yechar Po	2,3 ± 0,2
LSD _{0,05}	0,7	LSD _{0,05}	0,2

Cuadro 5. Superficie foliar total media por árbol (SFT) e índice de área foliar media (IAF) del melocotonero según patrón
Table 5. Total leaf area (SFT) and leaf area index (IAF) of peach on different roostocks

Patrón	SFT por árbol (m²)	Patrón	IAF (m²/m²)
GF677	59,2 ± 10,8	GF677	2,9 ± 0,5
Pollizo	38,4 ± 8,7	Pollizo	2,6 ± 0,3
LSD _{0,05}	0,6	LSD _{0,05}	0,3

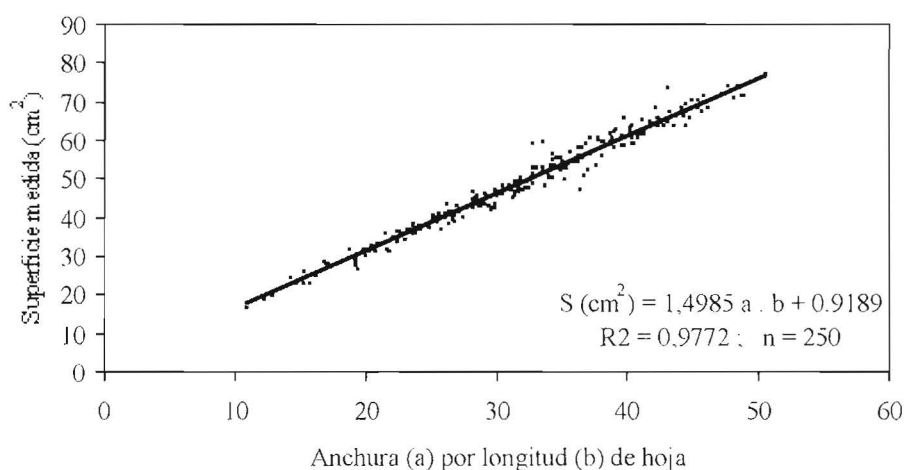


Figura 1. Relación entre las superficies foliar medida y calculada (longitud x anchura de hoja) del melocotonero.

Figure 1. Leaf area measured and calculated (length x width) relations on peach.

Concentración y absorción de nutrientes

Nitrógeno

Los contenidos foliares de N en el melocotonero se caracterizan por una tendencia descendente durante todo el ciclo estacional, presentando los valores más bajos antes del inicio de la caída foliar (CARPENA y CASERO, 1987; MONTAÑÉS *et al.*, 1990a; PANINE, 1984). En la presente experiencia, la concentración de nitrógeno más elevado se encontró en las hojas y la más baja en la madera de poda (figura 2). El contenido de N en hojas varió entre 1,5 y 2,0% /m.s., entre 1,4 y 0,75 en fruto y entre el 0,71 y 0,94% en la madera de poda. Entre patrones no se encontraron diferencias en el contenido de nitrógeno en hoja y madera de poda, resultando ligeramente inferior el contenido de N en los frutos de los árboles injertados sobre CP (figura 3). Los contenidos de N reflejados son similares a los reflejados por

MONTAÑÉS *et al.* (1990b) y PANINE (1984) en fase previa a la caída foliar.

La cantidad total de N acumulado en la biomasa desechada de los árboles presentó diferencias significativas entre plantaciones, variando entre 84,3 kg/ha en una plantación con ciruelo pollizo y 194,2 kg/ha en una plantación con patrón híbrido (cuadro 6). Árboles injertados sobre GF677 consumieron más cantidad de nitrógeno que los injertados sobre CP, como consecuencia de la mayor biomasa de hojas, frutos y madera de poda producida y desechada. En plantaciones de híbrido GF677 la cantidad de N acumulada fue de 166,1 kg/ha y de 110,3 kg/ha en las de CP (cuadro 7), contribuyendo las hojas por término medio con el 35,5%, los frutos con el 47,3% y la madera de poda con el 17,2%. La cantidad de N acumulada en la biomasa desechada de los árboles injertados sobre GF677 resultaron superiores a los reflejados por LIWERANT (1953) y HUGUET (1978) e inferiores la de los árboles injertados con CP, debidas principalmente al patrón utilizado.

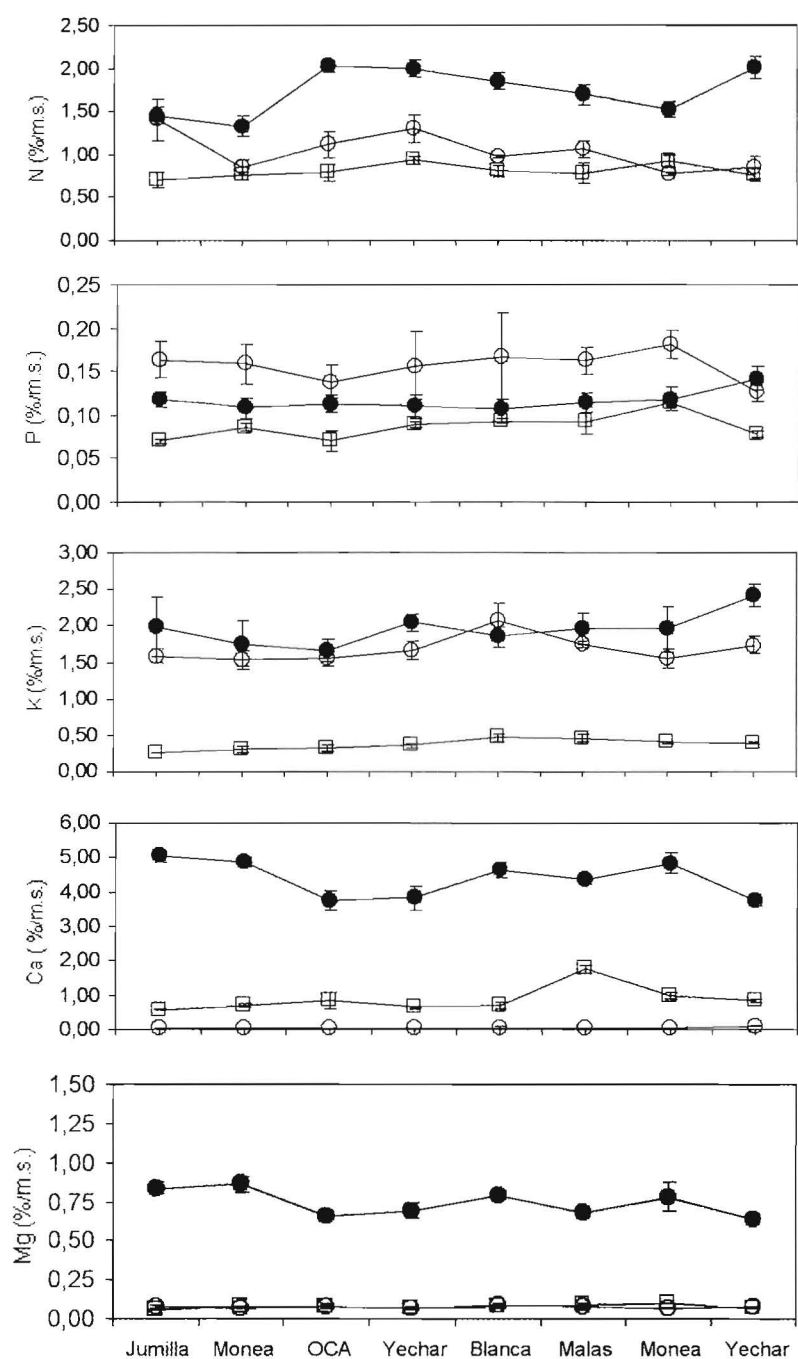


Figura 2. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en la materia seca de hojas frutos y madera de poda desechados según patrón de injerta en melocotonero.

Figure 2. Content of N, P, K, Ca and Mg in leaves, fruits and pruning wood in commercial orchards.

Cuadro 6. Absorción total de macroelementos por el melocotón según manejo de la fertirrigación
Table 6. Total accumulatín of N, P, K, Ca and Mg on peach in commercial orchards

Finca	Absorción en kg/ha				
	N	P	K	Ca	Mg
Jumilla GF677	164,3 ± 10,8	16,8 ± 0,9	175,2 ± 14,7	205,5 ± 6,8	36,5 ± 1,2
Monea GF677	132,6 ± 7,3	18,7 ± 1,5	180,9 ± 4,4	165,8 ± 3,5	34,3 ± 1,2
OCA GF677	173,5 ± 11,0	16,5 ± 1,2	174,5 ± 11,4	144,2 ± 8,4	28,9 ± 0,7
Yechar GF677	194,2 ± 18,2	17,7 ± 2,1	204,6 ± 2,6	163,8 ± 12,1	31,6 ± 0,7
Blanca CP	117,9 ± 5,1	13,6 ± 2,8	164,3 ± 13,6	143,2 ± 3,3	27,1 ± 0,7
Malas CP	130,7 ± 10,3	16,4 ± 1,1	176,2 ± 10,7	146,0 ± 9,2	20,9 ± 0,5
Monea CP	108,3 ± 5,0	16,8 ± 0,6	154,9 ± 6,4	149,9 ± 10,1	34,3 ± 3,0
Yechar CP	84,3 ± 10,2	8,9 ± 0,5	121,3 ± 6,6	87,3 ± 2,8	15,8 ± 0,1
LSD _{0,05}	19,5	2,7	17,4	21,3	4,0

Cuadro 7. Absorción total de macroelementos por el melocotón según patrón de injerta y distribución en hojas (H), frutos (Fr) y madera de poda (Mp)

Table 7. Total accumulation of N, P, K, Ca and Mg by peach with different roostock and distribution in leaves, fruits and pruning wood

Patrón	Total kg/ha	H	Distribución del total en% Fr	Mp
Nitrógeno				
GF677	166,1 ± 25,2	32,6 ± 3,6	48,7 ± 4,6	18,7 ± 3,7
CP	110,3 ± 18,6	38,5 ± 6,2	45,6 ± 6,7	15,9 ± 2,5
LSD _{0,05}	17,1	3,9	4,3	2,3
Fósforo				
GF677	17,5 ± 1,7	20,8 ± 1,7	61,7 ± 5,2	17,5 ± 3,7
CP	13,8 ± 3,4	21,6 ± 3,4	63,5 ± 6,2	14,9 ± 2,3
LSD _{0,05}	2,05	4,1	4,1	2,4
Potasio				
GF677	183,8 ± 15,7	32,3 ± 8,4	61,2 ± 8,6	6,5 ± 0,7
CP	154,3 ± 22,6	31,5 ± 5,1	62,5 ± 4,8	6,0 ± 0,9
LSD _{0,05}	14,8	5,1	5,1	0,6
Calcio				
GF677	169,8 ± 25,3	82,3 ± 4,2	1,7 ± 0,6	16,0 ± 3,7
CP	131,7 ± 26,3	80,1 ± 6,5	2,7 ± 1,3	17,2 ± 6,7
LSD _{0,05}	20,2	4,1	0,8	4,0
Magnesio				
GF677	32,8 ± 3,4	75,3 ± 5,1	16,4 ± 4,3	8,3 ± 1,3
CP	24,5 ± 7,0	74,7 ± 6,3	18,2 ± 5,1	7,1 ± 1,5
LSD _{0,05}	4,3	4,3	3,5	1,1

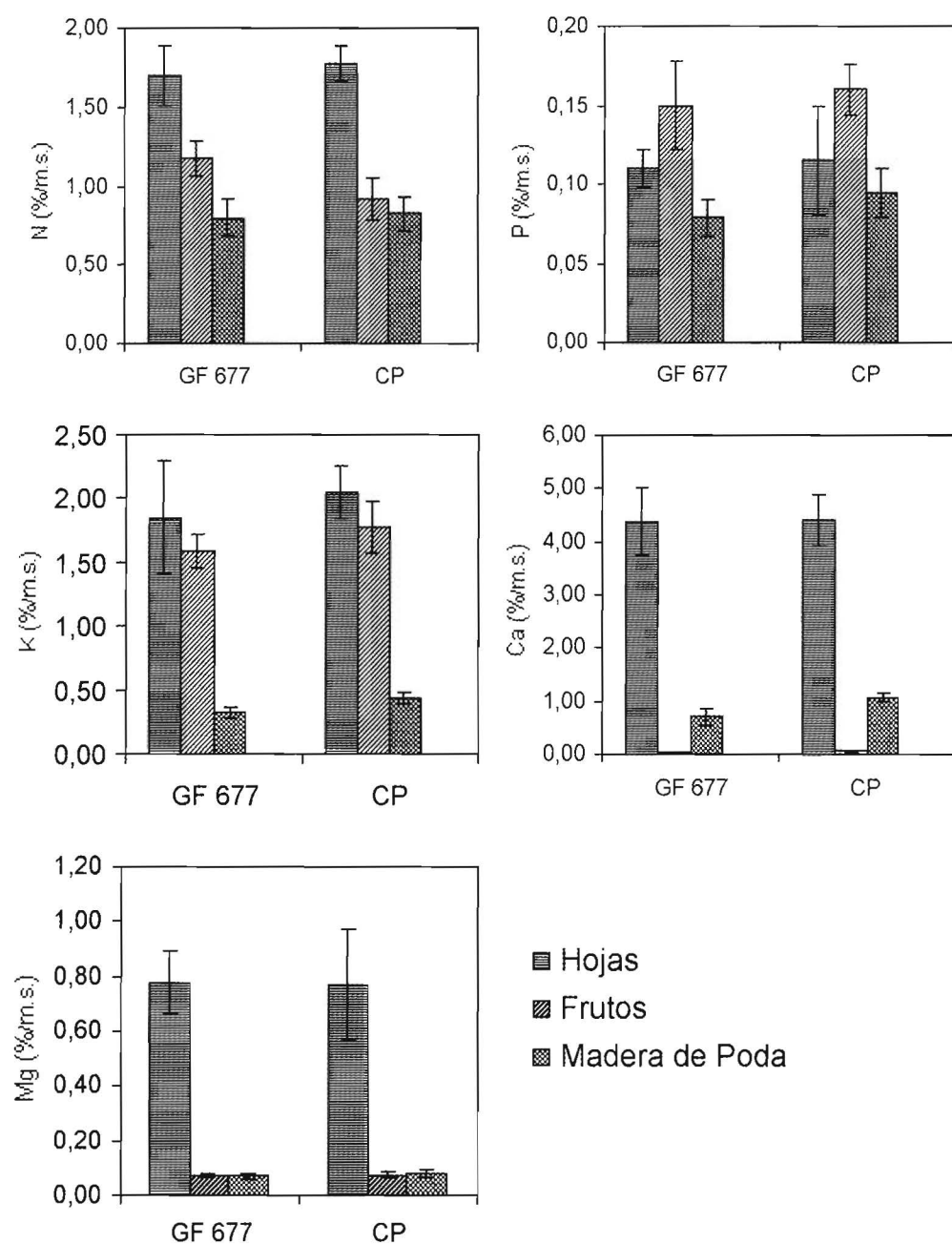


Figura 3. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en la materia seca de hojas, frutos y madera de poda desechados en melocotonero.

Figure 3. Content of N, P, K, Ca and Mg in leaves, fruits and pruning wood of peach with different rootstock.

Fósforo

Es el macronutriente absorbido en menor cantidad por el melocotonero. Los contenidos foliares de P se caracterizan por una tendencia descendente durante todo el ciclo estacional, presentando los valores más bajos en fases previas a la caída foliar (CARPENA y CASERO, 1987; MONTAÑÉS *et al.*, 1990a; PANINE, 1984). En nuestra experiencia, el contenido de P (%/m.s.) durante el ciclo estacional fluctuó en hojas entre el 0,11% y el 0,14%, en frutos entre el 0,14% y 0,18% y entre el 0,07% y 0,11% en la madera de poda (figura 2). Entre patrones, los contenidos foliares de P oscilaron entre el 0,11% y 0,12%, en fruto entre 0,15% y 0,16% y en madera de poda entre el 0,08% y 0,09%, presentándose los contenidos más elevados en árboles injertados con GF677 (figura 3). El contenido foliar de P encontrado en la presente experiencia fue similar al reflejado por MONTAÑÉS *et al.* (1990b) y superior al referido por PANINE (1984).

La cantidad total de fósforo acumulada en la biomasa desechada de los árboles de melocotonero presentó diferencias significativas entre plantaciones, variando entre 8,9 kg/ha y 17,7 kg/ha (cuadro 6), cantidades inferiores a las reflejadas por LIWERANT (1953) y HUGUET (1978). Entre patrones, la cantidad de P acumulada en parcelas injertadas en GF677 fue de 17,5 kg/ha y de 13,8 en las de CP, presentando una contribución media para ambos patrones del 22,0% en hojas, el 62,0% en frutos y 16,0% en la madera de poda (cuadro 7).

Potasio

Al igual que el N y el P el contenido de K en hoja disminuye durante el ciclo estacional, presentando los valores más bajos en la fase

previa a la caída foliar (EGEA *et al.*, 1972; MONTAÑÉS *et al.*, 1990a; PANINE 1984). El K fue el nutriente consumido en mayor cantidad por los melocotoneros. En la biomasa desechada de los árboles, el contenido más alto de potasio (%/m.s.) se produjo en hoja, disminuyendo ligeramente en fruto y de forma acusada en la madera de poda (figura 2). Los contenidos en hoja oscilaron entre el 1,76% y 2,42%, en fruto entre el 1,53% y 2,06% y en la madera de poda entre el 0,26% y 0,40% (figura 2). Entre patrones, los contenidos de K fueron más elevados en árboles injertados sobre CP que sobre GF677 (figura 3). Los contenidos de K en hoja obtenidos en esta experiencia resultaron ser superiores a los mostrados por MONTAÑÉS *et al.*, (1990b) y similares a los reflejados por PANINE (1984).

La cantidad total de potasio acumulado por la biomasa desechada de los árboles presentó diferencias significativas entre plantaciones (cuadro 6), variando entre 121,3 kg/ha y 204,6 kg/ha, atribuyéndose las diferencias al porte de los árboles que generaron mayor cantidad de biomasa desechada. Entre patrones, los árboles injertados sobre GF677 acumularon 183,8 kg/ha y 154,3 los injertados sobre CP, cantidades superiores a las referidas por LIWERANT (1953) y HUGUET (1978). En las cantidades totales acumuladas las hojas contribuyeron con el 32,0%, los frutos con el 61,5% y la madera de poda con el 6,5% (cuadro 7).

Calcio y Magnesio

A diferencia del N, P y K, la concentración de Ca y Mg presentan una evolución creciente durante el ciclo estacional de cultivo, apareciendo los contenidos más elevados antes de la caída de hojas (MONTAÑÉS *et al.* 1990b; PANINE, 1984). Las hojas fueron los órganos de mayor contenido de Ca, disminu-

yendo sensiblemente en frutos y madera de poda (figura 2). Entre fincas, el contenido de Ca en hojas osciló entre el 3,6% y 4,5%, porcentajes superiores a los reflejados por MONTAÑÉS *et al.* (1990) y similares al encontrado por PANINE (1984). La concentración de Mg varió entre el 0,6 y 0,75%, similar a la señalada por MONTAÑÉS *et al.* (1990b) e inferior a la reflejada por Panine (1984).

Las cantidades totales de Ca y Mg almacenados en la biomasa desechada de los árboles presentaron diferencias significativas entre plantaciones (cuadro 6), variando la de Ca entre 87,3 kg/ha y 205,5 kg/ha, y la de Mg entre 15,8 kg/ha y 36,5 kg/ha, dependiendo las cantidades absorbidas de la biomasa total desechada. Entre patrones, la cantidad de Ca acumulada en árboles injertados sobre GF677 fue de 169,8 kg/ha, y de 131,7 kg/ha en los árboles sobre CP, contribuyendo las hojas con el 82,3%, los frutos con el 2,2% y la madera de poda con el 16,5%. El Mg acumulado fue de 32,8 kg/ha en árboles sobre GF677 y de 24,5 kg/ha sobre CP, en las que las hojas contribuyeron con el 75,4%, los frutos con el 17,0% y la madera de poda con el 7,6%. Las cantidades de Ca y Mg absorbidas por los árboles en las condiciones de esta experiencia resultaron ser superiores a las señaladas por LIWERANT (1953) y HUGUET (1978).

Las variaciones encontradas en el contenido de nutrientes en planta entre autores, es debida a la influencia del patrón, variedad injertada, condiciones de cultivo y fase vegetativa (MONTAÑÉS *et al.*, 1990b).

Bibliografía

- ALMELIOTIS D., THERIOS I., KARATASSIOU, 1997. Effects of nitrogen fertilization on growth, leaf nutrient concentration and photosynthesis in three peach cultivars. *Acta Horticulturae* 449 (2): 529-534.
- ALVINO A., ZERBI G., TURCI E., 1989. The effects of rootstock and water table on the nutritional status of cv. Maycrest peach. *Adv. Hort. Sci.*, 3: 51-54.
- ALWAY E., 1993. Using fertigation to maximize tree growth, fruit production and profitability. *Compact Fruit Tree* 26: 57-60.
- AOAC, 1990. Official methods of análisis of the Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Edit. AOAC. 1.297 pp.
- BAR-YOSEF B., 1986. Fertirrigation as a technique to optimize crop yield with special reference to vegetables. *Proc. 3rd. Int Conf. Irrig. Tel-Aviv*, 1983: 87-97.
- BUSSI C., HUGUET J.G., DEFRANCE H., 1991. Fertilization scheduling in peach orchards under trickle irrigation. *Journal of Horticultural Science* 66 (4): 487-493.
- CARPENA O., CASERO T., 1987. Evolución anual de nutrientes en melocotonero sudanell. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal* 2(1): 31-38.
- CASERO T., CARPENA O., 1987. Evolución anual de nutrientes en melocotonero Sudanell. *Investigación Agraria. Producción Protección Vegetal* 2: 31-43.
- EGEA L., CARPENA O., BERENGUER T., 1972. Nutrición mineral en *Prunus*. I. Melocotonero. *An. Edaf. Agrob.* 31 (3-4): 269.
- GRASA R., MORALES F., ABADÍA A., ABADÍA J., 1998. Contenido foliar de nutrientes en árboles de melocotonero y pérdida de los mismos por abscisión y poda. VII Simposio Nacional-III Ibérico sobre la Nutrición Mineral de las Plantas.
- HUGUET J.G., 1978. Prélèvement des substances nutritives par les arbres et l'herbe, p. 16-17. In *Effet des techniques d'entretien du sol sur le comportement du pècher dans le Vallée du Rhône*. E. Chevant-Bretón, mémoire Institut Agricole de Beauvais, 65 pp.
- HUGUET J.G., 1981. Problemes agronomiques posés par l'irrigation localisée en arboriculture fruitière. *Arboriculture Fruitière*, 325: 45-52.
- HUGUET J.G., GIRAUDON J., 1977. Effect de la date d'apport de l'azote sur la croissance et le développement de jeunes pèchers cultivés sur tourbe. *Académie d'Agriculture de France*, 4: 1113-1123.
- LALATTA F., 1987. Metodi ed interpretazione delle analisi fogliari in frutticoltura. *Frutticoltura*, 6/7: 71-76.
- LIWERANT, 1953. *...*
- MONTAÑÉS *et al.*, 1990. *...*
- MONTAÑÉS *et al.*, 1990b. *...*
- PANINE, 1984. *...*

- LIWERANT J., 1953. La fumure des arbres fruitiers. Bull. Tech. Information 81.
- MANDRIN J.F, SOING P., 1992. Influence de différents équilibres d'alimentation minérale sur la production et la qualité du fruit. Ctifl mai: 41-42.
- MAPA (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación), 1986. Proyecto Lucdeme, Hoja de Cieza 891.
- MARTIN PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P. (Eds.), 1984. L'analyse Vegetal dans le controle de L'Alimentation des plantes temperées et tropicales. París: 810 pp.
- MONTAÑÉS L., SANZ M., GOMEZ V., HERAS L., 1990a. Óptimos nutricionales en melocotonero. An. Aula Dei 20 (1-2): 7-13.
- MONTAÑÉS L., SANZ M., GOMEZ V., HERAS L., 1990b. Evolución de nutrientes en hoja de melocotonero (*Prunus Pérsica*, L. Batsch). An. Aula Dei (1-2): 15-26.
- NIEDERHOLZER F.J.A., CRASON R.M., URIU K., WILLITS N.H., PEARSON J.P., 1991. Seasonal partitioning of leaf and fruit potassium and fruit dry matter in french prune trees at various potassium levels. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1216 (6): 981-986.
- PANINE M., 1984. Pêches. En: P. Martín Prevel; J. Gagnard y P. Gautier (Eds). L'Analyse vegetale dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales. París: 280-313.
- RINCÓN L., SÁEZ J., BALSALOBRE E., PELLICER C., 1995. Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. Investigación Agraria: Producción Vegetal 10 (1): 47-59.
- RINCÓN L., SÁEZ J., PÉREZ J.A., PELLICER C., GÓMEZ M.D., 1997. Crecimiento y absorción de nutrientes de melón bajo invernadero. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal 13 (1-2): 111-120.
- RINCÓN L., PELLICER C., SÁEZ J., PÉREZ A., ABADÍA A., 2002. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes del apio. Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales, Vol. 17 (2): 291-302.
- SMITH M., KENWORTHY A.L., BEDFORD C.L., 1979. The response of fruit trees to injection of nitrogen through a trickle irrigation system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 311-313.
- SOING P., MANDRIN J.F., 1993a. Consommations en eau et éléments minéraux de pechers cultivés quatre ans en conteneurs. Ctifl-juin.
- SOING P., MANDRIN J.F., 1993b. Nutrition du pêcher. Cinétiques des consommations. Infos-Cúfl, 92:33-36.
- STAESSEN P.J., TERBLANCHE J.H., STRIDOM D.K., 1985. The effect of time and rate of nitrogen application on development and composition of peach-trees. Agroplanta, 13: 55-61.
- URIU K., CARLSON R.M., HENDERSON H., SCHUBALCH H., ALDRICH T.M., 1980. Potassium Fertilization of prune trees under drip irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (4): 508-510.

(Aceptado para publicación el 15 de diciembre de 2003).

CONTROL MECÁNICO DE MALAS HIERBAS EN CULTIVO DE CEBADA

G. Pardo, F. Villa, J. Aibar*, S. Fernández-Cavada,
C. Zaragoza

CITA. Gobierno de Aragón, Apdo 727, 50080 Zaragoza, España

* Escuela Politécnica Superior de Huesca. Ctra. de Zaragoza,
km 67, 22071 Huesca, España

RESUMEN

En cultivo de cereales de invierno la escarda mecánica con grada de varillas flexibles puede representar una alternativa válida a los herbicidas en determinadas situaciones. Para estudiar su uso se efectuaron 5 ensayos, comparando el efecto de distintas variables de utilización de este apero en el control de malas hierbas, daños al cultivo y producción de cebada. Las variables comparadas fueron: número de pases, profundidad de trabajo, dirección y velocidad de la labor, y momento de intervención. La eficacia de la grada fue muy baja contra malas hierbas gramíneas (*Lolium rigidum* Gaudin, *Avena* spp.), perennes (*Rumex crispus* L.) y, en general, cuando sobrepasaron el estado de plántula. La eficacia sobre plántulas de malas hierbas dicotiledóneas fue mejor y se incrementó al aumentar la profundidad del pase, su velocidad y su número, y si éste se efectuó paralelo a la línea del cultivo. Sin embargo, una mayor eficacia no supuso mayor producción, por ello se concluyó que un único pase a profundidad normal o alta, en la dirección de las líneas de siembra, a velocidad de 9 km/h, en estado de ahijado del cereal, obtuvo una mejor relación eficacia-daño al cultivo y mayor producción.

Palabras clave: *Hordeum vulgare*, Herbicidas, Desherbado.

SUMMARY

MECHANICAL WEED CONTROL IN BARLEY

The mechanical weed control with a flex tine harrow applied to winter cereals crops can be an adequate alternative to the herbicide use in winter cereals in some situations. To study the flex-tine harrow performance five experiments comparing different mechanical regulations for weed control, crop damage and barley production were developed. Number of tillages, their depth, direction, speed and time of tillage were the studied variables. The harrow efficiency was very low against grass weeds (*Lolium rigidum*, *Avena* spp.), perennials (*Rumex crispus*) and, generally, when plants surpassed the seedling stage. Efficiency against dicot weeds was higher in seedling stage when increasing the depth, speed and number of tillings, the work was carried out parallel to crop rows. However a higher control did not mean higher crop yield. Hence only one tillage at normal or high depth, along the tillering cereal rows at 9 km/h speed, obtained the best efficiency/crop damage relation and higher yield.

