ISSN: 1130-6017

ITEA

PRODUCCIÓN VEGETAL

Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario

Vol. 100V N.º 2



I T E A

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

2004 - AÑO XXXV Vol. 100V N.º 2	**DIRECCIÓN Y REDACCIÓN** Montañana, 176 - Apartado 727 50080 ZARAGOZA (ESPAÑA) Tel.: 34-976 576311 Fax.: 34-976 575501 E-mail: jmarin@eead.csic.es andreu@eead.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
Eduardo Notivol Paino

JUNTA DIRECTIVA DE A.I.D.A.

PRESIDENTE: Leonardo Plana Claver
VICEPRESIDENTES: 1.º Ángel Ruiz Mantecón
2.º Rafael Socias 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)

ITEA (2004), Vol. **100V N.° 2,** 75-85

INFLUENCIA DEL ESTADO DE MADUREZ, LAS CONDICIONES DE CULTIVO Y EL ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD PARA FRITO DE LA PATATA VARIEDAD AGRIA

A. Simón[1], M.ª L. Suso, A. Pardo, V. Tobar

Centro de Investigación y Desarrollo Agrario de la Rioja.
Ctra. Mendavia-Logroño, NA-134, 26071 Logroño, España

RESUMEN

Sobre un cultivo de patata variedad "Agria", realizado en la comarca de la Rioja Alta, se ha estudiado la influencia de la fertilización nitrogenada (287 y 120 kg/ha de N), la densidad de cultivo (32.000 y 40.000 plantas/ha) y el estado de madurez en la recolección (22 de agosto y 18 de septiembre), sobre la calidad para frito a lo largo de seis meses de almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento han sido: a 10 °C durante 90 días, seguido de un enfriamiento a 7°C durante 70 días y continuando con un reacondicionamiento a 14 °C durante 15 días.

Los parámetros para determinar la aptitud de la patata para frito han sido: la materia seca, los azúcares sacarosa y glucosa, y los defectos y color del frito.

El estado de maduración de las patatas recogidas el 22 de agosto (inmaduras) y el 18 de septiembre (maduras), solo ha dado lugar a un color ligeramente más oscuro en las patatas inmaduras.

El tratamiento de cultivo con una mayor densidad de plantación y un menor nivel de fertilización es el que ha dado el menor porcentaje de defectos y mejor color del frito frente a los otros tratamientos, a lo largo del almacenamiento. También ha presentado una menor concentración de glucosa.

El enfriamiento a 7 °C ha originado un incremento de azúcares junto con un elevado porcentaje de defectos y oscurecimiento del frito, que es rechazable en los cuatro tratamientos de cultivo.

El reacondicionamiento a 14 °C durante 15 días ha recuperado los niveles de azúcares y defectos anteriores al enfriamiento de las patatas.

Palabras clave: Densidad de cultivo, Fertilización nitrogenada, Estado de madurez, Azúcares, Materia seca, Color, Defectos del frito.

SUMMARY

INFLUENCE OF MATURITY, DIFFERENT GROWTH CONDITIONS, AND STORAGE, ON CHIP QUALITY OF "AGRIA" POTATO CULTIVAR

The influence of nitrogen rates (287 and 120 kg/ha), planting density (32.000 and 40.000 plants/ha) and maturity at harvest (22 august and 18 september), on chip quality of "Agria" potato cultivar grown in Rioja country, were studied during six months of

1. Autor para la correspondencia. E-mail:postcosecha.cida@larioja.org

storage. The storage conditions has been: 10 °C during 90 days, followed by cooling at 7 °C during 70 days and after by conditioning at 14 °C during 15 days.

The potatoes were analized for dry matter, sucrose, glucose, chip color and defects.

The date of harvest, only had significant effect on chip color that were lighter in more mature potatoes.

Growth treatment, with higher planting density and lower nitrogen rate, produced the best chip quality during storage.

Cooling at 7 °C gived a big increase of sugars with high percentage of chip defects and dark chip color.

Conditioning at 14°C during 15 days produced recovery of chip quality before cooling.

Key words: Planting density, Nitrogen rate, Maturity, Sugars, Dry matter, Chip color, Chip defects.

Introducción

En los últimos años, se ha observado en la comarca de la Rioja Alta, un descenso en la calidad para frito de la patata variedad "Agria", que es la más cultivada en esta región. La fritura de patatas de esta variedad presenta un elevado porcentaje de defectos que da lugar al rechazo de las partidas por parte de la industria transformadora.

El problema más estudiado en relación con la calidad de la patata frita es el del pardeamiento no enzimático, que se produce por la reacción de Maillard entre los azúcares reductores (glucosa y fructosa) y los aminoácidos, a la temperatura de la fritura (MÁRQUEZ y AÑON, 1986). El oscurecimiento puede afectar a los puntos del anillo vascular, al punto de inserción del tubérculo en la mata o a una buena parte de la superficie de la rodaja de patata.

El contenido de azúcares reductores, principalmente glucosa, es el que mejor correlaciona con el color de las patatas fritas y, en menor medida, también pueden influir compuestos como la sacarosa y el ácido ascórbico (RODRÍGUEZ SAONA *et al.* 1997, BLENKINSOP *et al.*, 2002).

La materia seca de la patata es también un parámetro importante porque determina el rendimiento y textura del frito y ha sido relacionada con el estado de madurez y el contenido en azúcares reductores de la patata (IRITANI y WELLER, 1980; SINHA *et al.*, 1992).

Las patatas tienen una composición y estado de madurez en el momento de la recolección que determinan la calidad del frito en el momento inicial y también pueden influir en el almacenamiento posterior. La obtención de una buena calidad de la patata, para una determinada variedad, es el resultado de la acción conjunta de todos los factores que influyen en el normal desarrollo del tubérculo, ya sean factores agroclimáticos, sobre los que es más difícil actuar, o factores de cultivo.

MURPHY y GOVEN (1967) estudiaron la influencia de factores anteriores a la recolección, climáticos (temperatura, humedad, tipo de suelo) y de cultivo (fertilización, fecha de plantación, etc.) sobre la calidad y el color de las patatas fritas para una determinada variedad en la región de Maine

(USA). Estos autores concluyen que la influencia de los factores de cultivo sobre el color de los fritos es pequeña comparada con las influencias medioambientales. IRITANI y WELLER (1980) afirman que todas las situaciones de estrés que se puedan dar durante el cultivo, pueden afectar al estado de maduración de los tubérculos y por tanto a la calidad del frito después de la recolección.

Se ha observado, por ejemplo, que el estrés hídrico durante el cultivo provoca una mayor acumulación de azúcares reductores en el almacenamiento posterior (IRITANI, 1981; ELDREDGE *et al.*, 1996), aunque este factor por sí solo no explica totalmente la pérdida de calidad del frito (ELDREDGE *et al.*, 1996).

En ensayos realizados en la zona de la Rioja Alta se ha observado que una fertilización nitrogenada elevada disminuye la materia seca y aumenta el porcentaje de calibres grandes, mientras que un nivel escaso de fertilizante da lugar a un aumento de los defectos del frito (SIMÓN *et al.*, 2002).

La densidad de plantación puede ser otro factor que debido a su influencia sobre el desarrollo del tubérculo pueda incidir también en la calidad del frito, aunque no se han encontrado referencias sobre este aspecto en relación con la calidad del frito.

Por otro lado, a lo largo del almacenamiento de larga duración, se puede producir un aumento de azúcares reductores, por hidrólisis de la sacarosa, que acompaña a la senescencia de los tubérculos (COPP *et al.*, 2000). El incremento de azúcares reductores se produce en mayor medida, cuando la temperatura de almacenamiento disminuye por debajo de determinados valores, del orden de 8 a 10 °C (WORK *et al.*, 1981; IRITANI y WELLER, 1980; COFFIN *et al.*, 1987).

Este comportamiento se ha relacionado con el grado de madurez de los tubérculos en el momento de la recolección. A las patatas inmaduras se les ha atribuído un mayor contenido en sacarosa que puede dar lugar a un mayor incremento de azúcares reductores en el almacenamiento (SOWOKINOS, 1978; IRITANI y WELLER, 1980).

El aumento de azúcares reductores se ha intentado resolver mediante el reacondicionamiento posterior de las patatas, manteniéndolas a temperaturas más elevadas (15-20 °C) durante un período de tiempo, con el fin de que se consuma el exceso de azúcares reductores (PRITCHARD y ADAM, 1992, 1994).

La composición de las patatas, así como su respuesta a las condiciones de cultivo y de almacenamiento, en relación con la calidad del frito, son distintas según las variedades (COFFIN *et al.*, 1987; SHINA *et al.*, 1992; PRITCHARD y ADAM, 1994). En tres variedades cultivadas en la Rioja ("Agria", "Hermes" y "Bolesta") se estudió la calidad del frito en las patatas recién recolectadas, siendo "Agria" la que presentó una mayor incidencia de defectos (SIMÓN *et al.*, 2002), y no obstante es una de las más cultivadas por su buena productividad.

El objetivo de este trabajo es estudiar, en la zona de la Rioja Alta, la influencia de la fertilización, densidad de plantación y estado de madurez de la patata variedad "Agria", sobre distintos parámetros relacionados con la calidad para frito, durante el almacenamiento postrecolección.

Material y métodos

Se ha trabajado con patata variedad "Agria" que se sembró el 12 de marzo del 2002, en una finca de la Rioja Alta, situada a 645 m de altitud, con un suelo franco-limoso de pH = 6,3.

En el diseño experimental se consideraron cuatro tratamientos que resultaron como combinación de dos niveles de fertilización: +F (habitual en la zona) y -F (recomendada con una cantidad más baja de nitrógeno, calculada de acuerdo con los análisis del suelo y los datos de extracción del cultivo) y dos densidades de plantación: -D (32.000 plantas/ha) y +D (40.000 plantas/ha).

La fertilización +F consistió en un abonado de fondo de 140-175-350 kg/ha NPK y un abonado de cobertera de 147-0-0 kg/ha NPK en la emergencia. La fertilización recomendada (-F) consistió en un abonado de fondo de 20-80-170 kg/ha y un abonado de cobertera en dos fases: 50-0-0 kg/ha NPK en la emergencia y otro tanto antes de la floración.

Los cuatro tratamientos: 1 (-D-F), 2 (+D-F), 3 (+D,+F), 4(-D +F) se establecieron sobre cuatro parcelas de 150 m x 13,5 m en que se dividió la finca.

Los tratamientos de riego y fitosanitarios se hicieron según las necesidades del cultivo.

La cosecha se realizó en dos fechas: el 22 de agosto (patatas inmaduras) y el 18 de septiembre (patatas maduras) tomando tres muestras al azar de cada tratamiento (3 repeticiones).

En cada fecha de recolección, se almacenaron las patatas embolsándolas en mallas de 10 kg por cada repetición y tratamiento y en número suficiente para realizar 6 controles a lo largo de 6 meses de almacenamiento.

La temperatura de la cámara se bajó progresivamente desde 20 a 10 °C durante 15 días y se mantuvo a esta temperatura y 90% de H.R. hasta los 90 días. A partir de esta fecha se bajó la temperatura de la cámara hasta 7 °C, manteniéndola así hasta los 160 días, con el fin de ver el efecto de este descenso sobre los azúcares y calidad del frito para los distintos tratamientos de cultivo. A continuación se sometieron las patatas a un reacondicionamiento elevando la temperatura progresivamente hasta 14 °C y manteniéndola así durante 15 días.

A los 15 días de almacenamiento se les aplicó el antigerminante clorprofam 1%.

Se realizaron controles en el día de la recolección y mensualmente durante el almacenamiento a 10 °C, después del enfriamiento a 7 °C y después del reacondicionamiento a 14 °C.

En cada control se analizaron la sacarosa, glucosa, materia seca y los defectos y color del frito.

La sacarosa y glucosa se analizaron sobre las rodajas longitudinales y centrales de tres patatas, mediante el método enzimático de Boehringer- Mannheim.

La materia seca se determinó sobre muestras trituradas pesando del orden de 10 g y secándolas en estufa de vacío a 50 °C hasta pesada constante.

El frito se elaboró sobre muestras de 30 tubérculos de los que se extrajeron 3 rebanadas longitudinales y centrales por tubérculo. Se tomaron 300 g de rebanadas y se frieron en aceite de palma a 177 °C durante 3 minutos. Sobre cada muestra de patatas fritas se determinaron los porcentajes en peso de defectos:

- Indeseables: son los que presentan más del 50% de la superficie de color oscuro.
- Internos: se refieren al color oscurecido en el interior de la patata sin llegar a ser indeseable o a la aparición del anillo vascular.
- Externos: son los que afectan al borde de la rodaja como el verdeo, el punto de inserción del tubérculo y otros.
- Totales: son los que resultan de la suma de todos los anteriores.

El color del frito se determinó, sobre las muestras de patatas fritas machacadas, mediante el parámetro L del sistema HunterLab, medido con el colorímetro Hunter mod. D-25 A.

Los resultados se han sometido al análisis de la varianza para los factores estado de madurez, tratamiento de cultivo y tiempo de almacenamiento con tres repeticiones, mediante el programa SYSTAT. La comparación de medias se ha hecho con el test de Tukey.

Resultados y discusión

Materia seca, sacarosa, glucosa y color

En materia seca solo hay diferencias significativas entre tratamientos de cultivo (cuadro 1). El tratamiento (+D+F) presentó un valor significativamente inferior respecto al tratamiento +D-F (cuadro 2). Esta pequeña diferencia puede atribuirse al hecho de que un mayor aporte de N puede dar lugar a una disminución de la materia seca, como se ha observado en otros ensayos (SIMÓN *et al.*, 2002). No obstante, entre los otros dos tratamientos, con menor densidad de plantación, no hubo diferencia significativa en materia seca, atribuible al nivel de fertilización. Por otro lado, los valores de materia seca obtenidos son inferiores al establecido como deseable por la industria, que es igual o superior al 20,25% (SIMÓN *et al.*, 2002), tanto en las patatas maduras como en las inmaduras entre las que no se dan diferencias significativas.

Los azúcares sacarosa y glucosa presentaron variaciones significativas a lo largo del almacenamiento (cuadro 1). La sacarosa dis-

Cuadro 1. Resultado del análisis de la varianza de los factores Estado de madurez, Tratamiento de cultivo y Tiempo de almacenamiento del ensayo de patata variedad "Agria" para cada uno de los parámetros considerados: MS = materia seca; Sac. = sacarosa; Gluc. = glucosa; Col. = color del frito; Indes. = defectos indeseables del frito; Inter. = defectos internos; Ext. = defectos externos; Tot. = defectos totales

Table 1. Results of variance analysis. Significance levels for the factors: maturity, cultivation and storage time, on the following parameters: MS=dry matter; Sac=sacarose; Gluc=glucose; Col= chip colour; Indes=undesirable chip defects; Inter=internal chip defects; Ext=external chip defects; Tot=total chip defects

Origen variación	MS	Sac.	Gluc.	Col.	Indes.	Inter.	Ext.	Tot.
Madurez	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
Cultivo	*	*	**	***	***	***	*	***
Tiempo almac.	ns	***	***	***	***	***	***	***
Mad. x Tiempo	ns	*	*	**	ns	ns	**	ns
Mad. x Cultivo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Nivel de significación:
(ns) = no significativo.
(*) = $P \leq 0,05$.
(**) = $P \leq 0,01$.
(***) = $P \leq 0,001$.

Cuadro 2. Valores medios de materia seca, sacarosa, glucosa y color del frito de las patatas variedad "Agria" para los cuatro tratamientos de cultivo

Table 2 Means values of dry matter, sacarose, glucose and chip colour of potatoes cultivar "Agria" for four cultivation conditions

Tratamiento de cultivo (1)	Materia seca %	Sacarosa %	Glucosa %	Color frito L
-D -F	19,4ab	0,145a	0,023ab	58,4ab
+D -F	19,8a	0,137ab	0,018b	59,4a
+D +F	18,7b	0,128b	0,021b	58,2b
-D +F	19,2ab	0,148a	0,029a	56,3c

(1) -D = 32.000 plantas/ha; +D = 40.000 plantas/ha; -F = 120-80-170 kg/ha NPK; +F = 287-175-350 kg/ha NPK.

Los valores seguidos de distinta letra son significativamente diferentes para $P \leq 0,05$.

minuyó en los dos primeros meses de almacenamiento a 10 °C. Posteriormente sufrió un incremento hasta los niveles iniciales cuyo máximo está en torno a los 150 días, coincidiendo con el enfriamiento a 7 °C. Finalmente se produjo una disminución de sacarosa a niveles por debajo de los iniciales después del proceso de reacondicionamiento a 14 °C (figura 1). La glucosa, por su parte, se mantuvo en bajos niveles (entre 0,01 y 0,02%) en los tres primeros meses de almacenamiento a 10 °C. Después se produjo un importante incremento hasta 0,04-0,05% debido al enfriamiento a 7 °C y finalmente tuvo lugar un descenso hasta niveles iniciales por efecto del reacondicionamiento a 14 °C (figura 1).

Aunque el efecto simple del estado de madurez no resultó significativo, existe una interacción entre el estado de madurez y el tiempo de almacenamiento para estos dos parámetros (cuadro 1). En los gráficos de la figura 1, se observa que en los dos primeros meses de almacenamiento, los valores de sacarosa y glucosa son inferiores en las patatas maduras frente a las inmaduras, pero estas diferencias no se mantienen e incluso cambian de sentido en días posteriores, lo que podría explicar esta interacción. Algunos autores han atribuído un mayor contenido en sacarosa a las patatas inmaduras y debido a ello un peor comportamiento en el almacenamiento en cuanto a calidad del frito (SOWOKINOS, 1978; IRITANI y WELLER, 1980). En nuestro caso, estas pequeñas diferencias observadas en los primeros meses de almacenamiento no han repercutido significativamente sobre la calidad del frito expresada por los defectos, aunque si puede tener relación con el color del frito como veremos más adelante.

Los valores medios de estos azúcares, para cada tratamiento (cuadro 2) indican que la sacarosa es un poco más elevada en los tratamientos con menor densidad de plantación (-D-F y -D+F) frente a los otros dos, y que el nivel de glucosa es menor en los tratamientos con mayor densidad de plantación, sobre todo el tratamiento +D-F. Algunos autores han sugerido que niveles de 0,10-0,28% de sacarosa y 0,035% o menos de glucosa son apropiados para patatas destinadas a freir (SOWOKINOS y PRESTON, 1988). Los valores obtenidos en este trabajo, en el momento de la recolección y durante el almacenamiento de los primeros meses a 10 °C se encuentran dentro de esos rangos.

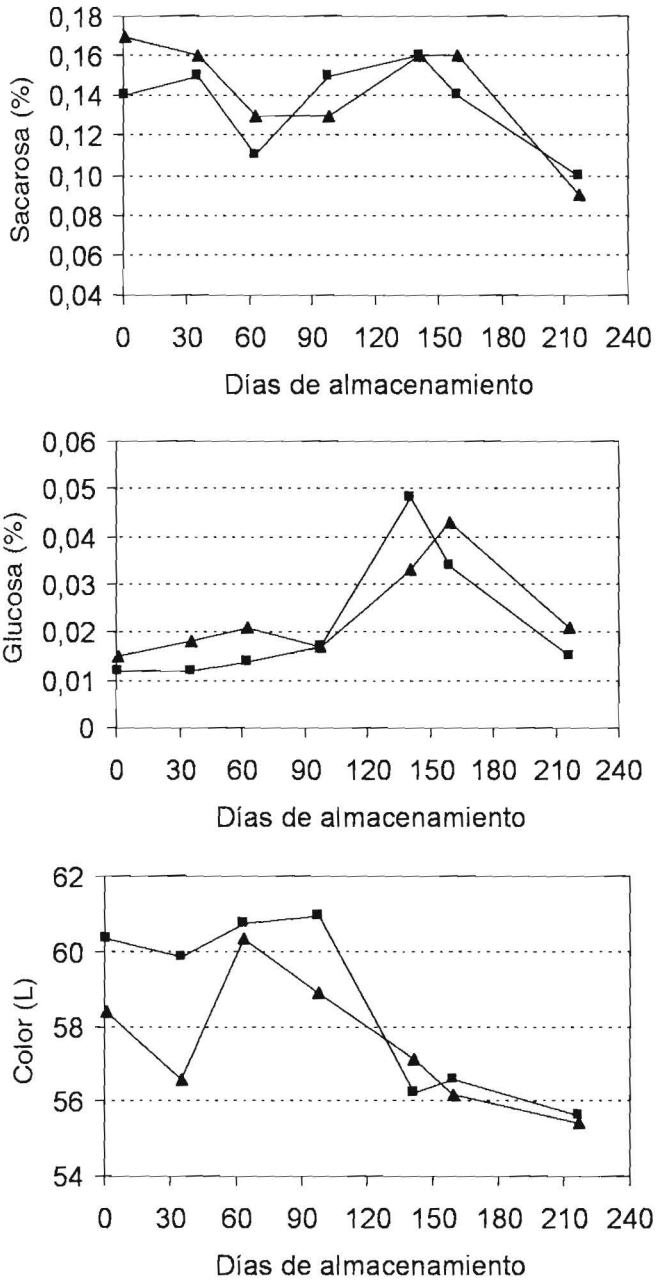


Figura 1. Sacarosa, glucosa y color del frito en patata variedad "Agria", a lo largo del almacenamiento. ▲ Inmaduras: recolección el 22 de agosto; ■ Maduras: recolección el 8 de septiembre. Inicio enfriamiento a 7 °C: 90 días; Inicio de acondicionamiento a 14 °C: 160 días.

Figure 1. Sacarose, glucose and chip colour of potatoes cultivar "Agria" during storage. ▲ Unripe: time of harvest 22 august; ■ Ripe: time of harvest 18 septembre.

El color del frito varió significativamente con el grado de madurez y con el tiempo de almacenamiento y además es significativa la interacción entre estos dos factores (cuadro 1). Esto se puede explicar porque las patatas inmaduras presentaron un color del frito algo más oscuro que las maduras (L inferior) en los primeros meses de almacenamiento a 10 °C, mientras que, después del enfriamiento a 7 °C no se vieron diferencias claras entre maduras e inmaduras (figura 1). En los primeros meses de almacenamiento a 10 °C, puede ocurrir que el mayor nivel de glucosa que se observó en las patatas inmaduras sea la causa de su color más oscurecido. Después del enfriamiento a 7 °C se produce un descenso del valor de L (aumenta el oscurecimiento) que coincide con el incremento de azúcares especialmente de la glucosa. Después del reacondicionamiento a 14 °C no se recupera el color más claro, contrariamente a lo que sería de esperar ante la bajada en el nivel de azúcares que ya hemos visto (figura 1).

Los tratamientos de cultivo también influyen significativamente sobre el color del frito (cuadro 1). El tratamiento con menor densidad de plantación y mayor fertilización (-D+F) dio el menor valor de L a la vez que, como hemos visto presentó el mayor contenido de glucosa, mientras que el tratamiento con mayor densidad de plantación y menor fertilización (+D-F) dio el mayor valor de L y el menor porcentaje de glucosa (cuadro 2).

Se ha observado que en algunos casos, el menor nivel de glucosa se acompaña de un mayor valor de L coincidiendo con la idea de que el contenido en azúcares reductores es el que mejor correlaciona con el color de las patatas fritas, pero el hecho de que después del reacondicionamiento a 14 °C, no se recupere el color a pesar de la bajada de glucosa, puede indicar que existen otros factores determinantes del color además de la glucosa (RODRÍGUEZ SAONA *et al.*, 1997; BLENKINSOP *et al.*, 2002).

El color del frito considerado aceptable por la industria corresponde a valores de L igual o superiores a 60, que en este trabajo se alcanzan en las patatas maduras almacenadas a 10 °C y dentro de estas en las del tratamiento +D-F.

Defectos del frito

Los defectos del frito (indeseables, internos y totales) presentan diferencias significativas durante el almacenamiento y entre los tratamientos de cultivo (cuadro 1). Durante el almacenamiento, lo más destacado es el incremento de indeseables, internos y totales con el enfriamiento a 7 °C (figura 2), lo que va acompañado con la elevación de glucosa y el oscurecimiento del color (figura 1). Así mismo se produjo un descenso de indeseables hasta los niveles iniciales y también un descenso bastante notable de internos y totales, después del reacondicionamiento a 14 °C (figura 2) coincidiendo con el descenso de azúcares (figura 1). Hay que señalar que en el reacondicionamiento se produjo un inicio de germinación de las patatas como efecto negativo.

Por otro lado se observa en la figura 2 que el tratamiento con mayor densidad de plantación y menor fertilización (+D-F) presentó los valores mas bajos de estos tres tipos de defectos, con 5% o menos de indeseables, alrededor del 10% de internos y el 20% de totales, entre los 0 y 140 días de almacenamiento. Estos valores están en el límite de lo admitido por la industria. Los niveles de defectos alcanzados en este tratamiento, después del enfriamiento, son inaceptables aunque se mantienen por debajo de los otros tratamientos.

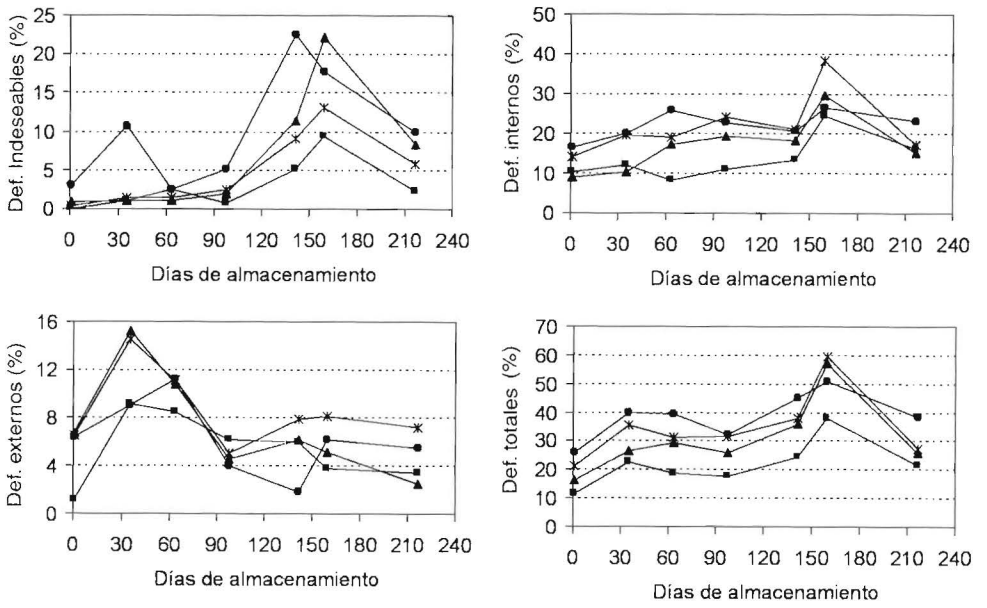


Figura 2. Defectos del frito de la patata variedad "Agria" a lo largo del almacenamiento, para los cuatro tratamientos de cultivo: ✱ -D-F; ■ +D-F; ▲ +D+F; ● -D+F. (-D = 32.000 plantas/ha; +D = 40.000 plantas/ha; -F = 120-80-170 kg/ha NPK; +F = 287-175-350 kg/ha NPK). Inicio enfriamiento a 7 ºC: 90 días; Inicio acondicionamiento a 14 ºC: 160 días.

Figure 2. Chip defects of potatoes cultivar "Agria" during storage, for four cultivation conditions: ✱ -D-F; ■ +D-F; ▲ +D+F; ● -D+F. (-D= 32.000 plants/ha; +D= 40.000 plants/ha; -F= 120-80-170 kg/ha NPK; +F= 287-175-350 kg/ha NPK).

En el primer mes de almacenamiento se observó un aumento considerable de defectos externos en las patatas inmaduras (figura 3) lo que explica la interacción significativa entre estado de madurez y tiempo de almacenamiento (cuadro 1). Tal vez en este primer mes, las patatas inmaduras, que tienen la piel menos suberizada y más expuesta a daños mecánicos, se hayan visto más afectadas por los defectos externos. En los meses posteriores, tanto las patatas maduras como las inmaduras, presentan niveles de defectos externos entre 4 y 8% que se consideran admisibles.

El tratamiento de cultivo con una densidad de plantación más alta y el nivel de fertilización más bajo (+D-F), dentro de los considerados en este trabajo, ha dado lugar a patatas con unas mejores características para frito, desde el momento de la recolección y a lo largo de todo el almacenamiento. Estas condiciones de cultivo han podido favorecer el desarrollo equilibrado de los tubérculos frente a otras condiciones con un nivel de fertilización más elevado y/o menor densidad de plantación. Con este tratamiento, el nivel de defectos totales en el momento de la recolección ha sido del 10% frente al 25% en el tratamiento (-D+F) y en el almacenamiento a 10 ºC ha sido del 20% frente al 40% en el tratamiento (-D+F) (figura 2). Estos valores se han obtenido en una variedad que tiende a dar un porcentaje de defectos mayor que el de otras varieda-

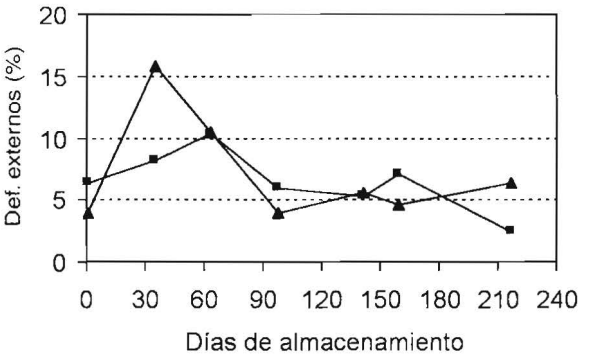


Figura 3. Defectos externos en patatas variedad "Agria" a lo largo del almacenamiento. ▲ Inmaduras: recolección el 22 de agosto; ■ Maduras:recolección el 18 de septiembre.

Figure 3. External chip defects of potatoes cultivar "Agria" during storage. ▲ Unripe: time of harvest 22 august; ■ Ripe: time of harvest 18 septembre.

des tales como la Hermes que en el momento de la recolección presentó un 7% de defectos totales (SIMÓN *et al.*, 2002). La mayor incidencia de defectos, sobre todo internos, en la variedad "Agria", no es totalmente explicable por el contenido en glucosa que se puede considerar normal.

Conclusiones

El estado de madurez de las patatas, determinado por las dos fechas de recogida, ha mostrado poca influencia sobre la calidad de las patatas fritas. Solo ha resultado significativo el color, ligeramente más claro en las patatas maduras que en las inmaduras.

El tratamiento de cultivo con una menor fertilización nitrogenada y una mayor densidad de plantación, ensayado en este trabajo, ha dado patatas con mejor aptitud para el frito (menos glucosa, menos defectos y color mas claro del frito).

Las temperatura óptima de almacenamiento de la patata variedad "Agria" está entre 9 y 10 °C. A 7 °C, se produce un importante incremento de defectos en el frito, atribuíble al aumento de glucosa.

El reacondicionamiento de las patatas, después de haber sufrido un incremento de glucosa, manteniéndolas a 14 °C durante 15 días, ha sido efectivo en la disminución de azúcares y defectos del frito.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Comunidad Autónoma de la Rioja, a quien los autores expresan su agradecimiento.

Bibliografía

BLENKINSOP R.W., COPP L.J., YADA R.Y., MARANGONI A.G., 2002. Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-temperature storage and their relationship to chip processing quality. J. Agric. Food Chem. 50, 4545-4553.

COFFIN R.H., YADA R.Y., GRODZINSKI P.B., STANLEY D.W., 1987. Effect of low temperature storage on

sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. J. Food Sci. 52 (3), 639-645.

COPP L.J., BLENKINSOP R.W., YADA R.Y., MARANGONI A.G., 2000. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. Amer. J. of Potato Res. 77, 279-287.

ELDREDGE E.P., HOLMES Z.A., MOSLEY A.R., SHOCK C.C., STIEBER T.D., 1996. Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar and fry color. Amer. Potato J. 73, 517-530.

IRITANI W.M., WELLER L.D. 1980. Sugar development in potatoes. Extension Bulletin 0717. Cooperative Extension. College of Agriculture Washington State University. Pullman, Washington.

IRITANI W.M., 1981. Growth and preharvest stress and processing quality of potatoes. Amer. Potato J. 58, 71-80.

MÁRQUEZ G., AÑÓN M.C., 1986. Influence of reducing sugars and aminoacids in the color development of fried potatoes. J. of Food Sci., 51 (1), 157-160.

MURPHY H.J., GOVEN M.J., 1967. Factors affecting chip color of the white potato in Maine. Bulletin 651. Maine Agricultural Experiment Station. University of Maine.

PRITCHARD M.K., ADAM L.R., 1992. Preconditioning and storage of chemically immature Russet Burbank and Shepody potatoes. Amer. Potato J. 69, 805-815.

PRITCHARD M.K., ADAM L.R., 1994. Relationships between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. Amer. Potato J. 71, 59-68.

RODRIGUEZ-SAONA L.E., WROLSTAD R.E., PEREIRA C., 1997. Modeling the contribution of sugars, ascorbic acid, chlorogenic acid and aminoacids to non-enzymatic browning of potato chips. J. Food Sci. 62 (5), 1001-1005.

SIMON A., SUSO M.L., PARDO A., GARCIA A., 2002. La calidad de la patata para frito. Cuaderno de Campo. Gobierno de la Rioja. Nº 22, 32-35.

SINHA N.K., CASH J.N., CHASE R.W., 1992. Differences in sugars, chip color, specific gravity and yield of selected potato cultivars grown in Michigan. Amer. Potato J. 69, 385-389.

SOWOKINOS J.R., 1978. Relationship of harvest sucrose content to processing maturity and storage life of potatoes. Amer. Potato J. 55, 333-344.

SOWOKINOS J.R., PRESTON D.A., 1988. Maintenance of potato processing quality by chemical maturity monitoring. Station Bulletin 386. Minnesota Agricultural Experiment Station.

WORK T.M., KEZIS A.S., TRUE R.H., 1981. Factors determining potato chipping quality. Technical Bulletin 103. Life Sciences and Agriculture Experiment Station. University of Maine at Orono.

(Aceptado para publicación el 24 de febrero de 2004).

ITEA (2004), Vol. **100V N.° 2,** 86-96

ESTUDIO ECONÓMICO DE DISTINTOS SISTEMAS AGRÍCOLAS PARA CULTIVO DE CEREALES EN SECANO SEMIÁRIDO

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

* CITA. Dept. de Ciencia, Tecnología y Universidad, Gobierno de Aragón, Aptd. 707, 50080 Zaragoza, España

** Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Univ. de Zaragoza, España

*** Depto. de Agricultura, Gobierno de Aragón

RESUMEN

Se han estudiado los costes e ingresos del cultivo de cebada durante 1997, 1998, 2001 y 2002 y trigo duro en 1999, 2000 y 2003, en una rotación (barbecho-cebada-veza-trigo duro) de secano semiárido, para tres sistemas de cultivo denominados 'de mínimos insumos' (con alzado, cultivador, siembra y cosecha), 'convencional' (incluyendo abonado químico y tratamiento herbicida) y 'ecológico' (incluyendo abono orgánico y escarda mecánica). El sistema 'de mínimos' fue el que mayores beneficios económicos proporcionó (271%), seguido muy de cerca por el sistema 'ecológico' (266%), resultando peor opción el 'convencional' (100%). En el hipotético caso de vender la cosecha del sistema 'de mínimos' a un precio superior en el mercado ecológico, este sistema obtiene todavía mayores márgenes (496%), y por el contrario, en ausencia de mercado ecológico, el sistema 'ecológico' obtendría resultados parecidos (103%) al 'convencional' (100%).

Palabras clave: Mínimos insumos, Agricultura ecológica, Rotación de cultivos.

SUMMARY

ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT SYSTEMS OF CEREAL CROPPING UNDER SEMI-ARID CONDITIONS

Costs and incomes of barley crop have been studied during 1997, 1998, 2001 and 2002 and durum wheat in 1999, 2000 and 2003, in a rotation (fallow-barley-vetch-durum wheat) in a semi-arid rainfed field, for three cropping systems, such as 'minimum input' system (with mouldboard ploughing, cultivator preparation, sowing and harvest), 'conventional' system (including chemical fertilizer and herbicide treatments) and 'organic' system (including organic fertilization and mechanical weed control). Results show that 'minimum input' system yielded high economic benefits (271%), followed by the 'organic' system (266%), and the worse option was the 'conventional' system (100%). In the case of selling the harvest of 'minimum input' system to a higher price in an organic market, this system obtains greater margins (496%), and on the other hand, in absence of an organic price, the 'organic' system obtained similar results (103%) to the 'conventional' system (100%).

Key words: Minimum input, Organic agriculture, Crop rotation.

Introducción

La producción de cereales en secanos semiáridos de España está muy limitada por las frecuentes condiciones de sequía y los rendimientos, normalmente bajos (2.000-3.000 kg/ha), dependen más de la cuantía y distribución de las precipitaciones que de los insumos agrícolas (LÓPEZ-BELLIDO *et al.*, 1996). Por esto, en los últimos años, los agricultores han limitado significativamente el uso de abonos químicos y herbicidas en zonas cerealistas semiáridas, tratando de reducir costes para mantener escasos beneficios económicos, logrados en gran medida, gracias a las ayudas comunitarias. Como ejemplos de esta reducción del uso de agroquímicos, se puede decir que en la provincia de Ciudad Real, en el cereal de secano, sólo se aplican herbicidas en un 13% de la superficie sembrada (RODRÍGUEZ PÉREZ y DÍAZ-SALAZAR, 2002), o que en Aragón sólo se aplican 30 U.F. de N/ha, como media, en cultivo de trigo duro en secano (MAPA, 2000).

Por lo tanto, las técnicas agrarias que habitualmente se aplican en estas áreas se adecuarían con relativa facilidad a las normativas que regulan sistemas productivos alternativos, como los ecológicos, siendo el objetivo incrementar el margen bruto de las explotaciones al obtener cosechas de mayor calidad por las que se paga un mayor precio, a la vez que se logran beneficios medioambientales. Sin embargo, también es razonable pensar que se producirá un descenso de los rendimientos al dejar de aplicar métodos químicos de fertilización y desherbado, o bien, al sustituirlos por aquellos aceptados en las normas ecológicas. Se trataría de estudiar si este hipotético descenso de cosecha es compensado por el mayor precio de venta de ésta. Por ello, en este trabajo se han comparado distintos sistemas agrícolas, convencionales y ecológicos, desde un punto de vista productivo y económico, tomando como base los resultados de un ensayo, en secano semiárido, iniciado en 1997 y desarrollado hasta 2003.

Material y métodos

El ensayo se realizó durante los años 1997-2003 en un campo localizado en Sádaba, Zaragoza (lat. 42°17' N, long. 2°25' W) partiendo de niveles altos de materia orgánica y fertilidad en general, no habituales en zonas semiáridas. Se inició una rotación (barbecho-cebada-veza-trigo duro) en dos parcelas contiguas, de tal forma que en una había cereal (cebada o trigo) y la otra permanecía en barbecho o con veza para enterrar (cuadro 1). Las variedades de cereal fueron los siguientes: en 97 y 98 se utilizó la cebada 'Camelot', 'Graphit' en 2001, 'Hispanic' en 2002, el trigo duro en 1999, 2000 y 2003 fue de la variedad 'Anton'.

Cuadro 1. Alternativa de cultivos desarrollados en los ensayos
Table 1. Crop rotation carried on the trials

	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Unidad 1	Cebada-	Veza-	Trigo duro-	Barbecho-	Cebada-	Veza-	Trigo duro
Unidad 2	Barbecho-	Cebada-	Veza-	Trigo duro-	Barbecho-	Cebada-	Veza

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 variedad 'Senda' para su enterrado en verde, con el fin de suministrar mayor cantidad de nitrógeno y materia orgánica al suelo. Además de la veza, se incorporó al suelo el rastrojo y la paja del cereal tras finalizar la campaña. Cada año, la parcela donde se sembró cereal se dividió en parcelas elementales de 90 m^2 según un diseño en 'split-plot', con dos factores, fertilización y escarda y tres niveles en cada factor:

a) *Factor principal (fertilización):* **F1:** testigo sin fertilizar, **F2:** fertilización orgánica: 2500 kg/ha compost (humedad: 33,3%, M.O.:57,4%, C:27,8%, N:2,9%, P_2O_5:1,4%, K_2O:5,1% y Na:0,89%). El origen del compost y su elaboración fue el mismo en todos los años, **F3:** fertilización química (100-60-60 U.F./ha de N, P, K de 1997 a 2000 y 70-60-60 de 2001 a 2003) el N fraccionado en fondo y cobertera.

b) *Factor secundario (escarda):* **E1:** testigo sin escarda, **E2:** escarda mecánica, con un único pase de grada de varillas flexibles, marca Hatzenbichler (St. Andrä, Austria), en el sentido de las líneas de siembra durante el ahijamiento del 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.

En parcelas desherbadas químicamente se aplicó clortoluron 43%+terbutrina 7% (3 l/ha de Clortan de Alcotán) en los años 1999, 1999 y 2000, clortoluron 53% + terbutrina 10,75% + triasulfuron 0,25% (1,5 kg/ha de Tricuran de Syngenta) en 1998 y 2002, diclofop 36% (2,5 l/ha de Iloxan de Bayer) + diflufenican 2,5% + MCPA 25% (2 l/ha de Yard, Bayer) en 2001 y tralkoxidim 25% (Splendor de Syngenta, 1,5 l/ha) + ioxinil 12% + mecoprop 36% (Certrol H de Nufarm, 2 kg/ha) + aceite parafínico 60% (Canplus de Syngenta, 0,75 l/ha) en 2003.

La densidad de las malas hierbas en los testigos fue variable, pero en general, baja (75±71 plantas anuales/m^2) estando constituida por especies típicas de los cereales de invierno (*Lolium rigidum, Polygonum aviculare, Anacyclus clavatus, Papaver rhoeas, Fumaria officinalis, Verónica hederifolia*). La pluviometría media de los siete años fue de 233±81 mm de siembra a cosecha.

Se compararon los resultados económicos de la rotación ensayada en cada año para tres sistemas productivos definidos por la combinación de las labores de fertilización y desherbado estudiadas, en base a los costes e ingresos que cada sistema genera.