Key words: *Hordeum vulgare*, Herbicides, Flex-tine harrow.

Introducción

Los herbicidas han significado un progreso innegable para la agricultura en los países industrializados por su eficacia en el control de la flora arvense, selectividad hacia el cultivo, rapidez de acción y economía en su empleo. Sin embargo en la actualidad es necesario plantear otras alternativas al control químico de las malas hierbas por la aparición de resistencias a prácticamente todas las familias de herbicidas (HEAP, 2002) y por posibles problemas de contaminación medioambiental (GARRIDO *et al.*, 1998). Además, la sociedad está cada vez más preocupada por la presencia de residuos de agroquímicos, no sólo en el medio ambiente, sino en los productos agrarios. La escarda mecánica en cereales es un método alternativo a la aplicación de herbicidas que puede resultar eficaz en el control de las malas hierbas, complementando o sustituyendo la acción de éstos y por tanto puede contribuir a evitar, o al menor reducir, los problemas antes mencionados.

El apero normalmente utilizado para llevarla a cabo es una grada de varillas flexibles. Mediante ésta, se efectúan labores someras en toda la superficie del terreno, de tal manera que la eliminación de las malas hierbas se produce por desarraigo y corte de las mismas, aunque según algunos autores (JONES *et al.*, 1995), el principal efecto se debe al enterramiento de las malas hierbas. Este desarraigo o enterramiento, puede no ser completo, con lo que muchas veces la planta no muere, pero sí queda dañada en mayor o menor medida, ralentizando su crecimiento (LAMBAIN *et al.*, 1993) y dando, por tanto, ventaja al cultivo, lo cual puede ser suficiente para superar la competencia de las arvenses. Al igual que en los tratamientos químicos, no hay que tener en cuenta únicamente el hecho de controlar la

flora arvense, sino además causar el menor daño al cereal (KURSTJENS y PERDOCK, 2000) para evitar que la producción final se vea afectada. Habrá que estudiar el efecto conjunto de la relación eficacia en el control dañado al cultivo (RASMUSSEN, 1991), porque para lograr un mejor control de la flora arvense se necesita, generalmente, hacer un gradeo más profundo, o incrementar el número de éstos, y ello acarrea mayores daños al cultivo (RASMUSSEN y RASMUSSEN, 1995). La selectividad del método viene determinada fundamentalmente por la diferencia del sistema radicular y/o porte relativo del cultivo y la mala hierba, debiendo tener ésta un estado menos desarrollado que aquél para que el tratamiento sea efectivo y selectivo hacia el cultivo.

En nuestro país este tipo de escarda está poco desarrollado, y se utiliza prácticamente a nivel experimental. Los tratamientos han consistido fundamentalmente en la realización de un único pase durante el ahijado del cereal en zonas semiáridas (LACASTA *et al.*, 1997; MOYANO *et al.*, 1998; ZARAGOZA *et al.*, 1999; LEZAUN *et al.*, 2001). Sin embargo, se sabe que son muchos los factores que influyen en el control mecánico de las malas hierbas. Los más relevantes son: el cultivo y la forma de implantarlo (distancia entre líneas, profundidad de siembra) las especies a controlar, las etapas de desarrollo de ambos, el tipo de suelo y su estado de humedad, las condiciones climáticas posteriores y, por supuesto, los parámetros intrínsecos al modo de efectuar la labor (BÖHRNSEN, 1993). Por ello, se considera interesante ensayar distintas modalidades de la regulación de la grada de varillas flexibles para optimizar su uso, como son: número de pases, profundidad de trabajo, dirección y velocidad de la labor, así como el momento de intervención (pre o postemergencia del cultivo), ensayos realizados en otros países

y sólo parcialmente en España por CIRUJEDA y TABERNER (2001), principalmente sobre *Papaver rhoeas*.

En este trabajo se exponen los resultados de cinco experimentos en dos años diferentes, en los que se estudiaron distintas modalidades en la regulación de una grada de varillas flexibles en cuanto a su efecto sobre el control de la flora arvense y la producción en un cultivo de cebada.

Material y métodos

Localización de los ensayos

El ensayo de la provincia de Zaragoza se implantó en la localidad de Montañana, (41°43' N, 2° 52' W y altura 225 m sobre el nivel del mar) sobre un campo de regadío en una parcela con suelo de textura franca (cuadro 1). El ensayo de Huesca se estableció en una parcela en regadío de la Escuela de Capacitación Agraria de esa localidad,

(42°06 N, 0°23' W y a 430 metros de altitud sobre el nivel del mar). El suelo es arcillolimoso (cuadro 1), por lo que las condiciones de humedad adecuadas para su manejo en tempero suelen durar pocos días, dificultando el laboreo del suelo. Ambos ensayos presentaron contenidos de materia orgánica elevados y niveles de fertilidad adecuados.

La precipitación y temperatura mensual durante el desarrollo de los ensayos se muestran en la figura 1.

Siembra y operaciones de cultivo

En Zaragoza, la siembra de la cebada se efectuó en noviembre en 1999/00 y 2001/02 y en febrero en 2000/01 como consecuencia de las importantes lluvias otoñales e invernales, por eso ese año se incrementó algo la densidad de siembra en previsión de escaso ahijado. En Huesca la siembra se realizó en febrero en 2000/01 y en noviembre en 2001/02 (cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de suelo de los ensayos hasta 30 cm de profundidad

Table 1. Soil analysis on the trials (depth: 30 cm)

ENSAYO	Zaragoza	Huesca
Granulometría		
Arena total (0.05-2mm) %	37,75	6,62
Limo grueso (0.02-0.05mm) %	9,44	4,91
Limo fino (0.002-0.2mm) %	39,64	43,35
Arcilla (<0.002mm) %	13,17	45,11
Fertilidad		
pH al agua 1:2.5	8,15	8,33
Salinidad (C.E. 1:2.5) dS/m a 25°C	0,33	0,98
Materia orgánica %	3,37	3,28
Fósforo Olsen, ppm.	57	11,7
Potasio (extracto acetato amónico) ppm	428	244
Carbonatos totales %	32,9	22,6
Magnesio %	2,37	3,91

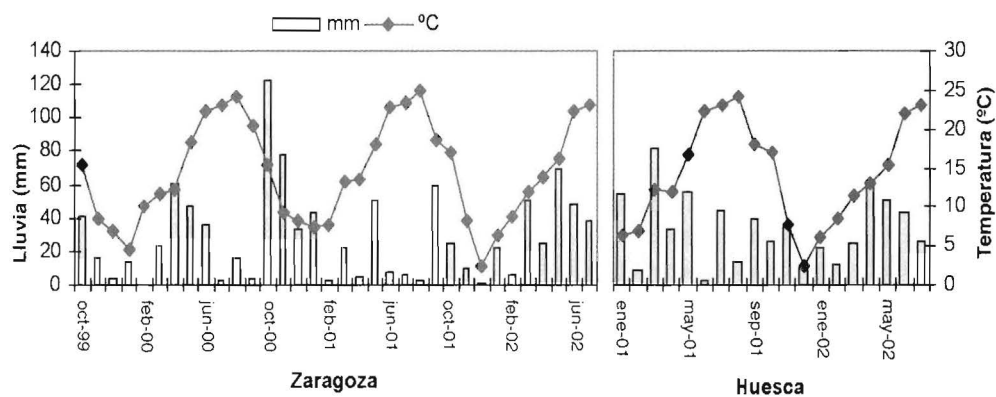


Figura nº 1: Precipitación (mm) y temperatura (°C) en los ensayos.
Figure nº1: Rainfall and temperature on the trials.

El abonado consistió en 120-60-60 y 78-72-24 U.F. de NPK/ha en Zaragoza y Huesca respectivamente. El nitrógeno se repartió en fondo y cobertera. Se regó sólo una vez,

cuando se consideró necesario, pero nunca tras una labor de escarda mecánica, tratando maximizar la eficacia de estas labores. La cosecha se efectuó en junio-julio.

Cuadro 2. Características de los ensayos de regulación de grada de varillas flexibles.
Table 2. Characteristics of the tine harrow regulations experiments.

Año	Fecha siembra	Densidad (kg/ha)	Variedad	Especies arvenses dominantes
ZARAGOZA				
99-00	15/2/99	150	“Camelot”	<i>Sinapis arvensis</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Anacyclus clavatus</i> , <i>Senecio vulgaris</i> , <i>Rumex crispus</i> .
00-01	15/2/01	200	“Graphit”	<i>Convolvulus arvensis</i> , <i>Sinapis arvensis</i> , <i>Chenopodium vulvaria</i> , <i>Rumex crispus</i> , <i>Hordeum murinum</i> .
01-02	8/11/01	150	“Hispanic”	<i>Galium aparine</i> , <i>Fumaria officinalis</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Veronica hederifolia</i> , <i>Sinapis arvensis</i>
HUESCA				
00-01	13/2/00	200	“Hatif de Grignon”	<i>Avena spp.</i> , <i>Lolium rigidum</i> , <i>Verónica hederifolia</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Fumaria officinalis</i>
01-02	22/11/01	200	“Hispanic”	<i>Avena spp.</i> , <i>Lolium rigidum</i> , <i>Verónica hederifolia</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Papaver rhoeas</i> , <i>Rapistrum rugosum</i> .

Descripción del apero

El apero utilizado para los distintos tratamientos fue una grada (4,5 m anchura trabajo) de varillas flexibles (Hatzenbichler, St. Andrea, Austria). La grada consta de tres cuerpos articulados en un bastidor principal (A). Cada cuerpo consta de un emparrillado de púas (D) suspendido con cadenas (F) a un marco con el fin de que la labor se adapte perfectamente a las ondulaciones del terreno y conseguir una labor homogénea (figura nº 2 y 3).

Cada emparrillado está provisto de seis filas de traviesas equipadas cada una de ellas con las varillas de muelles en forma de “J” (H) cada 18 cm, por lo que se consigue que cada 3 cm de suelo pase una varilla. Con la vibración lateral de las varillas mediante resortes se logra un laboreo superficial o rastrellado por toda la superficie. La grada se apoya sobre dos ruedas neumáticas (E) que además regulan la intensidad de la labor, en combinación con el tensor (B), el ángulo de ataque de las varillas β (regulable desde G) y la velocidad del tractor (figura nº 3).

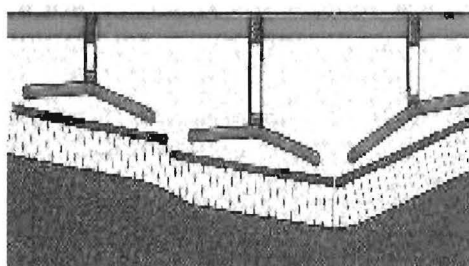


Figura nº 2: Foto y esquema de los cuerpos de la grada en adaptación a la superficie del suelo.

Figure nº 2: Picture and schema of the harrow's bodies adaptation to soil surface.

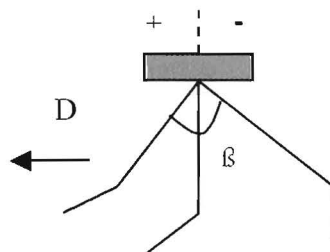
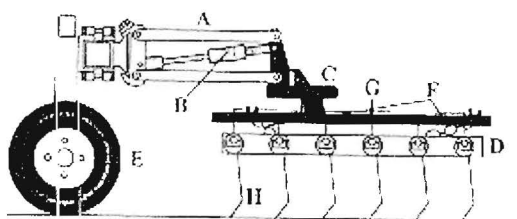


Figura nº 3: Esquema trasversal de la grada de varillas flexibles y regulación posible del ángulo de ataque de la púa (adaptado de BÁRBERI et al., 2000).

Figure nº 3: Perpendicular view of the tine harrow and different regulations of the work tine angle (adapted of BÁRBERI et al., 2000).

Descripción de los ensayos y tratamientos efectuados

En Zaragoza el diseño elegido fue de bloques al azar con tres repeticiones y parcela elemental de 90 m². Se ensayaron 10 tratamientos en los ensayos 1999/00 y 2000/01 y 8 en 2001/02. Todos los años se incluyó un tratamiento con herbicida, apropiado a la flora arvense y su estado fenológico, y un testigo sin ningún desherbado.

En Huesca el diseño experimental fue totalmente aleatorizado, con tres repeticiones y con parcela elemental de 80 m². Se ensayaron 9 tratamientos, entre ellos también hubo un tratamiento herbicida y un testigo sin escardar.

Los criterios en la elección de las labores fueron:

- El número de pases: uno o dos. En el caso de ser dos, si estos se efectúan en la misma fecha o con un intervalo de 15 días.

- La dirección: paralela o perpendicular a las líneas de siembra.

- La profundidad de trabajo: baja $\beta = -40^\circ$, media $\beta = -20^\circ$, alta $\beta = 0^\circ$

- La velocidad de trabajo: normal (9 km/h) o alta (12 km/h).

En el cuadro 3 se resumen las labores efectuadas en las dos localidades.

Todos los pases se efectuaron en ahijamiento del cereal, (21-22 en la escala de ZADOKS *et al.* 1974) salvo el segundo pase del tratamiento nº 8 que se encontraba en fase de elongación del tallo (30) y el tratamiento nº 0 del tercer año que se realizó en preemergencia. En Zaragoza, para las parcelas tratadas con herbicidas se utilizó en 2000: 2,4-D 27,5%+MCPA 27,5% a una dosis de 1,2 kg/ha, en 2001: diflufenican 2,5% + MCPA 25%, a una dosis de 2 kg/ha y en 2002: clortoluron 53% + terbutrina 10,75% + triasulfuron 0,25% a razón de 1,5

Cuadro 3. Resumen de los tratamientos llevados a cabo en los ensayos de eficacia de la grada
Table 3. Summary of treatments carried out in the harrow efficiency trials

Tto	Nº Pases	Dirección de trabajo	Profundidad de trabajo	Velocidad (km/h)	Fecha de las labores				
					Zaragoza			Huesca	
					2000	2001	2002	2001	2002
0	1*	Paralela	Baja	9	-	-	27/11	-	-
1	1	Paralela	Baja	9	29/2	27/3	-	26/3	4/3
2	1	"	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
3	1	"	Alta	9	29/2	27/3	-	26/3	4/3
4	1	"	Media	12	29/2	27/3	-	26/3	4/3
5	2	"	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
6	2	Paral y perp	Media	9	29/2	27/3	11/2	-	-
7	1	Perpendicular	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
8	2**	Paralela	Media	9	29/2	27/3	11/2	26/3	4/3
					14/3	10/4	27/2	8/4	18/3
9	1		Tratamiento herbicida		13/3	2/4	17/1	15/3	15/1
10	-		Testigo sin desherbar						

(*) en preemergencia. **15 días entre cada pase de grada.

(*) in pre-emergence **15 days between every harrow work.

kg/ha. En Huesca se utilizó imazametabenz 30% a 2,5 l/ha en 2001 y tralkoxidim 25% a 1,5 l/ha en 2002.

En Zaragoza la flora arvense estuvo compuesta mayoritariamente por especies dicotiledóneas, mientras que en Huesca hubo cierta presencia de *Avena* spp. y *Lolium rigidum*, por lo que se valoró de forma individual la eficacia del apero para ambos tipos de flora en esta localidad. En Zaragoza se efectuaron conteos de plantas de malas hierbas a los 15-20 días del último tratamiento de grada y se calculó el porcentaje de control en base a la flora arvense presente en los testigos. En Huesca, con flora arvense desigualmente repartida, se efectuaron conteos en el mismo lugar antes y después de los tratamientos y se calculó el porcentaje de control en base a la flora arvense presente en el primer conteo ($[(\text{inicial-final})/\text{inicial}] \cdot 100$). En las dos localidades se realizaron controles de biomasa seca de cultivo y flora arvense en la fase del

espigado del cereal para valorar la eficacia y la selectividad de cada tratamiento efectuado en las últimas fases de crecimiento de cereal. La cosecha se efectuó en junio-julio con medida de la humedad del grano. Los datos obtenidos se extrapolaron a kg/ha con 14% de humedad. Los datos se procesaron con el paquete estadístico Systat 7.0 y la separación de las medias se efectuó mediante el test LSD. Hubo ocasiones en que datos referentes a densidades y biomasa de malas hierbas no se distribuyeron normalmente y entonces se normalizaron con la transformación $\sqrt{y+0,5}$.

Resultados y discusión

Influencia del ajuste de la grada sobre el control de flora arvense

Como se observa (cuadro 4) sólo en 1999/00 hubo suficiente densidad de flora arvense

Cuadro 4. Densidad total de malas hierbas anuales y porcentaje de control tras las labores de escarda en Zaragoza

Table 4. Weed density and control of annual species after treatments in Zaragoza trial (% in relation to unweeded check)

Tratamiento	1999-2000		2000-2001		2001-2002	
	pl/m ²	% control	pl/m ²	% control	pl/m ²	% control
0-Preemergencia	-	-	-	-	30 ab	29
1-Baja profundidad	71 ab	66	9	25	-	-
2-Media profundidad	65 ab	68	11	8	25 ab	40
3-Alta profundidad	60 ab	71	4	67	-	-
4-Alta velocidad	54 ab	74	7	42	-	-
5-Dos pases	38 ab	82	5	58	17 ab	60
6-Dos pases cruzados	71 ab	66	7	42	18 ab	57
7-Perpendicular	114 ab	45	5	58	27 ab	36
8-Pase a los 15 días	109 ab	47	6	50	15 b	64
9-Herbicida	27 b	87	6	50	9 b	79
10-Testigo	207 a	0	12	0	42 a	0

En cada columna, cifras con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD. Numbers with the different letters in every column are significantly different ($P < 0,05$) according the LSD test.

para que el cultivo pudiera sufrir su competencia, mientras que en 2000/01 la densidad de malas hierbas fue insignificante, probablemente debido a que la fecha de siembra fue muy tardía. En 1999/00, la grada no ejerció control alguno sobre *S. arvensis*, ni *R. crispus* (incluso las labores más profundas) ya que se encontraban demasiado desarrolladas en el momento de los pases. Sí fue efectiva sobre *C. bursa-pastoris* y *P. aviculare*, al estar en etapas más iniciales de crecimiento. En los otros dos años, con menos malas hierbas, sólo se observó mayor dificultad de control sobre *S. arvensis*.

En Huesca (cuadro 5) existió una moderada infestación en ambos años, aunque inicialmente muy variable e irregular entre parcelas por ello, y como se explicó en el apartado de material y métodos, el porcentaje de control se calculó en base a la flora inicial presente en cada tratamiento. Esto explica que los

resultados de biomasa de malas hierbas en etapa de espigado (figura 5) no estén correlacionados con el porcentaje de control, pues en parcelas testigo, aún sin eliminar ninguna mala hierba, quedó menos flora arvense que en algunas parcelas en las que se actuó de una u otra forma, con independencia del control conseguido.

a) Profundidad (tratamientos 1, 2 y 3)

Se observó en todos los casos que incrementar la profundidad aumenta el porcentaje de control de malas hierbas. Los tratamientos 1 (profundidad baja), 2 (normal) y 3 (alta) ejercieron un progresivo control en las cuatro situaciones que se ensayaron estos 3 tratamientos y las diferencias en el caso de Huesca llegaron a ser significativas. Estos resultados parecen lógicos y fueron observa-

Cuadro 5. Porcentaje de control de gramíneas, dicotiledóneas y total en relación a la flora inicial tras las labores de escarda en Huesca

Table 5. Grass, dicot and total weed control (in relation to initial weed flora) after treatments in Huesca

Tratamiento	2000-2001 %control			2001-2002 %control		
	Monocot.	Dicot.	Total	Monocot.	Dicot.	Total
0-Preemergencia	-	-	-	-	-	-
1-Baja profundidad	3 bc	20 d	15 d	39 ab	23 e	25 c
2-Media profundidad	11 bc	59 c	46 c	5 b	49 c	42 b
3-Alta profundidad	69 a	85 a	83 a	17 ab	75 a	69 a
4-Alta velocidad	31 abc	75 ab	66 b	7 b	65 b	62 a
5-Dos pases	18 bc	71 b	69 ab	18 ab	75 a	66 a
6-Dos pases cruzados	-	-	-	-	-	-
7-Perpendicular	45 ab	69 bc	59 bc	67 a	61 b	62 a
8-Pase a los 15 días	35 abc	69 b	66 b	33 ab	68 ab	65 a
9-Herbicida	33 abc	29 d	38 c	64 a	33 d	39 b
10-Testigo	0 c	0 e	0 e	0 b	0 f	0 d

En cada columna, cifras con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD. Numbers with different letters in every column are significantly different ($P < 0.05$) according to the LSD test.

dos también por BÖHRNSEN (1993), en cultivo de centeno y por RASMUSSEN (1991) en trigo. En cuanto a la biomasa de malas hier-

bas en fase de espigado (figuras 4 y 5), se observó una tendencia similar en Zaragoza, produciendo los pases más profundos una

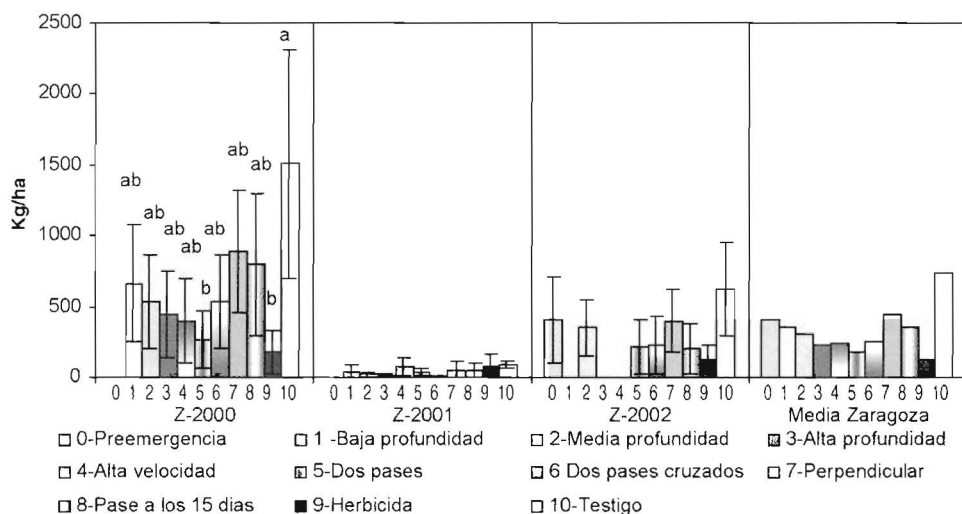


Figura nº 4. Biomasa de malas hierbas según los tratamientos en Zaragoza.

Figure nº 4. Weed biomass (kg/ha) obtained under the different treatments in Zaragoza.

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0,05$) según el test LSD.

For every year, columns numbers with the different letters are significantly different ($P < 0.05$) according the LSD test.

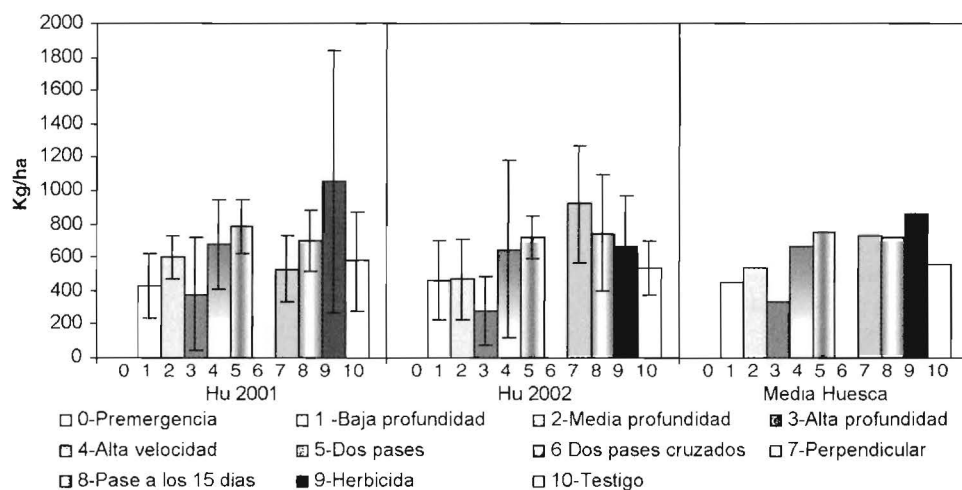


Figura nº 5. Biomasa de malas hierbas según los tratamientos en los ensayos de Huesca.

Figure nº 5. Weed biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Huesca.

Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD.

No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according LSD test.

menor biomasa de malas hierbas. Sin embargo en Huesca, aunque el pase más profundo (3) presentó también menor biomasa de malas hierbas, la tendencia no fue tan clara entre los tratamientos 1 y 2, manteniendo paradójicamente menor biomasa de malas hierbas el tratamiento más somero. Esto, aunque no es habitual, puede ocurrir ya que BÁRBERI *et al.* (2000) tampoco observaron claramente menor biomasa arvense en etapas finales del cultivo al aumentar la profundidad de la labor.

b) Velocidad (tratamientos 2 y 4)

Se apreció un efecto beneficioso de la velocidad sobre el % de control de malas hierbas. En general se observó mayor control en el pase efectuado a 12 km/h que en el efectuado a 9 km/h (4 vs. 2). También en este caso las diferencias en Huesca llegaron a ser significativas. RYDBERG (1993 y 1994) también observó este hecho en mayor o menor medida, y achaca este efecto beneficioso a una mayor vibración de las varillas y, por tanto, a un mejor enterramiento de las malas hierbas. En cuanto a biomasa arvense, los resultados no son tan claros, sólo en Zaragoza 2000 se mantiene el efecto en etapas finales del crecimiento del cultivo (figuras 4 y 5).

c) Número de pases (tratamientos 2, 5, 6 y 8)

Los tratamientos consistentes en dos pases, fueron el 5 (mismo día y paralelos), el 6 (mismo día cruzados) y el 8 (paralelos con intervalo de 15 días). Es otro modo de intensificar la labor y también se aprecia su efecto al comparar los resultados con un único pase (2) como observaron BÖHRNSEN (1993) y RASMUSEN (1991). Aunque ese mayor control sólo se tradujo en una menor

biomasa arvense, al final del ciclo de cultivo, en Zaragoza 2000 y en el tratamiento 5 que mantuvo menos malas hierbas que el 2. Por el contrario los dos pases, paralelo y perpendicular (6), o con intervalo de 15 días (8) no controlaron más hierbas ni redujeron más la biomasa de las malas hierbas en etapas finales que el tratamiento de referencia (2). BÁRBERI *et al.* (2000), observaron que tampoco se redujo más la biomasa arvense con dos pases (uno en ahijado del cereal y otro en elongación del tallo) frente a un único pase en la mayoría de ensayos.

d) Dirección (tratamientos 2 y 7)

En Huesca (cuadro 5), el pase perpendicular a las líneas de siembra (7) ejerció un aceptable control (59-62%), significativamente mayor que el pase dado a la misma profundidad pero a la misma dirección que las líneas de siembra (2) en 2002. En Zaragoza (cuadro 4) por el contrario, en los dos años en que aparecieron numerosas malas hierbas (2000 y 2002), se observó mejor control con pase paralelo a las líneas de siembra pero sin diferencias significativas. RASMUSEN y SVENNINGSEN (1995) afirman que posteriormente al ahijado, la púa de la grada es guiada entre las líneas del cereal, donde precisamente se hallan las malas hierbas, por lo que haciendo la labor perpendicular a las líneas de siembra no puede lograrse este efecto.

e) Etapa de cultivo (tratamientos 0 y 2)

El pase en preemergencia no resultó especialmente interesante, pues salvo el testigo, fue el tratamiento que mayor densidad de malas hierbas presentó, mostrando una densidad algo mayor que el tratamiento de

referencia (2). Sin embargo, dada la variabilidad interanual de los resultados no es posible obtener conclusiones definitivas al respecto. En este sentido CIRUJEDA y TABERNER (2001) señalan que un pase muy temprano puede estimular la nascencia de nuevas malas hierbas.

f) Tipo de mala hierba

En Huesca 2001, las 7 modalidades de gradeo obtuvieron mejor control sobre flora dicotiledónea, y en 2002 sólo en dos tratamientos se obtuvo mejor control sobre gramíneas. Los resultados son análogos a los encontrados por KREES (1993) que señala la dificultad de control de gramíneas como no sea con labores relativamente profundas y etapas muy tempranas. Asimismo, BÖHRNSEN (1993) siempre encontró mayor eficacia contra dicotiledóneas. No obstante, LEZAÚN *et al.* (2001) llegaron a controlar un 70% de *L. rigidum* en algunos ensayos, aunque señalan el caso como excepcional. También en nuestros ensayos se lograron, de manera excepcional, eficacias parecidas con el tratamiento profundo (3) en 2001 y con el pase perpendicular a las líneas de siembra (7) en 2002 (cuadro 5).