Los tres sistemas productivos se denominaron:

- Sistema 'de mínimos': sin labores de fertilización ni de escarda (F1 y E1).
- Sistema 'ecológico': fertilización orgánica y desherbado mecánico (F2 y E2).
- Sistema 'convencional': con abonado químico y escarda química (F3 y E3).

Costes: estimación de los costes (por ha) de las labores efectuadas y materias primas utilizadas a lo largo de los siete años de la rotación según el sistema productivo analizado. Para valorar económicamente cada operación, se tuvo en cuenta el coste del operario, máquina, apero, materia prima (si se aplicó) y tiempo de ejecución necesario para cada labor.

Ingresos: dependieron de las producciones obtenidas, del precio de venta del producto, y de las ayudas que cada sistema productivo percibiera según cultivo y año agrícola.

Resultados y discusión

Se muestran resultados económicos para los tres sistemas productivos ensayados. Además se han realizado los cálculos para dos supuestos adicionales:

1.° Considerar el sistema 'de mínimos' también como 'ecológico' (Min(Ecol)) ya que se cumpliría con la normativa sobre este tipo de agricultura en lo referente a 'mantener la fertilidad del suelo' mediante la rotación con la leguminosa y el enterrado de los restos de cosecha (LACASTA y MECO, 2000). Esto implicaría recibir las ayudas a la producción ecológica y vender el grano en el mercado ecológico.

2.° Que no se encuentre mercado ecológico para el producto obtenido en el sistema 'ecológico' y el grano se venda en el mercado convencional (Ecol(Con)).

Cálculo de costes

Se han calculado los costes de las labores (cuadro 2): operario, tractor o cosechadora, apero, materia prima y tiempo de ejecución (ARNAL, 1990; HERNANZ *et al.*, 1992; GIL MARTÍNEZ *et al.*, 1994) realizadas en cada sistema y se agruparon de la siguiente manera:

• *Labores comunes a todos los sistemas productivos:* De la 1ª a la 5ª, hay que añadir las labores efectuadas en la unidad de cultivo adyacente:

a) en caso de barbecho: la labor n° 6

b) en caso de cultivo de veza: de la 7ª a la 10ª

Cuadro 2. Costes calculados (€/ha) de las distintas labores efectuadas en el ensayo según año

Table 2. Cost (€/ha) of different agricultural labours performed on the trial and year

Descripción labor	Año						
	96-97	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03
1ª Pase con cultivador	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
2ª Preparación de siembra cereal	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
3ª Siembra cereal	60,37	63,61	69,24	70,77	68,03	69,90	76,34
4ª Cosecha, picado de paja y almacenaje	33,32	34,46	35,97	37,77	38,64	39,95	41,46
5ª Incorporación del rastrojo	24,64	26,14	28,25	29,78	31,07	32,64	34,57
6ª Laboreo del barbecho trisurco	51,69	-	-	61,96	64,55	-	-
7ª Preparación de siembra veza	-	26,14	28,25	-	-	32,64	34,57
8ª Siembra de la veza	-	56,10	58,90	-	-	66,90	71,84
9ª Picado de la veza	-	13,73	14,42	-	-	16,92	17,89
10ª Incorporación de la veza trisurco	-	54,69	58,90	-	-	68,29	72,15
11ª Fertilización orgánica	190,82	193,08	196,23	198,53	200,92	204,18	207,08
12ª Desherbado mecánico	10,10	10,72	11,58	12,21	12,74	13,38	14,05
13ª Abonado de fondo	78,61	80,08	82,58	83,20	83,84	84,63	85,44
14ª Abonado de cobertera	30,59	42,82	43,63	44,25	29,99	30,78	31,59
15ª Aplicación de herbicida	25,54	23,29	32,45	33,22	61,06	46,98	55,30

Son labores efectuadas en el llamado sistema 'de mínimos'.

• *Labores específicas a añadir en el sistema 'ecológico':* 11ª y 12ª

• *Labores específicas a añadir en el sistema 'convencional':* 13ª, 14ª y 15ª.

Por lo que los costes en cada año y sistema para la superficie tipo de 2 ha fueron los siguientes (figura 1):

Lógicamente los costes fueron menores en el sistema de mínimos al no hacer labores de fertilización ni escarda en la hoja correspondiente al cereal. Fueron mayores en el sistema 'ecológico' frente al convencional, por el alto coste del compost (0,06 €/kg) y su distribución, algo más caro que la aplicación del abonado químico (figura 1), y ello a pesar que el pase de grada resultó más barato que la aplicación de cualquier herbicida (cuadro 2). Asimismo, los costes de la explotación tipo fueron menores en 96-97, 99-00 y 00-01 que en 97-98, 98-99, 01-02 y 01-03 debido a que los costes que ocasiona la parcela de cultivo contigua fueron menores en barbecho que en veza para enterrar.

Cálculo de ingresos

Los ingresos (figura 2) de cada sistema productivo procedieron de tres fuentes:

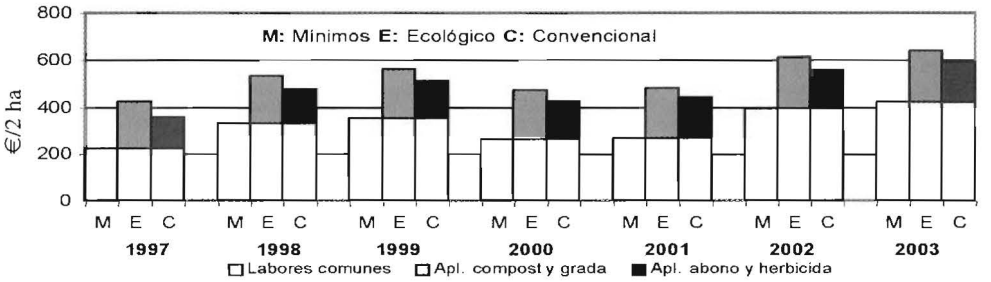


Figura 1. Costes (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola.
Figure 1. Farm (2 ha) costs (€) depending of year and agricultural systems.

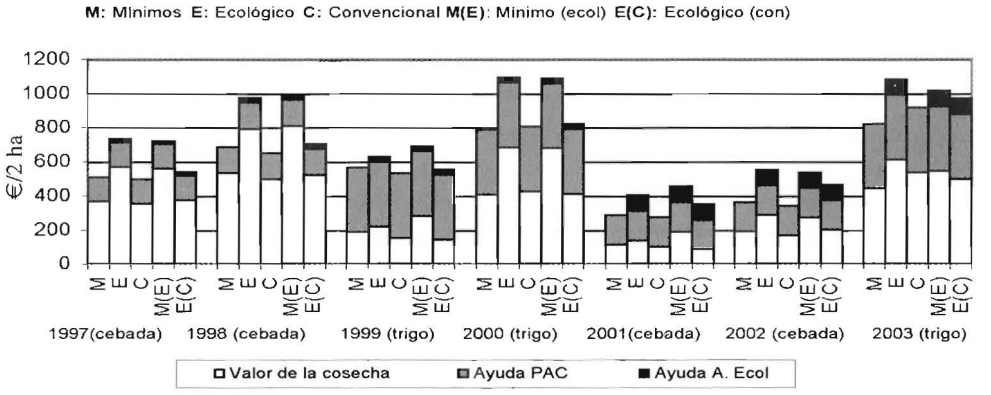


Figura 2. Ingresos (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola.
Figure 2. Gross income (€) for a farm (2/ha) depending of the year and agricultural system.

Por venta del cereal

Los precios de cereal se obtuvieron de la Lonja Agropecuaria del Ebro y en el Comité Aragonés de Agricultura Ecológica, y se muestran en el cuadro 3:

Las producciones obtenidas en Zaragoza en los 5 años y para cada manejo fueron las siguientes (cuadro 4):

Los resultados de cosecha son prácticamente los mismos para los distintos 'sistemas' ensayados, sobre todo los 6 primeros años, donde algunos años (1998, 1999, 2001) el sistema 'de mínimos' ha logrado mayor cosecha que los otros dos. Ello se debe a las peculiaridades de las zonas semiáridas, en las que muchas veces la falta de lluvia no permite que los abonados químicos sean aprovechados por los cultivos (VAN HERWAARDEN *et al.*, 1998). También algunos autores afirman que incluyendo leguminosas en las rotaciones, como es nuestro caso, se puede eliminar el aporte de fertilizantes nitrogenados sin merma de cosecha, cuando éstas son bajas (NEELY *et al.*, 1987; GRANS-

Cuadro 3. Precio del cereal en el mercado convencional y ecológico (€/kg)
Table 3. Cereal prices on the conventional and ecological market (€/kg)

Mercado/Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Convencional	0,138	0,138	0,150	0,144	0,126	0,126	0,156
Ecológico	0,210	0,210	0,228	0,240	0,210	0,180	0,192

Cultivo: cebada: 1997, 1998, 2001 y 2002, trigo duro: 1999, 2000 y 2003.
Crop: barley: 1997, 1998, 2001 and 2002. Durum wheat: 1999, 2000 and 2003.

Cuadro 4. Producción obtenida (kg/ha) en 1997-03 en los diferentes sistemas ensayados
Table 4. Yields obtained (kg/ha) since 1997 to 2003 in different systems

Año/'Sistema agrícola'	Mínimos	Ecológico	Convencional
1997 (cebada)	2650 a	2701 a	2542 a
1998 (cebada)	3836 a	3757 a	3567 a
1999 (trigo duro)	1222 a	944 a	988 a
2000 (trigo duro)	2819 a	2840 a	2922 a
2001 (cebada)	883 a	646 a	789 a
2002 (cebada)	1497 a	1576 a	1306 a
2003 (trigo duro)	2819 a	3173 a	3429 a
Media (cebada)	2216	2170	2051
Media (trigo duro)	2287	2319	2446
Media (grano 97-03)	2247	2234	2220

En cada año, sin diferencias significativas entre 'sistemas agrícolas' en el test LSD ($p < 0,05$).
In each year, differences between 'systems' were unsignificant in the LSD test ($p < 0.05$).

TEDT, 1990; MATHESON, 1991; CAMPBELL, 1991). En nuestro caso, los altos niveles de fertilidad inicial del suelo podrían ser otra razón por la que no se incrementara la cosecha con el aporte adicional de nutrientes mediante los distintos fertilizantes, pues la cantidad aportada de éstos fue escasa con relación a la ya existente en el suelo. Sin embargo en 25 ensayos realizados en ocho localidades de España, con climatología similar, durante cuatro años y partiendo de niveles de fertilidad normales, se obtuvieron resultados parecidos a los aquí presentados: sólo se incrementó la cosecha de cereal con aplicación de compost el 20% de las ocasiones, con abonado químico otro 20% pero resultando éste contraproducente en el 12% de las ocasiones (PARDO, 2003).

Por otro lado, esta misma rotación permite mantener la flora arvense en niveles bajos (DORADO, 1995; GARCÍA MURIEDAS *et al.*, 1997; LÓPEZ BELLIDO y LÓPEZ BELLIDO, 2000) siendo innecesario, en ocasiones, el empleo de métodos de control. Otras veces los herbicidas resultan ineficaces por falta de lluvia, mientras que los métodos mecánicos ven favorecida su acción por esta sequía, pero pueden ocasionar daños al cultivo, haciendo muy difícil que el empleo de unos métodos u otros incrementen la cosecha en estas áreas (PARDO, 2003).

Así, sólo en el último año, con lluvias oportunas en invierno y primavera, las labores ecológicas y convencionales resultaron eficientes para incrementar las cosechas (cuadro 4), aunque se considera una excepción a la norma general.

Como las producciones medias fueron similares, el valor de la cosecha ecológica fue el más alto por el mayor precio de venta, resultando la de mínimos y la convencional similar (figura 2, zona barra blanca).

Ingresos por ayudas a superficies (PAC)

Se calcularon según la ayuda anual (€/Tm) asignada por la UE a los cultivos herbáceos y retirada de tierra (MAPA, 1996; REGLAMENTO CE nº 1251/1999), según los rendimientos de referencia (Tm/ha) fijados por la administración según la comarca en que se situó el ensayo (BOE, 1999). Quedando la ayuda recibida (€/ha) para cultivos herbáceos y retirada de tierra en las cantidades que refleja el cuadro 5.

Cuadro 5. Ayudas a superficies PAC percibidas (€/ha) según año en Sádaba (comarca de Cinco Villas en Aragón)

Table 5. CAP subsidies (€/ha) in different years in Sádaba area (Aragon, Spain)

Año	Cereal	Retirada	Trigo duro
1997	124,87	173,85	-
1998	135,85	172,07	-
1999	135,85	172,07	226,95
2000	146,68	146,68	218,85
2001, 2002 y 2003	157,50	157,50	206,8*

* únicamente en 2003.

* *only in 2003.*

La normativa comunitaria ofrece la posibilidad de recibir ayudas por la superficie sembrada, y por la retirada de tierra sin obtener producto comercializable. Nuestro ensayo puede acogerse a esta ayuda ya que contempla la rotación con barbecho o veza, cumpliendo de esta forma con los requisitos fijados por la PAC. El porcentaje de retirada, respecto a la superficie sembrada suele ser de 10% (en nuestro caso 0,1 ha) y es el utilizado para el cálculo de la ayuda total para la explotación tipo, aunque puede variar ligeramente según el año.

Además, en los años 1999, 2000 y 2003, se obtuvo un pago suplementario al estar considerada la provincia de Zaragoza como zona productora tradicional de trigo duro. En el cuadro 5 se muestra la cuantía percibida una vez descontadas las penalizaciones por exceso de superficie sembrada. El total de las ayudas comunitarias, fueron las mismas para todos los 'sistemas' en cada año y algo mayores cuando se sembró trigo duro (figura 2, zona barra gris).

Ingresos por ayudas a la agricultura ecológica en cereal de secano

Las ayudas aportadas por el Gobierno de Aragón a la producción ecológica fueron de 21,63 €/ha 1997, de 25,84 €/ha de 30 €/ha en 1999 y 2000, y 92,32 €/ha en 2001 y 2002 y 2003 (VILLA, 2002), que aunque pueden variar ligeramente según el organismo autonómico, estas cuantías fueron utilizadas también para el cálculo de los ingresos totales en el sistema 'ecológico' (figura 2, zona barra negra).

Resultado económico

El resultado económico se ha calculado como la diferencia entre ingresos y costes de la explotación tipo. No se han considerado amortizaciones del capital, impuestos o seguros (figura 3).

Dado que las producciones han sido prácticamente iguales en los tres sistemas analiza-

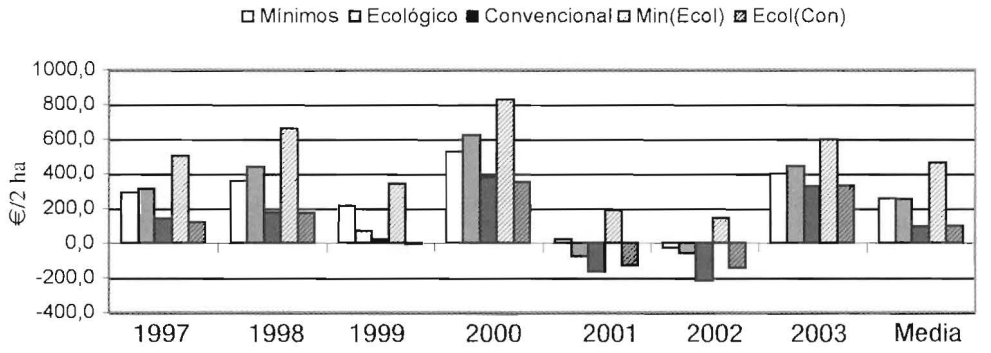


Figura 3. Beneficios (€) para la explotación tipo de 2 ha según año (y media) y sistema agrícola.
Figure 3. Net profits (€) for a farm (2 ha) depending of year (average) and agricultural system.
* Min (Ecol): cosecha obtenida en sistema de mínimos vendida a precio ecológico. Ecol (Con): Cosecha obtenida en sistema ecológico vendida a precio convencional.
** Min (ecol): crop obtained in 'minimum input' system sold in an organic market. Ecol (con): crop obtained in 'organic' system sold in a conventional market.*

dos, las variaciones en la cuantía de los beneficios de un sistema a otro estuvieron determinadas por los costes de las labores, de las materias primas aplicadas y por el precio de venta del grano. Así, el menor coste de los recursos en el sistema 'de mínimos' fue compensado por el mayor precio de venta del producto en el sistema 'ecológico' para obtener prácticamente un beneficio económico similar entre la opción ecológica (266%) y la de mínimos (271%), más del doble que la convencional (100%), siendo peor opción esta última.

Algunos estudios realizados en nuestro país (MECO *et al.*, 1998; LACASTA y MECO, 2000; AGREDA y ABÓS, 2001) inciden en la idea de que las rotaciones denominadas 'ecológicas' de cereales son más rentables económicamente que las 'convencionales' sin ni siquiera considerar un precio de venta de producto superior al convencional, aunque aquellas se identifican en la práctica con el que aquí se llama sistema 'de mínimos' (que también puede ser considerado como 'ecológico') por lo que los resultados coinciden. Por supuesto, si además suponemos un mayor precio de venta del producto, entonces los beneficios se incrementan mucho (496%), casi cinco veces sobre la opción convencional. Por el contrario, si el cereal obtenido mediante el sistema 'ecológico' se vende a precio convencional pasa a ser una opción tan poco rentable como la convencional (103%), y sería la peor si no fuera por la ayuda específica a la agricultura ecológica, ya que las labores de fertilización y escarda ecológicas (aplicación de compost y grada) supusieron costes no compensados con incrementos de producción.

Si a estos resultados descontamos los ingresos por las distintas ayudas, sólo la opción 'de mínimos', si se vende a un precio mayor, logra mantener beneficios en cuatro de los siete años ensayados (figura 4). Los resultados demuestran, una vez más, la inviabilidad de la agricultura convencional y la ecológica con aporte de compost y pase de rastra, aun vendiendo el grano a mayor precio, en ausencia de ayudas. Este resultado es importante si se considera el escenario actual de reducción de las futuras ayudas de la PAC y alerta de la sostenibilidad de las actividades agrarias en las zonas semiáridas de nuestro país.

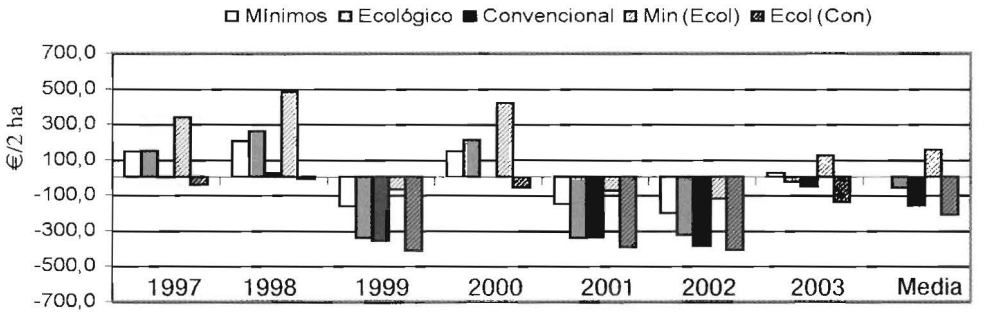


Figura 4. Beneficios (€) para la explotación tipo de 2 ha según año y sistema agrícola sin ayudas.
Figure 4. Net profits (€) for a farm (2 ha) depending of year and agricultural system without subsidies.
* Min (Ecol): cosecha obtenida en sistema de mínimos vendida a precio ecológico. Ecol (Con): cosecha obtenida en sistema ecológico vendida a precio convencional.
** Min (ecol): crop obtained in 'minimum input' system sold in an organic market. Ecol (con): crop obtained in 'organic' system sold in a conventional market.*

Tampoco el sistema 'ecológico' alcanza, como media, los umbrales de rentabilidad ni aun suponiendo un precio de venta mayor, lo que sugiere que la aplicación del compost y el pase de grada no están justificados, como ya se indicó desde el punto de vista productivo (cuadro 4) ni, por supuesto, económico. Sólo podría plantearse su uso en el hipotético caso de que el sistema 'de mínimos' no estuviera avalado como ecológico y fuera obligatorio la aplicación de compost. Aun así, el precio de compra del compost debería ser más barato que los 0,06 €/kg considerados, y/o el precio de venta de grano ecológico más elevado que los utilizados en este estudio.

Teniendo en cuenta los precios medios de grano de los 7 años y también los costes para cada sistema, se necesitarían 2.277 kg/ha de grano para compensar los gastos del sistema 'de mínimos', 2.517 kg/ha para cubrir los del 'ecológico' y 3.409 kg/ha en el 'convencional', que como vemos en el cuadro 4 no se han conseguido en ningún caso, estando muy lejos de alcanzarse en el caso de la agricultura convencional.

Es bien conocido que la realidad actual de las prácticas agrícolas convencionales en estas zonas se aproxima en muchas ocasiones a las denominadas aquí como sistema 'de mínimos' ya que los agricultores han limitado mucho el uso de fertilizantes y herbicidas. En muchas ocasiones sólo se aplican abonados nitrogenados de cobertera si las expectativas de humedad en el suelo son buenas, mientras que no se aplican herbicidas si no hay un problema especial. Estas prácticas agrícolas, que se producen habitualmente en estas zonas, unido a los resultados agronómicos y económicos de este trabajo, hacen pensar en la posibilidad de adoptar modelos 'ecológicos' de producción sin mayores problemas, pues parece factible mantener las producciones mediante la rotación de cultivos propuesta, siendo una opción a tener en cuenta para mantener la viabilidad económica en estas áreas.

Conclusiones

Los tres 'sistemas agrícolas' estudiados en el escenario descrito (rotación determinada, alta fertilidad inicial, bajo nivel de malas hierbas) han obtenido producciones similares. Por tanto, se considera que cualquier tipo de fertilización y desherbado de los ensayados sólo supondrá, como norma general, mayores costes y no mayor cosecha.

El sistema 'de mínimos insumos' fue el que mayores beneficios económicos proporcionó (271%), seguido muy de cerca por el sistema 'ecológico'(266%), resultando peor opción el 'convencional' (100%). En el hipotético caso de vender la cosecha del sistema 'de mínimos' a un precio ecológico, este sistema obtiene todavía mayores márgenes (496%), y por el contrario, en ausencia de mercado ecológico, el sistema 'ecológico' obtendría resultados parecidos al 'convencional' (103%).

En ausencia de ayudas, sólo un sistema 'de mínimos insumos' cuya cosecha se vendiera en un mercado ecológico obtendría algún beneficio económico.

Bibliografía

ÁGREDA J. y ABÓS J., 2001. Rentabilidad de los cultivos ecológicos. *Navarra Agraria*, 126: 32-38.

ARNAL P., 1990. Análisis económico de distintos sistemas de laboreo. *El campo*, 117: 64-66.

BOE nº 296, 1999. Real decreto 1983/1999 de 10 de diciembre sobre pagos por superficies a determinados productos agrícolas.

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.

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.

GARCÍA 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.

GIL MARTÍNEZ M., VELILLA G., RUIZ A., 1994. Datos sobre tiempos de trabajo en agricultura –referencias bibliográficas– Dirección General de Tecnología Agraria. Diputación General de Aragón. *Información Técnica* 1/94 12 pp.

GRANSTEDT A., 1990. The supply and conservation of nitrogen in alternative farming –ecological agriculture– *Proceedings of the Ecological Agriculture*. Uppsala (Sweden), 163-177.

HERNANZ J.L., SÁNCHEZ GIRÓN V., CERISOLA C., NAVARRETE L., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA C., 1992. Análisis de la energía consumida y de los costes de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos. *Anuario INIA* Vol 7, 2: 209-225.

LACASTA C., MECO R., 2000. Costes energéticos y económicos de agrosistemas de cereales considerando manejos convencionales y ecológicos. *IV Congreso SEAE*. Córdoba, 10 pp.

LÓPEZ-BELLIDO L., LÓPEZ-GARRIDO F.J., FUENTES M., CASTILLO J.E., FERNÁNDEZ E.J., 1996. Long-Term Tillage, Crop Rotation, and Nitrogen Fertilizer Effects on Wheat Yield under Rainfed Mediterranean Conditions. *Agronomy Journal*, 88: 783-791.

LÓPEZ-BELLIDO GARRIDO R.J., LÓPEZ BELLIDO L., 2000. Efectos ambientales de la rotación trigo-girasol. *Vida Rural*, 104: 24-29.

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.

MECO R., LACASTA C., ESTALRICH E., GARCÍA MURIEDAS G., 1998. La agricultura ecológica en cereales, una alternativa para zonas semiáridas. *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE*, 83-93.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1996. La política agraria común en España. Campaña 96/97. Madrid.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN, 2000. Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones agrícolas de Aragón en 2000. Subsecretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación. MAPA Madrid.

NEELY C.L., MCVAY K.A., HARGROVE W.L., 1987. Nitrogen contribution of winter legumes to no-till corn grain sorghum. In J.F. POWER (ed). The Role of Legumes in Conservation Tillage Systems, SCSA. Ankeny. Iowa, 48-49.

PARDO G., 2003. Estudio comparativo de la fertilización y el desherbado en el cultivo ecológico de cereales en zonas semiáridas. Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, 206 pp.

REGLAMENTO (CE) Nº 1251, 1999. del consejo de 17 mayo de 1999 por el que se establece un régimen de apoyo a los productos de determinados cultivos herbáceos.

RODRÍGUEZ PÉREZ, M., DIAZ-SALAZAR J., 2002. Principales incidencias malherbológicas en la provincia de Ciudad Real. Campaña 2000-2001. XXI Reunión del Grupo de Trabajo Malas Hierbas y Herbicidas. Ciudad Real. 5 pp.

VAN HERWAARDEN A.F., FARGUHAR 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.

VILLA F., 2002. La Agricultura Ecológica en Aragón. Evolución de la situación actual y organización. Plan de experimentación y divulgación hacia el sector. *XXXIV Jornadas de Aida: Producción sostenible en el medio agrario*. ITEA Vegetal extra n.º 23: 22-31.

(Aceptado para publicación el 15 de marzo de 2004).

ITEA (2004), Vol. **100V N.° 2,** 97-102

ATENUACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN UN CAFETAL (*COFFEA ARABICA* L.) BAJO SOMBRA

Luis Rodríguez Larramendi*,[1], Eduardo Velasco, Noelbis Segura***, Juan Carrazana*, Ramón Medina***

* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Jorge Dimitrov, GP 2140, Bayamo 85100, Granma, Cuba
email: lrlarra@dimitrov.granma.inf.cu

** Universidad de Granma

*** Estudiante de Física de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

RESUMEN

Se estudió la atenuación de la radiación solar en un cafetal bajo sombra de la especie *Coffea arabica* L., variedad Bourbon de siete años de plantado. Se obtuvieron coeficientes de extinción de la luz altos, entre 1,05 a 2,03, siendo mayores a las 13:00 horas (hora local). La atenuación de la radiación solar se ajustó con buena exactitud al modelo de Weibull. La mayor atenuación de la luz solar se produjo en el tercio superior del dosel donde se acumula el 30% del área foliar.

Palabras clave: Coeficiente de extinción de la luz, *Coffea*, radiación solar.

SUMMARY

ATTENUATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION IN A COFFEE (*Coffea arabica* L.) TREE PLANTATION UNDER SHADE

The attenuation of global sun radiation in seven-year-old coffee trees (*Coffea arabica,* L. var Bourbon), grown under shade was studied. Extinction coefficients obtained varied between 1,05 and 2,03, being higher at 13:00 hour (local time). The solar attenuation was fitted exactly to the Weibull model. The higher attenuation of solar radiation was made at the third up level of the canopy where the 30% percent of the leaf area are confined.

Key words: Coefficient of light extinction, *Coffea*, solar radiation.

1. Persona a la que debe remitirse la correspondencia.

Introducción

La eficiencia con que una plantación es capaz de interceptar la radiación solar es uno de los factores determinantes de la productividad de un cultivo (HIKOSAKA *et al.*, 1995; SAUGIER, 1998). En el caso del cafeto, CANNEL (1975) asegura que la distribución de su follaje resulta muy eficiente para la interceptación de la radiación, debido a su carácter planófilo y la arquitectura de su ramificación. Sin embargo, en algunas ocasiones las características del ecosistema pueden influir y hasta limitar esta capacidad de la especie.

JARAMILLO y DOS SANTOS (1980) fueron los primeros en evaluar el coeficiente de extinción *k* de la radiación en el cafeto, obteniendo valores cercanos a 0.4, valores que resultan bajos para una especie planófila (HALL *et al.* 1993; BJÖRKMAN y DEMMING-ADAMS, 1995). Más recientemente CASTILLO-RODRÍGUEZ *et al.* (1997), sobre la base de un modelo teórico, indicaron que para el cafeto los valores de *k* para la radiación directa pueden llegar hasta 1.8 en determinadas condiciones.

Teniendo en cuenta tanto el efecto de la elevación solar, como la posible influencia de las características del estrato sombreador sobre el coeficiente *k*, se realizó un estudió de sus variaciones en un cafetal a distinta hora del día, con el objetivo de determinar el efecto de la hora del día y obtener datos sobre dicho coeficiente en cafetales sombreados.

Materiales y métodos

Las mediciones se realizaron en un cafetal de la especie *Coffea arabica* L. bajo sombra con predominio del tamarindo (*Tamarindus indica,* L.), algarrobo (*Samanea saman),* piñón *(Glyricidia sepium)* y baría *(Cordia).* Se encuentra situado a una altura de 70 msnm en la localidad de "Cerca Blanca", Provincia Granma, Cuba. Tiene siete años de vida y está plantado con la variedad Bourbon a una distancia de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas.

La radiación solar se midió con piranómetros instalados sobre una base deslizante acoplada a una guía de 3 m de altura; los registros se tomaron cada 0,40 m desde el punto más alto del follaje hacia abajo y lateralmente cada 0,50 m a partir del eje de la planta y en dependencia del desarrollo de las ramas primarias. Se escogieron al azar siete puntos dentro de la plantación tomándose las evaluaciones a las 10:00, 13:00 y 16:00 horas (hora local), repitiéndose las evaluaciones en tres ocasiones entre abril y mayo de 1996, en días de cielo despejado.

Los intervalos de 0,40 m entre los cuales se evaluó la radiación, dada la altura media de los cafetos (2,40 m), determinaron seis niveles de profundidad dentro del follaje. El perfil vertical de distribución foliar se ajustó por análisis de regresión a la función de distribución de Weibull (YANG *et al.*, 1993) y el coeficiente de extinción se calculó por la Ley de Beer de acuerdo con HALL *et al.*, 1993.

La función de Weibull viene dada por:

$$L = 1\text{-}e((-d_i\text{-}a)/b)^c$$

donde a, b y c son los parámetros del modelo. En este caso se tomó *a* igual a cero, lo que significa que los niveles de referencia para la distancia y el área foliar acumulada coinciden; *Li* es el área foliar acumulada hasta el nivel *i* (desde la parte superior de la planta) estandarizada con relación al área foliar total de la misma planta y *di* es la distancia hasta la posición *i-ésima.* Nótese que *i* toma valores desde 1 hasta 6 y que la estandarización del área foliar con relación al total en el punto de evaluación justifica la estimación directa del área

foliar a partir de la cantidad de hojas del *i-ésimo* nivel. Se asume que el área foliar unitaria es independiente de la posición del estrato.

El cálculo de k se basó en la Ley de Beer (Hall *et al.*, 1993)

$$T_i = e^{-kLi}$$

donde Ti es el valor de la radiación solar en el nivel *i-ésimo*.

El área foliar se determinó en cada uno de los seis niveles de la planta para poder realizar los análisis de regresión con los registros de radiación solar en cada uno de los niveles seleccionados. Para el cálculo, se contaron todas las hojas y se midió la longitud de cada una de ellas para determinar el área foliar unitaria según el método propuesto por RODRÍGUEZ y PÉREZ (1995). La suma del área de las hojas individuales constituyó el área foliar de cada nivel (*Li*).

Para explicar la relación entre las características del follaje del cafeto con la atenuación de la radiación solar, se calculó la profundidad media del follaje a partir de la fórmula $d_{50} = 0{,}639^{1/c} \cdot b$ donde b y c son parámetros del modelo de Weibull.

Se formuló la hipótesis de que el coeficiente de atenuación podría depender de la hora del día, sometida a prueba estadística por un análisis de varianza (clasificación simple) con posterior estimación de la diferencia entre las medias por la prueba de Duncan.

Resultados y discusión

El ajuste del área foliar acumulada normalizada (L_i) a la función de distribución de Weibull fue significativo ($p \leq 0{,}01$) en todos los puntos de observación, con coeficientes de determinación de 0.99, mostrándose en la figura 1 un diagrama de dispersión típico de un punto de observación en el que se

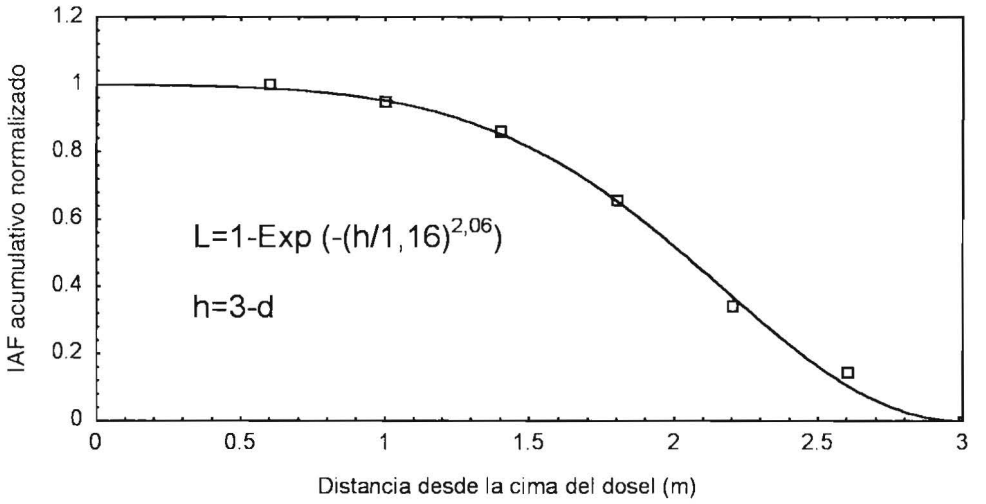


Figura 1. Variación del Índice de Área Foliar acumulativo normalizado con la distancia desde la cima del dosel en un punto típico del muestreo.

Figure 1. Variation of the Normalised Accumulative Leaf Area Index with the distance from the canopy top on a typical sample point.

puede observar que la mayor parte del follaje se encuentra por encima de 1,5 m de la superficie del suelo.

Esta tendencia a la concentración del área foliar en el tercio superior del dosel se aprecia muy bien en los valores del parámetro *c* del modelo de Weibull para los distintos puntos de observación (cuadro 1). De acuerdo con YANG *et al.* (1993) quienes establecen que una distribución homogénea del follaje a través de todo el dosel le corresponde a un valor de *c* de 3.6. Valores inferiores a este, como ocurre en esta investigación, son representativos de la acumulación del área foliar en la parte superior del dosel. El parámetro *b* es un factor de escala indicador de la altura sobre la cual se encuentra el 63% del follaje.

La media general del coeficiente *k* resultó de 1,59 ± 0,16, valor muy superior con relación al indicado por JARAMILLO y DOS SANTOS (1980), aunque desde principios puramente teóricos se corresponde mejor con las características de la especie *Coffea arabica*: L., planófila con gran poder de absorción de la luz por sus hojas.

Cuando se presentan los valores de *k* calculados por separado para las distintas horas del día (cuadro 1) puede observarse el marcado efecto que tiene la elevación del sol sobre el horizonte, resultando mayor en las horas cercanas al mediodía ($P \leq 0,05$). CASTILLO-RODRÍGUEZ *et al.* (1997) indican que los valores teóricos del coeficiente *k* pueden llegar hasta 1.86 para el cafeto; en este ensayo se alcanzaron valores ligeramente superiores (2.03) a las 13:00 h.

Este resultado tiene gran importancia metodológica pues, confirma el efecto de la elevación solar sobre la absorción de la luz en el dosel y a su vez, sin ser más que el estudio de un caso, es un registro correspondiente a un cafetal bajo sombra, condición en la cual no se tiene referencias sobre la determinación del coeficiente *k*.

Cuadro 1. Valores de los parámetros de escala (b) y de simetría (c) del dosel, ajustados según la función de Weibull y coeficientes de atenuación de la luz a diferentes horas del día
Table 1: Scale (b) and symmetry (c) parameter values of the canopy fitted to the Weibull function and extinction coefficient (k) at different daytime

Punto de Observaciones	Parámetros del modelo		Coeficientes de atenuación (k) a Diferentes horas (h) del día*		
	b	c	10h	13h	16h
1	1,16	2,05	2,38	2,04	0,45
2	0,86	1,33	2,20	0,75	1,35
3	0,62	1,30	1,23	1,59	1,02
4	1,00	1,56	1,76	2,34	1,05
5	0,93	1,40	1,65	2,41	1,38
6	1,12	1,64	0,99	2,17	N/E
7	1,15	1,60	0,62	2,90	N/E
Media	0,98	1,55	$1,55^{ab}$	$2,03^{a}$	$1,05^{b}$
E.Sx	0,21	0,26	0,24	0,26	0,16

Medias con letras diferentes para las horas del día difieren según Duncan para $p \leq 0,05$.
N/E: No se realizaron evaluaciones.

La cuadro 2 muestra los valores de la intensidad de la radiación solar en la parte superior (cima) e inferior (base) del dosel del cafeto en los distintos puntos de muestreo y las diferentes horas del día. En todos los casos, excepto a las 10:00 horas para el punto 6 y a las 16:00 horas en el punto 2, los porcentajes de interceptación de la radiación solar estuvieron por encima del 50%, corroborando los altos coeficientes de atenuación de la luz calculados a través del modelo matemático de la Ley de Beer.

Las diferencias observadas en los distintos puntos se deben probablemente a la variabilidad natural inherente a los ambientes de radiación presentes en condiciones de estratos arbóreos típicos de plantaciones con sombra natural, como el caso de el ambiente de "manchas de sol" (*sunfleck*) (ORTOLÁ, 2000), los cuales pueden producir variaciones en la intensidad de la radiación solar que alcanza un determinado estrato de la planta.

Al calcular el índice de profundidad media, derivado del los parámetros del modelo de Weibull (YANG *et al.*, 1993) donde el Indice de Area Foliar acumulativo representa el 50 % del Indice de Area Foliar total del dosel, y que indica la altura desde la cima del dosel donde se acumula la mayor cantidad de hojas de la planta, se pudo comprobar que el mismo estuvo alrededor de 0,74 m que representa el 30,8 % del IAF del dosel del cafeto. Este índice nos dice que la mayor distribución de las hojas en el dosel se encuentra en el tercio superior del dosel, en el cual se realiza, por tanto, la mayor interceptación y atenuación de la radiación solar incidente en la copa del cafeto. CASTILLO-

Cuadro 2. Valores de la intensidad de la radiación solar (W m^{-2}) en la cima y en la base del dosel de las plantas de cafeto y el respectivo porcentaje de interceptación
Table 2. Values of solar radiation intensity (W m^{-2}) at the top and base of the canopy and the respective solar radiation interception

	10:00 horas*						
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7
Cima del dosel	0,45	0,69	0,14	0,61	0,14	0,07	0,08
Base del dosel	0,10	0,11	0.03	0,05	0,02	0,05	0,05
% de interceptación	77,7	84,0	78,6	91,8	85,7	28,6	62,5
	13:00 horas						
Cima del dosel	0,49	0,82	0,14	0,49	0,28	0,91	0,78
Base del dosel	0,13	0,17	0,03	0,05	0,05	0,12	0,12
% de interceptación	73,0	79,2	78,6	89,8	82,1	86,8	84,6
	16:00 horas						
Cima del dosel	0,08	0,20	0,20	0,42	0,09	N/E	N/E
Base el dosel	0,01	0,11	0,03	0,16	0,03	N/E	N/E
% de interceptación	87,5	45,0	85,0	61,9	66,6	-	-

N/E: no se realizaron evaluaciones
(*) Hora local

RODRÍGUEZ *et al.* (1997) hacen referencia a este resultado y plantean que esta es una de las causas de la baja disponibilidad de radiación dentro del follaje.

Conclusiones

La distribución en el sentido vertical del área foliar en el cafeto se ajusta con muy buena aproximación al modelo de Weibull.

Para las condiciones de estudio, caracterizada por un elevado nivel de sombra y una tendencia a la distribución del área foliar preferentemente en el tercio superior del dosel, el coeficiente *k* resultó superior a la unidad. Por otra parte, se confirma el efecto de la elevación solar sobre el valor del coeficiente *k* en un cafetal bajo sombra, registrándose los mayores valores a las 13 horas.

Bibliografía

BJÖRKMAN O., DEMMING-ADAMS, B., 1995. Regulation of Photosynthetic light energy capture, conversion and dissipation in leaves of higher plants. En Ecophysiology of Photosynthesis Ed. por E-D. Schulze y M. M. Caldwell Springer Verlag, pp. 17-48.

CANNEL M.R.G., 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yield. J. Coffee Research 5: 7-20.

CASTILLO-RODRÍGUEZ ESPERANZA, ARCILA-PULGARÍN J., JARAMILLO-ROBLEDO A., SANABRIA-RODRÍGUEZ J., 1997. Estructura del dosel e interceptación de la radiación solar en *Coffea arabica* L. Var. Colombia. Cenicafé. 47(1): 4-15.

HALL D.O., SURLOCK J.M.O., BOLHAR-NORDENKAMPF, LEEGOOD R.C., LONG S.P., 1993. Photosynthesis and Production in a changing environment. A field and laboratory manual. Chapman&Hall. Londres, 477 pp.

HIKOSAKA K., TERASHIMA I., 1995. A model of the acclimatation of Photosyntesis in leaves of C3 plants to sun and shade with respect to nitrogen use. Plant, Cell and Environment. 18: 605-618.

JARAMILLO R.A., DOS SANTOS J.M., 1980. Balance de radiación solar en *Coffea arabica* var. Catuai y Bourbon Amarillo. Cenicafé 31(3): 86-40.

ORTOLA A.G., 2001. Ècofisiología Vegetal. Introducción a la fisiología del estrés. Valencia, 184 p.

RODRÍGUEZ L.L., PÉREZ A.O., 1995. Estimación indirecta del área y la biomasa foliar en plantas de cafeto cultivadas al sol y bajo sombra. Centro Agrícola, 2: 23-26.