Influencia del ajuste de la grada en la selectividad hacia el cultivo

Las figuras nº 6 y 7 muestran la cantidad de biomasa de cultivo en estado de espigado en Zaragoza y Huesca respectivamente.

Los resultados obtenidos fueron muy variables, dependiendo de los años y localidades, aunque sólo se obtuvieron diferencias significativas en Huesca en 2001 (figura 7) y debidas fundamentalmente a un efecto fitotóxico del herbicida sobre la

cebada. El imazametabenz dañó gravemente a la cebada, probablemente por ser sensible la variedad, y además controló de forma deficiente la flora arvense.

Se ha observado en el apartado anterior que, al aumentar la intensidad de las labores mecánicas (por aumento de la profundidad, velocidad y nº de pases) se eliminan, como es lógico, más malas hierbas, con lo que se consigue reducir su efecto competitivo sobre el cultivo. Como aspecto negativo, es de esperar que aumenten los daños directos sobre éste, como señalan CIRUJEDA *et al.* (2003). Por consiguiente el crecimiento del cultivo vendrá determinado por el efecto neto de estos dos aspectos.

En Zaragoza, en 2000 (figura 6), con mayor densidad de flora arvense pareció prevalecer el efecto beneficioso de la eliminación de las malas hierbas y casi todos los tratamientos tuvieron más materia seca de cebada que el testigo, que presentaba mayor cantidad de malas hierbas. La alta biomasa del tratamiento herbicida hizo incidir en esa idea, aunque hubo excepciones en los tratamientos nº 6 y 8, con menos biomasa de cultivo que el testigo. En 2001 y 2002 la mayoría de tratamientos obtuvieron más biomasa que el testigo, aunque siendo generalmente menor ésta en el caso de labores más profundas o consistentes en dos pases.

En Huesca, en los dos años, hubo algunas parcelas tratadas con grada o herbicida que tuvieron mayor biomasa de flora arvense que las parcelas sin tratar (figura 5). Así pues, en este caso, sólo cabría esperar que en la biomasa de cebada (figura 7) prevaleciera el efecto de los daños al efectuar las labores, pues es evidente que no se consiguió suprimir la competencia de las arvenses. Esto ocurrió de manera significativa en el caso del tratamiento (5) de dos pases paralelos en la misma fecha en 2001 y en

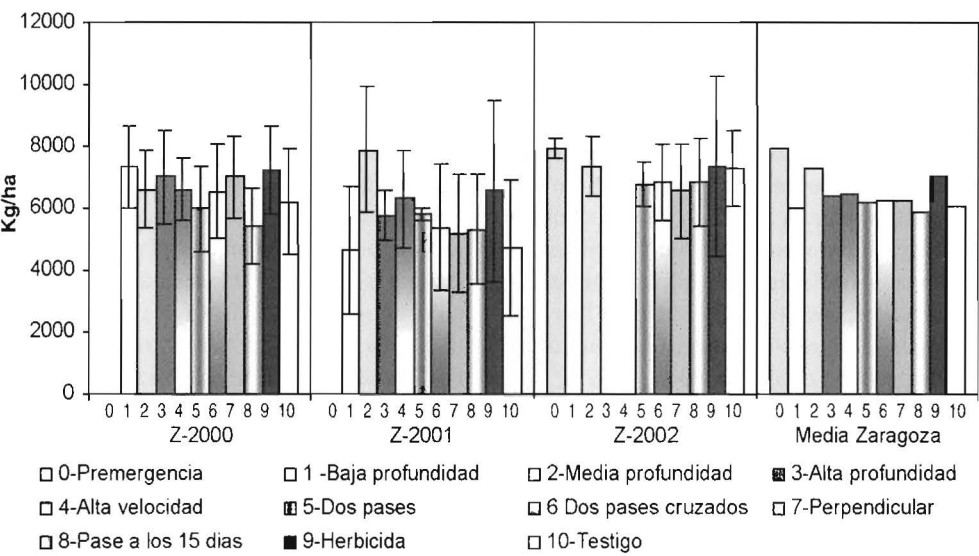


Figura nº 6. Biomasa de cebada (kg/ha) según los tratamientos en los ensayos de Zaragoza.
Figure nº 6. Barley biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Zaragoza trials.

Sin diferencias significativas ($p < 0.05$) según el test LSD.
No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according to the LSD test.

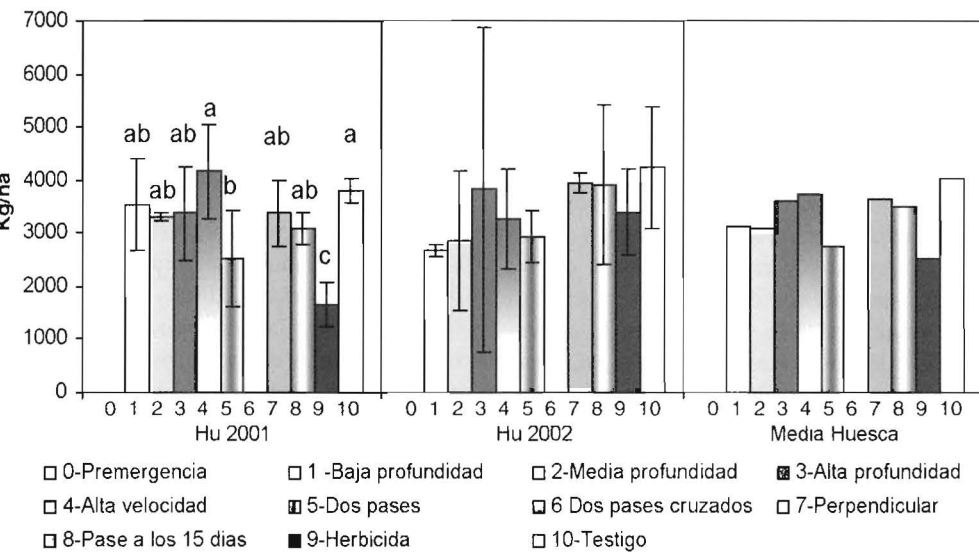


Figura nº 7. Biomasa de cebada (kg/ha) según los tratamientos en los ensayos de Huesca
Figure nº 7. Barley biomass (kg/ha) obtained under different treatments in Huesca

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test LSD.
For every year, columns numbers with different letters are not significantly different ($P < 0.05$) according to the LSD test.

esa misma tendencia al año siguiente, en todos los tratamientos, ya que obtuvieron menos biomasa de cultivo que el testigo (figura 7). Sin embargo, al incrementar la intensidad de la labor mecánica mediante el aumento de profundidad, velocidad o nº de pases (tratamiento 2 vs 3, 4 y 8) no se obtuvo menos biomasa, que fue la tendencia observada en Zaragoza, posiblemente debido a las características del suelo de Huesca, más pesado, que no permite a las púas de la grada profundizar demasiado.

Influencia del ajuste de la grada en la producción de grano

Los datos de cosecha obtenidos para cada tipo de ajuste, al igual que los referentes a la biomasa de cultivo, no siguen una tendencia clara en los 5 ensayos analizados.

Es importante señalar que, salvo en Zaragoza 2000 y 2001, las parcelas sin escardar obtuvieron, en la mayoría de los casos, producciones iguales o superiores a las parcelas tratadas con diversas modalidades de gradeos y herbicidas. Ello llevaría a recomendar no efectuar ninguna labor, mecánica o química. Sin embargo, hay que tener en cuenta otros aspectos, sobre todo preventivos para subsiguientes años, que indican la conveniencia de moderar en lo posible la presencia de arvenses con el fin de prevenir infestaciones futuras.

Sólo en Huesca 2001 (figura 9) existieron diferencias significativas, pero debidas al problema anteriormente mencionado con el herbicida. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre distintos tratamientos mecánicos y testigos, a pesar de que en algunos casos estas diferencias fueron importantes en términos absolutos.

No fueron iguales los casos de Zaragoza 2001 y 2002, ni en Huesca 2002, ya que en estos tres ensayos las diferencias entre tratamientos fueron poco importantes incluso en valor absoluto. En Zaragoza 2001 (figura 8), aun sin diferencias significativas, pero en la línea de los datos de biomasa, las parcelas testigo obtuvieron menos producción. En Zaragoza 2002 las diferencias en producción entre distintas labores mecánicas, el herbicida y el testigo fueron insignificantes, por lo que parece claro que ni se produjeron daños al cultivo ni la escasa flora presente ejerció competencia. Parece que los gradeos tuvieron un efecto estimulador del crecimiento del cultivo en la mayoría de los casos. Esto sugeriría que quedaba margen para intensificar las labores y así eliminar más malas hierbas sin dañar el cultivo.

En Huesca 2002 (figura 9), habiendo mayor presencia de malas hierbas y ciertas diferencias de éstas entre tratamientos (figura 5) no hubo apenas diferencias en cuanto a producción de grano. En las parcelas testigo, al no sufrir daños, ni poseer mayor biomasa de flora arvense en el periodo final del cultivo, se obtuvo la mejor cosecha.

Las diferencias más importantes entre tratamientos mecánicos y testigos, sin llegar a ser estadísticamente significativas, se produjeron en Zaragoza 2000 y Huesca 2001. Concretamente en Zaragoza 2000 y con infestación importante de malas hierbas se apreció el efecto beneficioso de las labores, en mayor o menor medida, en todos los casos, si se exceptúa el tratamiento de dos pases en la misma fecha (5). Esto a pesar de que fue el tratamiento mecánico que mejor suprimió las malas hierbas, pero es evidente que para lograr ese mayor control se necesitó originar daños al cultivo que repercutieron en la producción como señala RASMUSSEN (1993). Este tratamiento también produjo la peor cosecha en Huesca 2001. El

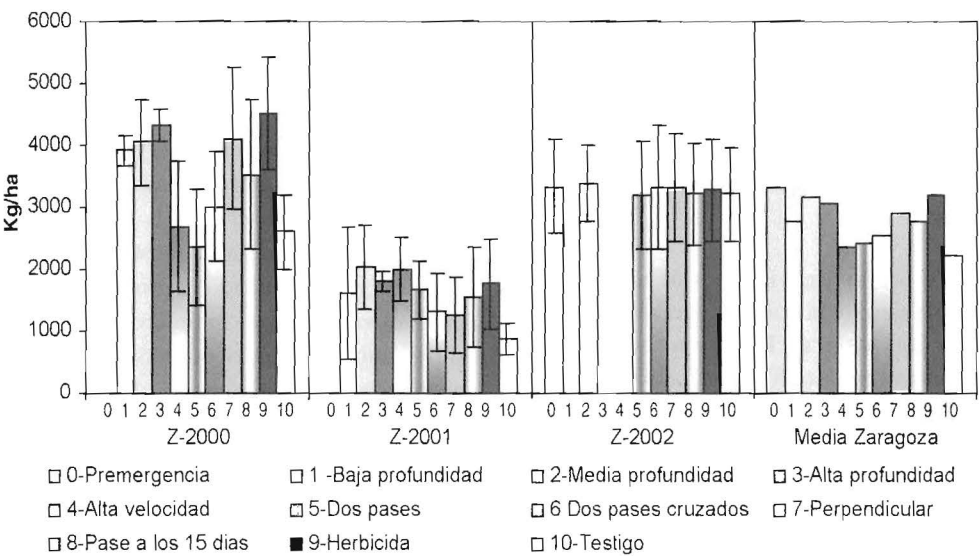


Figura nº 8. Producción de cebada según los tratamientos en los ensayos de Zaragoza.

Figure nº 8. Grain Barley production obtained under different treatments in Zaragoza trials.

Sin diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test LSD.

No significant differences were detected ($p < 0.05$) in any case according to the LSD test.

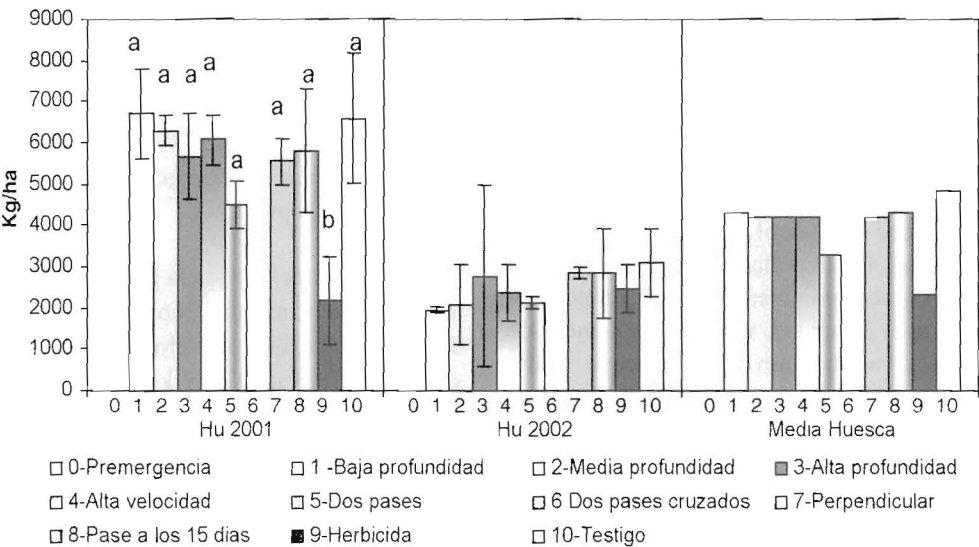


Figura nº 9. Producción de cebada según los tratamientos en los ensayos de Huesca.

Figure nº 9. Grain Barley production obtained under different treatments in Huesca

En cada año, columnas con letras distintas difieren significativamente ($p < 0.05$) según el test LSD.

Columns numbers with the same letters in every year, are not significantly different ($P < 0.05$) according to the LSD test.

tratamiento a mayor velocidad en Zaragoza 2000, a pesar de que redujo la flora arvense, no consiguió una buena cosecha, pues dañó en parte al cultivo. Esta misma secuencia fue descrita por RYDBERG (1994), aunque en nuestros ensayos solamente se observó ese año.

Al profundizar la labor de un solo pase (3) se ejerció un control parecido al logrado con dos pases en la misma fecha (que se mantuvo hasta el final del periodo de cultivo) en la mayoría de los casos, mientras que moderó los daños al cultivo siendo uno de los tratamientos más productivos en todos los años.

El tratamiento de referencia a profundidad media y paralelo a las líneas de siembra obtuvo uno de los valores más altos de producción (junto con el pase profundo). Además ejerció un control aceptable de flora arvense, al menos de las dicotiledóneas, y es lo más recomendable en zonas de secano o regadío en que se puedan programar adecuadamente los riegos, y es lo que normalmente se aplica en nuestro país (LACASTA *et al.*, 1997; ZARAGOZA *et al.*, 1999; LEZAUN *et al.*, 2001). Algunos autores ponen en entredicho la validez del control mecánico con grada en infestaciones importantes de malas hierbas o si éstas son gramíneas, aunque se intensifique la profundidad, velocidad o número de pases, ya que inevitablemente se acaba produciendo daños al cultivo (RASMUSSEN 1993; LEZAUN *et al.*, 2001). En estos casos, y según los resultados aquí obtenidos, parece más indicado incrementar la profundidad de la labor en ahijado que efectuar dos pases en igual o distinta fecha, ya que se logró un mejor control de las malas hierbas y se limitaron los daños, obteniendo una buena cosecha.

Conclusiones

La eficacia de la grada en el control de las malas hierbas fue muy baja contra malas hierbas gramíneas (*L. rigidum*, *Avena* spp.), perennes (*R. crispus* L.) y, en general, cuando sobrepasaron el estado de plántula, aun incrementando la profundidad del pase, su velocidad y su número. La eficacia sobre malas hierbas dicotiledóneas en estado de plántula se incrementó al aumentar la profundidad del pase, su velocidad y su número y si éste se efectuó paralelo a la línea del cultivo. Sin embargo, un mejor control no supuso mayor cosecha como norma general, en algunos casos, porque la densidad de malas hierbas fue baja en todos los tratamientos, y en otros, por el daño ocasionado al cultivo, predominando sobre el efecto beneficioso de eliminar las malas hierbas. Estos daños fueron muy variables para una misma regulación del apero, pero al intensificar las labores (profundidad o nº pases) éstos fueron generalmente mayores en suelos más “ligeros” (con más arena) de Zaragoza que en los “pesados” de Huesca.

De las regulaciones de la grada propuestas se concluye que un único pase a profundidad normal o alta, paralelo a las líneas de siembra, a velocidad de 9 km/h, en estado de ahijado del cereal (12, 13 de ZADOKS *et al.*, 1974) fueron los tratamientos más adecuados en las condiciones ambientales ensayadas. Generalmente fueron las opciones con mejor relación eficacia-daños y, por ello, se han obtenido las mejores producciones, en tres de los cinco experimentos efectuados y en la media de éstos.

Bibliografía

- BÁRBERI P., SILVESTRI N., PERUZZI A., RAFFAELL M., 2000. Finger-harrowing of durum wheat under different tillage systems. *Biological Agriculture and Horticulture*, 17: 285-303.
- BÖHRNSEN A., 1993. Several years results about mechanical weeding in cereals. In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control*, Dijon, France, 93-99.
- CIRUJEDA A., TABERNER A., 2001. Control mecánico de *Papaver rhoeas* resistente a herbicidas mediante grada de varillas flexibles. *Actas del Congreso 2001 de la Sociedad Española de Malherbología*, 87-90.
- CIRUJEDA A., MELANDER B., RASMUSSEN K., RASMUSSEN I.A., 2003. Relationship between speed, soil movement into the cereal row and intra-row weed control efficacy by weed harrowing. *Weed Research*, 43, 4: 285-296.
- GARRIDO T., COSTA C., FRAILE J., OREJUDO E., NIÑEROLA J.M., GINEBRED A., OLIVELLA L., FIGUERAS M., 1998. Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. *Actas de las Jornadas sobre contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*. Valencia. AIH-GE, 127-133.
- HEAP I., 2002. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Disponible en: <http://www.weeds-science.com>.
- JONES P.A., BLAIR A.M., ORSON J.H., 1995. The effect of different types of physical damage to four weed species. *Brighton Crop Protection Conference-Weeds-1995*: 653-658.
- KREES W., 1993. Maîtrise des adventices avec la herse-chaine ou la herse-étrille. In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control*, Dijon, France, 79-82.
- KURSTJENS D.A.G., PERDOCK U.D., 2000. The selective soil covering mechanism of weed harrows on sandy soil. *Soil and Tillage Research* 55: 193-206.
- LACASTA C., GARCÍA MURIEDAS G., ESTALRICH E., MECO R., 1997. Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. *Actas Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología*, 37-40.
- LAMBAIN J., FALISSE A., MONFORT B., POELERT J., 1993. Weeding in organic agriculture. Results of trials from 1988-1992. In: *Communications Of The Fourth International Conference I.F.O.A.M.*, 243-248.
- LEZAÚN J.A., LAFARGA A., ARMESTO A.P., 2001. Control de las malas hierbas por métodos no químicos. *Navarra Agraria*, 120: 31-36.
- MOYANO A., BENITO M., CARRAMIÑANA N., CIRIA P., 1998. Control mecánico de malas hierbas y su efecto sobre la producción de cebada y trigo en Soria. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*, 129-134.
- RASMUSSEN J., 1991. Optimising the intensity of harrowing for mechanical weed control in winter wheat. *Brighton Crop Protection Conference*, 177-184.
- RASMUSSEN J., 1993. The influence of harrowing used for post-emergence weed control on the interference between crop and weeds. 8th EWRS Symposium "Quantitative approaches in weed and herbicide research and their practical application". Braunschweig 1993, 209-217.
- RASMUSSEN J., RASMUSSEN K., 1995. A strategy for mechanical weed control in spring barley. 9th European Weed Research Society Symposium Budapest, 557-564.
- RASMUSSEN J. SVENNINGGSEN T., 1995. Selective weed harrowing in cereals. *Biological Agriculture and Horticulture*, 12: 29-46.
- RYDBERG T., 1994. Weed harrowing. The influence of driving speed and driving direction on degree of soil covering and the growth of weed and crop plants. *Biological Agriculture and Horticulture*, 10: 197-205.
- RYDBERG T., 1993. Weed harrowing driving speed at different stages of development. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 23: 107-113.
- ZADOKS J.C., CHANG T.T., KONZAK C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.
- ZARAGOZA C., AIBAR J., CAVERO J., CIRIA P., CRISTOBAL V., DE BENITO A., ESTALRICH E., GARCIA-MARTIN A., GARCIA-MURIEDAS G., LABRADOR J., LACASTA C., LEZAUN J.A., MATEO D., MECO R., MOYANO A., NEGRO M.J., SOLANO M.L., VILLA F., VILLA I., 1999. Type of fertilization and weed control in barley under dryland conditions in Spain. 11th EWRS Symposium, Basel. pag 113.

(Aceptado para publicación el 9 de febrero de 2004).

INFLUENCIA DEL TIPO DE FERTILIZACIÓN Y DESHERBADO EN UNA ROTACIÓN DE CEREALES EN SECANO

G. Pardo¹, J. Aibar², P. Ciria³, M.V. Cristóbal⁴,
A. De Benito⁴, E. Estalrich⁵, A. García Martín⁶,
G. García Muriedas⁷, C. Labrador⁶, C. Lacasta⁵,
A. Lafarga⁸, J.A. Lezaún⁸, R. Meco⁹, F. Villa¹,
C. Zaragoza¹

¹ Depto. de Agricultura, DGA, Apdo. 727, 50080 Zaragoza, España

² Escuela Politécnica Superior de Huesca, 22071 Huesca, España

³ Escuela Univ. Ing. Agrarias, Campus Universitario, 42004
Soria, España

⁴ SIDTA, Apdo. 172, 47080 Valladolid, España

⁵ CSIC, Finca La Higuera, 45530 Santa Olalla, Toledo, España

⁶ SIDT, Apdo. 22, 06080 Badajoz, España

⁷ IMIA, El Encín, Apdo. 127, 28800 Alcalá de Henares,
Madrid, España

⁸ ITGA, El Sario, Cra. El Sadar, 31006 Pamplona, España

⁹ SIA, Consejería Agricultura, 45075 Toledo, España

RESUMEN

Con el objetivo de comparar diferentes métodos de fertilización y escarda se establecieron diversos ensayos en una rotación: barbecho→ cebada (*Hordeum vulgare* L.)→ veza (*Vicia sativa* L.) como abono verde→trigo duro (*Triticum durum* Desf.), en zonas semiáridas españolas. Aquí se presentan los resultados de 29 de estos ensayos realizados durante los últimos 5 años, de 1999 a 2003. En todos ellos se estudiaron, en las parcelas destinadas al cereal, tres niveles de fertilización [orgánica (2500 kg compost/ha, formado a partir de estiércol de oveja y paja de cereal), química N-P-K (100-60-60), y un testigo sin fertilizar] y tres de escarda [un pase de grada de varillas flexibles, una aplicación convencional de herbicidas, y testigo sin escarda] mediante un modelo estadístico bifactorial. Se observó que sólo en el 21% de los ensayos se incrementó significativamente la producción aplicando fertilizante químico, mientras que fue contraproducente en el 10% de ellos. Aplicando compost se logró aumentar la cosecha en el 17% de las ocasiones pero con escasas diferencias absolutas, pero sin ser nunca contraproducente. Por lo tanto, no está justificada económicamente la aplicación de ningún tipo de fertilizante bajo las condiciones climáticas y agronómicas en que se han efectuado estos ensayos. La rotación tuvo un efecto preventivo muy importante en la flora arvense. La densidad de malas hierbas fue baja tras el periodo de barbecho o veza enterrada (74 pl/m² en testigo) y se logró reducir con herbicida o grada de forma similar (en torno al 50% de control) pero se obtuvo una significativa mayor producción sólo en el 11% y en el 3.5% de las veces al aplicar herbicida o utilizar la grada, respec-

tivamente. Esta repercutió negativamente en la producción en el 7% de los ensayos. Por tanto, se considera que ambos métodos de escarda son poco eficaces para incrementar las cosechas en las condiciones en las que se han efectuado los ensayos.

Palabras clave: Agricultura ecológica, Compost, Escarda mecánica.

SUMMARY

FERTILIZATION AND WEED CONTROL EFFECTS IN A DRYLAND CEREAL ROTATION

The experiments presented here had in the objectives to compare different chemical fertilization and weed control methods, with the use of compost as fertilizer and a flex-tine harrow for mechanical weeding. In 1996, trials were established in a four years crop rotation: fallow→ barley (*Hordeum vulgare* L.)→vetch (*Vicia sativa* L.) ground ploughed→durum wheat (*Triticum durum* Desf.), in semi-arid regions. The results of 29 trials performed since 1999 to 2003 are presented here. In all of them three fertilization levels [organic (2500 kg compost/ha made by cereal straw and sheep manure), chemical (100-60-60) and no fertilized] and weed control levels [a flex-tine harrow tillage, a conventional herbicide application and untreated control] were studied in cereal plots with a bifactorial statistical model. Cereal production increased significantly only in the 21% and 17% of the chemical and organic fertilizer treatments respectively. Under these conditions the application of any fertilizer is not economically justified. The crop rotation had a very important preventive effect. Following the fallow and ploughed vetch periods, weed density was generally low in cereal plots (74 pl/m² average on untreated plots). Herbicide had the same average effectivity as mechanical control (about 50%). The smaller weed density obtained with any treatments only meant a significant higher grain production with respect of untreated plots in the 11% and 3,5% of the chemical and mechanical weed control treatments respectively. Mechanical control was observed negative for cereal production the 7% of the occasions. Consequently, both weed control methods are not considered efficient to increase the cereal yields in these conditions.

Key words: Organic farming, Compost, Mechanical weed control.

Introducción

Durante los últimos 25 años, la agricultura extensiva de secano desarrollada en España ha venido sufriendo un paulatino descenso de la rentabilidad. Al mismo tiempo que se reduce el precio del producto final, aumenta el de la energía y de los insumos utilizados en la explotación agraria.

Paralelamente, la sociedad actual está muy sensibilizada con la calidad alimentaria y la

protección del medio ambiente, y demanda a través de sus representantes una reducción progresiva del uso de agroquímicos, especialmente aquellos que causan un mayor impacto ambiental y los que pueden poner en peligro la salud humana por la presencia de residuos en los alimentos.

Teniendo en cuenta esta preocupación medioambiental y de sanidad alimentaria, cada día cobran más interés nuevos modelos productivos como la agricultura ecológica y la

producción integrada, ya que con su implantación se puede obtener, a parte de rentabilidad económica, beneficios agroambientales, porque se evita, o al menos reduce, la aplicación de productos químicos además de prevenir algunos problemas agronómicos (p.e. resistencias de plagas a fitosanitarios, problemas de compactación o residuos en suelos, etc.). En estos sistemas se recomienda la utilización de rotaciones de cultivos, enmiendas orgánicas naturales, así como el control mecánico de las malas hierbas, para sostener la productividad de los cultivos y mantener la flora arvense en niveles razonables.

En secanos semiáridos españoles, donde las producciones obtenidas no pueden competir con las del centro y norte de Europa, porque estas dependen más de la escasa pluviometría y su distribución que de los insumos agrícolas (LÓPEZ *et al.*, 1996), la agricultura ecológica sería un modelo a desarrollar, ya que la utilización de productos químicos es escasa, al no implicar su uso, incrementos de cosechas significativos, en muchas ocasiones. Así, en la práctica, las técnicas agrarias que habitualmente se aplican se adecuarían con facilidad a las exigencias que regulan este tipo de agricultura. De esta forma podrían obtenerse cosechas por las que se podría pagar un mayor precio, incrementado la rentabilidad de las explotaciones y logrando además otros beneficios medioambientales.