RODRIGUEZ L.L., VALDES C.R., VERDECIA M.J., ARIAS B.L., MEDINA R.R., VELASCO B.E., 2001. Growth, relative water content, transpiration and phosynthetic pigment content in coffee trees growing at different light regimes, Cultivos Tropicales, 22(22): 37-41.

SAUGIER B., 1998. Environmental limitations of Plant Productivity. En Proceedings of the European School o Climatology and Natural Hazards Course. Volterra, Italia, Marzo 1996. European Commision.

YANG X., MILLER R.M., MONTGOMERY M.E., 1993. Vertical distributions of canopy foliage and biologically active radiation in a defoliated/refoliated hardwood forest. Agric. Forest Meteor. 67: 129-146.

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

ITEA (2004), Vol. **100V N.° 2,** 103-117

CONTROL DE LA FLORA INVASORA EN EL CULTIVO DE TABACO MEDIANTE DOSIS REDUCIDAS DE HERBICIDAS

J.E. Lozano Garrido[1], J.L. Villarías Moradillo

RESUMEN

Para evaluar la técnica de dosis reducidas de herbicidas se elaboró durante los años 1995 y 1996 un inventario de flora arvense asociada al cultivo en la comarca del Bierzo (León, España), cuantificándose la incidencia de las distintas especies. En 1997, 1998 y 1999 se realizaron experiencias de campo utilizando combinaciones de nueve materias activas.

Se empleó un diseño en bloques completos al azar, con parcelas testigo para facilitar las observaciones sobre la eficacia de las distintas combinaciones de herbicidas. Se realizó el análisis de varianza, utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan para establecer qué tratamientos son significativamente diferentes y el método de Dunnett en los ensayos del año 1999 para comparar un control (pendimetalina 0,990 kg m.a. ha^{-1}) con cada uno de los tratamientos.

Las especies arvenses con mayor incidencia en el cultivo fueron: *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum* spp. (*hydropiper*, *lapathifolium*, *persicaria*), *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Solanum physalifolium*, *Capsella bursa-pastoris*, *Amaranthus hybridus* y *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*.

Las combinaciones (kg m.a. ha^{-1}) "metobromuron 0,25 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,12 + propaquizafop 0,05" y "linuron 0,225 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,12 + propaquizafop 0,05", presentaron mejores resultados para el conjunto de flora arvense, con eficacias medias del 92,6% y 89% respectivamente.

En los anteriores tratamientos hay una reducción del volumen de herbicida a utilizar, en relación con el tratamiento control. El empleo de materias activas complementarias amplía la eficacia de los tratamientos y se impide la selección de flora resistente. No se constató parada vegetativa y la tolerancia del cultivo a las distintas combinaciones fue satisfactoria.

Palabras clave: *Nicotiana tabacum*, oxyfluorfen, oxadiargyl.

SUMMARY

WEED CONTROL IN THE TOBACCO CROP THROUGH HERBICIDE LOW RATE CONCEPT

In order to evaluate the herbicide low rate concept, the weed flora associated to the crop was surveyed during 1995 and 1996 to estimate the importance of the different species. Between 1997 and 1999 field herbicide trials were made using mixtures of nine active ingredients.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia (c/ Tte. Cnel. Teijeiro, 11 – 2° izda • 33013 Oviedo)

Randomized complete block design is arranged, with untreated check plots to make easier the studies about the efficiency of the different herbicide mixtures. The analysis of variance is made. Duncan's multiple range test is used to establish which treatments are significantly different and also Dunnett method in field trials (1999) to compare a particular check treatment (pendimetalina 0.990 kg a.i. ha^{-1}) with each of the other different treatments.

The weed species with more importance in the tobacco crop were: *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum* spp. (*hydropiper*, *lapathifolium*, *persicaria*), *Stellaria media*, *Chenopodium album*, *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Solanum physalifolium*, *Capsella bursa-pastoris*, *Amaranthus hybridus* and *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*.

The mixtures (kg a.i. ha^{-1}) "metobromuron 0.25 + (oxadiargyl 0.06 + aclonifen 0.2) + oxyfluorfen 0.12 + propaquizafop 0.05" and "linuron 0.225 + (oxadiargyl 0.06 + aclonifen 0.2) + oxyfluorfen 0.12 + propaquizafop 0.05", have given the best results for all the weed species, with average efficiencies of 92.6% and 89% respectively.

Thus, we can conclude that in the former treatments there was a decrease of herbicide volume used, in comparison with the check treatment. Indeed, it has been confirmed that the use of active complementary ingredients amplifies the efficiency of this kind of treatments and prevents the selection of resistance flora. Finally, a stop of the vegetative growth has not been shown and the crop tolerance to the different herbicide mixtures has been satisfactory.

Key words: *Nicotiana tabacum*, oxyfluorfen, oxadiargyl.

Antecedentes

En la comarca del Bierzo (León) se cultiva tabaco tipo Havana, utilizado en las labores de cigarro puro (tripa) y en la liga de cigarrillos negros (picadura).

La producción de tabaco en la zona ha ido disminuyendo desde la cosecha de 1985 en la que se produjeron 563,35 t de tabaco curado hasta 118 t en la cosecha 2003. Igualmente se observa un descenso significativo en la contribución de la producción del Bierzo al total de la producción nacional de tabaco tipo Havana, pasando del 69% en la campaña 1984 al 36% en la campaña 2003.

Las malas hierbas interfieren en el desarrollo del cultivo de tabaco causando una disminución del rendimiento de la cosecha al sustraer parte de los elementos nutritivos disponibles en el suelo, ser huéspedes de parásitos y enfermedades que se propagan posteriormente al tabaco y dificultar la recolección originando roturas en las hojas. Además, la incorrecta utilización de los herbicidas, debido en gran medida al desconocimiento de la flora invasora presente en las parcelas, está causando un gran impacto ambiental y originando selección de flora tolerante, más difícil de combatir con los herbicidas disponibles.

Con el fin de racionalizar el empleo de herbicidas en la lucha contra las especies arvenses que infestan las parcelas de tabaco, se procedió a elaborar durante los años 1995 y 1996 un inventario de flora arvense asociada al cultivo y posteriormente, en 1997, 1998 y 1999, realizar experiencias de campo

para evaluar la técnica de dosis reducidas de herbicidas (VILLARÍAS, 1996), al objeto de reducir costes en los tratamientos y disminuir el impacto ambiental causado por estos productos.

Materiales y métodos

Flora invasora

Se efectuó una prospección de la zona tabaquera durante los años 1995 y 1996, visitando un total de 42 parcelas en los términos municipales de Carracedelo, Quilós, Cacabelos y Camponaraya, en los cuales se concentraba más del 90% de la producción de tabaco. La superficie muestreada supuso, aproximadamente, un 18% de la superficie de cultivo, siendo el tamaño medio de las parcelas de 0,3 ha. La altitud de la zona se sitúa entre los 450 y 550 m, con una pluviometria de 86,1 mm y 19,8 °C de temperatura media mensual durante la fase de cultivo (junio-septiembre) en el año 1996.

El primer año se visitaron 20 parcelas en pretrasplante del cultivo (junio), en las que no se había efectuado tratamiento herbicida. El segundo año se inspeccionaron 13 parcelas con el cultivo iniciando la fase de botón floral (julio) y nueve parcelas después de efectuada la recolección (octubre).

Se recorrieron los campos en zigzag, siguiendo su diagonal y lanzando diez veces un aro de 0,1 m^2, anotando el número de plantas que se encontraban en su interior por especies (plantas/m^2). Se recogieron muestras de suelo de los 30 cm superiores.

Las parcelas disponían de riego por surcos, presentando texturas franca, franco-arcillosa y franco-arenosa, materia orgánica entre 1,5% y 2,5% y rango de pH de 5 a 6,5.

Parámetros calculados

Se identificó la flora arvense (VIGGIANI, 1991; GARCÍA, 1996; VIGGIANI y ANGELINI, 1998; VILLARÍAS, 2000), cuantificándose la incidencia de las distintas especies, para lo cual se calcularon los siguientes parámetros (TABERNER, 1996):

Frecuencia absoluta (FA): Número de parcelas en las que se ha observado una determinada especie, calculadas por diferencia entre las visitadas (V) y las que están exentas (e) de la misma. $FA = V - e$

Frecuencia relativa (FR): Relación entre el número de parcelas en las que se ha observado la especie y el total de parcelas visitadas (V), expresada en tanto por ciento.

$$FR = \left(\frac{V - e}{V} \right) * 100$$

Densidad media de las parcelas infestadas (DMpi): Media de plantas por metro cuadrado de una especie en las parcelas infestadas.

Densidad media (DM): Media de plantas por metro cuadrado de una especie en las (V) parcelas visitadas.

Contribución específica a la infestación total (CEIT): Relación entre el total del número de plantas de una determinada especie y el total de arvenses por metro cuadrado, expresada en tanto por ciento.

Características de los ensayos de campo

Las experiencias de campo para evaluar la técnica de dosis reducidas de herbicidas se ubicaron en los términos municipales de Carracedelo y Quilós, utilizándose combinaciones de nueve materias activas. Atendiendo a la clasificación del Herbicide Resistance

Action Committee (CPRH, 1997) se emplearon dos materias activas pertenecientes al grupo A (cycloxydim, propaquizafop), dos al grupo C_2 (linuron, metobromuron), dos al grupo E (oxyfluorfen, oxadiargyl), una al grupo F_3 (aclonifen) y dos al grupo K_1 (butralina, pendimetalina).

Cuadro 1. Combinaciones de herbicidas
Table 1. Herbicide mixtures

Año	Ensayo	Trat.	Nombre comercial	Materia activa	Dosis por hectárea	
					Producto comercial (l)	Materia activa (g)
1997	1	A	Nuflon	linuron	0,5	225
			Goal	oxyfluorfen	1	240
		B	Patoran	metobromuron	1	500
			Goal	oxyfluorfen	1	240
		C	Nuflon	linuron	0,5	225
			Challenge	aclonifen	0,5	300
		D	Patoran	metobromuron	1	500
			Challenge	aclonifen	1	600
		E	Stomp	pendimetalina	1	330
			Challenge	aclonifen	1	600
		F	Stomp	pendimetalina	1	330
			Amex	butralina	0,5	240
1998	2	A	Nuflon	linuron	0,5	225
			Goal	oxyfluorfen	1	240
		B	Patoran	metobromuron	1	500
			Goal	oxyfluorfen	1	240
		C	Nuflon	linuron	0,5	225
			Challenge	aclonifen	0,5	300
		D	Patoran	metobromuron	1	500
			Challenge	aclonifen	1	600
		E	Stomp	pendimetalina	1	330
			Challenge	aclonifen	1	600
		F	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
	3	G	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	1	120 + 400
		H	Patoran	metobromuron	1	500
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	1	120 + 400
		I	Stomp	pendimetalina	2	660
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	1	120 + 400
		J	Stomp	pendimetalina	2	660
			Goal	oxyfluorfen	1	240

(1) oxadiargyl + aclonifen

Cuadro 1. Combinaciones de herbicidas (continuación)
Table 1. Herbicide mixtures

Año	Ensayo	Trat.	Nombre comercial	Materia activa	Dosis por hectárea	
					Producto comercial (l)	Materia activa (g)
1998	3	K	Stomp	pendimetalina	2	660
			Nuflon	linuron	0,5	225
		L	Stomp	pendimetalina	2	660
			Patoran	metobromuron	1	500
	4	M	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
		N	Goal	oxyfluorfen	1	240
			Amex	butralina	0,5	240
		O	Patoran	metobromuron	1	500
			Amex	butralina	0,5	240
		P	Nuflon	linuron	0,5	225
			Amex	butralina	0,5	240
		R	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
		S	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
1999	5	A(2)	Stomp	pendimetalina	3	990
		B	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
		C	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
			Focus ultra	cycloxydim	1	100
		D	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
			Agil	propaquizafop	1	100
		E	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
			Focus ultra	cycloxydim	0,5	50
		F	Nuflon	linuron	0,5	225
			Exp.31483-A(1)	exp.31483-A(1)	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
			Agil	propaquizafop	0,5	50

(1) oxadiargyl + aclonifen, (2) tratamiento control

Cuadro 1. Combinaciones de herbicidas (continuación)
Table 1. Herbicide mixtures

Año	Ensayo	Trat.	Nombre comercial	Materia activa	Dosis por hectárea	
					Producto comercial (l)	Materia activa (g)
1999	6	G[2]	Stomp	pendimetalina	3	990
		H	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A[1]	exp.31483-A[1]	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
		I	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A[1]	exp.31483-A[1]	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
			Focus ultra	cycloxydim	1	100
		J	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A[1]	exp.31483-A[1]	0,5	60 + 200
			Stomp	pendimetalina	0,5	165
			Agil	propaquizafop	1	100
		K	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A[1]	exp.31483-A[1]	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
			Focus ultra	cycloxydim	0,5	50
		L	Patoran	metobromuron	0,5	250
			Exp.31483-A[1]	exp.31483-A[1]	0,5	60 + 200
			Goal	oxyfluorfen	0,5	120
			Agil	propaquizafop	0,5	50

(1) oxadiargyl + aclonifen, (2) tratamiento control

Las combinaciones de herbicidas utilizadas y las características de realización de los ensayos figuran en el cuadro 1.

La aplicación se realizó mediante pulverizador de mochila, con campana protectora y boquilla de hendidura, presión de trabajo de 2 bar y volumen de caldo 200 $l.ha^{-1}$. Los tratamientos se realizaron en postrasplante del tabaco (cuadro 2). El control del efecto herbicida se efectuó mediante el conteo de la flora observada en una superficie de un metro cuadrado elegida al azar, lanzando un aro de 0,1 m^2 diez veces en cada parcela elemental (tratamientos y testigos). La parcela elemental consta de cuatro filas de 25 plantas cada una para los tratamientos y de dos filas de 25 plantas cada una para los testigos.

Para la realización de los ensayos 5 y 6 se seleccionaron las materias activas que presentaron mejores resultados en los ensayos 1, 2, 3 y 4, con arreglo a los criterios de eficacia media y significación estadística. El objetivo fue doble, por una parte comparar los tratamientos basados en las materias activas seleccionadas con un control y por otra comprobar si existen diferencias significativas entre los tratamientos seleccionados. El tratamiento control fue pendimetalina a 0,990 kg m.a. ha^{-1}, ya que la experiencia de

Cuadro 2. Características de realización de los ensayos
Table 2. Field trials characteristics

		1	2	3	4	5	6
Localidad		Quilós	Quilós	Carracedelo	Carracedelo	Carracedelo	Quilós
Textura suelo		Franco--arcillo -arenosa	Franco--arenosa	Franca	Franco--arenosa	Franco--arenosa	Franca
PH (1:2,5)		7,20	5,30	5,20	6,10	5,97	5,71
M. O. (%)		1,05	2,75	1,24	3,18	3,60	2,61
Riego		Surcos	Surcos	Surcos	Surcos	Surcos	Surcos
Fecha trasplante		14/6/97	5/6/98	19/5/98	19/5/98	11/6/99	28/5/99
Marco plantación (cm)		90 x 50	80-110 x 50(3)	90 x 40	80 x 50	80 x 50	80-110 x 50(3)
Fecha aplicación herbicidas		24/6/97	15/6/98	28/5/98	28/5/98	24/6/99	8/6/99
Condiciones meteorológicas durante la aplicación	*T^a (°C)*	10,4	8	8,6	8,6	16,8	6
	H. R. (%)	90	92	87	87	82	94
	Viento (km/h)	4	0	7	7	4	0
	Precipitación diaria (mm)	0	0	0,4	0,4	0	0
Fecha de conteo		8/7/97	27/6/98	13/6/98	12/6/98	5/7/99	18/6/99

(3) líneas pareadas

los cultivadores en la zona demuestra que la utilización de una dosis más elevada produce paralización vegetativa, alargando aproximadamente quince días el ciclo de cultivo.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (seis tratamientos y tres repeticiones), con parcelas testigo para facilitar las observaciones sobre la eficacia de las distintas combinaciones de herbicidas. Los tratamientos se atribuyeron aleatoriamente a cada bloque mediante una tabla de números aleatorios. Cada tratamiento se asignó una única vez a cada bloque.

El procedimiento de cálculo de la eficacia del tratamiento herbicida se describe a continuación:

• Conteo de plantas en las parcelas testigo y obtención, por especie, de la media de plantas por metro cuadrado de todos los testigos del ensayo.

• Conteo de plantas por metro cuadrado en las parcelas de los tratamientos.

• Cálculo de la media ponderada de testigos mediante la expresión:

$$MPT = \frac{Tm + 2Ta}{3}, \text{ siendo:}$$

MPT: Media ponderada de testigos

Tm: Testigo medio (plantas/m^2)

Ta: Testigo adyacente a cada tratamiento (plantas/m^2)

• Por último, cálculo de la eficacia de cada tratamiento, utilizando la fórmula:

$$E = \frac{MPT - P}{MPT} x\ 100, \text{ siendo:}$$

MPT: Media ponderada de testigos

P: Plantas/m^2 en cada tratamiento

E: Eficacia de cada tratamiento

Calculada la eficacia se realiza el ANOVA para aquellas especies que alcanzan, como mínimo, el 75% de presencia en los testigos y para el total de dicotiledóneas, monocotiledóneas y arvenses. No se realiza el análisis de varianza para las especies o totales estudiados cuando faltan más de dos datos (observaciones).

Se comprobaron los supuestos en los que se basa el análisis de varianza: normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (CASAS, 1997); homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Bartlett (BENNET y FRANKLIN, 1954) cuando se cumple el supuesto de normalidad y la prueba de Burr-Foster (ANDERSON y McLEAN, 1974) cuando no se cumple dicho supuesto; independencia mediante el coeficiente de correlación serial de separación 1 (TEJEDOR, 1999) y aditividad utilizando la prueba de Tukey (SNEDECOR y COCHRAN, 1978). Se efectuó la transformación angular de los datos (BARTLETT, 1947; LI, 1969) cuando no se cumplen los supuestos.

Si en la prueba F aparecen valores menores que la unidad (TEJEDOR, 1999) se comprueba la hipótesis de igualdad de medias.

La separación de medias se realizó mediante la prueba de rango múltiple de Duncan (LITTLE y HILLS, 1991) y también se utilizó el método de Dunnett (LI, 1969), prueba de una cola, en los ensayos 5 y 6 para comparar los distintos tratamientos con el "tratamiento control".

Resultados

Inventario de flora invasora

Se observaron 47 especies de dicotiledóneas pertenecientes a 19 familias y seis especies de monocotiledóneas pertenecientes a una única familia. Se detalla el listado

Cuadro 3. Inventario de flora invasora
Table 3. Weed survey results

ESPECIES	FR (%)	DM plantas/m^2	DMpi plantas/m^2	CEIT (%)
Echinochloa crus-galli (L.) Beauvais	92,86	60,33	64,97	24,14
Polygonum spp.[4]	64,29	12,48	19,41	4,99
Stellaria media (L.) Vill.	57,14	49,90	87,33	19,96
Chenopodium album L.	52,38	7,95	15,18	3,18
Portulaca oleracea L.	47,62	14,19	29,80	5,68
Solanum nigrum L.	45,24	15,33	34,50	2,52
Solanum physalifolium Rusby	40,48	9,62	23,76	3,85
Capsella bursa-pastoris Moench.	40,25	13,40	31,56	2,51
Amaranthus hybridus L.	35,71	8,62	24,13	3,45
Polygonum aviculare L.	33,33	2,76	8,29	1,10
Arrhenatherum elatius subsp. *bulbosum* (Wild.) S. y M.	30,95	6,55	21,15	2,62
Geranium spp [5]	21,43	7,07	33,00	2,83

Cuadro 3. Inventario de flora invasora (continuación)
Table 3. Weed survey results

ESPECIES	FR (%)	DM plantas/m^2	DMpi plantas/m^2	CEIT (%)
Senecio vulgaris L.	19,05	5,90	31,00	2,36
Cynodon dactylon (L.) Pers.	16,67	4,19	25,14	1,68
Chenopodium opulifolium L.	14,29	0,62	4,33	0,25
Oxalis latifolia Kunth	14,29	1,10	7,67	0,44
Convolvulus arvensis L.	11,90	0,83	7,00	0,33
Anthemis arvensis L.	11,90	3,29	27,60	1,31
Fumaria officinalis L.	9,52	1,60	16,75	0,64
Trifolium spp (6)	9,52	4,26	44,75	1,70
Lamium amplexicaule L.	9,52	13,62	143,00	5,45
Brassica nigra Koch	7,14	0,93	13,00	0,37
Galinsoga parviflora Cav.	7,14	2,52	35,33	1,01
Cirsium arvense (L.) Scop.	4,76	0,10	2,00	0,04
Rumex crispus L.	4,76	0,17	3,50	0,07
Vicia sativa L.	4,76	3,19	67,00	1,28
Amaranthus retroflexus L.	4,73	0,48	10,00	0,19
Achillea millefolium L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Picris echioides L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Silybum marianum (L.) Gaertner	2,38	0,02	1,00	0,01
Sonchus asper All.	2,38	0,02	1,00	0,01
Diplotaxis erucoides (L.) DC.	2,38	0,02	1,00	0,01
Malva sylvestris L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Oxalis corniculata L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Papaver rhoeas L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Plantago lanceolata L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Veronica persica Poir.	2,38	0,02	1,00	0,01
Panicum capillare L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Poa annua L.	2,38	0,02	1,00	0,01
Raphanus raphanistrum L.	2,38	0,05	2,00	0,02
Daucus carota L.	2,38	0,05	2,00	0,02
Lolium multiflorum Lamk.	2,38	0,05	2,00	0,02
Chenopodium vulvaria L.	2,38	0,07	3,00	0,03
Sinapis arvensis L.	2,38	0,07	3,00	0,03
Matricaria chamomilla L.	2,38	0,10	4,00	0,04
Sonchus oleraceus L.	2,38	0,38	16,00	0,15
Ranunculus arvensis L.	2,38	0,38	16,00	0,15
Cardamine hirsuta L.	2,38	1,07	45,00	0,43
Erigeron canadensis L.	2,38	2,69	113,00	1,08
Erodium cicutarium (L.) L' Héritier	2,38	2,93	123,00	1,17
Lactuca virosa L.	2,38	2,98	125,00	1,19

FR: frecuencia relativa, DM: densidad media, DMpi: densidad media parcelas infestadas, CEIT: contribución específica a la infestación total, (4) *hydropiper* L., *lapathifolium* L., *persicaria* L., (5) *molle* L., *dissectum* L., *lucidum* L., (6) *arvense* L., *campestre* Schreber, *glomeratum* L.

de flora arvense detectada en las prospecciones con indicación de los valores que cuantifican su incidencia.

Ensayos de campo

En el cuadro 4 se exponen los valores de eficacia media de los distintos tratamientos y el resultado de las pruebas estadísticas para las especies y totales estudiados. Igualmente, se refleja la tolerancia del cultivo a las combinaciones de herbicidas mediante la escala propuesta por la European Weed Research Society (CIBA-GEIGY, 1992), en la cual se puntúan los síntomas de fitotoxicidad de la planta de 1 (sin síntomas) a 9 (muerte total de la planta).

Cuadro 4. Eficacia media de los tratamientos y fitotoxicidad para el cultivo
Table 4. Average efficiency on treatments and crop phyitotoxicity

Año	Ensayo	Especie	Eficacia media (%)					
1997	1		A	B	C	D	E	F
		Amaranthus hybridus	95,0 a	95,9 a	91,3 a	97,7 a	87,1 a	37,1 b
		Stellaria media	87,8 ab	91,6 ab	91,6 ab	98,7 a	65,8 bc	34,3 c
		Arrhenatherum elatius(7)	55,7	37,2	37,9	35,2	26,7	32,1
		Total dicotiledóneas	89,0 a	90,1 a	73,9 a	83,0 a	65,3 a	24,4 b
		Total monocotiledóneas(7)	56,2	37,6	37,7	41,4	27,6	32,0
		Total arvenses	73,7 a	66,9 ab	57,9 ab	66,5 ab	44,6 bc	31,0 c
		Fitotoxicidad media(8)	1	2	1	1	1	2
	2		A	B	C	D	E	F
		Amaranthus hybridus(7)	99,5	90,3	96,9	95,2	90,7	99,1
		Chenopodium album(7)	95,6	98,7	94,4	100	100	100
		Echinochloa crus-galli(7)	87,6	89,7	91,1	91,4	86,8	93,4
		Total dicotiledóneas(7)	95,5	90,4	97,1	89,9	90,2	98,8
		Total monocotiledóneas(7)	87,1	89,1	91,1	91,4	86,8	93,4
		Total arvenses(7)	91,1	89,6	94,3	90,9	88,6	95,7
		Fitotoxicidad media(8)	2	1	1	1	1	2
1998	3		G	H	I	J	K	L
		Capsella bursa-pastoris(7)	100	100	100	100	90,8	96,6
		Polygonum spp.(7)	97,5	88,1	96,4	95,0	94,5	93,1
		Solanum nigrum(7)	92,7	87,7	100	77,6	72,6	63,7
		Solanum physalifolium(7)	100	92,9	100	100	85,9	96,4
		Echinochloa crus-galli	91,7 a	63,9 b	100 a	96,6 a	100 a	93,9 a
		Total dicotiledóneas(7)	96,8	91,0	97,4	95,1	89,9	90,1
		Total monocotiledóneas	91,8 ab	64,4 b	100 a	96,6 a	100 a	90,1ab
		Total arvenses(7)	96,3	89,1	97,7	95,1	90,7	89,7
		Fitotoxicidad media(8)	1	1	1	2	1	1

Cuadro 4. Eficacia media de los tratamientos y fitotoxicidad para el cultivo (continuación)
Table 4. Average efficiency on treatments and crop phyitotoxicity

Año	Ensayo	Especie	Eficacia media (%)					
1998	4		M	N	O	P	R	S
		Capsella bursa-pastoris(7)	100	100	100	66,7	100	100
		Galinsoga parviflora(7)	53,7	79,1	87,0	52,2	100	93,9
		Polygonum spp.	95,9 a	99,2 a	100 a	85,4 b	100 a	99,6 a
		Solanum nigrum(7)	100	93,1	65,1	81,4	98,4	100
		Solanum physalifolium(7)	92,8	94,4	92,0	66,2	100	66,7
		Total dicotiledóneas(7)	92,4	96,0	89,1	77,9	95,6	89,2
		Total monocotiledóneas(7)	66,7	100	100	100	66,7	66,7
		Total arvenses(7)	92,0	96,0	89,1	77,9	95,2	88,3
		Fitotoxicidad media(8)	3	3	2	3	3	3
1999	5		A(9)	B	C	D	E	F
		Capsella bursa-pastoris	8,1 b	100 a	100 a	83,9 a	100 a	100 a
		Polygonum spp.	24,1 b	98,3 a	99,6 a	92,1 a	67,7 b	84,6 a
		Senecio vulgaris(7)	4,6	39,6	58,0	55,7	60,0	82,2
		Solanum physalifolium(7)	63,2	90,6	76,8	86,0	86,5	87,1
		Total dicotiledóneas	13,7 b	87,4 a	88,9 a	80,1 a	83,9 a	89,2 a
		Total monocotiledóneas(7)	100	100	66,7	66,7	100	66,7
		Total arvenses	13,7 b	87,4 a	88,7 a	80,0 a	83,9 a	89,0 a
		Fitotoxicidad media(8)	1	1	1	1	1	1
	6		G(9)	H	I	J	K	L
		Amaranthus hybridus	41,8 b	84,0 a	93,0 a	85,8 a	83,8 a	93,9 a
		Capsella bursa-pastoris(7)	85,7	96,3	98,4	97,4	98,1	93,5
		Chenopodium album(7)	56,3	82,8	70,1	96,0	85,1	91,0
		Polygonum spp.(7)	93,1	100	82,1	86,6	88,5	94,6
		Portulaca oleracea(7)	86,8	90,9	100	96,2	95,6	100
		Echinochloa crus-galli(7)	87,6	91,5	93,6	83,6	84,1	82,1
		Total dicotiledóneas	61,8 b	89,2 a	89,2 a	91,0 a	90,0 a	94,9 a
		Total monocotiledóneas(7)	86,8	92,2	94,1	84,9	82,1	83,6
		Total arvenses	72,2 b	89,8 a	91,9 a	90,2 a	88,3 a	92,6 a
		Fitotoxicidad media(8)	1	1	1	2	1	1

(7) Sin diferencias estadísticamente significativas, (8) Escala European Weed Research Society, (9) Tratamiento control.

Ensayos 1, 2, 3, 4: valores que difieren en todas sus letras son significativamente diferentes en la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Ensayos 5, 6: valores con letras distintas a la del tratamiento control superan a éste en el método de Dunnett ($p < 0,05$).

Discusión

Incidencia de flora invasora

El cuadro 3 muestra el inventario de flora arvense observada en la zona, indicando la incidencia de las distintas especies. *Echinochloa crus-galli* con frecuencia relativa muy próxima al 93% y CEIT del 24% es la especie que presenta mayor incidencia. Valores de frecuencia relativa entre el 50% y 70% se registran para *Chenopodium album*, *Stellaria media* y *Polygonum* spp., alcanzando *S. media* un 19,96% de CEIT. Muestran frecuencias relativas entre el 30% y 50% *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum*, *Polygonum aviculare*, *Amaranthus hybridus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Solanum physalifolium*, *Solanum nigrum* y *Portulaca oleracea*, presentando esta última especie el valor más elevado de CEIT (5,68%). Por último, con frecuencias relativas inferiores al 30% destacan *Geranium* spp. y *Senecio vulgaris* cuyos valores CEIT se hallan en torno al 2,5%. Las densidades medias oscilan entre 2,76 plantas/m^2 para *P. aviculare* y 60,33 plantas/m^2 para *E. crus-galli*.

Por términos municipales señalar que en Carracedelo la especie más importante es *E. crus-galli*, con una frecuencia relativa del 89%, densidad media de 57 plantas/m^2 y CEIT del 18%. Entre las dicotiledóneas, *S. media*, *C. album*, *S. nigrum*, *S. physalifolium*, *P. oleracea* y *Polygonum* spp. registran valores de frecuencia relativa en torno al 70%, si bien *S. media* muestra los valores más elevados de CEIT (12%) y densidad media (38 plantas/m^2). Por el contrario, *S. nigrum* ofrece los valores más bajos de CEIT (2,97%) y densidad media (9 plantas/m^2).

En Cacabelos, *E. crus-galli* vuelve a presentar los valores más elevados de CEIT (26,5%), frecuencia relativa (85,7%) y densidad media (28 plantas/m^2). En las dicotiledóneas, *S. media*, *P. oleracea* y *Anthemis arvensis* tienen valores similares de CEIT (en torno al 11%), frecuencia relativa (28,5%) y densidad media (entre 11 y 12 plantas/m^2). *Geranium* spp. muestra una frecuencia relativa muy elevada (72%), pero densidad media y CEIT más bajas que las anteriores especies.

En el término municipal de Quilós, *S. media* presenta el valor más elevado de CEIT (33%), ligeramente superior a *E. crus-galli* (32%), si bien esta última se encuentra en la totalidad de las parcelas visitadas. Reseñar igualmente la elevada presencia de *A. elatius*, con frecuencia relativa del 87% pero con un bajo valor de CEIT (7%). Las densidades medias de *E. crus-galli* y *S. media* en torno a 85 plantas/m^2 son muy superiores al resto de especies, cuyos valores oscilan entre 8 y 29 plantas/ m^2.

En Camponaraya destacar los valores CEIT de *E. crus-galli* (30,21%) y *C. album* (26,04%).

Los valores más elevados de densidades medias para dicotiledóneas y arvenses (247,72 plantas/m^2 y 314,56 plantas/m^2 respectivamente), se presentan en Carracedelo, mientras que para monocotiledóneas (103,80 plantas/m^2) aparecen en Quilós.

Ensayos

Los tratamientos A, B, C y D del ensayo 1, con diferencias significativas en la prueba de rango múltiple de Duncan, presentan eficacias medias que superan el 70% y el 57% para el conjunto de dicotiledóneas y arvenses respectivamente, aunque se observa un descenso muy significativo en la eficacia de los distintos tratamientos en el control de monocotiledóneas (máximo 56%). Por especies, destaca el 98% de eficacia media alcanzada por el tratamiento D en el control

de *A. hybridus* y *S. media* y únicamente un 56% en el tratamiento A para *A. elatius*.

En el ensayo 2, aunque no ha habido significación estadística, se puede destacar un considerable aumento de eficacia (superior al 85%) en el control de monocotiledóneas con relación al ensayo anterior. El tratamiento F alcanzó, globalmente, los mejores valores de eficacia media.

Atendiendo a *E. crus-galli* y total de monocotiledóneas, que presentaron significación estadística en el ensayo 3, destacan las eficacias medias de los tratamientos I, J y K para las monocotiledóneas (superiores al 96%), si bien el tratamiento I alcanza los mejores valores de eficacia para los totales y especies estudiadas con excepción de *Polygonum* spp. Cualquiera de estos tres tratamientos ha resultado más eficaz en el control de monocotiledóneas que las combinaciones de los ensayos precedentes.

En el ensayo 4 cabe destacar la escasa incidencia de monocotiledóneas, obteniendo los tratamientos N y R valores similares de eficacia media (superiores al 95%) para dicotiledóneas y arvenses. En este ensayo únicamente *Polygonum* spp. presentó significación estadística, mostrando el tratamiento P el menor valor de eficacia media.

En el ensayo 5, se utilizaron herbicidas antigramíneas específicos, aunque ninguna de las especies de monocotiledóneas superó el 75% de presencia en los testigos y por ello no se puede extraer ninguna conclusión respecto al comportamiento de las combinaciones en el control de monocotiledóneas. En *Polygonum* spp. el tratamiento E no supera al control. Para los totales de dicotiledóneas y arvenses todos los tratamientos superaron al control y no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Cabe resaltar la baja eficacia mostrada por el tratamiento control para el conjunto de arvenses (13,7%) que contrasta con la alcanzada por el tratamiento F (89%).

En el ensayo 6 todos los tratamientos superaron al control en la especie y totales con significación estadística. Al igual que en el ensayo anterior no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que superan al control. La eficacia media alcanzada por el tratamiento control para el conjunto de arvenses fue del 72,2%, si bien con el tratamiento L se obtuvo el 92,6%. En el control de monocotiledóneas la eficacia más elevada fue obtenida por la combinación I, que lleva en su composición cycloxydim como herbicida antigramíneas específico, aunque resulta notable que tanto la combinación H que no lleva herbicida antigramíneas, como el control, hayan alcanzado una eficacia superior a las dos combinaciones con propaquizafop.

Conclusiones

Principales especies infestantes del tabaco

Teniendo en cuenta valores de frecuencia relativa y contribución específica a la infestación total superiores al 30% y 2,5% respectivamente, las especies arvenses con mayor incidencia en el cultivo de tabaco en la comarca son: *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauvais (Poaceae), *Polygonum* spp. (*hydropiper* L., *lapathifolium* L., *persicaria* L.) (Polygonaceae), *Stellaria media* (L.) Vill. (Caryophyllaceae), *Chenopodium album* L. (Chenopodiaceae), *Portulaca oleracea* L. (Portulacaceae), *Solanum nigrum* L. (Solanaceae), *Solanum physalifolium* Rusby (Solanaceae), *Capsella bursa-pastoris* Moench. (Brassicaceae), *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) y *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (Willd.) S. y M. (Poaceae).

Herbicidas para su control

A la vista de los resultados obtenidos, se podrían aconsejar las siguientes combinaciones (kg m.a. ha^{-1}) para el control de infestaciones donde predominen las especies que se citan (únicamente las que presentaron significación estadística) y para el conjunto de flora arvense:

- *Amaranthus hybridus*: "metobromuron 0,5 + aclonifen 0,6"
- *Echinochloa crus-galli*: "pendimetalina 0,660 + linuron 0,225"
- *Capsella bursa-pastoris*: "linuron 0,225 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + pendimetalina 0,165"
- *Polygonum* spp.: "metobromuron 0,250 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,120" y "linuron 0,225 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,120"
- *Stellaria media*: "metobromuron 0,5 + aclonifen 0,6"
- Control general: "metobromuron 0,250 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,120 + propaquizafop 0,05" y "linuron 0,225 + (oxadiargyl 0,06 + aclonifen 0,2) + oxyfluorfen 0,120 + propaquizafop 0,05"

Hay que reseñar que el plazo máximo de utilización del metobromuron finalizó el 31 de diciembre de 2003.

Tratamientos propuestos

Por último, se puede concluir:

- En los tratamientos propuestos hay siempre una reducción del volumen de herbicida a utilizar, en relación con el tratamiento control, lo que conlleva una disminución del impacto ambiental causado por estos productos.
- Se dispone de tratamientos con un menor coste que el del control.
- El empleo de materias activas complementarias amplía la eficacia de los tratamientos y se impide la selección de flora resistente.
- No se ha constatado parada vegetativa y la tolerancia del cultivo a las distintas combinaciones ha sido satisfactoria.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar su agradecimiento a D. Aníbal Arias Carbajo, D. Félix Fernández Álvarez, D. Manuel Guerrero González, D. Abelardo Corullón Fernández y D. Juan Pacios Garnelo por su inestimable colaboración en la realización de los ensayos, así como al profesor D. José Luis Valencia Delfa, por sus consejos en el tratamiento estadístico de los datos.

Bibliografía

ANDERSON V., MCLEAN R., 1974. *Desing of experiments. A realistic approach*. New York; Basel: Marcel Dekker, Inc., 418 pp.

BARTLETT M.S., 1947. *The use of transformations*. Biometrics, 3, pp. 39-52.

BENNET C., FRANKLIN N., 1954. *Statical analysis in chemistry and the chemical industry*. Fourth printing. New York; London; Sidney: Jhon Wiley & Sons, Inc., 724 pp.

CASAS SÁNCHEZ J.M., 1997. *Inferencia estadística*. 2ª ed. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces S.A., 895 pp.

CIBA-GEIGY, 1992. *Manual for field trials in plant protection*. 3th edition. Switzerland: Plant Protection Division, Ciba-Geigy Limited, 271 pp.

COMITÉ DE PREVENCIÓN DE RESISTENCIAS A HERBICIDAS (CPRH), 1997. *Clasificación de los herbicidas según su modo de acción*. Servicio Protección Vegetales. A. Rovira Roure, 177. 25198 Lleida. 8 pp.

GARCÍA ROLLÁN M., 1996. *Atlas clasificatorio de la flora de España peninsular y balear*. Madrid: Mundi - Prensa. 2 v.

LI C.C., 1969. *Introducción a la estadística experimental*. Traducido por Griselda Ribó. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 496 pp.

LITTLE T.M., HILLS, F.J., 1991. *Métodos estadísticos para la investigación en agricultura*. Traducido por Anatolio de Paula Crespo. 2ª reimpr. de la 2ª ed. Méjico: Trillas. 270 pp.

SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1978. *Métodos estadísticos*. Traducido por J.A. Reinosa Fuller. 1ª ed. en español de la 6ª ed. en ingles, 5ª reimp. Méjico: Compañía Editorial Continental S.A., 703 pp.

TABERNER PALOU A., 1996. *Biología de "Lolium rigidum Gaud." como infestante del cultivo de cebada. Aplicación al establecimiento de métodos de control*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Lérida, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Lérida, 1996. 125 pp.

TEJEDOR TEJEDOR F.J., 1999. *Cuadernos de estadística. Análisis de varianza*. Madrid: La Muralla S.A., 132 pp.

VIGGIANI P., 1991. *Erbe spontanee e infestanti: tecniche di riconoscimento. Dicotiledoni*. Milán: Edagricole. 271 pp.

VIGGIANI P., ANGELINI R., 1998. *Erbe spontanee e infestanti: tecniche di riconoscimento. Graminacee*. Milán: Edagricole, 352 pp.

VILLARÍAS MORADILLO J.L., 1996. *Tratamientos herbicidas con dosis reducidas en remolacha azucarera*. Agricultura, 768, pp. 596-603

VILLARÍAS MORADILLO J.L., 2000. *Atlas de malas hierbas*. 3ª ed., rev. y amp. Madrid; Barcelona; México: Mundi – Prensa, 536 pp.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 2004).

ITEA (2004), Vol. **100V N.° 2,** 118-131

EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO POR PLANTACIONES DE PINO Y EUCALIPTO SOBRE EL HORIZONTE ORGÁNICO EN CONCEPCIÓN (CHILE)

Pedro Manzanares N.*, R.M. Navarro Cerrillo,[1]**

* Fundación STICHTING STOAS-AGRPROJECTS, Chile, Ongolmo n.° 196, piso 3, Concepción, Chile

** Departamento de Ingeniería Forestal-Universidad de Córdoba, Apartado 3048, 14080 Córdoba, España

RESUMEN

Se estudió la influencia de la sustitución de bosque nativo por *Pinus radiata* D. Don, y de éste por *Eucalyptus globulus,* sobre el desarrollo del horizonte orgánico (O) y las propiedades químicas del horizonte mineral de un suelo granítico (Asociación San Esteban; Dystric Xerochrepts) en Concepción (Chile).

La sustitución de las cubiertas forestales no afectó significativamente a la formación del horizonte orgánico. Sin embargo, la acumulación de detritus orgánico y el espesor del horizonte O fueron mayores bajo pino.

El comportamiento de la relación C/N parece confirmar estos resultados. Los valores más altos de esta relación correspondieron a las capas de hojarasca y de material fermentado (66 y 55, respectivamente) bajo pino. Mientras que bajo bosque nativo y bajo eucalipto los valores C/N correspondientes a las mismas capas fueron considerablemente menores (49 y 32; 45 y 33, respectivamente).

El valor de pH, el contenido de Ca y el valor de la relación C/N, en la capa hojarasca, sugieren una mayor calidad del humus formado bajo bosque nativo y eucalipto que en el formado bajo pino.

En cuanto a las propiedades químicas, del suelo mineral, los resultados muestran evidencias de diferencias significativas entre los tres tratamientos. Se concluye que, bajo las condiciones de experimentación, la sustitución de bosque nativo por pino contribuyó a mejorar el estado nutricional del suelo mineral, mientras que la influencia de la sustitución de pinos por eucalipto afectó negativamente a las propiedades químicas estudiadas.