Aun teniendo en cuenta esta facilidad para implantar técnicas ecológicas de producción para cereales en estas áreas, es necesario estudiar formas alternativas a la aplicación de productos químicos, para dos labores fundamentales en estos cultivos, como son la fertilización y el desherbado, pues es razonable pensar que si nos limitamos a dejar de aplicar estos productos químicos, el suelo sufrirá un paulatino empobrecimiento en nutrientes (URBANO, 2000) y una progresiva proliferación de malas hierbas

(NOGUEROLES y ZARAGOZA, 1999) con una negativa repercusión sobre la cosecha.

Este trabajo presenta los resultados de producción de cereal obtenidos al comparar entre diferentes niveles de fertilización y desherbado en experimentos realizados en ocho campos de secano semiárido en los que se ha mantenido la misma alternativa de cultivo desde 1996 hasta 2003.

Material y métodos

Localización de los ensayos

Los datos utilizados en este trabajo se obtuvieron a partir de los ensayos financiados con dos Proyectos I+D del INIA. El primero, "Manejo ecológico de agrosistemas en zonas semiáridas", se inició en 1996, y se continuó con otro denominado "Valoración de los métodos físicos para el manejo de la flora arvense" en 2001. Los ensayos se iniciaron en 1996-1997, en Badajoz, Navarra, Toledo, Soria y Zaragoza, llevándose la coordinación desde el SIA (Servicio de Investigación Agroalimentaria) de Zaragoza. En la campaña siguiente se ampliaron los ensayos a Huesca, Madrid y Valladolid (figura 1) Con el cambio de proyecto en 2001, se continuó el ensayo en Zaragoza, Huesca, Navarra, Toledo y Soria.

Suelo y pluviometría

El tipo de suelo en la capa más superficial (0-30 cm) fue, en Badajoz: arcilloso, Huesca: arcillo-limoso, Madrid: franco-arenoso, Navarra: franco-arcilloso, Soria: franco, Toledo: franco-arcilloso, Valladolid: franco arenoso y Zaragoza: franco-arcilloso.

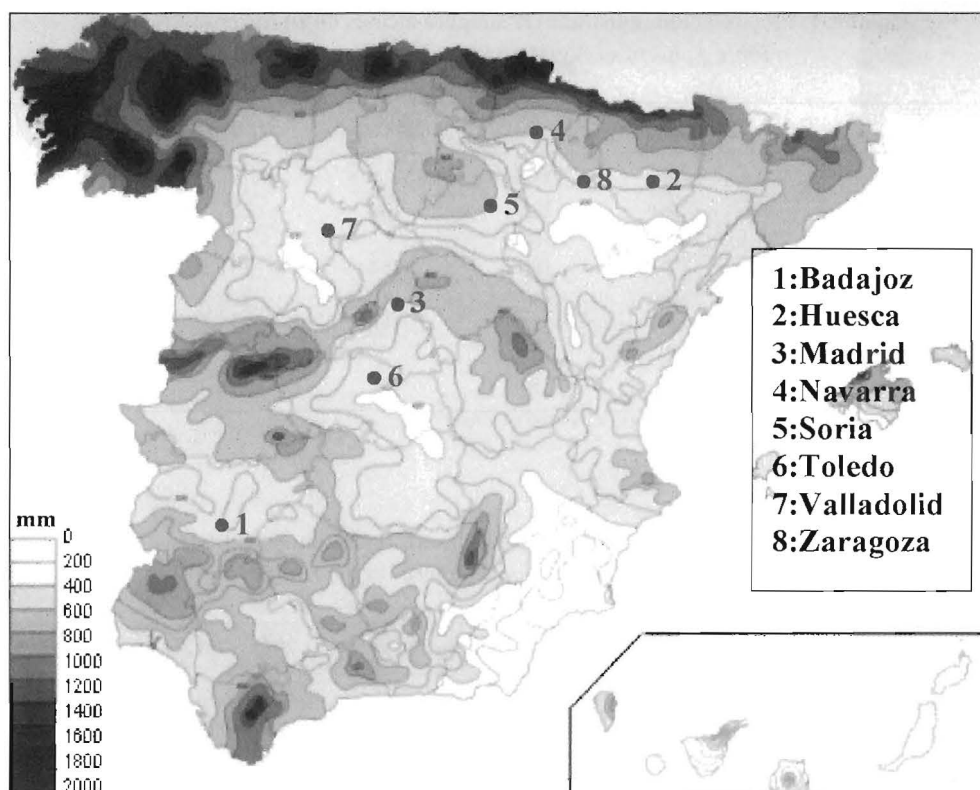


Figura 1. Localización de los ensayos de manejo ecológico y pluviometría media (mm/año).

Figure 1. Trials situation and average rainfall (mm/year).

Todas las localidades tienen una pluviometría anual en torno a 500 mm con índice hídrico semiárido. Lógicamente, la precipitación durante el periodo de cultivo (normalmente noviembre-junio) fue todavía menor (cuadro 1).

Rotación efectuada

Estos ensayos contemplaron, en cada localidad, 2 parcelas de cultivo contiguas, sobre las que se desarrolló una alternativa de cuatro años (cuadro 2):

Esta alternativa se realizó con el fin de modificar la que comúnmente se lleva a cabo

en todas las comarcas (cereal - barbecho) introduciendo la veza para su enterrado en verde, con el fin de suministrar mayor cantidad de nitrógeno y materia orgánica al suelo.

El presente trabajo incluye los datos de los cinco últimos años (fondo oscuro del cuadro 2) de la mencionada rotación (1999-2003), cuando las diferencias del rendimiento cerealista, en el caso que las hubiera, se harían ya más patentes entre los distintos niveles de fertilización y desherbado analizados, puesto que habían transcurrido ya otros dos años de ensayo, necesarios para reconvertir un suelo manejado anteriormente de manera convencional, a un manejo ecológico en algunos tratamientos.

Cuadro 1. Precipitación registrada de siembra a cosecha en los ensayos (mm)
Table 1. Rainfall registered in the crop season (mm)

	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02	2002-03
Badajoz	246	251	-	-	-
Huesca	275	223	181	258	280
Madrid	217	305	-	-	-
Navarra	314	180	254	231	355
Soria	314	247	130	315	-
Toledo	201	247	130	326	398
Valladolid	191	245	-	-	-
Zaragoza	302	257	80	228	336

Precipitación media 245 ± 63mm.
Average rainfall 245 ± 63mm.

Cuadro 2. Alternativa de cultivos desarrolladas en los ensayos
Table 2. Crop rotation followed on the trials

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
<u>Unidad 1</u>	Cebada→	Veza→	Trigo duro→	Barbecho→	Cebada→	Veza→	Trigo duro
<u>Unidad 2</u>	Barbecho→	Cebada→	Veza→	Trigo duro→	Barbecho→	Cebada→	Veza

Fondo oscuro: datos presentados en este trabajo.
Dark bottom: presented data in this paper.

Diseño experimental

En cada localidad y año, la unidad en que se sembró cereal se dividió en parcelas elementales según un diseño “split-plot” o parcela dividida, con dos factores a estudiar (fertilización y escarda) y tres niveles para cada factor, haciendo coincidir el mismo tipo de fertilización y escarda en el mismo espacio físico desde el inicio del experimento (año 1996), con el fin de estudiar el efecto continuado de ambos tratamientos en el tiempo. Se pone como ejemplo el croquis del ensayo de Zaragoza (figura 2). La parcela contigua permaneció en barbecho o veza, siguiendo la alternativa descrita en el cuadro 2.

Los distintos tipos (niveles) de fertilización aplicados en cada factor se describen a continuación:

a) *Factor principal (fertilización):*

- F1: Testigo sin fertilización.
- F2: Fertilización con abono orgánico: 2500 kg/ha de compost aplicado en sementera (humedad: 33,3%, M.O:57,4%, C:27,8% N:2,9%, P₂O₅:1,4%, K₂O:5,1% y Na:0,89%). Este compost fue proporcionado por el CIE-MAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) en Soria, con características adecuadas para la agricultura ecológica.

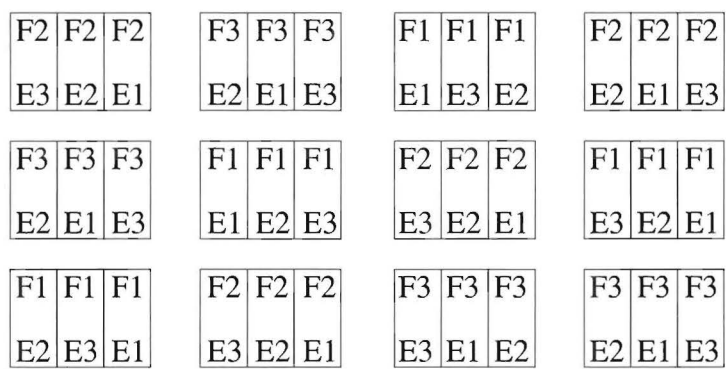


Figura 2. Croquis del ensayo implantado en Sádaba (Zaragoza).

Figure 2. Trial Scheme in Sádaba (Zaragoza).

• F3: Fertilización con abono químico (100-60-60 U.F./ha de N, P, K, en 1998-1999 y 1999-2000 y 70-60-60 U.F./ha en 2000-2001, 2001-2002 y 2002-2003) el N fraccionado en fondo y cobertera. Para la aplicación en fondo (32-60-60 U.F./ha de N, P, K) se utilizó complejo 8-15-15 y el resto de la dosis nitrogenada se aplicó en cobertera en forma de nitrato amónico cálcico.

b) Factor secundario (escarda):

- E1: Testigo sin escarda.
- E2: Escarda mecánica con rastra de púas: un único pase somero de grada ligera de varillas flexibles, marca Hatzenbichler (St. Andrä, Austria), durante el ahijado del cereal en la dirección de las líneas de siembra, regulada para buscar máxima eficacia en control de malas hierbas, pero sin ocasionar daños apreciables al cultivo.
- E3: Escarda química: mediante un herbicida elegido por los técnicos responsables del ensayo según el momento y la flora arvense presente, buscando selectividad y eficacia, a una dosis autorizada y en el momento adecuado. La distribución de los

herbicidas se realizó con equipo pulverizador manual.

Material vegetal: cereales y veza utilizados

El material vegetal utilizado fue trigo duro, *Triticum durum*, variedad 'Antón', en 1998-1999, 1999-2000 y 2002-2003 salvo en Toledo el primer año que fue la variedad 'Oscar'. En 2000-2001 la cebada utilizada fue de la variedad 'Graphit' salvo en Navarra que fue 'Scarlett', mientras que en 2001-2002 se utilizó la variedad de cebada 'Hispanie' en todas las localidades. La veza utilizada ambos años fue de la variedad 'Senda'.

La siembra del cereal y veza fue en noviembre y la cosecha se efectuó en junio-julio, salvo en Soria que podía prolongarse hasta agosto. Se incorporó al suelo tanto la veza en mayo como la paja del cereal tras la cosecha.

Tratamiento estadístico de los resultados

Los resultados obtenidos en el estudio se analizaron estadísticamente mediante ANOVA, de acuerdo con el diseño experimental en

parcelas divididas en cada localidad. También se realizó análisis estadístico para las medias de producción del conjunto de los ensayos mediante modelo: $y_{ijk} = \mu + \delta_i + \alpha_j + (\delta\alpha)_{ij} + \beta_k + (\delta\beta)_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$

Donde, y_{ijk} representa el rendimiento del tratamiento jk en la localidad i ; μ la media general de los ensayos; δ_i la desviación de la media de la localidad i respecto de la media general; α_j y β_k las desviaciones de los tratamientos j , k ; $(\delta\alpha)_{ij}$ (error a), $(\delta\beta)_{ik}$ (error b) y $(\alpha\beta)_{jk}$ las interacciones bifactoriales y ε_{ijk} el error experimental, que realmente es equivalente a $(\delta\alpha\beta)_{ijk}$, error c. Su estructura fue la siguiente (cuadro 3).

En todos los casos, se comprobó que los datos se distribuyeran normalmente como paso previo a realizar el análisis de la varianza. Cuando la interacción doble resultó significativa sólo se examinaron los resultados en cada localidad. Por último, cuando se detectó un efecto significativo del factor de estudio se procedió a la separación de medias mediante el test LSD o mínima diferencia significativa. Para todo ello se utilizó el programa informático Systat 7.0.

Resultados y discusión

Fertilización

Se dispone de datos procedentes de 20 experimentos con cultivo de trigo duro (figura 3) durante tres años (98-99, 99-00 y 02-03) repartidos en 8 localidades los dos primeros años y en 4 el último, y de 9 con cultivo de cebada (figura 4) en 5 localidades durante otros dos años (00-01 y 01-02). Se desecharon los datos de Huesca en 01-02 por la mala nascencia general y en Soria 02-03 por la irregularidad de los datos obtenidos.

Los resultados generales a lo largo de estos cinco años han sido variables. Dependiendo del año, cultivo y localidad, un tipo de fertilización, o incluso la no fertilización, ha resultado más productiva que las otras, aunque con diferencias normalmente bajas.

a) Trigo:

Como síntesis de los resultados del cultivo de trigo, se puede decir que en gran número de los ensayos realizados, así como en la media

Cuadro 3. Estructura del ANOVA del conjunto de los ensayos
Table 3. ANOVA structure of the whole trials

Fuente de variación (8 localidades)	Grados libertad
Total	71
Localidad	7
Fertilización	2
Error a: Localidad*Fertilización	14
Escarda	2
Error b: Localidad*Escarda	14
Fertilización*Escarda	4
Error c: Localidad*Fertilización*Escarda	28

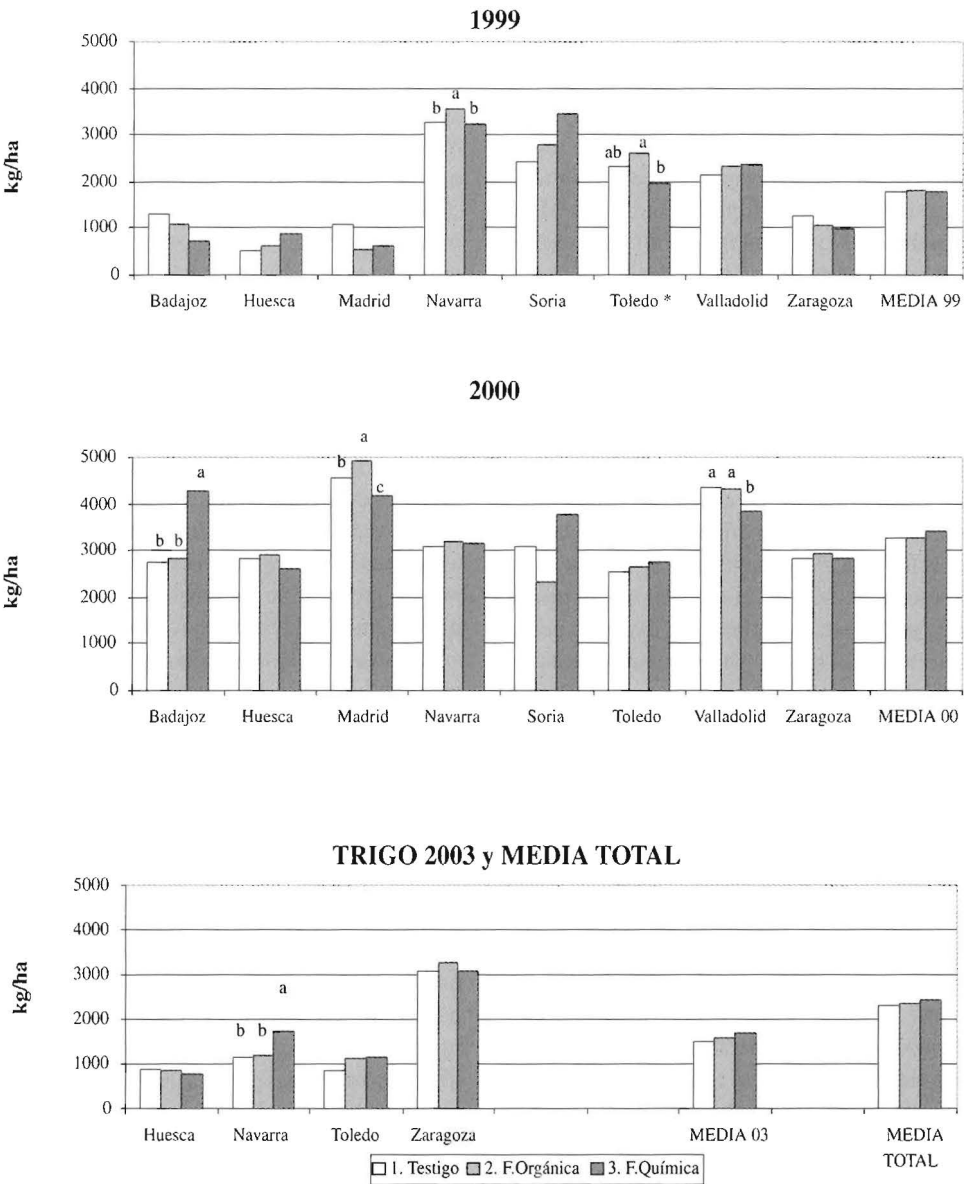


Figura 3. Producciones de trigo duro (var. 'Antón') según localidad, año y tipo de fertilización utilizada.

Figure 3. Durum wheat yields (var. 'Antón') depending on place, year and fertilization type.

Columnas con letras distintas en cada localidad y año difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.
(*) En 1999 la variedad sembrada en Toledo fue 'Oscar'.
Columns with different letters in every place and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test
(*) In 1999, the 'Oscar' variety was sown in Toledo.

general, apenas hubo diferencias entre la aplicación del abonado químico u orgánico o la no aplicación de abono. Sólo en Badajoz 2000 y Navarra 2003 (10% de ocasiones) hubo claras diferencias a favor del abonado químico, pero obtuvo en dos ocasiones peor resultado significativo (10%) frente a parcelas testigo (Madrid 2000 y Valladolid 2000). La rotación con veza enterrada (en la campaña anterior a la siembra del trigo) ha supuesto, por lo general, un suministro de nutrientes suficiente, no sólo con producciones bajas, sino también con las consideradas altas. Algunos autores (SMITH *et al.*, 1987; CHRISTIAN *et al.*, 1992; SHENNAN, 1992) afirman que mediante el enterrado en verde de una leguminosa se pueden incorporar de 10 hasta 200 kg N/ha para el siguiente cultivo. En este caso el aporte de 100 u. adicionales de N puede quedar enmascarado o resultar excesivo por la cantidad de nitrógeno ya existente en el suelo. Así, algunos autores afirman que incluyendo leguminosas en las rotaciones se puede incluso eliminar el aporte de fertilizantes nitrogenados sin merma de cosecha (NEELY *et al.*, 1987; GRANSTEDT, 1990; CAMPBELL, 1991; MATHESON, 1991). No obstante hay que decir que algunos autores tampoco han obtenido respuesta positiva a la fertilización química, sin enterrado previo de ninguna leguminosa, en zonas semiáridas de Aragón (BETRÁN y PÉREZ BERGES, 1997) o de Australia (VAN HERWAARDEN *et al.*, 1998), donde la producción de trigo disminuyó conforme se aumentó la dosis de nitrógeno aplicada. Estos hechos indicarían que existen pocas ocasiones, en las que un abonado químico incremente la cosecha, de forma significativa, en las condiciones de nuestros ensayos.

El abonado orgánico ha incrementado las producciones significativamente en dos ocasiones (10% de los casos) frente al testigo (Navarra 1999 y Madrid 2000) y en cuatro frente al químico (Navarra 1999, Toledo

1999, Madrid 2000 y Valladolid 2000), por lo que para este cultivo puede ser una opción válida en determinadas situaciones, aunque difíciles de determinar *a priori*, con mayor frecuencia que el uso de fertilizante químico. Algunos autores destacan que se obtiene mejor producción con compost que mediante abonos químicos en años secos, mientras que en los años húmedos sucede lo contrario (MAIORANA *et al.*, 1992). En nuestro caso se han obtenido las mejores cosechas con abonado orgánico y en años de buenas cosechas, (Madrid 2000 y Navarra 1999) coincidiendo con algunos autores (GONZALEZ *et al.*, 1992) que obtuvieron mejores cosechas aunque con aplicaciones mucho mayores de 20 t/ha. Sin embargo, al atenemos a los resultados medios en términos de producción, la fertilización orgánica no incrementó la cosecha respecto al testigo sin abonar, por lo que para este cultivo tampoco está justificado su uso, en las condiciones de nuestros ensayos.

b) Cebada:

Como resumen de los 9 ensayos de cebada se puede decir que en el 44% de los casos hay respuesta positiva significativa del abonado químico, también la media general fue ligeramente mayor a la de los otros dos tratamientos pero sin diferencias significativas. Esta tendencia se observó también en cebada los dos primeros años de ensayos, 96-97 y 97-98, (cuyos datos no se muestran en este trabajo) en estos mismos experimentos aunque con diferencias más claras (ZARAGOZA *et al.*, 1999). Sólo cuando las producciones son realmente bajas (Zaragoza 2001 y 2002, Huesca y Toledo en 2001) se obtienen iguales o peores cosechas que con compost o sin fertilizar. Con rendimientos en torno a 3000 kg/ha: Navarra 2001 y 2002, Toledo y Soria

2002 las producciones son mayores mediante abonado químico. ANGÁS (2001) en el sur de la provincia de Lérida, zona también considerada semiárida, obtuvo mejor cosecha al aumentar la dosis de nitrógeno, aunque se trataba de experimentos en monocultivo de cebada donde lógicamente las reservas del suelo son esquilmas más rápidamente.

Respecto a la media de estos 9 ensayos, hay que señalar que la fertilización química

ha incrementado sólo un 17% la producción de cebada (≈ 400 kg/ha) frente a las parcelas sin fertilizar o abonadas con compost, el cual ha tenido un efecto nulo en la media de los ensayos y muy reducido en casos particulares (Soria y Toledo 2001 y Navarra 2002), no apreciándose el efecto en la producción a largo plazo que algunos autores le atribuyen después de 7 años (DÍAZ MARCOTE, 1994; EGHBALL y POWER, 1999). Esto no

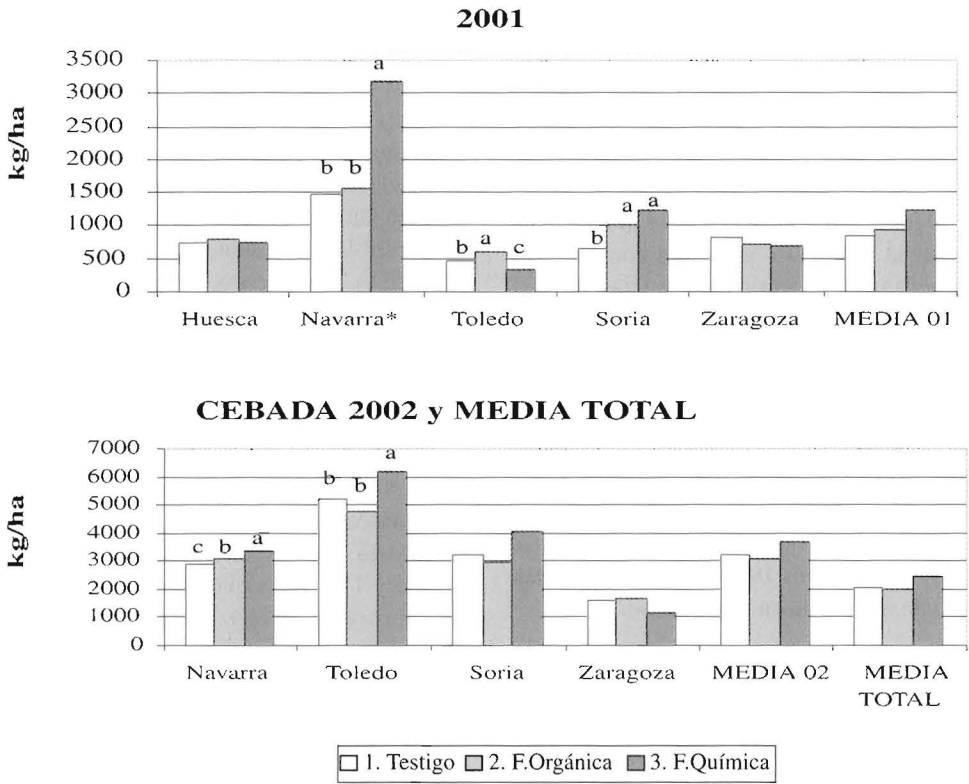


Figura 4. Producción de cebada en 2001 (var. 'Graphit') y 2002 (var. 'Hispanic') según localidad y fertilización.
Figure 4. Barley yields in 2001 (variety 'Graphit') and in 2002 (variety 'Hispanic') depending on place and fertilization type.

Columnas con letras distintas en cada localidad y año difieren significativamente ($p < 0.05$) en el test LSD.
(*) En 2001, la variedad sembrada en Navarra fue 'Scarlett'.
Columns with different letters in every place and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.
() In 2001, the 'Scarlett' variety was sown in Navarra.*

coincide del todo para lo observado en el caso del trigo duro, aunque hay que tener en cuenta tres consideraciones:

1ª El cultivo de cebada sucede al barbecho, no a la vez, lo cual supone que se parte con menor cantidad de nutrientes en el momento de sembrar la cebada que en el de trigo y, por ello se aprecia en aquella, mejor respuesta al abonado mineral.

2ª El ciclo biológico de la cebada es más corto que el del trigo, ello puede suponer que cuando las condiciones de sequía se agudizan, la cebada ya se encuentre en un estado más avanzado, habiendo aprovechado mejor los nutrientes disponibles del suelo, o también, que se den requerimientos más inmediatos sólo suministrados por un abonado químico.

3ª También podría pensarse que las parcelas sin fertilizar o abonadas con compost comenzarían a sentir deficiencias de elementos nutritivos, tras 7 años de ensayos, tal como señala Urbano (2000), aunque es poco probable, ya que las diferencias al empezar los ensayos fueron más claras, como se ha mencionado, siendo en aquella ocasión de unos 600 kg/ha de las parcelas fertilizadas químicamente frente a las abonadas con compost o no abonadas en 96-97 y 97-98 (ZARAGOZA *et al.*, 1999), mientras que han sido de 400 kg/ha en este estudio.

A pesar de todo, hay que señalar que las diferencias globales de producción de cebada no resultaron significativas, ya que este resultado se debe únicamente a lo obtenido en Navarra 2001 y Toledo 2002, no quedando suficientemente acreditado que el abonado químico sea determinante para obtener una mejor producción en las condiciones de estudio, ya que sólo en casos puntuales y difíciles de determinar *a priori* ha resultado claramente efectivo.

Así pues, en estas condiciones semiáridas y bajo la rotación efectuada se puede

decir que las parcelas fertilizadas orgánicamente o químicamente no producen significativamente más que las parcelas sin fertilizar, salvo casos excepcionales y que, por tanto y, como norma general, no está justificado el aporte de ningún tipo de fertilizante. La rotación junto con los nutrientes dejados por los restos de cosecha son suficientes para mantener en el tiempo unas producciones habitualmente bajas (< 2500 kg).

Desherbado

a) Control de malas hierbas

Se muestra en primer lugar la densidad de malas hierbas según el tipo de desherbado aplicado así como en el testigo sin desherbar en las localidades y años de ensayo (cuadro 4). Por diversas razones se desecharon los resultados de Navarra y Huesca en 2002 y de Soria en 2003.

Para resumir los resultados de todos estos ensayos, que entre localidades y años hacen un total de 28 (20 de trigo duro y 8 de cebada) se puede decir, en primer lugar que hay un alto número de situaciones (1 en Badajoz, 1 en Huesca, 1 en Madrid, 2 en Navarra, 3 en Toledo y 1 en Valladolid), en que ni siquiera en las parcelas testigo se superaron las 20 pl/m². Esto pone de manifiesto la importancia de la rotación (con veza antes del trigo y barbecho antes de la cebada) en el mantenimiento de la flora arvense en unos niveles relativamente bajos. Los beneficios de la rotación en este aspecto también han sido descritos por algunos autores en nuestro país (DORADO, 1995; GARCÍA MURIEDAS *et al.*, 1997; LÓPEZ BELLIDO y LÓPEZ BELLIDO, 2000).