Palabras clave: Cubierta vegetal, Horizonte orgánico y mineral, Materia orgánica, Humificación, Propiedades químicas.

SUMMARY

HORIZONT DEVELOPMENT AND VEGETAL COVER SUBSTITUTION

The influence of substituting native forest by *Pinus radiata* D. Don and this one by *Eucalyptus globulus* on the O-horizont and some chemical properties of a Dystric

1. Autor para la correspondencia

Xerochrepts soil was studied. The site is located in southern Chile, near Concepcion city.

Substitution of the forest covers did not significantly affect the formation of the O-horizont. However, total accumulation of organic detritus and the thickness of the O-horizont were higher under pine. Humification is the dominant process, given the amount of organic detritus, 67% and 55% accumulated at the H layer, under pines and eucalyptus, respectively. While, under pine this figure amounted 47%. The C/N values confirm these figures, suggesting a more fresh condition of detritus under pines (55-66) and an intensive humification under native (49-32) and eucalyptus (45-33). However, the humus formed under native forest seems to be of higher quality with regard to pH, the Ca content and the C/N values. Related to the mineral soil, these results show that the replacement of the native cover significantly reduced acidity and increased, both, the ECEC and V. Whereas, the substitution of pines by eucaliptus increased the acidity and reduced the ECEC and V. The organic matter content of soil was not significantly affected by the treatments tested. It is concluded that, under the experimental conditions tested, the substitution of native forest by pines clearly improved the nutritional status of the soil. Whereas, the substitution of pines by eucalyptus affected the studied chemical properties negatively.

Key words: Vegetal cover, Organic and mineral horizont, O.M., Humification, Chemical properties.

Introducción

Las cubiertas vegetales juegan un papel importante en el desarrollo y productividad de los suelos (PAGE, 1974; FÖLSTER y KHANNA, 1997). En la selvicultura de plantaciones de especies de rápido crecimiento, como pino y eucalipto, que demandan intensivamente nutrientes y agua, la reducción de la productividad de los suelos tras sucesivas rotaciones es un hecho frecuente y reconocido (SANKARAN, 1993; LUGO *et al.*, 1990). El fenómeno de degradación de la fertilidad de los suelos forestales ha sido una preocupación permanente en los países de tradición silvícola y se atribuye a causas diversas, entre las que se mencionan: las "quemas de limpieza" (FLINN *et al.*, 1979), la pobreza del material parental (WOODS y RAISON, 1983), el uso de suelos marginales y tierras altas y/o degradadas (EVANS, 1992; MORRIS, 1992), aprovechamiento muy intensivo del bosque, manejo inadecuado de los residuos, compactación y erosión del suelo (ALARCÓN y PRADO, 1990).

En Chile, el tema de la reducción de la productividad en bosques y plantaciones forestales ha recibido atención desde mediados de los años 80 y se ha entendido como una consecuencia de impactos de operaciones mecanizadas y muy estrechamente asociada a suelos pobres y marginales (FRANCKE, 1993). Consecuentemente, el foco de la investigación sobre este fenómeno y las prácticas de manejo para aminorar sus efectos se han dirigido hacia aspectos tales como técnicas de preparación del suelo y de manejo de residuos de aprovechamiento; estrategias de fertilización y de control de malezas, y sistemas de cosecha adecuados a sitios y objetivos productivos específicos.

La literatura más reciente sobre el tema, además de ofrecer abundante información que confirma las visiones ante expuestas, sugiere que la disminución de la productividad de los sitios resulta también de efectos más complejos y específicos de las plantaciones mismas sobre propiedades químicas del suelo. Se sugiere que la reducción de la productividad podría estar asociada a la acidificación del suelo (TURNER y LAMBERT, 1988) y al agotamiento de éste, como consecuencia del bloqueo de la oxidación de la materia orgánica (RICHTER *et al.*, 1994; O'CONNELL y SANKARAN, 1997) y/o la lixiviación de nutrientes (UNDA y RAVERA, 1994; SCHLATTER y OTERO, 1995; SEYEDBAGHERI, 1996). Respecto de *Pinus* y *Eucaliptus*, específicamente, se sostiene que muchas de sus especies presentan una muy alta eficiencia de uso de los nutrientes y producen un mantillo relativamente pobre, de modo que el cultivo de estas especies, particularmente bajo régimen de rotaciones cortas, afectaría negativamente a las reservas y flujos de nutrientes disponibles para las plantaciones (SANKARAN, 1993; GUNADI, 1994). LUGO, *et al.* (1990) tienden a confirmar lo anterior, indicando que tras comparar los efectos del cultivo de diez especies sobre propiedades químicas del suelo, encontraron que pino y eucalipto disminuyeron el contenido de C orgánico y las bases intercambiables.

En esta misma línea de razonamiento, se reconoce que la tasa de descomposición de la materia orgánica y la de liberación de nutrientes, pueden variar ampliamente en función de las características físicas y bioquímicas de los residuos aportados por las cubiertas vegetales (SUKARDJO y YAMADA, 1992; FISHER y BINKLEY, 2000). Consecuentemente, se acepta que la sustitución de cubiertas vegetales puede afectar las tasas de acumulación y descomposición del mantillo y modificar la tasa de formación y acumulación de materia orgánica en el suelo mineral; afectando la circulación biogeoquímica de los nutrientes (MAILLY y MARGOLIS, 1992; SIGH *et al.*, 1993; TOKY y SIGH, 1993; BINKLEY, 2001). Concordando con lo anterior, KHANNA (1994) sostiene que tanto la dinámica de la materia orgánica como la de los nutrientes minerales, descansa críticamente en la descomposición del mantillo, ya que ella alimenta simultáneamente la formación de la materia orgánica y la circulación de los nutrientes en el suelo mineral.

DE SALAS (1987) sostiene que, para una localización específica, las tasas de acumulación y descomposición de la materia orgánica y el balance entre estos procesos, dependerán del tipo de cobertura (cantidad y calidad de los restos vegetales), de la reacción del medio y de la disponibilidad de nutrientes (N y Ca, particularmente) y la relación C/N. Ésta última es considerada como una expresión que refleja bastante fielmente la intensidad de la descomposición, la humificación y la calidad del humus formado, no sólo en el horizonte orgánico sino también en el suelo mineral (DONOSO, 1997; BINKLEY, 1993).

La bibliografía revisada destaca la importancia de diversos factores que controlan la descomposición del "mantillo" y la humificación. Además del tipo de cubierta vegetal, se menciona el tipo de suelo y las condiciones iniciales de éste; el clima, el manejo del suelo y del rodal (KHANNA, 1994; O'CONNELL y SANKARAN, 1997).

La presente investigación tiene por objetivo estudiar los efectos de la sustitución de bosque nativo por plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don) y de éste por eucalipto *Ecucaliptus globulus*, sobre el desarrollo del horizonte orgánico y propiedades químicas básicas del suelo mineral, tras 35 y 14 años después del reemplazo, respectivamente.

Materiales y métodos

Descripción del área de trabajo

El estudio se realizó en la finca "El Guindo y la Cantera", ubicado en los alrededores de la ciudad de Concepción (36° 50" LS y 73° 03"LW). El clima es templado cálido, con marcada estacionalidad; con inviernos húmedos y veranos secos. La precipitación media anual es de 1197 mm (INIA, 1999). Conforme a CIREN (1999), el tipo de suelo es Dystric Xerochrepts (Soil Survey Staff, 1999) (Inceptisol, Asociación San Esteban) y se ha formado "in situ", a partir de materiales graníticos ricos en cuarzo. El perfil natural es profundo, pudiendo alcanzar hasta 2 m. Con la profundidad, la textura varía desde franco-arcillosa en superficie a franco-arenosa y la estructura desde bloques subangulares gruesos en superficie, a masiva en profundidad. Los poros, finos y medios, son abundantes en todo el perfil. La consistencia es plástica y muy adhesiva. Presenta una topografía de cerros, con pendientes que oscilan entre 30% y 50%, su capacidad de uso es VII y su aptitud es preferentemente forestal (CIREN, 1999).

El análisis químico del perfil tipo indica que se trata de un suelo de baja fertilidad natural, a juzgar por la baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE; 3,9-1,3 cmol(+)/kg) y bajo contenido de bases intercambiables (3,6–1,0 cmol(+)/kg). La saturación de Al es muy baja (6,5%) en el horizonte superficial (0-26 cm), aumentando hasta 49%, con la profundidad. La reacción del suelo es débilmente ácida (pH al agua 1:2,5 5,9-6,2). El contenido de C orgánico alcanza el 2,18% en el horizonte superficial y disminuye progresivamente con la profundidad, alcanzando 0,45% a los 60 cm. En el cuadro 1 se presenta las propiedades fisicoquímicas del perfil tipo correspondiente a la Asociación San Esteban.

La vegetación natural corresponde a bosque de transición, entre la zona higromórfica y mesomórfica. Las cubiertas vegetales estudiadas corresponden a un rodal de bosque nativo, uno de *Pinus radiata* (2ª rotación) y otro de *Eucalyptus globulus* (1ª rotación). La cubierta conformada por bosque nativo no ha sido objeto de manejo ni de aprovechamiento, al menos durante los últimos 40 años, y se ha mantenido constituyendo áreas de protección, e incluye especies latifoliadas, principalmente: *Peumus boldus* (boldo), *Cryptocaria alba* (peumo), *Quillaja saponaria* (quillay), *Persea lingue* (lingue), *Embothrium coccineum* (notro) y *Nothofagus obliqua* (roble). El sotobosque incluye *Lapageria rosea* (copihue), *Chusquea quila* (quila) y regeneración natural de peumo y lingue.

La cubierta de pino corresponde a un rodal de 4,9 ha de superficie con una densidad de 1225 árboles/ha, con un abundante sotobosque en el que predominan: *Teline monspessulana* (retamillo), *Rubus ulmifolius* (zarzamora) y *Aristotelia chilensis* (maqui). Se trata de un rodal establecido tras una clara del bosque nativo, manejado con poda y raleo.

La cubierta de eucalipto consiste en un rodal de 3,9 ha de superficie con una densidad de 1.520 árboles/ha, establecido en una parcela de suelo liberado del cultivo de pino, mediante cosecha semimecanizada, con retiro de los residuos gruesos. La plantación tiene una edad de 14 años. En el sotobosque predominan especies como *Teline monspessulana*, *Rubus ulmifolius* y *Acacia melanoxylon* (aromo australiano).

Muestreo y determinaciones

Cada cubierta vegetal constituyó un tratamiento. Para estudiar los efectos de las

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas del suelo (asociación): San Esteban (xerands). Perfil tipo: ortofoto nº 3.743 - 7.249, a 5.286,4 km. Lat. UTM., a 690,9 km. Log. UTM. (CIREN, 1999)

Profundidad, cm	0-26	26-62	62-113	113-160	160-200	200-250
Granulometría						
> 0,05 mm	57,1	51,9	47,6	63,0	77,7	84,8
0,05-0,002 mm	23,8	17,9	16,8	10,6	9,1	8,1
< 0,002 mm	19,1	30,2	35,5	26,4	13,2	7,1
Textura (USDA)[1]	F	FQcAn	QcAn	FAn	FAn	AnF
Densidad aparente, g/cm^3	1,31	1,23	1,17	1,15	1,09	1,18
Humedad retenida 1/3 atm., %	24,2	20,0	24,4	21,8	21,0	18,1
Humedad retenida 15 atm. %	11,2	12,4	16,0	15,0	8,5	7,5
Humedad aprovechable, %	13,0	7,6	8,4	6,8	12,5	10,0
Carbono orgánico, %	2,18	0,45	0,37	0,21	0,10	0,07
pH H_2O (1:2,5)	6,0	6,0	5,9	5,9	6,0	6,0
Complejo de cambio, (cmol +/kg)						
Ca	2,66	2,11	1,17	1,29	0,80	0,70
Mg	0,46	0,44	0,40	0,36	0,22	0,16
K	0,46	0,32	0,25	0,16	0,09	0,06
Na	0,03	0,03	0,03	0,06	0,08	0,10
Al	0,25	0,35	1,77	1,09	0,58	0,32
Suma de bases	3,61	2,90	1,85	1,87	1,19	1,02
Capacidad total de intercambio (CIC)	13,9	14,2	14,7	7,0	4,2	3,4
CICE (CIC efectiva)	3,86	3,25	3,62	2,96	1,77	1,34
Saturación por bases, %	26	20	13	27	29	30
Saturación por Al, %	6,5	10,8	48,9	36,8	32,8	23,9

(1) F: Franco; Qc: Arcilla; An: arena.
Resultados expresados sobre peso seco al aire.

cubiertas sobre el horizonte-O ("mantillo"), se trazó un transecto de 50 m (perpendicular a la máxima pendiente), en el que se procedió a demarcar 10 casillas de 0,1 m^2, cada 5 m. En cada una se identificaron las capas L, F y H (formadas por hojarasca, material fermentado y material humificado, respectivamente) y se midió el espesor de éstas, con regla graduada al mm. Luego, se recogió material, de cada capa, para obtener una muestra compuesta para cada tratamiento, en la que se determinó la masa seca acumulada (105 °C durante 24 h).

La tasa de descomposición del "mantillo" se determinó mediante ensayo de terreno, según método descrito por Pérez (1995). Básicamente, se recolectó hojarasca fresca, bajo cada cubierta vegetal. Tras su secado a peso constante (24 h a 105 °C) se prepararon muestras de 10 g., cada una, en bolsas de malla plástica (tamiz de 2 mm), que se instalaron bajo la correspondiente cubierta, sobre la superficie del suelo, cubiertas con hojarasca. Se instalaron 32 bolsas, bajo cada una de las cubiertas y la incubación misma duró 16 semanas; de modo que cada semana

se retiraron dos bolsas de cada ubicación, para determinar la pérdida de peso, mediante gravimetría.

Para la recogida de material de suelo mineral, se procedió a identificar, bajo cada rodal, tres lugares similares desde el punto de vista de la altitud, la pendiente, la posición y exposición, en la parte media de las laderas, donde se abrió una pequeña calicata (0-35 cm), en la que se realizó un muestreo aleatorio, recogiendo submuestras hasta completar alrededor de un kilo de material, por cada nivel de profundidad (0-15 cm y 15-30 cm), del cual se obtuvieron las muestras para el análisis químico. Éste incluyó las determinaciones y métodos siguiente: pH (H_2O, 1:2,5), materia orgánica (dicromato de potasio), N total (semi-micro Kjeldahl), Ca y Mg (extracción con ¿?? y determinación mediante espectrometría de absorción atómica, AAS), K y Na (extracción con ¿? y determinación mediante espectrofotometría de emisión, FES) y Al de intercambio (extracción con KCl). Las determinaciones fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, conforme a procedimientos estandar (VIDAL, 1991).

Análisis estadístico

Una vez realizada la comprobación de la normalidad y la homogeneidad de varianzas de los datos, se procedió a un análisis de la varianza (ANOVA) para la determinación de la existencia de diferencias significativas de las variables seleccionadas entre los distintos tipos de cubiertas. En caso de ser significativa la diferencia de medias (F de Fischer), se realizó un análisis comparativo de las mismas, empleando el método de Tukey para comparaciones múltiples con un nivel de significación del 95% (LITTLE y HILLS, 1978). Los datos fueron almacenados en hojas de cálculo del programa *Microsoft Excel 2000*. El análisis estadístico descriptivo de los datos se realizó con el paquete estadístico *SPSS 8.0*.

Resultados

Formación del horizonte orgánico

Características físicas del mantillo

Los resultados de este estudio muestran que el horizonte O presentó un desarrollo comparable, bajo las tres cubiertas vegetales, lo que se expresa en un considerable espesor (7-8 cm) y una clara diferenciación morfológica reflejada en la presencia de las capas típicas del horizonte orgánico (L, F y H) y una importante acumulación de restos y detritus orgánicos, que varió entre 46.000 y 53.544 kg m.s./ha. Aunque los tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas, se observaron variaciones entre suelos (cuadro 2).

Bajo la cubierta de pino se presentó el mayor espesor del horizonte O (8 cm) y la mayor acumulación de materia orgánica (53.544 kg m.s./ha), seguido por el horizonte orgánico formado bajo bosque nativo. El menor espesor (6.9 cm) y la menor acumulación (46.586 kg m.s./ha) correspondieron al mantillo formado bajo eucalipto. Estos resultados parecen confirmar que la acumulación de detritus orgánicos está asociada al tipo de vegetación que constituye la cubierta vegetal, como sostiene DE SALAS (1987).

Al analizar el comportamiento del espesor y de la acumulación por capas, en cada tratamiento, se constata que ambos parámetros tienden a aumentar con la profundidad de horizonte-O. Bajo nativo y eucalipto, la

Cuadro 2. Caracterización física y química del horizonte orgánico(O) (L = hojarasca, F = material fermentado, H = material humificado) desarrollado bajo el bosque nativo, el *Pinus radiata* D. Don, y el *Eucalytus globulus* Labill

Capas de horizonte O	Bosque nativo	Pinus radiata	Eucalyptus globulus
Espesor (cm)	7,0	8,1	6,9
L	1,9	2,4	1,5
F	1,8	3,4	2,5
H	3,5	2,3	2,9
Acumulación (m.s. kg/ha)	50.438,0	53.573,0	46.586,0
L	6.040,0	10.552,0	8.288,6
F	10.556,0	17.586,7	12.556,0
H	3.842,0	25.435,0	25.742,0
Descomp. (pérdida de peso, en %)	3 a	24 ab	20 c
	Relación C/N		
L	49	66	45
F	32	55	33
H	28	23	32
Acumulación de N (kg/ha.)	352	429	253
L	50	76	41
F	108	266	105
H	194	87	107
	Acumulación de Ca (cmol +/kg)		
H	20,67	7,74	7,82
	Reacción del suelo (pH)		
L	4,78	4,63	4,19
F	5,90	4,96	5,33
H	6,75	4,76	6,27

capa H alcanza el mayor espesor (3,5 cm y 2,9 cm, respectivamente) y la mayor acumulación (33.842 y 25.742 kg m.s./ha, respectivamente). Esto es, 67% del material orgánico acumulado bajo bosque nativo y 55% de la masa acumulada bajo eucalipto se concentra en la respectiva capa H.

En el mantillo formado bajo pino, sólo el 47% del material se acumula en la capa H, mientras que el 53% lo hace en las capas superficiales (L y F), indicando que bajo pino el material se encuentra en un estado más fresco, mientras que bajo bosque nativo el mantillo se encuentra más descompuesto.

Características químicas del mantillo

El comportamiento de los parámetros químicos (C/N, pH y contenidos de N y C), escogidos para evaluar el efecto de las cubiertas vegetales sobre el desarrollo del horizonte O, es consistente con el patrón de acumulación encontrado y con los criterios

que sobre este aspecto proporciona la bibliografía consultada (Donoso, 1997; Binkley, 1993) (cuadro 2). Los mayores valores C/N ocurren en el horizonte O formado bajo pino (capas L y F); mientras que los valores de C/N para bosque nativo y eucalipto son claramente menores y comparables entre sí. Bajo cada cubierta vegetal la relación C/N disminuye, desde la capa L a la H. El análisis estadístico reveló diferencias significativas entre los valores de C/N correspondientes a pino y eucalipto, y también entre pino y bosque nativo. El análisis químico del material constituyente del "mantillo" muestra diferencias importantes respecto del contenido de nutrientes (Ca y N) y del pH. El N se acumula en mayor cantidad bajo pino, especialmente en la capa F. Mientras que bajo bosque nativo la acumulación de N fue bastante menor, y se concentró principalmente en la capa H. Bajo eucalipto, la acumulación de N fue muy inferior a la registrada bajo las otras dos cubiertas, y se registró en las capas F y H (cuadro 2).

Respecto al Ca los resultados mostraron que la acumulación de este nutriente fue casi tres veces mayor bajo bosque nativo, comparada con la registrada bajo las otras dos cubiertas. En cuanto al pH, los resultados indican que bajo las tres cubiertas la reacción fue ácida, variando desde muy fuertemente ácida bajo pino; a fuertemente ácida bajo eucalipto, y ligeramente ácida bajo bosque nativo (cuadro 2). Se encontraron diferencias entre los valores de pH del mantillo bajo bosque nativo respecto al de pino y eucalipto. La diferencia fue mas acusada al comparar los valores correspondientes al bosque nativo con el mantillo de pino, salvo para la hojarasca, y mucho menores al comparar el mantillo de bosque nativo con el correspondiente a las plantaciones de eucalipto. Estos resultados confirman la importancia de las cubiertas vegetales respecto del comportamiento de la acidez en los pisos forestales. Los resultados que se refieren a la acumulación de materia seca en la capa H, la relación C/N y los contenidos de N y Ca, sugieren que la descomposición y la humificación serían los procesos predominantes bajo las tres cubiertas estudiadas. Los resultados de pH parecen confirmar que las coníferas tiendan a producir un mantillo más ácido y menos lábil. Lo cual resulta concordante con el hecho, generalmente aceptado, de que las coníferas tienden a acidificar el piso del bosque, debido al bajo contenido de Ca de sus acículas (FASSBENDER, 1994; DONOSO, 1997).