Los resultados sobre eficacia de ambos métodos de escarda presentan una alta variabilidad, como por otra parte era previsible, dada la elevada cantidad de factores

Cuadro 4. Densidad de malas hierbas (pl/m²) en los ensayos tras las distintas labores de escardaTable 4. Weed density (plants/m²) in the trials after different control measures

Año		Badajoz	Huesca	Madrid	Navarra	Soria	Toledo	Valladolid	Zaragoza
1999	1. Testigo	12 a	143 a	10 a	< 1	104 a	4 a	< 1	101 a
	2. Mecánica	4 b	141 a	3 a	< 1	54 b	1 ab	< 1	54 b
	3. Química	8 a	129 a	1 a	< 1	30 b	0 b	< 1	75 b
2000	1. Testigo	60 a	18 a	26 a	< 1	79 a	27 a	126 a	210 a
	2. Mecánica	21 b	11 a	16 a	< 1	42 b	34 a	39 b	75 b
	3. Química	26 b	18 a	13 a	< 1	38 b	38 a	9 c	100 b
2001	1. Testigo	-	544 a	-	69 a	96 a	7 a	-	48 a
	2. Mecánica	-	208 b	-	59 a	34 a	8 a	-	52 a
	3. Química	-	69 c	-	0,5 b	73 a	0 c	-	41 a
2002	1. Testigo	-	26 a	-	-	56 ab	10 a	-	69 a
	2. Mecánica	-	16 b	-	-	26 b	6 a	-	39 b
	3. Química	-	13 b	-	-	95 a	7 a	-	44 b
2003	1. Testigo	-	-	-	76	-	68 a	-	93 a
	2. Mecánica	-	-	-	28	-	42 b	-	51 b
	3. Química	-	-	-	37	-	26 b	-	22 c

Números con letras distintas en cada localidad y año difieren significativamente ($p < 0,05$) en el test LSD.
 Numbers with different letters in every place and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.

que intervienen tanto en el control mecánico (BHÖRNSSEN, 1993; KURSTJENS y KROPFF, 2001) como en el químico. Como media de estos 28 ensayos hubo 74 pl/m² (100%) en los testigos, 38 (51%) en parcelas escardadas mecánicamente y 33 (45%) en las desherbadas mediante herbicidas. Así pues, el control medio fue muy similar, aunque ligeramente mayor con herbicida.

En condiciones de humedad adecuadas el herbicida ejerció un control casi completo (Huesca 2001, Navarra 2001, Toledo 1999, 2001 y 2003, Valladolid 2000 y Zaragoza 2003). En cambio con el uso de la grada raramente se supera el 70% y la escarda está normalmente en torno al 50%. También hubo

situaciones donde el herbicida resultó totalmente ineficaz (Huesca 1999 y 2000, Toledo 2000, Zaragoza 2001 y Soria 2002) y aunque en tres de estos mismos casos la grada tampoco ejerció ningún control (Huesca 1999, Toledo 2000 y Zaragoza 2001), en conjunto, los resultados de ésta son menos variables ya que las habituales condiciones de sequía suelen favorecer el control mecánico y reducen considerablemente la acción de los herbicidas residuales. Si el suelo está húmedo, hecho que suele producirse con poca frecuencia, se produce el proceso inverso y se puede encontrar una materia activa que sea muy eficaz, al menos si las malas hierbas no están demasiado desarrolladas.

En las tres situaciones mencionadas anteriormente, en las que no se logró control de la flora arvense con ningún método, la flora arvense predominante fue monocotiledónea (*Lolium rigidum* y *Avena* spp.) y se encontraba muy desarrollada cuando las condiciones meteorológicas permitieron efectuar ambos tratamientos. Es sabido que estas dos circunstancias son inconvenientes evidentes a la hora de afrontar un control mecánico, como explican BHÖRSEN (1993) y LACASTA *et al.* (1997). Pero en este caso también existe dificultad de control con métodos químicos ya que muchas materias activas, sobre todo las antigramíneas, necesitan, para ser efectivas, que la flora arvense se encuentre en las primeras etapas de desarrollo. Esto explicaría el fracaso de ambos métodos y la importancia de aplicar los tratamientos en el momento adecuado.

b) La producción según el tipo de escarda

Se muestran en la figura 5 los resultados relativos al trigo duro y en la figura 6 a la cebada. Se puede observar que sólo en seis casos hubo diferencias significativas en cuanto a producción: en Navarra 1999 y 2003, Madrid 2000, Toledo y Zaragoza 2003 con cultivo de trigo (figura 5) y en Zaragoza 2001, con cebada (figura 6).

En los 4 primeros años, ni la aplicación de herbicida ni el pase de grada lograron incrementar las cosechas, y en ningún caso se obtuvo menor producción significativa en parcelas sin desherbar que en aquellas en que se aplicó algún método de control. Ello ha sido producto de la escasa densidad de malas hierbas presentes incluso en los testigos, o que cuando sí hubo en cierta cantidad, éstas no se controlaron de manera apreciable (Huesca 1999, Toledo 2000 y Zaragoza 2001). Por el contrario, la grada las redujo en

2 ocasiones (Navarra 1999 y Zaragoza 2001) pues además de no lograr reducir la presencia de hierbas se debió causar daño al cultivo. Otros autores también encontraron pérdidas de rendimiento en algunos de sus ensayos con diversos tratamientos mecánicos frente a los químicos o sin desherbar por causar daño al cultivo y/o no controlar eficazmente la flora arvense (BARBERI *et al.*, 2000; RASMUSSEN, 1993).

Dentro de los 4 primeros años hubo ocasiones en que los métodos de control fueron efectivos en mayor o menor medida, pero tampoco entonces se obtuvo una mayor producción al final de la campaña: Valladolid 2000, Huesca 2001 o Navarra 2001. En estos casos la mayor presencia de malas hierbas en los testigos tampoco hizo descender la producción.

Sólo en el último año (2003) sobre trigo duro, la menor densidad de las malas hierbas en parcelas desherbadas de una u otra forma (cuadro 4) se tradujo en una mayor cosecha en determinadas localidades. Las mayores lluvias primaverales consiguieron una mayor eficacia del herbicida, lo que en tres localidades hizo incrementar la producción. En Zaragoza, el tratamiento mecánico también logró incrementar la cosecha aunque en menor medida que el herbicida, lo que ha sido la excepción a estos 28 ensayos y pone de manifiesto la dificultad de incrementar el rendimiento mediante el uso de este apero.

En resumen, de estos 28 ensayos, sólo en 3 (11%) se logró más producción mediante la aplicación de herbicidas, y sólo en 1 (3,5%) mediante la grada, resultando contraproducente el 7% de las ocasiones. Aparte de esto las medias productivas han sido prácticamente las mismas tanto en trigo como en cebada, se utilizara o no cualquier modo de escarda.

Por tanto, dado que la flora arvense tiene una densidad baja en la mayoría de ocasiones

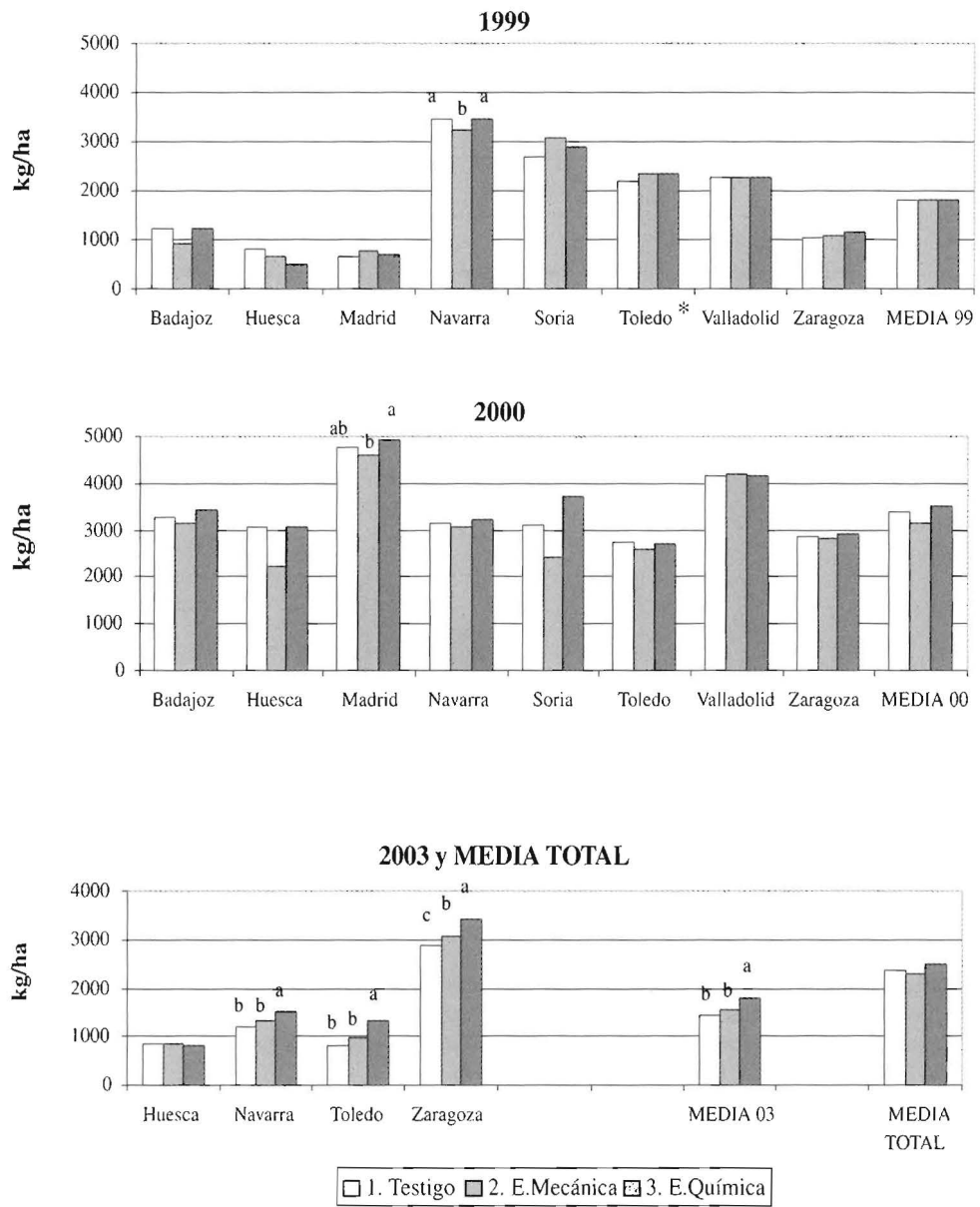


Figura 5. Producciones de trigo duro (var. 'Antón') según localidad, año y tipo de escarda utilizada.
Figure 5. Durum wheat yields (var. 'Antón') depending on place, year and type of weed control.

Columnas con letras distintas en cada localidad y año difieren significativamente ($p < 0,05$ en el test LSD).
(*) En 1999 la variedad sembrada en Toledo fue 'Oscar'.
Columns with different letters in every place and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.
(*) In 1999, the 'Oscar' variety was sown in Toledo.

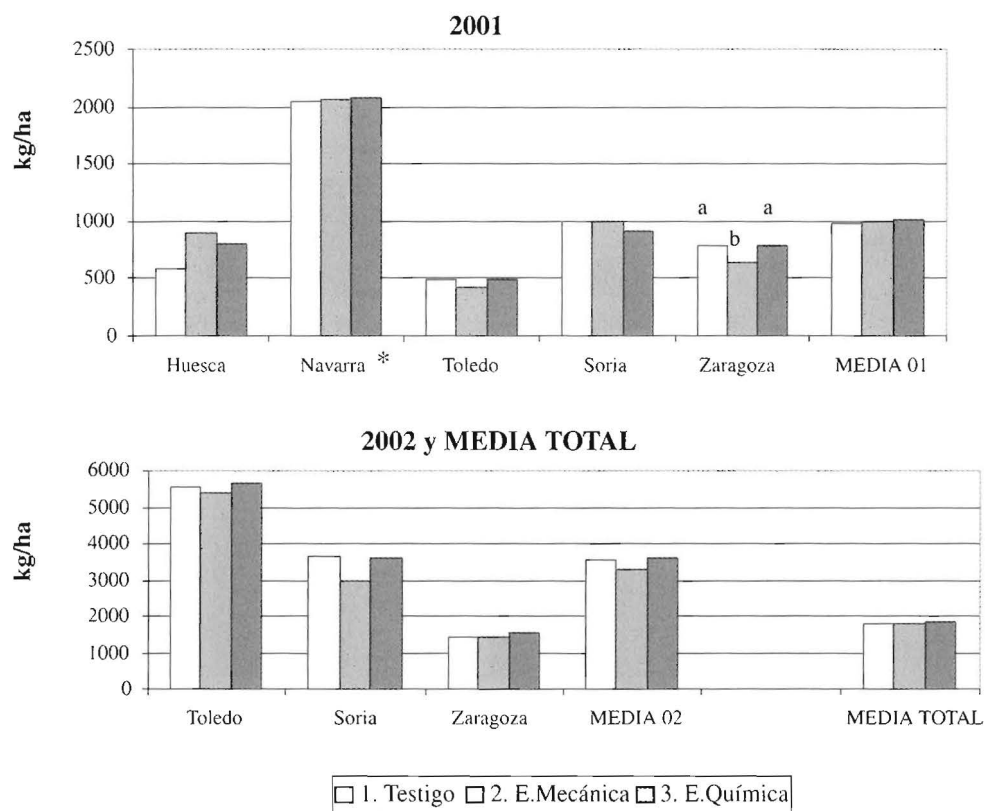


Figura 6. Producción de cebada en 2001 (var. 'Graphit') y 2002 (var. 'Hispanic') según localidad y escarda.

Figure 6. Barley yields in 2001 (variety 'Graphit') and in 2002 (variety 'Hispanic') depending on place and type of weed control.

Columnas con letras distintas en cada localidad y año difieren significativamente ($p < 0.05$ en el test LSD)

(*) En 2001, la variedad sembrada en Navarra fue 'Scarlett'.

Columns with different letters in every place and year differ significantly ($p < 0.05$) in the LSD test.

(*) In 2001, the 'Scarlett' variety was sown in Navarra.

en el momento de efectuar las labores de desherbado, consecuencia de la rotación efectuada, que muy pocas veces los herbicidas, y todavía menos las labores mecánicas consiguen una relación control-daños que se traduzca en incremento de cosecha, se deduce que no están justificados ninguno de los métodos de escarda estudiados en las condiciones en las que se han desarrollado los ensayos.

Conclusiones

En el conjunto de los 20 ensayos de trigo, las medias de las parcelas fertilizadas química, orgánicamente y sin fertilizar resultaron prácticamente iguales (2400 kg/ha).

En la media de los 9 ensayos de cebada, las parcelas fertilizadas químicamente sólo

incrementaron en 400 kg/ha la producción sobre los otros dos tratamientos (2450 vs 2050 kg/ha) sin llegar a ser esta diferencia significativa.

De 29 ensayos de cereal, sólo en el 21% se incrementó significativamente la producción aplicando fertilizante químico, mientras que fue contraproducente en 10% de ellos. Aplicando compost se logró aumentar la cosecha en el 17% de las ocasiones, pero con escasas diferencias absolutas. Las medias globales sólo muestran un incremento de rendimiento de 200 kg/ha de grano para parcelas fertilizadas químicamente respecto a las abonadas orgánicamente o sin fertilizar. Por lo tanto, no está justificada la aplicación de ningún tipo de fertilizante bajo las condiciones climáticas y agronómicas en que se han efectuado estos ensayos.

La densidad de la flora arvense fue escasa en las parcelas de cereal tras el periodo de barbecho o veza enterrada. De los 28 ensayos analizados, en 9 de ellos ni siquiera hubo 20 pl/m² en las parcelas testigo. La rotación llevada a cabo tuvo un efecto preventivo muy importante.

La menor densidad de flora arvense conseguida tras la aplicación de herbicida o pase de la grada, se tradujo sólo en tres ocasiones (11%) en una significativa mayor producción de grano al final de la campaña. Únicamente se logró incrementar la cosecha el 3,5% de las ocasiones con el uso de la grada, que repercutió negativamente en la producción en 2 ocasiones, (7%) de las ensayadas. Por tanto, se considera que ambos métodos de escarda son poco eficaces para incrementar las cosechas en las condiciones en las que se han efectuado los ensayos.

Por todo esto, se concluye que en estas zonas semiáridas, efectuar la rotación propuesta junto con el enterrado de los restos de cosecha, es suficiente para alcanzar niveles

de fertilidad y densidades de malas hierbas que permiten mantener las bajas producciones que normalmente se producen. La aplicación de los distintos tipos de fertilización y desherbado ensayados indujo, en el mejor de los casos, una escasa respuesta productiva que no compensa los gastos que se derivan de su aplicación.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación de los proyectos INIA SC 96081 y RTA 01-108.

También queremos expresar nuestra gratitud a Fernando Arrieta y Maria León por su inestimable ayuda.

Bibliografía

- ANGÁS P., 2001. Análisis de la influencia de las técnicas de laboreo y fertilización nitrogenada sobre la dinámica del agua y del nitrógeno en el suelo en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en zonas áridas o semiáridas del Valle del Ebro. Agronomía y modelización. Tesis doctoral. ETSEA, Lérida. 151 pp.
- BARBERI P., SILVESTRI N., PERUZZI A., RAFFAELL M., 2000. Finger-harrowing of durum wheat under different tillage systems. *Biological Agriculture and horticulture*, 17: 285-303.
- BETRÁN J.A., PEREZ BERGES M., 1997. Respuesta del cereal en secano al abonado N P K. Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. *Información Técnica* n° 30, 16 pp.
- BÖHRNSEN A., 1993. Several years results about mechanical weeding in cereals. In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control*, Dijon, France, 93-99.
- CAMPBELL C.A., SCHNITZER M., LAFOND G.P., ZETNER R.P., KNIPFEL J.E., 1991. Thirty year crop rotation and management practices effects on soil amino nitrogen. *Soil Science of America Journal*, 55: 739-745.

- CHRISTIAN D.G., GOODLAS G., POWLSON D.S., 1992. Nitrogen uptake by cover crops. *Aspects of applied Biology*, 30: 291-300.
- DÍAZ MARCOTE I., 1994. Aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos: estudio de su capacidad fertilizante y sus efectos sobre las características físicas, químicas y biológicas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. 207 pp.
- DORADO J., 1995. Influencia de los sistemas de manejo del suelo en la productividad y flora arvense presente en un cultivo tipo en ambientes semiáridos de la Submeseta Sur. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid. 253 pp.
- EGHBALL B., POWER J.F., 1999. Composted and non-composted manure application to conventional and no-tillage systems: corn yield and nitrogen uptake. *Agronomy Journal*, 91: 819-825.
- GARCIA MURIEDAS G., ESTALRICH E., LACASTA C., MECO, 1997. Efecto de las rotaciones de cultivos herbáceos de secano sobre las poblaciones de adventicias. *Actas 1997 del Congreso de la Sociedad Española de Malherbología*, 33-36.
- GONZÁLEZ J.L., BENITEZ I.C., PÉREZ I.M., MEDINA M., 1992. Pig slurry compost as wheat fertilizers. *Bio-resource Technology*, 40: 125-130.
- GRANSTEDT A., 1990. The supply and conservation of nitrogen in alternative farming –ecological agriculture– *Proceedings of the ecological agriculture*. Uppsala (Sweden) 163-177.
- KURSTJENS D.A.G., KROPFF M.J., 2001. The impact of uprooting and soil-covering on the effectiveness of weed harrowing. *Weed Research*, 41: 211-228.
- LACASTA C., GARCÍA MURIEDAS, G., ESTALRICH E., MECO R., 1997. Control mecánico de adventicias en cultivos herbáceos del secano. *Actas Congreso 1997 de la Sociedad Española de Malherbología*, 37-40.
- LÓPEZ M.V., ARRÚE J.L., SÁNCHEZ-GIRÓN V., 1996. A comparison between seasonal changes in soil water storages and penetration resistance under conventional and conservation tillage systems in Aragón. *Soil and Tillage Research*, 37: 251-241.
- LÓPEZ-BELLIDO GARRIDO, R.J., LÓPEZ-BELLIDO L., 2000. Efectos ambientales de la rotación trigo-girasol. *Vida Rural*, 104: 24-29.
- MAIORANA M., CONVERTINI G., DI VARI V., RIZZO V., 1992. Yield and a quality wheat (*Triticum durum* Desf.) under continuous cropping after nine years of straw incorporation. *European Journal Agronomy*, 1: 11-19.
- MATHENSON N., KIRSCHENMANN F., 1991. Cereal legume cropping systems: nine farm case studies in the dryland Northern Plains, Canadian Prairies and Intermountain Northwest. *Alternative Energy Resources Organization*, 75 pp. USA.
- NEELY C.L., MCVAY K.A., HARGROVE W.L., 1987. Nitrogen contribution of winter legumes to no-till corn grain sorghum. In *The Role of Legumes in Conservation Tillage Systems*, J.F. POWER (ed). SCSA. Ankeny, Iowa, 48-49.
- NOGUEROLES C., ZARAGOZA C., 1999. Buenas prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en agricultura ecológica. En FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., GARRIDO V.M., ZARAGOZA C., (Eds) *Control integrado de las malas hierbas*. PHYTOMA España. Valencia, 185-205.
- RASMUSSEN J., 1993. Can high densities of competitive weeds be controlled efficiently by harrowing or hoeing in agricultural crops? In *Proceedings of the 4th International IFOAM Conference. Non-chemical weed control*, Dijon, France, 83-87.
- SHENNAN C., 1992. Cover crops, nitrogen cycling, and soil properties in semi-irrigated vegetable production systems. *HortScience*, 27: 749-754.
- SMITH M.S., FRYE W.W., VARCO J.J., 1987. Legume winter cover crops. *Advances in Soil Science*, 7: 95-139.
- URBANO P., 2000. Equilibrio orgánico-mineral de los suelos cultivados. *Vida Rural*, 42-44.
- VAN HERWAARDEN A.F., FARGUHAN G.D., ANGUS J.F., RICHARDS R.A., HOWE G.N., 1998. "Haying-off" the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. I. Biomass, grain yield, and water use. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 7: 1067-1081.
- ZARAGOZA C., AIBAR J., CAVERO J., CIRJA P., CRISTOBAL V., DE BENITO A., ESTALRICH E., GARCÍA-MARTÍN A., GARCÍA-MURIEDAS G., LABRADOR J., LACASTA C., LEZAUN J.A., MATEO D., MECO R., MOYANO A., NEGRO M.J., SOLANO M.L., VILLA F., VILLA I., 1999. Type of fertilization and weed control in barley under dryland conditions in Spain. *11th EWRS Symposium*, Basel. pp. 113.

(Aceptado para publicación el 17 de febrero de 2004).

APLICACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA EN SUELOS ÁCIDOS. DISPONIBILIDAD Y ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS

M.J. Lema, P. Rodríguez, S. González

Estación Fitopatológica do Areeiro. Servicio Agrario,
Excma Diputación de Pontevedra, Subida a Robleda,
36153 Pontevedra, España

RESUMEN

El reciclado de lodos presenta dificultades adicionales en los suelos ácidos debido al aumento en estas condiciones de la disponibilidad de los metales pesados. Se planteó un ensayo para observar los efectos de la adición de diferentes dosis de lodo (5 a 100 t ha⁻¹) en las propiedades de los suelos, los metales totales y extraíbles y la absorción por un cultivo testigo. La acidez potencial se acentúa con aportes superiores a 50 t ha⁻¹, aumentando en más de un 5% la saturación del complejo de cambio por aluminio. No se observa respuesta directa en los metales pesados totales. Por el contrario, níquel y zinc extraíbles con DTPA aumentan progresivamente con la dosis; no así el cobre, siempre elevado. Fósforo, cobre, níquel y zinc en tejido vegetativo se relacionan globalmente con los niveles en cada suelo y aumentan con la dosis significativamente a partir de 50 t ha⁻¹. Como parámetro indirecto que nos permita controlar el incremento del aluminio en el complejo de cambio, que tiene lugar en un plazo breve y se acentúa con dosis elevadas de lodo, es más sensible el valor de pH en KCl que el de pH en H₂O. Además, los efectos de la incorporación de lodo en los niveles de Cu, Zn y Ni en el suelo no se detectan en el análisis de los metales totales sino en la fracción extraíble. Finalmente, el control de los mismos en un cultivo indicador nos dará una medida de la potencial entrada en la cadena trófica, asegurando al máximo la protección ambiental.

Palabras clave: Efectos inmediatos, acidificación del suelo, metales pesados totales y extraíbles, composición de cebada.

SUMMARY

BIOAVAILABILITY AND BIOACCUMULATION OF SOME HEAVY METALS IN RESPONSE TO APPLICATION OF SEWADGE SLUDGE

The use of agricultural soils to recycle sewage sludge (SS) is especially limited on acid soils like those existing in the northwest of Spain. An experimental design was laid out in order to quantify the effects of several rates of SS on soil chemical properties, total and exchangeable heavy metals and absorption by an indicator plant in two representative soils. Soil acidity increased with applications above 50 Mg ha⁻¹ SS as detected on soil pH KCl and on the saturation of exchangeable complex by aluminum. No direct response to SS was observed on the total metals whereas DTPA extractable nickel and zinc increased progressively with the increasing doses, and copper was above average. Phosphorus, copper, nickel and zinc contents in vegetative tissue were related to soil levels and to the rates of SS supplied, increasing significantly for doses higher than 50 Mg ha⁻¹. It is advisable to check soil acidification; extractable copper, zinc and

nickel as this reflects actual bioavailability; and ensure whether bioaccumulation takes place by the analysis of an indicator plant.

Key words: Soil acidification, short term effects, total and extractable heavy metals, barley composition.

Introducción

En la sociedad actual el reciclado de los residuos generados es una exigencia y una necesidad. Los lodos de depuradora urbana –producidos en cantidades crecientes– encuentran un cauce adecuado de reutilización en su uso agronómico, según todos los sectores implicados en su gestión. La valorización en los suelos agrícolas resulta la más económica y menos perjudicial para el medio ambiente, tal como se recoge en el Plan Nacional de Lodos de Depuradora Urbana 2000-2006 (BOE, 2001); llegándose a presuponer a este residuo doméstico ciertas cualidades que lo reconvierten incluso en un recurso natural.

Dentro de la diversidad de lodos de depuradora existentes, dependiendo de la procedencia así como de los tratamientos del producto en origen, es opinión común que pueden ser una buena fuente de materia orgánica –cada vez más escasa en los suelos agrícolas– y un potente suministrador de nitrógeno y fósforo –dos nutrientes cuyo necesario aporte a través de fertilizantes minerales resulta ambientalmente costoso–. Pero, en la parte negativa, estos lodos pueden contener metales pesados en cantidades perjudiciales para el suelo por su ecotoxicidad y/o bioacumulación, agravada por su larga persistencia en el medio edáfico.

Básicamente por esta última razón, la Comunidad Europea propuso a los países miembros –a través de la Directiva 86/278/EEC– el dictado de normas que establecie-

ran los límites máximos de siete metales permisibles en los lodos y en los suelos potencialmente receptores; umbrales fijados para España por el R.D. 1310/1990 (BOE, 1990). Desde entonces, la problemática ha crecido exponencialmente y desde diversas perspectivas técnicas y evidencias científicas se insta a la revisión de esta materia con la finalidad de asegurar riesgos potenciales de contaminación cero, reforzando aún más los umbrales para los metales pesados, priorizando la protección del valor agronómico del suelo y la calidad de la tierra, un concepto mucho más amplio que recoge aspectos físico-químicos y biológicos.

Dado que la biodisponibilidad de los metales pesados –el paso desde formas estables a fracciones más lábiles que pueden posteriormente ser absorbidas por los cultivos y pasar a la cadena trófica– se acentúa en los medios ácidos, la posibilidad de utilización de suelos o la carga máxima de lodos admisibles se reduce considerablemente únicamente por razón de un valor de pH inferior a 7,0. En la actualidad se estudia reducir aún más los umbrales para seis metales (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni y Zn) en los suelos con valores de pH comprendidos entre 5,0 y 6,0, atendiendo al Documento de Trabajo en Lodos de la CE (EC. E3-2000). Son varios los autores nacionales que consideran a los suelos con valores de pH comprendidos entre 5,0 y 6,5, Capacidad de Intercambio Catiónico de 5 a 15 cmol (+) kg⁻¹ o niveles de fósforo disponible entre 40 y 80 mg kg⁻¹, como suelos con restricciones moderadas para este uso (DANES y BOIXADERA, 2001).