Efectos sobre el suelo mineral

Reacción del suelo

Los resultados muestran diferencias significativas de pH ($p < 5\%$), entre el suelo bajo cubierta nativa y el suelo bajo cubiertas de exóticas (cuadro 3). Comparando el valor medio de pH bajo las tres cubiertas, se verifica que existen diferencias significativas, presentándose la mayor acidez, promedio (pH 5,07) bajo bosque nativo, mientras que bajo eucalipto y pino el valor promedio de pH fue claramente mayor (pH 5,81 y 5,65 respectivamente); no existiendo diferencia significativas entre estas últimas. Bajo cada cubierta vegetal la acidez aumentó con la profundidad; el mayor se incremento se produjo bajo eucalipto y el menor bajo pino.

En el suelo mineral, el comportamiento del Al de intercambio es consistente con el de la acidez y de la CICE, bajo cada cubierta. En términos de pH, la sustitución de bosque nativo por pino no incrementó la acidez, sino que la redujo, medida 35 años después de sustitución, en la segunda rotación. Coherentemente, incrementó la CICE, disminuyó

Cuadro 3. Efectos de la sustitución de cubiertas vegetales sobre el pH, Al de intercambio, Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), bases de intercambio y contenido de materia orgánica (MO) sobre un suelo desarrollado a partir de material granítico (Dystric Xerochrepts, Inceptisol)

Cubierta vegetal y profundidad	Reacción (pH)	Al de intercamb. (cmol+/kg)	CICE (cmol +/kg)	Bases interc. (cmol +/kg)	MO (%)
Nativo					
0 - 15 cm	5,15	1,59	3,77	2,17	7,55
15 - 30 cm	4,99	2,44	2,17	0,84	4,37
Promedio	5,07a*	2,01a	2,97a	1,51a	5,96a
Pino					
0 - 15 cm	5,86	0,22	10,29	6,59	5,85
15 - 30 cm	5,77	0,47	7,91	4,46	3,51
Promedio	5,81b	0,35b	9,10b	5,53b	4,68a
Eucalipto					
0 - 15 cm	5,82	0,74	4,53	2,41	5,42
15 - 30 cm	5,49	1,39	3,34	1,33	4,11
Promedio	5,65b	1,07ab	3,94a	1,87a	4,77a

(*) Prueba de Tukey para comparaciones múltiples, diferentes letras denotan diferencia significativa ($P < 5\%$).

drásticamente el porcentaje de saturación de Al y se elevó el valor de pH. El análisis estadístico indicó diferencias significativas para el contenido de Al de intercambio de los suelos bajo las cubiertas vegetales de nativo y pino, solamente. El contenido de Al, prácticamente se duplicó al pasar del estrato superficial al subsuperficial, bajo las tres cubiertas vegetales.

Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) y bases de intercambio

En el cuadro 3 se aprecia que la CICE varió considerablemente entre las cubiertas y con la profundidad, en el suelo (0-15 y 15-30 cm). Como en el caso de la acidez, las diferencias fueron mayores entre cubiertas que entre estratos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de CICE correspondiente a los suelos bajo la cubierta de pino respecto a las otras, que no difieren entre si.

Considerando que la CICE del perfil modal del suelo varía entre 3,86 y 3,25 cmol(+)/kg (CIREN, 1994), se puede afirmar que el suelo bajo bosque nativo presentó un nivel normal de CICE (2,97 cmol(+)/kg), y que la sustitución de la cubierta nativa por pino incrementó fuertemente el valor de la CICE (9,10 cmol(+)/kg). Al contrario, la sustitución del pino por el eucalipto redujo la CICE a prácticamente a la mitad (3,94 cmol(+)/kg); reducción que también fue estadísticamente significativa. El efecto de la sustitución sobre las bases de intercambio es similar a aquel sobre la CICE, ya que este parámetro se calculó como la suma de las bases de intercambio. En todos los casos, los cationes predominantes fueron Ca y Mg. El análisis estadístico reveló diferencias signifi-

cativas respecto del Ca solamente, entre los suelos bajo bosque nativo y pino y entre éste y el suelo bajo eucalipto.

Materia orgánica (MO)

La mayor acumulación de MO se produce en el horizonte mineral superficial bajo bosque nativo (7,55%), siendo menores y similares entre si bajo cubierta de pino y eucalipto (5,85 y 5,42%, respectivamente). Los resultados revelaron que la sustitución de la cubierta de bosque nativo por pino redujo considerablemente el contenido de MO, mientras que la sustitución de la cubierta de pino por eucalipto redujo muy levemente el contenido de MO en el estrato superficial, y favoreció la acumulación de MO en el estrato subsuperficial. Sin embargo, los contenidos de MO, del suelo bajo las tres cubiertas vegetales no fueron significativamente diferentes, a pesar de la tendencia a una mayor acumulación en el estrato superficial del suelo mineral.

Discusión

La acumulación de materia orgánica bajo las cubiertas de especies exóticas en comparación con aquella bajo bosque nativo parece indicar que la sustitución de especies nativas por pino favorece la formación de "mantillo"; al menos bajo las condiciones climáticas y edáficas en que se realizó este estudio, mientras que la sustitución de pino por eucalipto tiende a disminuir dicha acumulación. Respecto del efecto de la cubierta de pino, se debería tener presente la posible influencia del manejo del rodal de pino (poda y raleo) y de la riqueza del sotobosque bajo esta cubierta. En cuanto al efecto de la sustitución de pino por eucalipto sobre la acumulación de materia seca se explicaría por un menor aporte de restos de las latifoliadas, así como por el material vegetal mismo, que es más lábil frente a la descomposición (O'CONNELL y SANKARAN, 1997).

La mayor acumulación de materia orgánica bajo la cubierta de pino, seguida por el horizonte orgánico formado bajo bosque nativo, puede deberse a que los procesos de descomposición y humificación suelen ser más intensos en medios ricos en nutrientes, como aquellos que se generan bajo bosques de caducifolias, y menos intensos bajo bosques de coníferas, donde abundan tejidos leñosos ricos en compuestos fenólicos (lignina y celulosa, principalmente) resistentes a la biodegradación (CAREY *et al.*, 1982; DE SALAS, 1987; PERRY, 1994).

El comportamiento de los parámetros químicos (C/N, pH, N y Ca) escogidos para evaluar el efecto de las cubiertas vegetales sobre el desarrollo del horizonte O, es consistente con el patrón de acumulación ya discutida y con los criterios proporcionados por la bibliografía, ya citados (BINKLEY, 1993; DONOSO, 1997). La descomposición es mayor bajo bosque nativo y eucalipto, lo que se refleja en los valores relativamente bajos de la C/N, en las capas L y F. Por el contrario, la tasa más baja de descomposición corresponde al mantillo formado bajo pino, que presenta una mayor proporción de material fresco y fermentado (capas L y H). Sin embargo, el valor más bajo de la relación C/N se encuentra en la capa H bajo pino. Hecho que se explicaría, en alguna medida, por la eventual presencia de humus estable proveniente del bosque nativo o a un eventual efecto de la acidez sobre la mineralización del humus (SINGER y MUNNS, 1992).

Interpretando los resultados que se refieren a la acumulación de materia seca en la

capa H, la relación C/N y la acumulación de N y Ca, se infiere que la humificación sería el proceso predominante bajo las tres cubiertas estudiadas. Los resultados parecen confirmar, también, que las coníferas tienden a producir un mantillo más ácido. En efecto, bajo pino se ha generado un ambiente ácido, mientras que bajo eucalipto la acidez es moderada y débil para bosque nativo (capas F y H). Los tres tratamientos generaron una capa de hojarasca fuertemente ácida. Respecto de este resultado, cabe recordar que la tendencia de las coníferas a acidificar el piso del bosque resulta del escaso contenido de Ca de las acículas, asociado a su historia evolutiva (FASSBENDER, 1994; DONOSO, 1997). Si se considera que el suelo tipo sobre el que se realiza el estudio es débilmente ácido, estos resultados sugieren que el reemplazo de la cubierta de bosque nativo por cubierta de pino redujo la acidez, lo que confirma los valores de pH moderadamente ácidos encontrados bajo pino en suelos rojo arcillosos (SÁEZ, 1991). El comportamiento de la acidez, del suelo mineral, fue concordante con el del Al de intercambio.

Contrariamente a las propuestas de autores como LUGO *et al.* (1990), estos resultados muestran que la sustitución del bosque nativo por el de pino estuvo asociada a una acumulación de bases de intercambio y al incremento de la CICE. Estos hecho se explican, probablemente, por el hecho de que la CICE habría incrementado vía desarrollo de carga negativa del humus como consecuencia de la reducción de la acidez operada en el suelo mineral (BOHN *et al.*, 1979; BRADY, 1990), que se incrementó en más de una unidad de pH, entre la capa H y el suelo mineral, bajo pino. Estos resultados coinciden con los de CAREY *et al.* (1982), que al estudiar 41 rodales de pino radiata de primera rotación y 7 de segunda, encontraron que los últimos contenían "el doble de nutrientes que los primeros", Sin embargo, no procede formular mayores conclusiones sobre el comportamiento de la CICE, puesto que depende de un conjunto complejo de variables, no consideradas en el presente estudio.

Los resultados del presente trabajo permiten concluir, en general, que el cambio de cubierta vegetal influye tanto en la formación del horizonte orgánico como en las propiedades químicas del suelo mineral. Después de 35 años de haber sustituido el bosque nativo por el pino y tras 14 años de la sustitución de éste por el eucalipto, las cubiertas de especies exóticas se mostraron tan efectivas como el bosque nativo respecto a la formación del horizonte orgánico. No obstante, el mantillo formado bajo el pino presentó el mayor espesor y la mayor acumulación de materia seca. La descomposición de los restos vegetales acumulados en las capas L y F, de los horizontes orgánicos formados bajo el bosque nativo y el eucalipto tiene similar intensidad, mientras que parece ser muy lenta en las capas L y F del horizonte orgánico formado bajo el pino, a juzgar por los altos valores C/N y la baja tasa de descomposición de los materiales que las componen.

El ambiente es moderado a levemente ácido bajo el bosque nativo y el eucalipto, y ácido bajo pino. Los resultados sugieren que el humus formado bajo el pino presenta un estado nutricional bajo comparado con el humus sintetizado bajo el bosque nativo y bajo el eucalipto, a juzgar por los valores de la relación C/N, el contenido de Ca y el pH. Sin embargo, y desde un punto de vista de manejo de la nutrición de la zona, se considera el humus formado bajo el pino tan adecuado como el formado bajo el bosque nativo, atendiendo a que aquel contiene la mayor la

reserva de N y exhibe el menor valor de la relación C/N.

La sustitución de bosque nativo por pino parece no tener efectos negativos en la formación del horizonte orgánico. La sustitución del bosque nativo por el pino influye positiva y significativamente en las propiedades químicas asociadas al estatus nutricional del suelo, mediante la reducción de la acidez, el aumento de la CICE y del contenido de bases intercambiables, especialmente Ca. Al contrario, la sustitución del pino por el eucalipto afectó positiva y significativamente a la CICE, reduciéndola a la mitad. La sustitución del bosque nativo por el pino afectó negativamente a la acumulación de MO, y lo mismo que la sustitución del pino por el eucalipto, el contenido de MO bajo las plantaciones fue menor que el correspondiente bajo el bosque nativo. El contenido de MO no estuvo asociado a la acidez, a la CICE ni a las bases de intercambio.

Los resultados sugieren que la sustitución de bosque nativo por pino tuvo efectos mejoradores, más que degradantes, respecto a la formación del horizonte orgánico y de las propiedades químicas consideradas en este estudio. La sustitución de pino por eucalipto no produjó efectos significativos, excepto respecto de la CICE, cuya reducción fue significativa estadísticamente.

Conclusiones

La sustitución de las cubiertas forestales no afectó significativamente a la formación del horizonte orgánico. Sin embargo, la acumulación de detritus orgánico y el espesor del horizonte orgánico fueron mayores bajo pino. El comportamiento de la relación C/N parece confirmar estos resultados. Los valores más altos de esta relación correspondieron a las capas de hojarasca y de material fermentado bajo pino. Mientras que bajo bosque nativo y bajo eucalipto los valores C/N correspondientes a las mismas capas fueron considerablemente menores. El valor de pH, el contenido de Ca y el valor de la relación C/N, en la capa hojarasca, sugieren una mayor calidad del humus formado bajo bosque nativo y eucalipto que en el formado bajo pino.

En cuanto a las propiedades químicas, del suelo mineral, los resultados muestran evidencias de diferencias significativas entre los tres tratamientos. Se concluye que, bajo las condiciones de experimentación, la sustitución de bosque nativo por pino contribuyó a mejorar el estado nutricional del suelo mineral, mientras que la influencia de la sustitución de pinos por eucalipto afectó negativamente a las propiedades químicas estudiadas.

Bibliografía

ALARCÓN C., PRADO J.A., 1990. Efecto del manejo de residuos de explotación *Pinus radiata* en los procesos de erosión. Ciencia e Investigación Forestal 4(1): 35-48.

BINKLE D., 1993. Nutrición forestal. Prácticas de manejo. Limusa, México.

BINKLE D., 2001. Soil fertility and nutrient management for forestry in Hawaii: In soil site productivity for forestry in Hawaii, J.B. Friday (ed.) CTAHR, University of Hawaii, Manoa.

BOHN L.H., MCNEAL B.L., O'CONNOR G.A., 1979. Soil Chemistry. John Willey & Sons Inc.. New York, USA. 317 p.

BRADY N.C., 1990. The nature and properties of soils. Macmillan publishing Company. Tentnh Ed. London, England. 514 p.

CAREY M.L., HUNTER I.R., ANDREW I., 1982. Pinus radiata forest floor: factors affecting organic matter and nutrient dynamics. Journal of Forestry Science 12 (1): 36-48. Forest Research Institute. Rotorua. New Zealand.

CIREN, 1999. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio Agrológico. VIII Región. Tomo II. Santiago, Chile. 281-537 p.

DE SALAS G., 1987. Suelos y ecosistemas forestales. IICA. San José. Costa Rica.

DONOSO Z.C., 1997. Ecología Forestal: el bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Santiago, Chile, 410 p.

EVANS J., 1992. Plantation forestry in the tropics. 2nd Ed. Clarendon Press, Oxford. 403 p.

FASSBENDER H.W., 1994. Química de Suelos. Con énfasis e América Latina. IICA-OEA, San José, Costa Rica. 365 p.

FISHER R.F., BINKLEY D., 2000. Ecology and management of forest soils. Whiley, New York. 489 p.

FLINN D.W., HOPMANS P., FARRELL P.W., JAME J., 1979. Nutrient loss from the burning of *Pinus radiata* logging residue. Australian Forest Research 9: 17-23.

FÖLSTER H., KHANNA P.K., 1997. Dynamics of nutrient supply in plantation soils. In: Nambiar, E.K.S. and A.G.Brown (eds) Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest. ACIAR, Monograph N° 43, Canberra, Australia. 339-371.

FRANCKE C.S., 1993. Efecto de las plantaciones forestales en el suelo. Chile Forestal. Documento técnico N° 70. CONAF. Santiago, Chile. 54 p.

GUNADI B., 1994. Literfall, litter turnover and soil respiration in two-pine forest in central Java, Indonesia. J. of Tropical Forest Science 6: 310-322.

INIA, 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos de la VII y VIII regiones. Chillán, Chile. 83 p.

KHANNA P.K., 1994. Chemical properties of ash components derived from Eucalyptus litter and its effect on forest soil. Forest Ecology and Management. 66: 107-125.

LITTLE M.T., HILLS F.J., 1978. Agricultural experimentation. Design and analysis. Jhon Willey & Sons Inc. USA. 345 p.

LUGO A.E., CUEVAS E., SÁNCHEZ M.J., 1990. Nutrient and mass and topsoil of ten tropical tree plantations. Plant and Soil 125: 263-280.

MAILLY D., MARGOLIS H.A., 1992. Forest floor and mineral soil development in *Casuarina equisetifolia* plantations on the coastal sand dunes of Senegal. Forest Ecology and Management 55: 259-278.

MORRIS A.R., 1992. Dry matter and nutrients in the biomass of an age series of *Pinus patula* plantation in the Usutu. Forest, Swaziland. South African Forestry J. 163: 5-11.

O'CONNELL A.M., SANKARAN K.V., 1997. Organic matter accretion, decomposition and mineralization. In: E. K. S. Nambiar, and A.G.Brown (eds) Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forest. ACIAR, Monograph N° 43, Canberra, Australia. 443-481.

PAGE G., 1974. Effects of forest cover on the properties of some Newfoundland forest soils. Canadian Forestry Service Publication N° 1332. Ottawa, Canada. 32 p.

PÉREZ C., 1995. Los procesos de descomposición de la materia orgánica, en bosques templados costeros: interacción entre suelo, clima y vegetación. En Ecología de los Bosques Nativos de Chile. Ed. Juan J. Armesto, Carolina Villagrán y Kalin Arroyo. Editorial Universitaria. Santiago, Chile, pp 301-316.

PERRY D.A., 1994. Forest Ecosystems. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, United States of America,

RICHTER D.D., MARKEWITZ D., WELLS C.G., ALLEN H.L., APRIL R., HEINE P.R., URREGO B., 1994. Soil chemical changes during three decades in an old-field loblolly pine (*Pinus taeda* L.) ecosystem. Ecology 75: 1463-1473.

SÁEZ M., 1991. Biomasa y contenido de nutrientes de renovales no intervenidos de roble-raulí (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst - *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl, Oerst) en suelos volcánicos de la precordillera andina, IX Región. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile.

SANKARAN K.V., 1993. Decomposition of leaf litter of albizia (*Paraserianthes falcataria*), eucalypt (*Eucalyptus tereticornis*) and teak (*Tectona grandis*) in Kerala, India. Forest Ecology and Management 56: 225-242.

SCHLATTER J., OTERO L., 1995. Efecto de *Pinus radiata* sobre las características químico-nutritivas del suelo mineral superficial. Bosque 16(1): 29-46.

SEYEDBAGHERI K.A., 1996. Idaho forest best management practices: compilation of research on their effectiveness. United States Department of Agriculture. Forest Service. General Technical Report INT-GTR-339. Washington, DC. United States of America.

SIGH O., SHAREMA D.C., RAWAT J.K., 1993. Production and decomposition of leaf litter in sal, teak, eucalyptus and poplar forest in Uttar Pradesh. Indian Forester 119: 112-121.

SINGER J.M., MUNNS D.N., 1992. Soils an Introduction. Macmillan Publishing Company. Second. Ed. New York, USA. 461 p.

SOIL SURVEY STAFF, 1999. Keys to soil taxonomy. Disponible en http://www.statlab.iastate.edu/soils/keytax.

SUKARDJO S., YAMADA I., 1992. Biomass and productivity of *a Rhizosphora mucronata* plantation in Tritih, Central Java, Indonesia. Forest Ecology and Management 49: 195-209.

TOKY O.P., SIGH V., 1993. Litter dynamics in short-rotation high-density tree plantation in an arid region of India. Agriculture, Ecosystems and Environment 45: 129-145.

TURNER J., LAMBERT M., 1988. Soil properties as affected by *Pinus radiata* plantations. New Zealand J. of Forest Sciences 18(1): 77-91.

UNDA A., RAVERA F., 1994. Efectos provocados en el sitio por las plantaciones de Pino radiata y Eucalipto. Informe final. Instituto Forestal, Unidad de Medio Ambiente. Santiago, Chile.

VIDAL I., 1991. Naturaleza y propiedades del suelo. Manual de laboratorio. Departamento de Suelos. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.

WOODS P.V., RAISON R.J., 1983. Decomposition of litter in subalpine forest of *Eucalyptus delegatensis*, *Eucalyptus pauciflora* and *E. dives*. Australian Journal of Ecology 8: 287-293.

(Aceptado para publicación el 20 de abril 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 regirán de acuerdo a las siguientes

BASES

1. Podran 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) Director del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (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.



CIHEAM

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

CIHEAM/IAMZ - Cursos 2003-04-05

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

INSCRIPCIÓN EN AIDA

* 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 { ❑ P. Animal / ❑ P. Vegetal } 27 €

❑ Ambas Series 36 €

FORMA DE PAGO:

❑ Cargo a cuenta corriente o libreta
❑ Cheque bancario
❑ Cargo a tarjeta
❑ VISA
❑ MASTERCARD

Tarjeta número:
□□ □□□□□□□□□□□□□□□□ 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.° 2

ÍNDICE

Página

A. SIMÓN, M.ª L. SUSO, A. PARDO, V. TOBAR-. Influencia del estado de madurez, las condiciones de cultivo y el almacenamiento sobre la calidad para frito de la patata variedad agria 75

G. PARDO, J. AIBAR, F. VILLA, S. FERNÁNDEZ-CAVADA, M. ESLAVA, C. ZARAGOZA-. Estudio económico de distintos sistemas agrícolas para cultivo de cereales en secano semiárido 86

L. RODRÍGUEZ LARRAMENDI, E. VELASCO, N. SEGURA, J. CARRAZANA, R. MEDINA-. Atenuación de la radiación solar global en un cafetal (*Coffea arabica* L.) bajo sombra 97

J.E. LOZANO GARRIDO, J.L. VILLARÍAS MORADILLO-. Control de la flora invasora en el cultivo de tabaco mediante dosis reducidas de herbicidas 103

P. MANZANARES N., R.M. NAVARRO CERRILLO-. Efecto de la sustitución del bosque nativo por plantaciones de pino y eucalipto sobre el horizonte orgánico en concepción (Chile) 118