Los suelos de Galicia destinados al cultivo forrajero, potencialmente más idóneos para la recepción de lodos, se caracterizan precisamente por las condiciones antes citadas, además de presentar niveles de materia orgánica en torno al 10%. Si añadimos a ello que la UE estima que la mayor justificación de esta vía de reciclado está en incrementar la materia orgánica de los suelos agrícolas con menos del 3%, innecesaria en otros casos (EC. EN-2000), y que por naturaleza muchos suelos ácidos de Galicia contienen niveles elevados de cobre y zinc total entre otros metales pesados, se producirán serias restricciones normativas para reciclar las 90.000 toneladas de lodo en materia seca que se prevé se generarán en la Comunidad Autónoma en 2006.

Sin embargo, la cuestión de los estrictos límites normativos se relativiza en la visión de los expertos. Así, con el valor de pH se toman las precauciones máximas en la protección del suelo, si no se dispone de otros análisis más significativos u otras evidencias acerca del comportamiento real (LOVELAND, 2001). No en vano, se trata de un reflejo indirecto de otras propiedades que también intervienen en la dinámica de los metales en los suelos aluminicos: contenido y actividad de la fracción orgánica, presencia de oxihidróxidos de hierro y aluminio, etc. Por otra parte, se admite para casos concretos la utilización de suelos con niveles excesivos de algún metal si se controla adecuada y periódicamente su biodisponibilidad. Además se sugiere que sean identificados los problemas específicos de sitio a escala local para elaborar códigos regionales de gestión de residuos que complementarían los umbrales generales (EC. EN-2001).

En términos generales, se sostiene que el Cd, Cu, Ni y Zn presentan mayor movilidad y poder fitotóxico que el cromo y el plomo, afirmándose que tanto la transferencia del cadmio y del zinc desde la fracción total a la extraíble del suelo como la absorción por los cultivos

desde la fracción disuelta, supera en diez veces a la del cobre y níquel, si bien la bioacumulación varía en función de la especie, edad y órgano de la planta (FELIPO, 2001). No obstante, profundizando en la casuística, la biodisponibilidad resultante de la aplicación de lodos –estimada como metal desplazado con DTPA– del zinc y cobre aumenta en muchos casos pero no siempre la del níquel y cadmio (ALCAÑIZ, 2001; MARTÍNEZ *et al.*, 2003; KORBOWLEWSKY *et al.*, 2002). Tampoco se detecta siempre una absorción significativa por los cultivos de cobre, níquel y zinc (COGGER *et al.*, 2001; GASKIN *et al.*, 2003). Precisamente, el estudio de los flujos reales de los metales pesados en distintas condiciones agroambientales conduce a diferentes autores a obtener resultados diversos.

Así, ante la problemática específica de los suelos aluminicos, mayoritarios en Galicia, para su uso como receptores de lodos de depuradora urbana, nos planteamos una exploración de la respuesta inmediata. Aplicando diferentes dosis de un lodo en dos suelos ácidos cultivados parcialmente corregidos. Se estudian las variaciones inducidas en las propiedades de los suelos, en los niveles totales y las fracciones extraíbles o biodisponibles de metales pesados, así como la absorción o bioacumulación por la planta de cebada, con el objetivo de ir acotando los problemas existentes para plantear las medidas de control y gestión adecuada de los mismos.

Material y métodos

Caracterización general del suelo y lodo

El ensayo se efectuó en macetas e incluyó diez tratamientos con dosis variables de lodo de depuradora urbana y fertilizante mineral aplicados a dos suelos diferentes, y utilizando como testigo la cebada (*Hordeum vulgare*).

Los dos suelos son aluminicos derivados de granito, de textura franco arenosa, con niveles generales de materia orgánica comprendidos entre 4 y 5%, estructura migajosa y una densidad aparente de 1,03 g cc⁻¹; pero han estado sometidos a manejos diferentes. Así, el suelo A había sido destinado a una plantación frutal, dedicándose en los últimos dos años a la producción de patata, para lo cual ha sido intensamente abonado y ligeramente encalado. El suelo B había recibido ligeros encalados y abonados esporádicos en los últimos dos años, pero previamente se encontraba en barbecho.

El lodo deshidratado y tratado únicamente con polielectrolito, procede de una estación depuradora de aguas residuales que cuenta con selector anaerobio y decantador secundario. Esta EDAR está situada en Carballo (A Coruña), con una población equivalente de 16.000 habitantes.

Los análisis del lodo se realizaron por triplicado en submuestra seca y finamente molienda (cuadro 1). Se midió el valor de pH y C.E.

en una relación 1:5. Se determinó el N por el método Kjeldhal y el C total por el método de Walkley Black. Tras una mineralización seca a 480 °C durante 4 horas se detectan P por colorimetría y Ca y K por absorción atómica. Cd, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn se detectan en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian 220FS después de la digestión de 0,15 g m.s. de lodo con 12 ml de agua regia (relación 1:80) en un microondas Ethos D de media presión, alcanzándose 175 °C en menos de 5 minutos y manteniéndose la temperatura a 180 °C durante 10 minutos (USEPA, 1994).

Diseño experimental

Se practicaron 10 tratamientos por triplicado: siete con lodos (T1-T7), dos con fertilizante (T8-T9) y un blanco (T0). Se emplearon Nitrofoska Azul Especial 12-12-17+ 2 MgO y fertilizante 4-12-8 para aportar 120 Kg ha⁻¹ de N. Las cantidades de lodo utiliza-

Cuadro 1. Valores de los parámetros analizados en el lodo de depuradora y estimación de las cantidades máximas que se podrían incorporar al suelo atendiendo a la normativa actual y a la propuesta a medio plazo para la UE

Table 1. Average elemental composition of the sewage sludge and quantities that could be added to soils attending to present and future legal regulations

	Análisis generales	Metales totales mg kg ⁻¹ m.s.	Cantidades máximas anuales (t ha ⁻¹ m.s.) *
Materia seca (%)	18,69	Cd: 1,50	100//10
pH	6,47	Cr: 143	21//17
C.E. (dS m ⁻¹)	3,18	Cu: 318	38//8
M.O. total (%)	52,94	Pb: 180	83//8
N total (%)	4,68	Ni: 107	28//6
Relación C/N	6,5	Zn: 692	43//9
Fósforo total (%)	3,68		
Potasio total (%)	0,02		
Calcio total (%)	3,43		

(*) Calculadas a partir de la composición del lodo. Permitidas bajo la Directiva 86/278/CE y R.D. 1310/1990// Propuestas por la European Commission. DG ENV. E3-2000. Waste management. WD on Sludge.

das variaron entre un mínimo de 5 y un máximo de 100 t ha⁻¹ para los dos suelos A y B. En cada caso, se mezclaron vigorosamente 5 kg de suelo con las correspondientes cantidades de lodo o fertilizante mineral, recogidas en el cuadro 2, introduciéndose en macetas de polietileno de 5 L y 17 cm de altura a los tres días de efectuada la mezcla. Se procedió a sembrar cebada el 2 de julio de 2003, permaneciendo sometida a 2-3 riegos semanales a lo largo de un mes; durante el cual las temperaturas mínimas, medias y máximas diarias superaron 12, 17 y 22 °C, respectivamente.

Las cantidades de lodo empleadas responden al objetivo de explorar un amplio rango de dosis. Los tratamientos T3 y T4 (correspondientes a 20 y 50 t ha⁻¹) suministrarían cantidades de fósforo equivalentes a los dos tratamientos con fertilizante mineral (T8 y T9). Los tratamientos T5, T6 y T7 parecen excesivos desde el punto de vista agronómico pero son aplicados, dado que

así lo permite la normativa, cuando prevalece el interés en valorizar lodos sobre los efectos en el correspondiente cultivo.

Muestreos y análisis químicos de suelo y planta

Para la caracterización química general del suelo se obtiene una muestra de cada tratamiento (compuesta de las tres réplicas) a los 3 y 31 días desde la mezcla con lodo (a partir de ahora d.d.m.). Se determinan la acidez actual (pH H₂O) y la acidez potencial (pH KCl 0,1 M) en una relación suelo: disolución de 1:2,5. Se analiza el contenido de materia orgánica por calcinación, el contenido de fósforo disponible por el método de Olsen, los cationes de cambio desplazados con CINH₄⁺ 1M y el aluminio extraído con KCl 1M, así como la capacidad efectiva de intercambio catiónico (CiCe) al pH del suelo.

Cuadro 2. Identificación de los tratamientos y suministro potencial estimado de Nitrógeno y Fósforo

Table 2. Different treatments tested and estimated availability of nitrogen and phosphorus

Identificación del tratamiento		Dosis		Unidades fertilizantes (t ha ⁻¹)			
Suelo A	Suelo B	Lodo/Fertilizante* mg kg ⁻¹	t ha ⁻¹ (1)	Nitrógeno		Fósforo	
				Total	Disponibile(2)	P ₂ O ₅	P
SA T0	SB T0	0,0	0	-	-	-	-
SA T1	SB T1	2,4	5	44	33	33	14
SA T2	SB T2	4,9	10	88	66	65	28
SA T3	SB T3	9,8	20	176	132	130	56
SA T4	SB T4	24,5	50	470	330	330	142
SA T5	SB T5	34,3	70	616	462	464	200
SA T6	SB T6	39,2	80	702	528	534	230
SA T7	SB T7	49,0	100	880	660	659	284
SA T8	SB T8	2,5*	1*	-	120	120	52
SA T9	SB T9	7,5*	3*	-	120	360	154

(1) Estimada a partir de un índice de conversión de 2; por convención en la interpretación de análisis de suelos y la densidad aparente de nuestros suelos.

(2) Suponiendo un índice de disponibilidad del 75% propio de abonos orgánicos con baja relación C/N.

(*) Fertilizantes 12-12-17 y 4-12-8 en T8 y T9, respectivamente.

Se determina, además, para cada tratamiento y en cada suelo la concentración de metales totales en una muestra compuesta de las tres réplicas a los 3 d.d.m. (t0) y en cada una de las réplicas separadamente a los 31 d.d.m. (t1). Se procede a la digestión total de los suelos con agua regia en Microondas Ethos D de media presión: se añaden a 0.5 g de suelo 3 ml de HNO_3 y 9 ml de ClH (relación suelo: agua regia de 1:24) y se efectúa la digestión en seis pasos, alcanzándose en el quinto la temperatura de 175 °C y manteniéndose a 180 °C durante 10 minutos en el sexto paso. En las mismas muestras, veinte correspondientes a 3 d.d.m. y sesenta a 31 d.d.m, se determinan los metales extraíbles con DTPA siguiendo el protocolo de LIANG y KARAMANOS (1993). En ambos casos cobre, cromo, níquel, plomo y zinc se miden en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian 220 FS.

La cebada se recoge un mes después de la emergencia, en fase de inicio del encañado, se pesa la materia verde y se procede a secar a 70 °C hasta peso constante para determinar, tras una mineralización seca (CHAPMANN y PRATT, 1981) y posterior disolución de las cenizas en ClH 1M, la concentración de fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, cobre, níquel y zinc.

Para el análisis estadístico de los resultados se aplican los correspondientes análisis de varianza con el programa SAS, utilizando el test de Duncan para distinguir valores medios con un nivel de significación $p < 0.05$.

Resultados

Propiedades generales de los suelos

El efecto inmediato de la incorporación de diferentes dosis de lodos ha sido de elevar el pH en H_2O , es decir, reducir la acidez

actual, siendo la respuesta más consistente en el suelo A que en el suelo B, donde algunos tratamientos dan lugar a un descenso de pH en H_2O (cuadro 3). Por su parte, con los aportes de fertilizantes minerales el citado pH se reduce en ambos suelos obteniéndose un valor de 5,0 con el tratamiento T9. Un mes después de la mezcla el pH en H_2O se mantiene o aumenta ligeramente hasta las dosis de 50 t ha^{-1} (T4) mientras que se reduce con aportes superiores de lodo, en el suelo A. En el suelo B aumenta el pH con respecto al resultante en el momento de la mezcla con todos los tratamientos salvo el T7.

La acidez potencial también se ha reducido inmediatamente después de la mezcla en los tratamientos con lodo, aumentando el pH en KCl en 0,1 ó 0,2 unidades respecto a los controles (T0), siendo el efecto menos consistente con los aportes de fertilizantes minerales (T8 y T9). Sin embargo, a los 31 d.d.m. se detecta que la misma ha aumentado a partir de dosis equivalentes a 50 y 20 t ha^{-1} (T4 y T3) en los suelos A y B, respectivamente, un efecto que también se produce en los tratamientos con fertilizantes minerales.

En el complejo de cambio se han producido, además, cambios cualitativos en este período. Así, descienden, en general, los niveles de calcio, magnesio y potasio de cambio pero aumenta la participación del aluminio, que pasa de suponer un 5-6% en el momento de la mezcla a sobrepasar el 10% del total de cationes cambiables a partir de la dosis de 50 t ha^{-1} (T4) en el suelo A (figura 1b). El patrón se repite en el suelo B, pero partiendo de porcentajes iniciales de saturación por aluminio comprendidos entre 6 y 12% para alcanzar un mes después niveles superiores al 15%.

Por otra parte, la aplicación de cantidades crecientes de lodo se traduce en concentraciones progresivamente superiores de fósforo disponible en el suelo B, que parte de

Cuadro 3. Propiedades generales y complejo de cambio de los suelos a los 3 (t0) y 31 (t1) días después del aporte de lodos o fertilizante inorgánico en los suelos SA y SB sometidos a diferentes tratamientos (T0 a T9)

Table 3. General properties and exchangeable capacity of soils A and B, 3 and 31 days after the incorporation of different doses of sewage sludge: treatments T0 to T9

Trata- miento	pH H ₂ O		pH KCl		Ca ⁺² (Cmol(+)Kg ⁻¹)		CiCe		% saturación aluminio		P(mg kg ⁻¹)		M.O. (%)	
	t0	t1	t0	t1	t0	t1	t0	t1	t0	t1	t0	t1	t0	t1
SAT0	5,4	5,9	4,7	4,8	6,5	6,0	8,25	7,64	6,1	7,9	74	86	4,2	4,2
SAT1	5,6	5,9	4,8	4,8	7,5	5,2	9,59	6,90	4,2	10,2	66	69	5,0	4,7
SAT2	5,8	5,8	4,8	4,8	7,1	5,5	9,15	7,18	4,4	8,4	66	68	5,1	4,4
SAT3	5,7	5,8	4,8	4,8	6,5	6,1	8,45	7,82	4,7	7,7	70	67	5,1	4,2
SAT4	5,7	5,8	4,9	4,7	6,8	4,5	8,93	6,10	4,5	11,5	72	72	5,4	4,9
SAT5	5,8	5,6	4,8	4,7	6,5	5,5	8,45	7,41	4,7	10,8	71	81	5,4	5,0
SAT6	5,8	5,5	4,8	4,6	6,5	5,2	8,60	7,03	5,8	11,4	75	79	5,4	4,8
SAT7	5,7	5,5	4,8	4,6	5,2	4,6	7,29	6,44	6,9	12,4	78	81	5,2	4,8
SAT8	5,2	5,4	4,6	4,5	5,9	4,3	8,15	6,10	7,4	14,8	70	71	4,7	4,4
SAT9	5,0	4,9	4,6	4,3	6,7	5,4	8,71	7,19	6,9	12,5	98	92	4,7	5,1
SBT0	5,4	5,7	4,4	4,4	4,8	3,9	6,54	5,47	12,2	16,5	15	20	4,7	4,4
SBT1	5,2	5,7	4,3	4,4	4,5	3,4	6,21	5,01	12,9	20,0	20	20	4,5	4,2
SBT2	5,3	5,7	4,4	4,4	4,2	3,8	5,85	5,48	12,0	18,3	21	23	4,5	4,5
SBT3	5,1	5,7	4,5	4,4	5,3	4,0	7,14	5,83	9,8	18,9	24	25	4,9	4,6
SBT4	5,4	5,7	4,6	4,5	5,5	3,8	7,38	5,49	8,1	18,2	33	33	4,8	4,6
SBT5	5,3	5,6	4,6	4,5	4,9	4,4	6,75	6,15	8,9	14,6	35	41	4,7	4,7
SBT6	5,5	5,7	4,6	4,5	5,6	3,9	7,49	5,57	6,7	16,2	35	37	4,5	4,2
SBT7	5,6	5,5	4,7	4,5	6,0	4,4	7,95	6,05	6,3	11,6	38	44	4,6	4,6
SBT8	5,1	5,4	4,5	4,3	5,1	4,3	7,17	6,34	11,2	17,4	26	30	4,3	4,2
SBT9	5,0	5,0	4,5	4,2	5,7	5,2	7,76	6,94	10,3	15,9	55	46	4,1	4,4

niveles de 15 mg kg⁻¹. El efecto se mantiene incluso 31 d.d.m. (figura 2a); apreciándose igualmente respuesta directa a la fertilización mineral. Sin embargo en el suelo A –con niveles de 74 mg kg⁻¹– la respuesta proporcional a la dosis no es tan clara.

Finalmente, se produce un incremento inicial en el contenido de materia orgánica del suelo A (figura 2b) pero en el transcurso de un mes los contenidos descienden en todos los tratamientos, si bien aún sobrepasan a los de las macetas control.

En el suelo B la respuesta inmediata no es tan homogénea y no se produce un descenso al cabo de un mes en todos los tratamientos.

Metales totales y extraíbles

Los contenidos totales de cobre, cromo, níquel, plomo y zinc en ambos suelos se presentan en la figura 3. Se aprecia que los

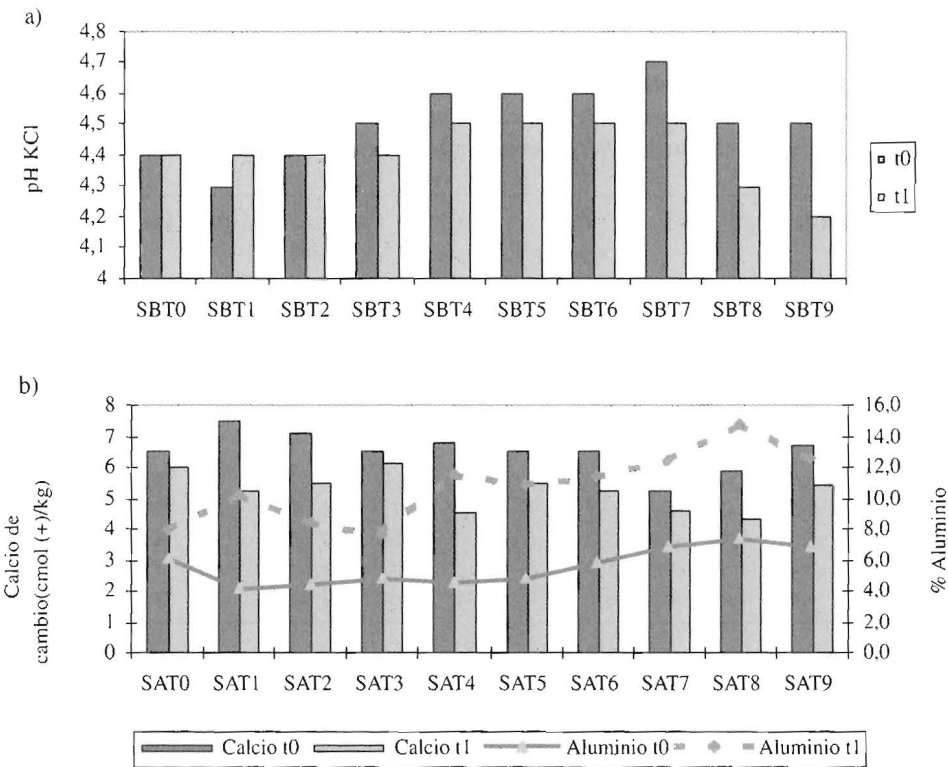


Figura 1. Cambios inducidos en el complejo de cambio de dos suelos ácidos (SA y SB) a los 3 (t0) y 31 (t1) días de la incorporación de dosis diferentes de lodos de depuradora urbana (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9).

Figure 1. Induced changes on soil reaction and cation exchange capacity of two acid soils (SA and SB) in response to application of sewage sludge (T0 to T9).

niveles de partida de cobre y níquel en el suelo A sobrepasan los valores permitidos por la normativa vigente para este uso, pero las limitaciones alcanzarían al cromo y zinc atendiendo a umbrales más restrictivos.

En el cuadro 4 se recoge la concentración total de metales pesados a los 31 días después de realizada la mezcla. Si bien los contenidos de los cinco metales en el suelo A sobrepasan significativamente a los del suelo B considerando todos los tratamientos, las diferencias son más acusadas para el cobre, cromo y níquel que para los restantes.

Se detectan diferencias significativas entre algunos tratamientos para el cobre total en el suelo A, sí bien no responden al patrón de abonado ensayado. Por el contrario, en el suelo B la concentración total de Cu aumenta progresivamente con la dosis de lodo hasta 50 t ha⁻¹ (T4), descendiendo a partir de ese umbral y no apreciándose diferencias al aplicar cantidades mayores de lodo (figura 4a).

No se observan diferencias entre dosis para el cromo total en el suelo B, o son de escasa entidad en el suelo A, donde todos

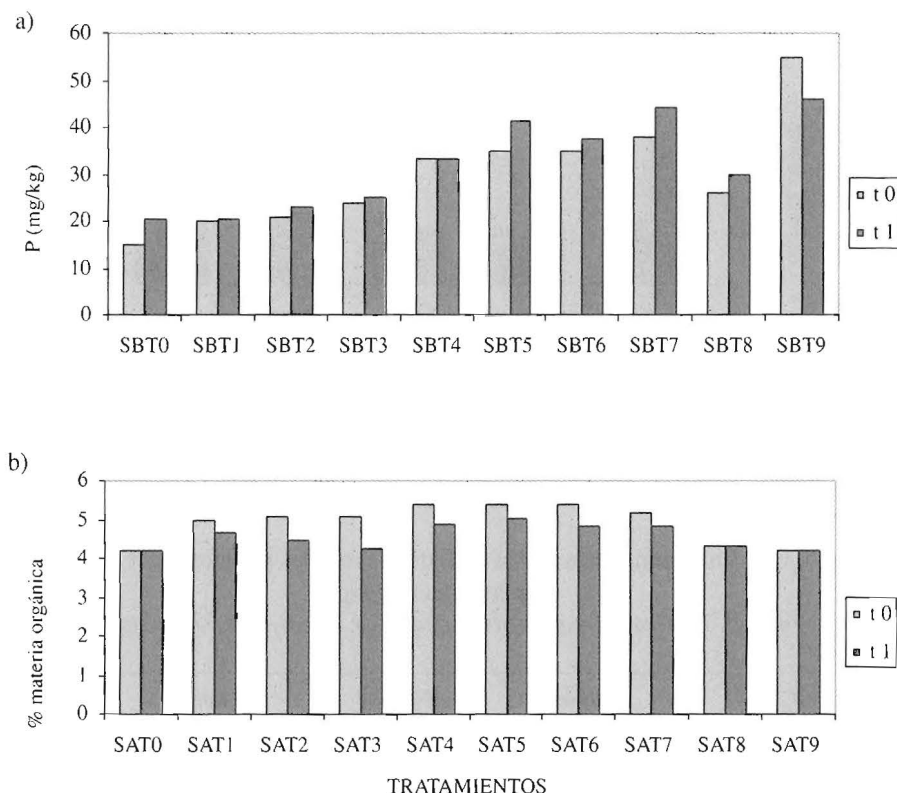


Figura 2. Efectos de la incorporación de dosis diferentes de lodos de depuradora urbana (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) en las propiedades de dos suelos ácidos (SA y SB) a los 3 (t0) y 31 (t1) días después de la mezcla.

Figure 2. Effects of the application of several doses of sewage sludge on soil phosphorus and organic matter content.

los tratamientos sobrepasan al control (figura 4b). Este comportamiento se reproduce para el níquel total. En ningún caso aumenta el zinc total con los tratamientos. Tampoco el plomo total responde a la incorporación de lodos en el suelo A, apreciándose por el contrario un descenso a partir de dosis superiores a 50 t ha^{-1} (T4) o con fertilizante mineral en el suelo B (figura 4c).

Las concentraciones de cobre, níquel y zinc extraíbles en el suelo A sobrepasan significativamente a las del suelo B, conside-

rando todos los tratamientos (cuadro 5). En el suelo B el cobre aumenta progresivamente a partir de dosis de lodo de 20 t ha^{-1} (T3), teniendo presente que las dosis de 5 y 10 t ha^{-1} (T1 y T2) y los dos tratamientos minerales (T8 y T9) presentan niveles inferiores o iguales a los del control (figura 5a). Este patrón no se reproduce en el suelo A, donde desciende en todos los casos el cobre extraíble con respecto al control.

El níquel extraíble en el suelo B con aportes de lodo superiores a 50 t ha^{-1} sobre-

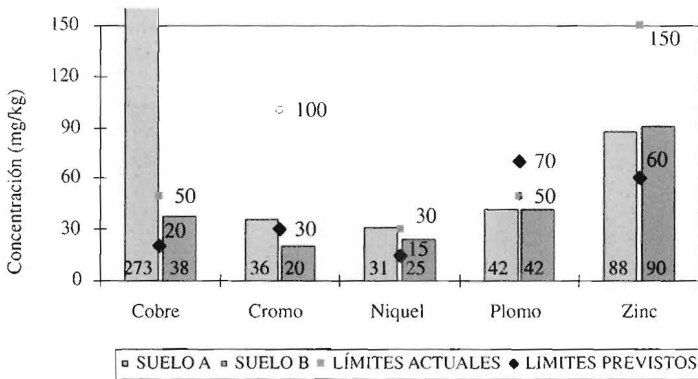


Figura 3. Contenido de metales pesados en los suelos A y B del ensayo. Representación de los umbrales actuales propuestos por la UE (Directiva 86/278/ECC) y de los previstos a corto plazo (2006).

Figure 3. Total soil copper, chromium, nickel, lead and zinc in the experimental soils. Present and future thresholds according to the European Union.

Cuadro 4. Concentración y desviación estándar de metales pesados totales disueltos con Agua Regia (mg kg⁻¹)

Table 4. Total aqua regia heavy metals (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) in mg kg⁻¹

Trata- miento	Cobre	Cromo	Níquel	Plomo	Zinc
SA T0	258,7 ab (30,9)	37,3 b (2,9)	31,0 b (2,6)	43,3 a (4,7)	88,3 a (2,9)
SA T1	263,0 a (24,9)	42,7 a (3,8)	34,3 ab (5,5)	47,3 a (8,1)	100,3 a (13,6)
SA T2	234,3 ab (4,5)	40,3 ab (1,2)	33,3 ab (0,6)	45,7 a (2,1)	91,3 a (4,7)
SA T3	229,0 b (11,4)	38,7 ab (0,6)	35,7 ab (3,8)	43,3 a (1,2)	93,0 a (4,6)
SA T4	237,3 ab (14,4)	39,0 ab (1,0)	34,0 ab (1,0)	44,7 a (0,6)	96,7 a (6,1)
SA T5	243,7 ab (7,0)	41,0 ab (2,6)	35,0 ab (0,0)	45,7 a (0,6)	98,7 a (2,8)
SA T6	247,0 ab (14,4)	40,3 ab (3,5)	36,7 a (2,1)	44,0 a (1,7)	96,7 a (4,0)
SA T7	262,3 a (7,4)	40,0 ab (1,0)	35,7 ab (0,6)	47,0 a (1,0)	98,3 a (3,5)
SA T8	259,7 a (6,4)	40,7 ab (0,6)	35,0 ab (0,0)	50,0 a (6,9)	94,3 a (5,0)
SA T9	257,0 ab (11,8)	40,3 ab (2,9)	34,3 ab (1,2)	47,3 a (2,1)	89,3 a (1,5)
SB T0	37,0 bc (4,4)	20,3 a (1,5)	24,7 a (1,2)	44,3 a (3,2)	90,7 ab (9,5)
SB T1	34,3 c (2,1)	20,3 a (0,6)	23,0 ab (1,0)	43,0 a (1,7)	87,3 ab (6,4)
SB T2	37,3 bc (2,1)	21,0 a (1,0)	22,7 ab (0,6)	44,3 a (1,2)	88,0 b (3,6)
SB T3	40,0 a (2,0)	20,3 a (0,6)	22,0 b (1,0)	43,3 a (1,5)	89,0 b (3,5)
SB T4	43,7 a (5,7)	21,0 a (2,0)	23,0 ab (2,0)	44,0 a (2,6)	95,7 a (5,9)
SB T5	39,3 abc (1,5)	20,7 a (0,6)	22,0 b (1,0)	37,7 b (1,2)	92,3 ab (2,5)
SB T6	39,7 abc (0,6)	21,0 a (1,0)	22,7 ab (0,6)	39,0 b (1,7)	92,3 ab (1,2)
SB T7	39,7 bc (1,5)	22,0 a (0,0)	23,3 ab (0,6)	38,7 b (1,5)	92,3 ab (2,1)
SB T8	36,7 bc (3,2)	22,0 a (1,0)	23,0 ab (1,0)	39,3 b (1,5)	89,7 ab (4,5)
SB T9	34,7 bc (1,2)	21,3 a (2,3)	22,7 ab (2,1)	38,3 b (1,5)	85,3 b (2,3)

Valores medios en la misma columna seguidos de una letra diferente difieren significativamente para una $p < 0.05$ por el test de Duncan.

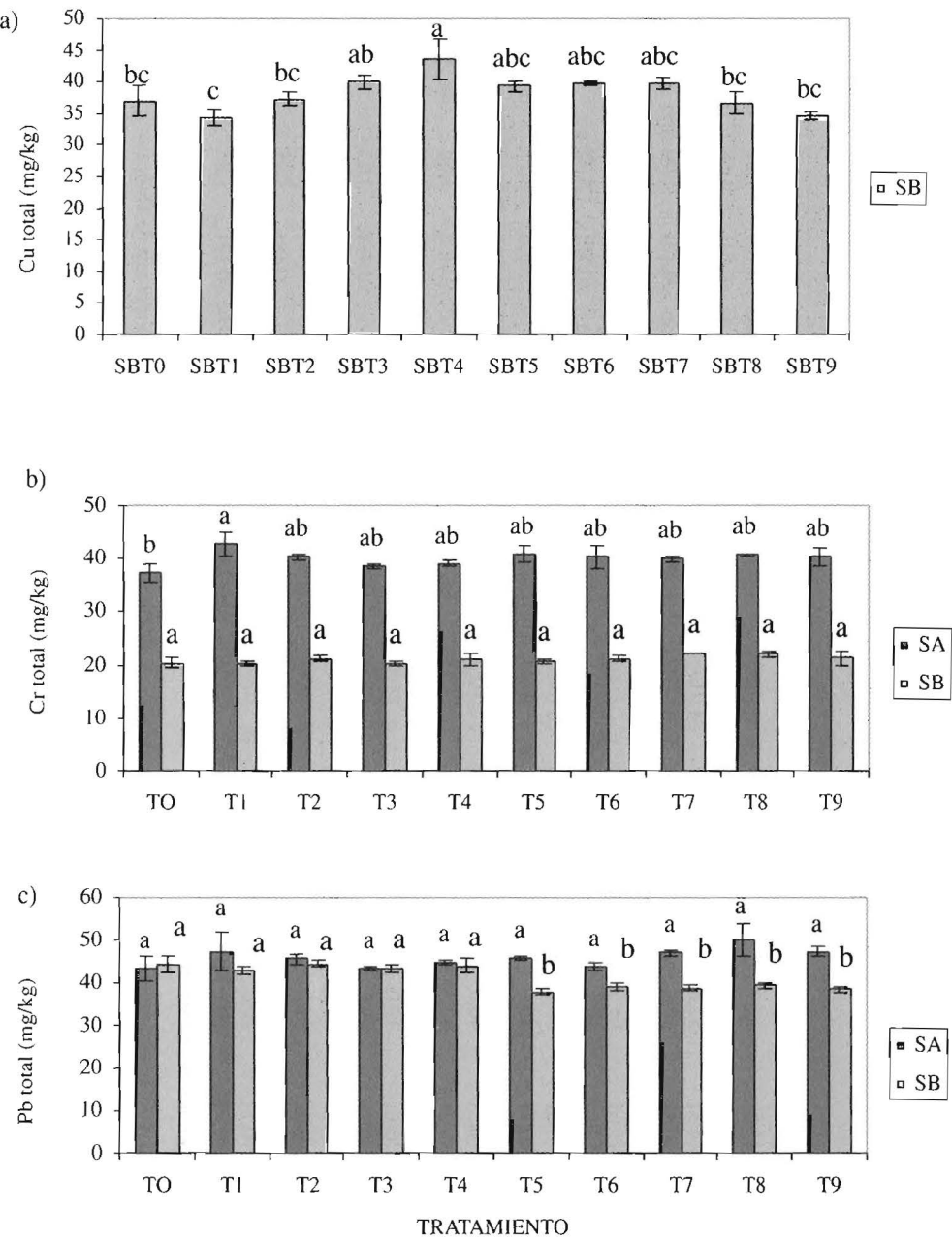


Figura 4. Contenido y error estándar de metales totales en los suelos SA y SB sometidos a diferentes dosis de lodo de depuradora (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) a los 31 días después de la mezcla.

Figure 4. Total soil copper, chromium and lead in soils SA and SB in response to several rates of sewage sludge (T0 to T9).

Cuadro 5. Concentración y desviación estándar de metales pesados extraíbles con DTPA (mg kg^{-1})Table 5. DTPA extractable copper, iron, manganese, nickel, lead and zinc (mg kg^{-1})

Tratamiento	Cobre		Hierro		Manganeso		Níquel		Plomo		Zinc	
SA T0	70,5	a (6,1)	67,7	ab (3,0)	12,3	bcd (0,1)	0,43	abc (0,06)	1,48	ab (0,10)	3,98	cd (0,08)
SA T1	63,5	b (1,0)	72,7	a (1,5)	11,0	cd (0,3)	0,42	bcd (0,03)	1,35	ab (0,10)	4,25	c (0,25)
SA T2	63,8	b (1,4)	64,3	ab (5,9)	10,1	d (0,7)	0,40	cde (0,00)	1,33	ab (0,03)	4,15	c (0,00)
SA T3	62,4	b (2,3)	62,8	abc (3,5)	10,9	cd (0,7)	0,42	bcd (0,03)	1,35	ab (0,05)	4,23	c (0,06)
SA T4	61,0	b (0,8)	59,4	bcd (5,1)	12,4	bcd (1,7)	0,47	abc (0,10)	1,43	ab (0,13)	4,90	abc (0,98)
SA T5	54,2	b (4,0)	57,2	bcde (6,4)	13,9	b (1,6)	0,45	abc (0,09)	1,25	b (0,13)	4,60	bc (0,70)
SA T6	61,0	b (1,0)	67,7	ab (2,6)	15,0	b (2,0)	0,52	ab (0,03)	1,43	ab (0,08)	5,40	ab (0,42)
SA T7	66,2	ab (2,1)	49,4	de (1,5)	13,3	bc (0,5)	0,53	a (0,03)	1,53	a (0,12)	5,72	a (0,41)
SA T8	61,3	b (0,8)	50,9	cde (17,5)	10,7	cd (3,5)	0,30	e (0,10)	0,95	c (0,27)	2,85	e (1,02)
SA T9	62,0	b (0,1)	45,6	e (6,2)	22,1	a (0,1)	0,32	e (0,03)	0,82	c (0,03)	3,13	de (0,45)
SB T0	3,88	de (0,5)	40,0	b (1,2)	8,3	c (0,5)	0,17	c (0,03)	2,30	ab (0,05)	1,60	e (0,25)
SB T1	3,67	e (0,3)	40,3	b (3,7)	8,1	c (1,1)	0,20	bc (0,00)	2,20	bc (0,17)	1,83	de (0,30)
SB T2	4,02	de (0,4)	42,8	ab (4,0)	8,1	c (0,2)	0,17	c (0,03)	2,17	bc (0,08)	2,00	de (0,30)
SB T3	4,33	cde (0,6)	42,0	ab (6,1)	8,2	c (1,0)	0,23	b (0,03)	2,13	bc (0,13)	2,22	d (0,36)
SB T4	4,43	bcd (0,7)	45,6	ab (2,4)	8,6	c (0,2)	0,23	b (0,03)	2,03	c (0,18)	3,02	c (0,46)
SB T5	5,03	ab (0,2)	47,9	ab (1,1)	9,6	c (0,3)	0,32	a (0,03)	2,12	bc (0,03)	3,72	ab (0,52)
SB T6	4,93	abc (0,0)	44,5	ab (5,8)	9,1	c (0,8)	0,30	a (0,00)	2,22	bc (0,08)	3,47	bc (0,32)
SB T7	5,18	a (0,2)	46,0	ab (1,2)	11,7	ab (0,2)	0,33	a (0,03)	2,47	a (0,18)	4,08	a (0,16)
SB T8	3,78	de (0,1)	40,6	b (0,4)	11,2	b (0,9)	0,20	bc (0,00)	2,35	ab (0,13)	1,73	de (0,03)
SB T9	3,65	e (0,1)	40,6	b (1,7)	13,7	a (2,2)	0,22	b (0,03)	2,13	bc (0,13)	1,83	de (0,10)

(**) Cromo $< 0,1 \text{ mg kg}^{-1}$.Valores medios en la misma columna seguidos de una letra diferente difieren significativamente para una $p < 0,05$ por el test de Duncan.

pasa significativamente a los restantes tratamientos ensayados. En el suelo A se mantiene o tiende a descender con las dosis más bajas ensayadas (T1 a T3), para aumentar progresivamente e igualar a los controles a partir del tratamiento T4 (figura 5b). Destacan en este suelo las macetas fertilizadas con mineral por presentar niveles inferiores al control. El zinc aumenta progresivamente con la dosis de lodo, alcanzándose el máximo con la incorporación de 100 t ha^{-1} (T7). Estas tendencias generales se detectan tanto en los análisis efectuados 3 días después de la mezcla como 31 d.d.m (figura 5c).

Respuesta de la planta de cebada

El desarrollo vegetativo alcanzado en un mes con dosis iguales o superiores a 50 t ha^{-1} (T4) sobrepasa significativamente al obtenido con los restantes tratamientos, incluidos los fertilizantes minerales en el suelo A. En el suelo B se aprecia cómo el desarrollo aumenta progresivamente con la dosis de lodo, alcanzando el máximo con 50 t ha^{-1} (T4) para descender con dosis superiores así como con la fertilización mineral (figura 6).

En el cuadro 6 se recoge la composición de la cebada. Se aprecia un incremento progresivo del potasio en planta de cebada paralelo al aumento en la dosis de lodo, si bien en ningún caso sobrepasa a los de las parcelas control o fertilizadas con mineral. El contenido de magnesio en plantas tratadas con más de 50 t ha^{-1} (T4) sobrepasa significativamente al de los restantes tratamientos. Cabe reseñar la respuesta puntual a los tratamientos más intensos con lodo (T6 y T7) en la concentración de sodio en planta en el suelo A, que duplica a la de los restantes tratamientos. La concentración de fósforo en la planta de cebada aumenta progresivamente con la dosis de

lodo en el suelo B. En el suelo A únicamente las plantas que recibieron cantidades de lodo superiores o iguales a 50 t ha^{-1} (T4) y la dosis más elevada de fertilizante presentan concentraciones superiores a las de los restantes tratamientos (figura 7a). Esta respuesta se reproduce prácticamente en los mismos términos para la concentración de calcio en tejido vegetativo en ambos suelos (figura 7b).

Por su parte, el cobre (cuadro 6) en la cebada del suelo A sobrepasa al del suelo B en todos los tratamientos. En ambos, son las dosis superiores o iguales a 70 t ha^{-1} (T5) así como la fertilización mineral las que se asocian con niveles significativamente superiores a las de las parcelas control o con dosis bajas de lodo.

El contenido en níquel sobrepasa al de las plantas control a partir de dosis de 50 t ha^{-1} (T4), alcanzándose el máximo con 100 t ha^{-1} (T7) de lodo en ambos suelos (figura 8a). También la concentración de zinc supera al control a partir del T4 en el suelo A, mientras que en el suelo B la concentración se incrementa progresivamente con la dosis añadida hasta 70 t ha^{-1} (T5) y disminuye con cantidades superiores, tal como se observa en la figura 8b. Para ambos elementos, y con todas las dosis ensayadas, la concentración en tejido vegetativo de las plantas del suelo A supera significativamente a la del suelo B.

Discusión

La concentración de metales pesados en nuestro lodo es muy inferior a los límites establecidos normativamente, de modo que puede ser utilizado sin limitaciones en suelos agrícolas. Así, se podrían incorporar anualmente un mínimo de 21 t ha^{-1} m.s. o aproximadamente 100 t ha^{-1} de lodo fresco, siendo

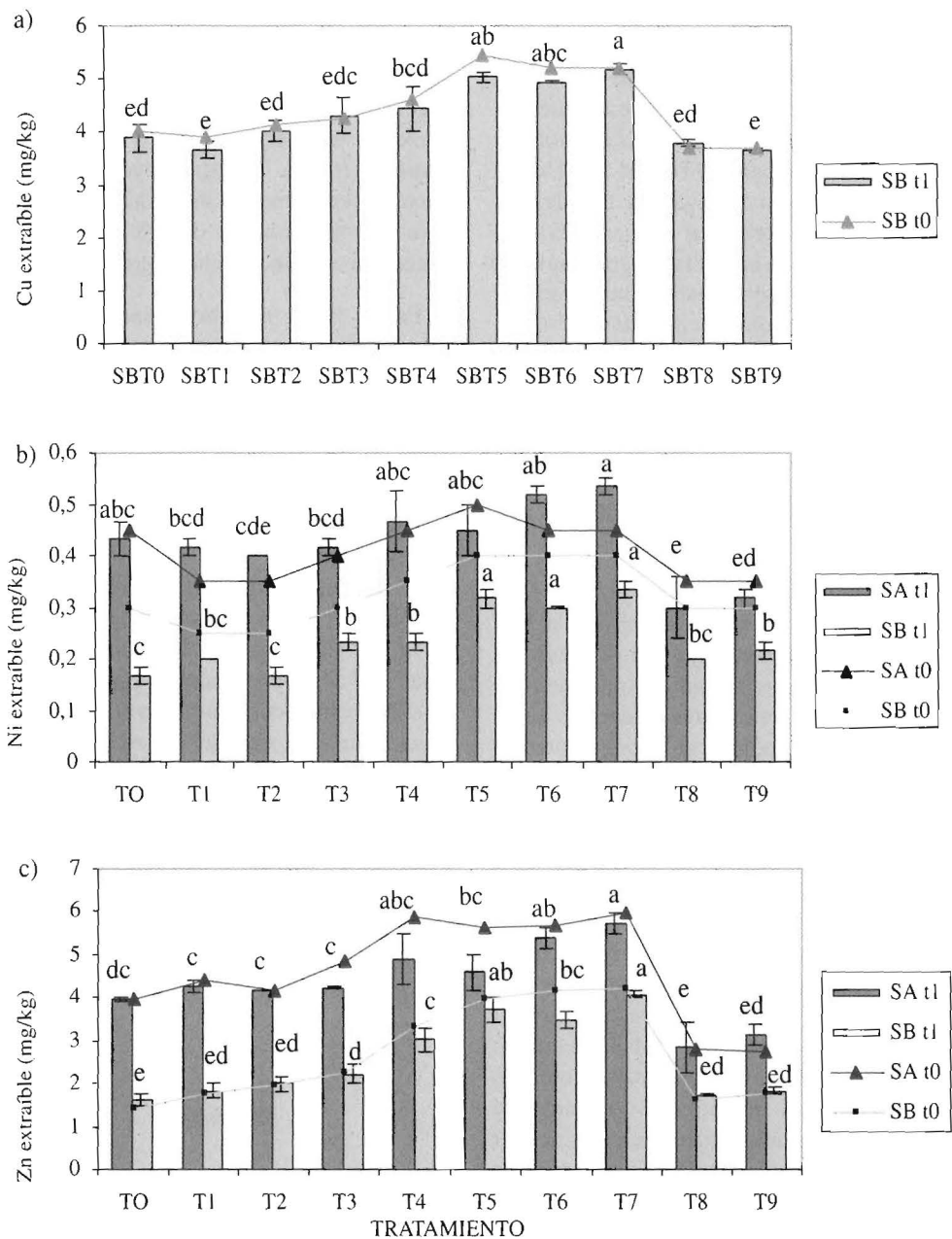


Figura 5. Concentración y error estándar de metales extraíbles con DTPA en los suelos SA y SB sometidos a diferentes tratamientos con lodo de depuradora urbana (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) a los 3 (t0) y 31(t1) días de la mezcla.

Figure 5. DTPA extractable soil copper, nickel and zinc on two soils in response to different doses of sewage sludge.

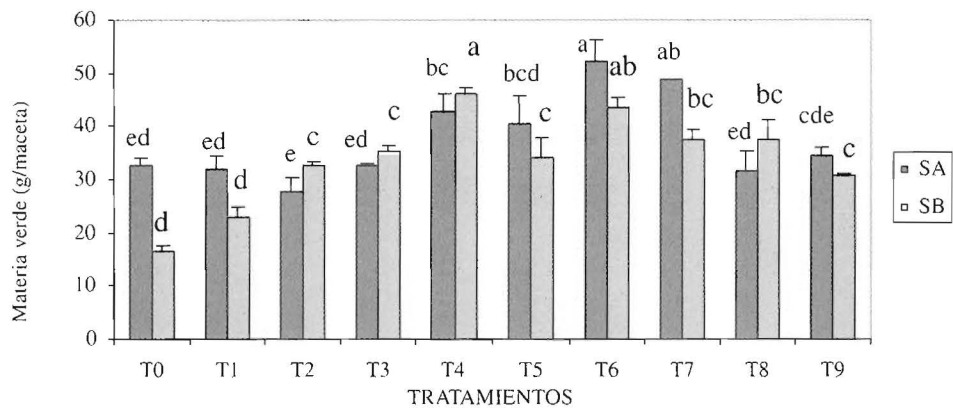


Figura 6. Desarrollo vegetativo de la cebada en términos de materia verde (y error estándar) producida a los 31 días desde la emergencia en respuesta a diferentes dosis de lodo (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) en los suelos SA y SB.

Figure 6. Growth response of barley in two soils 31 days after seedling with different rates of sewage sludge.

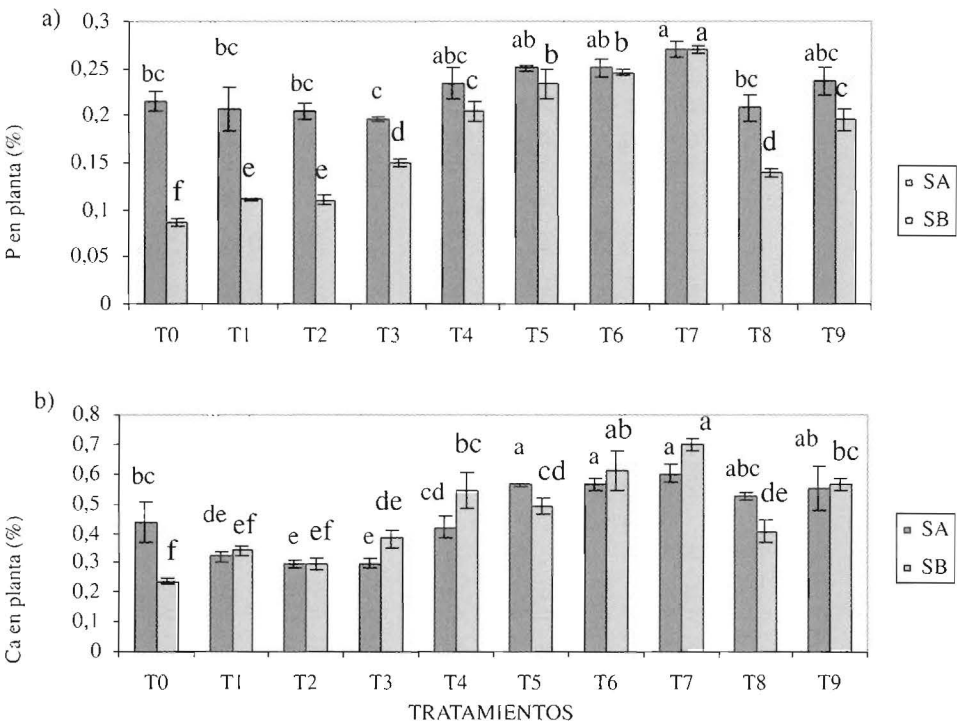


Figura 7. Concentración expresada en materia seca (s.m.s.) y error estándar de fósforo y calcio en planta de cebada un mes después de la emergencia en macetas sometidas a dosis diferentes de lodo (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) en los suelos SA y SB.

Figure 7. Phosphorus and calcium concentration on vegetative tissue of barley 31 days after seedling in response to sewage sludge and mineral fertilization.

66 *Aplicación de lodos de depuradora en suelos ácidos. Disponibilidad y acumulación de metales....*

Tratamiento	P			Ca			Mg			K			Cu			Ni			Zn			Pb		
				(%)									(mg kg ⁻¹)											
SA T0	0,22	bc	(0,02)	0,44	bc	(0,12)	0,21	bcd	(0,04)	4,3	ab	(0,6)	16,5	bc	(2,0)	2,5	bc	(0,5)	67,5	de	(9,5)	4,8	ab	(1,5)
SA T1	0,21	bc	(0,04)	0,32	de	(0,03)	0,23	bcd	(0,06)	3,0	d	(0,4)	14,7	c	(1,6)	2,7	bc	(0,6)	69,5	cde	(12,0)	3,7	bc	(1,8)
SA T2	0,21	bc	(0,01)	0,30	e	(0,02)	0,18	cd	(0,01)	2,7	d	(0,2)	14,8	c	(1,3)	2,2	c	(0,3)	60,0	e	(1,8)	3,0	c	(0,8)
SA T3	0,20	c	(0,01)	0,30	e	(0,03)	0,18	cd	(0,01)	2,8	d	(0,2)	14,3	c	(1,5)	2,3	c	(0,3)	57,7	e	(5,0)	4,2	bc	(0,3)
SA T4	0,24	abc	(0,03)	0,42	cd	(0,06)	0,23	bcd	(0,02)	3,3	dc	(0,6)	16,8	bc	(0,7)	3,2	abc	(0,6)	83,8	bc	(8,2)	4,0	bc	(0,9)
SA T5	0,25	ab	(0,01)	0,56	a	(0,01)	0,26	ab	(0,01)	3,8	bc	(0,1)	21,0	a	(1,0)	3,2	abc	(0,8)	93,0	ab	(8,8)	5,0	ab	(1,0)
SA T6	0,25	ab	(0,02)	0,56	a	(0,04)	0,28	ab	(0,02)	3,3	dc	(0,3)	19,8	ab	(1,6)	3,2	abc	(0,6)	90,5	ab	(12,0)	4,7	abc	(0,8)
SA T7	0,27	a	(0,02)	0,60	a	(0,05)	0,31	a	(0,07)	4,2	ab	(0,5)	20,5	a	(0,5)	4,0	a	(1,0)	103,8	a	(13,0)	5,0	ab	(0,9)
SA T8	0,21	bc	(0,03)	0,52	abc	(0,02)	0,24	abcd	(0,02)	4,8	a	(0,5)	19,2	ab	(1,8)	3,0	abc	(0,0)	79,5	bcd	(4,0)	6,0	a	(0,5)
SA T9	0,24	abc	(0,03)	0,55	ab	(0,13)	0,25	abc	(0,06)	3,9	bc	(0,5)	21,7	a	(4,3)	3,5	ab	(0,5)	78,2	bcd	(3,6)	6,2	a	(1,3)
SB T0	0,09		f (0,01)	0,24		f (0,02)	0,14	e	(0,01)	2,0	d	(0,2)	6,7	d	(1,3)	2,0	cd	(0,5)	26,0	d	(3,3)	2,7	bc	(0,3)
SB T1	0,11		e (0,00)	0,34		ef (0,03)	0,20	cd	(0,01)	2,3	d	(0,3)	8,0	d	(0,5)	2,2	bcd	(0,8)	38,5	c	(4,1)	2,5	c	(0,0)
SB T2	0,11		e (0,01)	0,30		ef (0,04)	0,17	de	(0,01)	2,1	d	(0,1)	8,3	cd	(1,0)	1,5	cd	(0,0)	38,0	c	(7,0)	2,5	c	(0,0)
SB T3	0,15		d (0,01)	0,38		cd (0,05)	0,19	cd	(0,01)	2,9	c	(0,2)	10,0	bc	(1,0)	2,2	bcd	(0,8)	70,5	b	(4,9)	2,7	bc	(0,8)
SB T4	0,21		c (0,02)	0,54		bc (0,11)	0,25	b	(0,05)	2,9	c	(0,5)	10,2	bc	(2,0)	2,5	bc	(0,5)	82,0	a	(7,4)	4,0	ab	(1,0)
SB T5	0,23		b (0,03)	0,49		cd (0,04)	0,22	bc	(0,01)	3,0	bc	(0,1)	12,0	ab	(0,5)	2,3	bcd	(0,3)	86,7	a	(8,9)	3,7	abc	(0,8)
SB T6	0,25		b (0,01)	0,61		ab (0,12)	0,32	a	(0,04)	3,3	bc	(0,3)	12,5	a	(1,3)	3,0	b	(0,5)	76,7	ab	(4,2)	4,0	ab	(0,9)
SB T7	0,27		a (0,01)	0,70		a (0,04)	0,32	a	(0,03)	4,0	a	(0,4)	12,0	ab	(0,9)	4,0	a	(0,5)	76,7	ab	(4,1)	4,7	a	(0,8)
SB T8	0,14		e (0,01)	0,41		cd (0,07)	0,20	cd	(0,00)	3,6	ab	(0,3)	7,7	d	(0,3)	2,7	bc	(0,3)	46,2	c	(4,0)	3,5	abc	(0,5)
SB T9	0,20		c (0,02)	0,57		bc (0,04)	0,18	cde	(0,01)	4,0	a	(0,4)	7,2	d	(1,0)	2,7	bc	(0,3)	37,2	c	(3,3)	3,5	abc	(1,0)

Valores medios en la misma columna seguidos de una letra diferente difieren para una $p < 0.05$ por el test de Duncan.

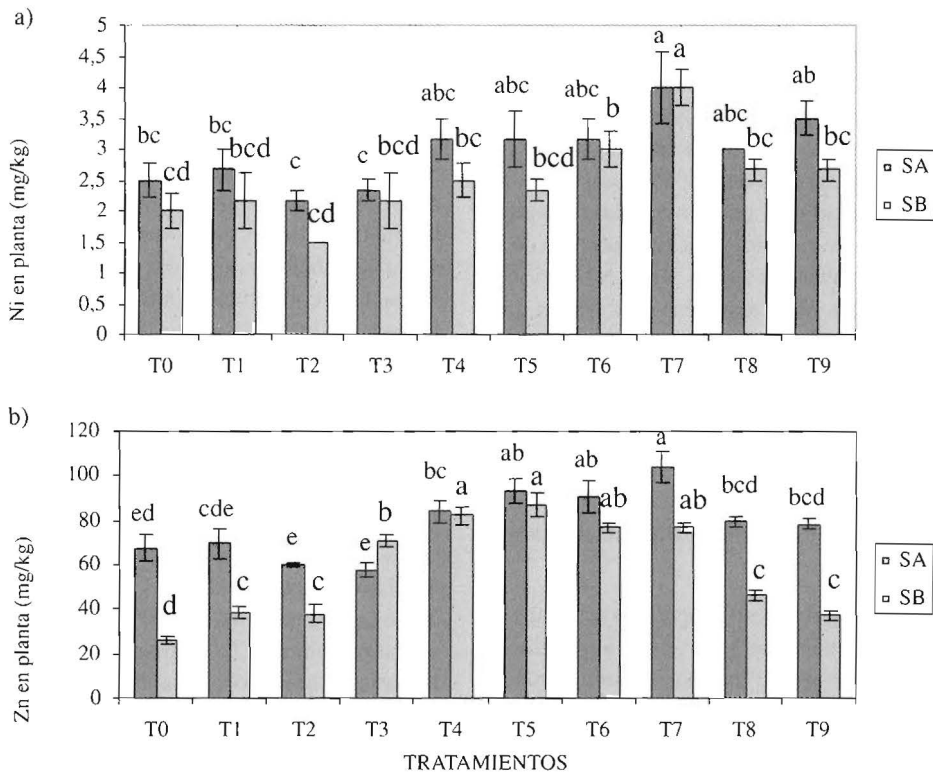


Figura 8. Concentración expresada en materia seca (s.m.s.) y error estándar de níquel y zinc en planta de cebada un mes después de la emergencia en macetas sometidas a diferentes aportes de lodo de depuradora urbana (T1 a T7) o fertilización mineral (T8 y T9) en los suelos SA y SB.

Figure 8. Nickel and zinc concentration of barley grown up on two soils with different rates of sewage sludge and mineral fertilization.

el cromo el elemento más limitante. No obstante, atendiendo a las previsiones de la UE a medio plazo las cantidades máximas anuales se reducirían a 6 t ha⁻¹ m.s. (32 t ha⁻¹ p.f.), pasando a ser el níquel el más limitante.

Por otra parte, se trata de un material comparativamente rico en nitrógeno y fósforo. Para estimar el suministro potencial de ambos nutrientes hemos adoptado la hipótesis del máximo esperado, si bien se trata de una aproximación donde algunos autores estiman que 1 tonelada de lodo m.s. suministra 15 kg N mientras que la mayoría lo cifran

en torno a 35 kg N, y variando el porcentaje disponible entre un 50 y 75% del total.

El suelo A sin haber recibido lodos presenta ya niveles de cobre excesivos, e incluso los de cromo y níquel estarían en el límite de su uso como receptor de lodos, lo cual puede ser atribuible al historial de cultivo del suelo sobre todo para el cobre. El suelo B sería apto para este propósito atendiendo a la normativa actual, pero no así si se reducen los límites admisibles, en cuyo caso cobre, níquel y zinc total pasarían a ser los metales totales limitantes.

Los aportes de lodo han afectado a importantes propiedades del suelo. Y además introducen un fuerte dinamismo en los mismos si tenemos presente que en un mes aumenta significativamente la acidez expresada en términos de una medida directa de la misma como es la cantidad y proporción del aluminio en el complejo de cambio, principal causante de la acidez de nuestros suelos. Transformaciones tan rápidas son también observadas por LÓPEZ-MOSQUERA *et al.* (2002). Además, también QUINTEIRO *et al.* (1998) en suelos de similar naturaleza advierten aumentos no mantenidos, e incluso descensos, en la materia orgánica total tras el aporte de lodos, atribuidos a la elevada tasa de mineralización, un aspecto que se constata igualmente en nuestro ensayo.

En cualquier caso, queremos resaltar ese aumento que tiene lugar en el aluminio de cambio que puede inducir, a medida que se libera en la disolución del suelo, la acidificación progresiva del medio y un potencial aumento de la disponibilidad de los metales pesados—incluso nativos—y el necesario control paralelo de estas propiedades al afrontar el manejo agronómico de los lodos. Hay que señalar que no es la acidez actual sino el valor de pH en KCl—índice de la acidez potencial—el que detecta con mayor sensibilidad y en los dos suelos estas modificaciones del complejo de cambio. LOVELAND (2001) considera extensamente la posibilidad de utilizar el valor de pH en CaCl_2 —similar en sus efectos al citado pH en KCl—en lugar del pH en H_2O para proteger aún más los suelos de los efectos de la acidificación.

Por otra parte, la capacidad de suministro de fósforo es evidente y mantenida en un suelo que presentaba niveles bajos de fósforo disponible. El fósforo suele escasear en nuestros suelos cultivados y, desde esta perspectiva, el efecto puede ser muy positivo, pero también el suministro excesivo se

contempla como un aspecto negativo del reciclaje de lodos residuales, si con ello se induce una eutrofización del medio.

Los controles que obligatoriamente se imponen a los suelos receptores de lodos consisten en la determinación periódica de los metales totales en el suelo. Unicamente se ha detectado la respuesta a los aportes de lodos en el cobre total, inicialmente creciente hasta un umbral a partir del cual decrece; y la única entre todos los metales pesados examinados, al igual que lo observado por QUINTEIRO *et al.* (1998). Unicamente podemos asociar esta aparente contradicción con la dinámica de la fracción orgánica según predomine con cada dosis el efecto sorción o desorción de los metales pesados. Respecto a la biodisponibilidad del mismo, deducida del cobre extraído con DTPA, se detecta un incremento de la biodisponibilidad con la dosis de lodos, observada igualmente por ALCÁÑIZ (2001), MARTÍNEZ *et al.* (2003) y MCGRATH (1999), si bien en suelos de naturaleza diferente a la de los nuestros.

El seguimiento de la fracción biodisponible resulta, por tanto, un buen índice para controlar la posible contaminación por cobre. Pero, el hecho de que en suelos de niveles originales ya elevados se incremente la disponibilidad del cobre al añadir lodos indica la necesidad de profundizar en el estudio de este elemento e idear fórmulas de control, dado que puede suponer una limitación importante al reciclaje de lodos.

Con independencia de los niveles de partida, la respuesta significativa a dosis de lodos superiores o iguales a 50 t ha^{-1} que se detecta en el níquel y zinc disponibles con DTPA, refleja que éste resulta ser un índice sensible; lo cual es especialmente importante en el caso del zinc, que en la fracción total no mostraba diferencia alguna entre los dos suelos. Se constata, por otra parte, para

este último elemento la superior tasa de transferencia desde la fracción total a la disponible, tal como recoge la bibliografía. Si bien, al contrario que para el cobre, los niveles alcanzados en esta fracción distan de los calificados de fitotóxicos y son similares a los de MARTÍNEZ *et al.* (2003) en suelos de niveles totales muy inferiores a los nuestros.

La eficacia del fósforo procedente de esta fuente se manifiesta también en el tejido vegetativo, al menos cuando éste es joven como en nuestro ensayo, tanto en un suelo con niveles de partida relativamente escasos como en uno con niveles elevados de fósforo disponible. A este nivel los aportes de 20 y 50 t ha⁻¹ son equiparables a las dosis de fertilizante mineral que, en una aproximación previa, habíamos considerado similares a estos dos tratamientos. También el lodo ha suministrado calcio a la planta, otro elemento hipotéticamente escaso para los cultivos en nuestros suelos, pero únicamente a partir de dosis de 50 t ha⁻¹.

La respuesta a dosis crecientes de lodo se detecta igualmente en el níquel acumulado en el tejido vegetativo, alcanzándose con 100 t ha⁻¹ concentraciones similares en ambos suelos, es decir, pesando más el efecto dosis que el de los niveles de partida. Por otra parte, las concentraciones son similares a las obtenidas por COGGER *et al.* (2001) y GASKIN *et al.* (2003) en gramíneas para forraje, quienes únicamente empiezan a observar respuesta después de tres años continuados de aportes; si bien ambos autores afirman que no son niveles a tener en cuenta por su fitotoxicidad.

La concentración de zinc en planta también responde positivamente a los aportes en diferente cuantía en los dos suelos, que ya inicialmente presentaban niveles disponibles significativamente diferentes. Sin embargo, a partir de dosis de 50 t ha⁻¹ el efecto de la dosis es mayor que el debido a las diferencias existentes entre ambos sue-

los, resultando, por tanto, un índice menos sensible de la transferencia desde el zinc biodisponible al bioacumulado. Por otra parte, las concentraciones sobrepasan ligeramente las obtenidas por COGGER *et al.* (2001) y por GASKIN *et al.* (2003) tras más de 3 años de aportes. No pudiendo afirmar que las concentraciones se acercan a límites de toxicidad, sí queremos recordar que el tejido analizado en nuestro caso es joven y podrían ascender los niveles en tejido adulto.

Conclusiones

El aporte de lodos puede inducir un incremento temporal del aluminio de cambio en suelos ya naturalmente ácidos, el cual no se detecta tanto en la acidez actual como en la acidez potencial con la determinación del pH en KCl. Esta propiedad debe ser controlada después de la incorporación de los mismos para evitar efectos negativos indirectos en la disponibilidad de metales pesados a corto plazo.

Los lodos suministran cantidades importantes de fósforo y ello se detecta tanto en el análisis del fósforo disponible en el suelo como en el de la planta testigo, en nuestro caso cebada. Esto es positivo en suelos deficientes en fósforo, pero debe ser controlado para evitar excesos cuando se repiten los aportes.

No es en la fracción total sino en la disponible donde se detectan las consecuencias de la aplicación de estos residuos. En concreto aumenta significativamente el cobre, níquel y zinc cuando se incorporan 50 t ha⁻¹ de lodo. Esta dosis también da lugar a una bioacumulación significativa en planta joven con independencia de los niveles en el suelo. Para un seguimiento adecuado, pare-

ce necesario controlar los metales pesados en ambos compartimentos: fracción disponible y planta testigo.

De manera preventiva, son más adecuados los límites más restrictivos que se propone aplicar la UE para suelos receptores, que permitiría incorporar en nuestro caso 30 t ha⁻¹ en lugar de las 100 t ha⁻¹ actuales.

Bibliografía

- ALCAÑIZ J.M., 2001. Utilización de fangos de estación depuradora en restauración de canteras. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Boixadera J., Teira M.R., eds. Universitat de Lleida. 355 pp.
- BOE (BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO), 1990. Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario. BOE num. 262, 1/11/1990.
- BOE, 2001. Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales 2001-2006. EDAR (PNLD)-(2001-2006). BOE num. 166, 12/07/2001.
- CHAPMANN H.D., PRATT P.F., 1981. Métodos de análisis de suelos, plantas y aguas. 3ª edición. Ed. Trillas.
- COGGER C.G., BARY A.I., FRANSEN S.C., SULLIVAN D.M., 2001. Seven years of biosolids versus inorganic nitrogen applications to tall fescue. J. Environ. Qual. 30: 2188-2194.
- DANES R., BOIXADERA J., 2001. Aspectos generales a considerar en la planificación y gestión de la aplicación de residuos orgánicos al suelo. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Boixadera J., Teira M.R., eds. Universitat de Lleida. 355 pp.
- Directiva 86/278/EEC sobre la protección del medio ambiente y en particular de los suelos en la utilización de los dos con fines agrícolas.
- EC (European Commission). DG. ENV. E3-2000. Waste management. Working document on Sludge. 3rd draft. 19 pp.
- EC (European Commission). JRC. EUR 19657 EN-2000. Proceedings on Workshop on problems around sludge. Ed. H. Langenkamp, L. Marmo. 152 pg.
- EC (European Commission). JRC. EUR 19.809 EN-2001. Workshop on harmonization of sampling and analysis methods for heavy metals, organic pollutants and pathogens in soil and sludge. Eds H. Langenkamp, L. Marmo. 74 pp.
- FELIPÓ ORIOL M.T., 2001. Los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como criterio en la aplicación de residuos orgánicos al suelo. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Boixadera J., Teira M.R., eds. Universitat de Lleida. 355 pp.
- GASKIN J.W., BROBST R.B., MILLER W.P., TOLLNER E.W., 2003. Long-term biosolids application effects on metal concentrations in soil and bermudagrass forage. J. Environ. Qual. 32: 146-152.
- KOURBOULEWSKY N., DUPOYET S., BONIN G., 2002. Environmental risks of applying sewage sludge compost to vineyards: carbon, heavy metals, nitrogen, and phosphorus accumulation. J. Environ. Qual. 31: 1522-1527.
- LIANG J., KARAMANOS R.E., 1993. DTPA-extractable Fe, Mn, Cu and Zn. En: Soil sampling and methods of analysis. Carter, M.R., Ed. Canada. 823 pp.
- LÓPEZ-MOSQUERA M.E., MOIRÓN C., SEOANE S., 2002. Changes in chemical properties of an acid soil after application of dairy sludge. Investigación Agraria, serie Producción y Protección Vegetales 17 (1): 77-86.
- LOVELAND P., 2001. Measurement of soil pH. En: EC. JRC. EUR 19.809 EN-2001.
- MARTÍNEZ F., CUEVAS G., CALVO R., WALTER I., 2003. Biowaste effects on soil and native plants in a semiarid ecosystem. J. Environ. Qual. 32: 472-479.
- MCGRATH S., 1999. Persistent organic pollutants and metals from sewage sludges: their effects on soil, plants and the food chain. En: EC. JRC. EUR 19.809 EN-2001.
- QUINTEIRO RODRÍGUEZ M.P., ANDRADE COUCE M.L., DE BLAS VARELA E., 1998. Efecto de la adición de un lodo residual sobre las propiedades del suelo: experiencia de campo. Edafología 5: 1-10.
- U.S. EPA. (US ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY) 1994. Method 3051. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 14 pp.

(Aceptado para publicación el 18 de febrero de 2004).

PREMIOS DE PRENSA AGRARIA 2003 DE LA ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL PARA EL DESARROLLO AGRARIO

La Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA) acordó en Asamblea General celebrada en mayo de 1983, instaurar un premio anual de Prensa Agraria, con el objetivo de hacer destacar aquel artículo de los publicados en ITEA que reúna las mejores características técnicas, científicas y de valor divulgativo, y que refleje a juicio del jurado, el espíritu fundacional de AIDA de hacer de transmisor de conocimientos hacia el profesional, técnico o empresario agrario.

El día 9 de abril de 1987, la Junta Directiva de AIDA aceptando la propuesta del Jurado del Premio ITEA 1986 instituyó dos premios; uno para los artículos publicados en la sección de Producción Animal y otro para aquellos que aparezcan en la sección de Producción Vegetal.

Los premios se registrarán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podrán concursar todos los artículos que versen sobre cualquier tema técnico-económico-agrario.
2. Los artículos que podrán acceder a los premios serán todos aquellos que se publiquen en ITEA en el año 2003. Consecuentemente, los originales deberán ser enviados de acuerdo con las normas de ITEA y aprobados por su Comité de Redacción.
3. El jurado estará constituido por las siguientes personas:
 - a) Presidente de AIDA, que presidirá el jurado.
 - b) Director de la revista ITEA, que actuará de Secretario.
 - c) Jefe del Servicio de Investigación Agroalimentaria de Zaragoza (Diputación General de Aragón).
 - d) Director del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.
 - e) Director de la Estación Experimental de Aula Dei.
4. Los premios serán anuales y con una dotación de 300 € cada uno.
5. Las deliberaciones del jurado serán secretas, y su fallo inapelable.
6. El fallo del jurado se dará a conocer en la revista ITEA, y la entrega del premio se realizará con motivo de la celebración de las Jornadas de Estudio de AIDA.



CENTRO INTERNACIONAL DE ALTOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS MEDITERRÁNEOS
INSTITUTO AGRONÓMICO MEDITERRÁNEO DE ZARAGOZA

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2003-04-05

CIHEAM

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
PRODUCCIÓN VEGETAL	PRODUCCIÓN INTEGRADA DE FRUTAS DE HUESO Y PEPITA EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	15-26 Sep. 03	Zaragoza	IAMZ/AECI
	*OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA	26 Sep. 03/ 25 Mayo 04	Córdoba	UCO/CAP-JA/ CSIC/COI/IAMZ
	NUEVAS OPCIONES PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN LOS SECANOS DEL ÁREA MEDITERRÁNEA	14-24 Oct. 03	Córdoba	IAMZ/IAS/AECI
	HERRAMIENTAS GENÓMICAS PARA EL ANÁLISIS Y LA MEJORA DE CARACTERES COMPLEJOS EN CULTIVOS AGRÍCOLAS	26-30 Ene. 04	Zaragoza	IAMZ
	MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS GENÓMICOS DE PLANTAS	2-6 Feb. 04	Zaragoza	IAMZ
	TECNOLOGÍAS POSTCOSECHA DE PRODUCTOS HORTÍCOLAS MEDITERRÁNEOS: CALIDAD Y SEGURIDAD	8-13 Mar. 04	Zaragoza	IAMZ
	*MEJORA GENÉTICA VEGETAL	4 Oct. 04/ 10 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ
	GESTIÓN DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA MEDITERRÁNEA: SEGUROS AGRARIOS	22-26 Nov. 04	Zaragoza	IAMZ/MAPA-ENESA/ OCDE/AECI
	USO DE LOS MARCADORES MOLECULARES EN MEJORA VEGETAL	17-28 Ene. 05	Cabrils	IAMZ/IRTA
PRODUCCIÓN ANIMAL	*PRODUCCIÓN ANIMAL	29 Sep. 03/4 Jun. 04	Zaragoza	IAMZ
	CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS ANIMALES	20-24 Oct. 03	Zaragoza	IAMZ/FAO
	PRODUCCIÓN CAPRINA	3-14 Nov. 03	Lorca-Murcia	IAMZ/CAAMA-RM
	PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE CAMPAÑAS DE SANEAMIENTO GANADERO	13-17 Sep. 04	Zaragoza	IAMZ/FAO/OIE
	TRAZABILIDAD DE PRODUCTOS CÁRNICOS: SISTEMAS Y TÉCNICAS	13-17 Dic. 04	Zaragoza	IAMZ
	VALORIZACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE OVINOS Y CAPRINOS EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA. TECNOLOGÍAS ACTUALES Y PERSPECTIVAS DE MERCADO	7-18 Feb. 05	Pamplona	IAMZ/ Univ. Pública de Navarra
	TÉCNICAS MOLECULARES EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL	4-8 Abr. 05	León	IAMZ/Univ. León
	PRODUCCIÓN ANIMAL Y GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	2-6 Mayo 05	Fonte Boa	IAMZ/EZN

(*) **Cursos de Especialización Postuniversitaria** del correspondiente Programa Master of Science (*marcados con asterisco en el listado). Se desarrollan cada dos años:

- | | |
|---|--|
| - MEJORA GENÉTICA VEGETAL: 04-05; 06-07; 08-09 | - MARKETING AGROALIMENTARIO: 03-04; 05-06; 07-08 |
| - OLIVICULTURA Y ELAIOTECNIA: 03-04; 05-06; 07-08 | - ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA: 04-05; 06-07; 08-09 |
| - PRODUCCIÓN ANIMAL: 03-04; 05-06; 07-08 | - ACUICULTURA: 04-05; 06-07; 08-09 |
| - PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE: 04-05; 06-07; 08-09 | |

Se destinan primordialmente a titulados superiores en vías de especialización postuniversitaria. No obstante se estructuran en ciclos independientes para facilitar la asistencia de profesionales interesados en aspectos parciales del programa. Los participantes que cumplan los requisitos académicos pueden optar a la realización del 2º año para la obtención del Título Master of Science. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora Genética Vegetal, Ordenación Rural en Función del Medio Ambiente y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2002. El plazo de inscripción para los cursos de Mejora genética vegetal, Planificación integrada para el desarrollo rural y la gestión del medio ambiente, Economía y gestión de la actividad pesquera y Acuicultura finaliza el 15 de Mayo 2004. El plazo de inscripción para el curso de Olivicultura y elaiotecnica finaliza el 15 de Abril 2005. El plazo de inscripción para los cursos de Producción animal y Marketing agroalimentario finaliza el 15 de Mayo 2005.

	CURSOS	FECHAS	LUGAR	ORGANIZACIÓN
MEDIO AMBIENTE	GESTIÓN DE EMBALSES: INTEGRACIÓN DE CRITERIOS AMBIENTALES Y DE USO	22-27 Sep. 03	Zaragoza	IAMZ
	TURISMO EN ÁREAS RURALES: ESTRATEGIAS Y PROMOCIÓN	15-20 Dic. 03	Zaragoza	IAMZ
	CRITERIOS PARA LA GESTIÓN MULTIFUNCIONAL DEL BOSQUE MEDITERRÁNEO	29 Mar./2 Abr. 04	Solsona	IAMZ/CTFC
	ESTRATEGIAS PARA PREVENIR Y MITIGAR LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	26-30 Abr. 04	Zaragoza	IAMZ/CARDA
	INGENIERÍA ECOLÓGICA APLICADA A LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL EN ZONAS MEDITERRÁNEAS	7-18 Jun. 04	Zaragoza	IAMZ
	PROGRAMAS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	27 Sep./1 Oct. 04	Zaragoza	IAMZ/MMA-DGCN/FAO/AECI
	*PLANIFICACIÓN INTEGRADA PARA EL DESARROLLO RURAL Y LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	4 Oct. 04/10 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ
	ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES	24 Ene./4 Feb. 05	Zaragoza	IAMZ
COMERCIALIZACIÓN	*MARKETING AGROALIMENTARIO	29 Sep. 03/4 Jun. 04	Zaragoza	IAMZ
	LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO Y SU IMPACTO EN EL COMERCIO INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO	18-22 Oct. 04	Zaragoza	IAMZ/OMC
	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN EL MARKETING AGROALIMENTARIO: NORMATIVAS, SISTEMAS Y REPERCUSIONES EMPRESARIALES	7-11 Mar. 05	Zaragoza	IAMZ
	TRAZABILIDAD Y ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS: RESPUESTA A LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y DE MERCADO	14-18 Mar. 05	Zaragoza	IAMZ
	MARKETING DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN FRESCO	11-22 Abr. 05	Zaragoza	IAMZ
	ESTRATEGIAS DE MARKETING EN EL MERCADO INTERNACIONAL DEL VINO	16-20 Mayo 05	Zaragoza	IAMZ
PESCA Y AGRICULTURA	SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN Y SU APLICACIÓN EN ACUICULTURA	12-16 Ene. 04	Sète	IAMZ/FAO/IFREMER
	COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DEL MAR: TENDENCIAS Y RETOS	16-20 Feb. 04	Zaragoza	IAMZ/FAO
	ACUICULTURA EN MAR ABIERTO	17-22 Mayo 04	Zaragoza	IAMZ/AECI
	*ECONOMÍA Y GESTIÓN DE LA ACTIVIDAD PESQUERA	27 Sep. 04/18 Mar. 05	Barcelona	Univ. Barcelona/SGPM-MAPA/FAO-COPEMED/IAMZ
	*ACUICULTURA	Oct. 04/Abr. 05	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC/ICCM/IAMZ
	DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE ENFERMEDADES DE PECES EN ACUICULTURA MARINA MEDITERRÁNEA	13-24 Sep. 04	Santiago de Compostela	IAMZ/Univ. Santiago de Compostela
	DISEÑO Y GESTIÓN DE CRIADEROS DE MOLUSCOS	14-18 Feb. 05	Zaragoza	IAMZ/FAO
	ESTABLECIMIENTO Y GESTIÓN DE RESERVAS MARINAS DE INTERÉS PESQUERO	7-11 Mar. 05	Palma de Mallorca	IAMZ/IEO
	USO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN PESCA Y ACUICULTURA	13-24 Jun. 05	Zaragoza	IAMZ/FAO

Los **cursos de corta duración** están orientados preferentemente a investigadores y profesionales relacionados en el desarrollo de sus funciones con la temática de los distintos cursos. El plazo de inscripción para los cursos de corta duración finaliza 90 días antes de la fecha de inicio del curso.

Becas. Los candidatos de países miembros del CIHEAM (Albania, Argelia, Egipto, España, Francia, Grecia, Italia, Líbano, Malta, Marruecos, Portugal, Túnez y Turquía) podrán solicitar becas que cubran los derechos de inscripción, así como becas que cubran los gastos de viaje y de estancia durante el curso. Los candidatos de otros países interesados en disponer de financiación deberán solicitarla directamente a otras instituciones nacionales o internacionales.

Información e inscripción. Los folletos informativos de cada curso se editan 6-8 meses antes de la fecha de inicio. Dichos folletos, así como los correspondientes formularios de inscripción pueden solicitarse a la dirección del IAMZ u obtenerse directamente de la página web:

Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza

Apartado 202 - 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)

Teléfono +34 976 716000 - Fax +34 976 716001 - e-mail iamz@iamz.ciheam.org

www.iamz.ciheam.org

* Si desea Ud. pertenecer a la Asociación, rellene la ficha de inscripción así como la carta para la domiciliación del pago de la cuota de asociado y envíelas a AIDA, Aptdo. 727. 50080 Zaragoza.

El abajo firmante solicita su inscripción como miembro de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario.

Apellidos Nombre

Dirección postal

Teléfono

Profesión..... Empresa de trabajo

Área en que desarrolla su actividad profesional

CUOTA ANUAL:

Firma.

☐ Sólo una Serie de ITEA $\left\{ \begin{array}{l} \text{P. Animal} \\ \text{P. Vegetal} \end{array} \right\} 27 \text{ €}$

☐ **Ambas Series 36 €**

FORMA DE PAGO:

☐ Cargo a cuenta corriente o libreta

☐ Cargo a tarjeta

 Cheque bancario

Tarjeta número:

MASTERCARD

Fecha de caducidad: /

SR. DIRECTOR DE

Muy Sr. mío:

Ruego a Vd. se sirva adeudar en la cuenta cte./libreta n.º
que matengo en esa oficina, el recibo anual que será presentado por la “Asociación
Interprofesional para el Desarrollo Agrario”.

Atentamente,

Firmado:

BANCO O CAJA DE AHORROS:

SUCURSAL:

DIRECCIÓN CALLE/PLAZA: N.º

CÓDIGO POSTAL:

POBLACIÓN:

INFORMACIÓN PARA AUTORES

Esta información puede encontrarse también en www.aida-itea.org

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.

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

RECOMENDACIONES EN LA PREPARACIÓN DE LOS ORIGINALES

La extensión máxima será de 25 folios de texto mecanografiado a doble espacio, cuadros y figuras incluidos. Los artículos que superen dicha extensión serán considerados sólo excepcionalmente.

Los artículos se remitirán a dos evaluadores anónimos expertos en el tema y el autor recibirá un informe del Comité de Redacción con las correcciones de dichos evaluadores. Una vez realizadas las correcciones, el autor enviará un sólo ejemplar mecanografiado y una copia en disquete, para agilizar el trabajo en imprenta. Si el Comité de Redacción considera que se han atendido las consideraciones del informe, enviará una carta de aceptación al remitente, y el artículo pasará de inmediato a imprenta.

Los autores recibirán un juego de las primeras pruebas de impresión que deberán ser revisadas y devueltas rápidamente a la Redacción. El retraso en el retorno de las pruebas determinará que el artículo sea publicado con las correcciones del Comité de Redacción.

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.

Se incluirá en primer lugar un resumen corto de 200-250 palabras y hasta seis palabras clave. Además, se añadirá un resumen en *inglés* de la misma extensión, sin olvidar el *título* traducido y las palabras clave (Keywords).

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, mapas, fotografías y diapositivas serán presentados en la mejor calidad posible.

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 *Referencias Bibliográficas*, 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⁾, capítulos de libro⁽³⁾ y comunicaciones a congresos⁽⁴⁾ se hará según los siguientes ejemplos:

- (1) HERRERO J., TABUENCA, M.C., 1966. Épocas de floración de variedades de hueso y pepita. An. Aula Dei, 8 (1), 154-167.
- (2) STELL, R.G.D., Y TORRIE, J.H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos (segunda edición) 622 pp. Ed. McGraw-Hill. México.
- (3) GAMBORG O.L., 1984. Plant cell cultures: nutrition and media, pp. 18-26. En: Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. 1, I.K. Vasil (Ed.), 825 pp. Ed. Academic Press, Orlando (EEUU).
- (4) ANGEL I., 1972. The use of fasciculate form (determinate habit) in the breeding of new Hungarian pepper varieties. Third Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum, 17-24, Universidad de Turín (Italia).

ITEA

Información Técnica Económica Agraria
Revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario
www.aida-itea.org

AÑO XXXV (2004), Vol. 100V N.º 1

ÍNDICE

	Página
L. RINCÓN, J. GARCÍA-BRUNTON, J. SÁEZ-. Absorción de macroelementos por el melocotonero	5
G. PARDO, F. VILLA, J. AIBAR, S. FERNÁNDEZ-CAVADA, C. ZARAGOZA-. Control mecánico de malas hierbas en cultivo de cebada	18
G. PARDO, J. AIBAR, P. CIRIA, M.V. CRISTÓBAL, A. DE BENITO, E. ESTALRICH, A. GARCÍA MARTÍN, G. GARCÍA MURIEDAS, C. LABRADOR, C. LACASTA, A. LAFARGA, J.A. LEZAÚN, R. MECO, F. VILLA, C. ZARAGOZA-. Influencia del tipo de fertilización y desherbado en una rotación de cereales en secano .	34
M.J. LEMA, P. RODRÍGUEZ, S. GONZÁLEZ-. Aplicación de lodos de depuradora en suelos ácidos. Disponibilidad y acumulación de metales pesados	51