

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS
SOBRE EL RENDIMIENTO DE BRÓCOLI (*BRASSICA
OLERACEA VAR. ITALICA* PLENCK.)**

PATRICIA VERÓNICA AYALA OSORIO

**SANTIAGO – CHILE
2010**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS SOBRE EL
RENDIMIENTO DE BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITALICA* PLENCK.)**

**APPLICATION EFFECT OF DIFFERENT HERBICIDES ON BROCCOLI
(*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITALICA* PLENCK) YIELD**

PATRICIA VERÓNICA AYALA OSORIO

**Santiago, Chile
2010**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES HERBICIDAS SOBRE EL
RENDIMIENTO DE BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITALICA* PLENCK.)**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

PATRICIA VERÓNICA AYALA OSORIO

Profesores Guías	Calificaciones
Sra. María Verónica Díaz M. Ingeniero Agrónomo. M.Sc.	7.0
Sr. Ricardo Pertuzé C. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.	7.0
Profesores Evaluadores	
Sra. Ximena López C. Ingeniero Agrónomo.	6.8
Sr. Pablo Morales P. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.	6.5

Santiago, Chile
2010

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con mucho cariño a mi profesora guía Verónica Díaz Martínez, quien desde el primer día tuvo una excelente disposición para comenzar esta investigación y posteriormente fue el pilar fundamental para llevarlo a buen término.

Al profesor Ricardo Pertuzé Concha, mi segundo profesor guía, quien aportó con sus buenos consejos y recomendaciones en todo momento. Destaco su buen ánimo y disposición a ayudar que siempre brinda a sus alumnos.

A la profesora Ximena López, por estar siempre instándome a seguir adelante. Gracias por su preocupación.

Al funcionario Carlos Meza, por su gran ayuda en todo el transcurso del ensayo, aportando con sus conocimientos y habilidades.

También a aquellos que estuvieron dispuestos a resolver pequeñas inquietudes con la mejor de las disposiciones, como el profesor Luis Faundez, la profesora María Luisa Tapia, el funcionario Ricardo Henríquez, su secretaria Dixie Barahona y Víctor mi ayudante en práctica.

Por último a Paulina Pizarro quien me entregó toda su confianza para poner punto final a este proceso.

Faltan páginas para indicar los nombres de todas las personas a quienes dedico esta memoria, ya que no se trata solo de ella, sino de todo el transcurso de mi carrera.

Comparto mi dicha de llegar a esta etapa con amigos, compañeros de trabajo, profesores, mi pololo y su padre, y todos aquellos que han estado en los momentos más difíciles de este camino y por supuesto también en los felices.

Gracias a ustedes soy lo que soy...y este es solo el comienzo...

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras clave	1
ABSTRACT	2
Key words	2
INTRODUCCIÓN	3
Hipótesis y objetivo	6
MATERIALES Y MÉTODO	7
Materiales	7
Material vegetal	7
Herbicidas	7
Método	8
Tratamientos y Diseño Experimental	8
Evaluaciones	10
Análisis estadístico	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Evaluaciones ambientales	14
Evaluaciones de crecimiento del cultivo	15
Evaluaciones de crecimiento de malezas	17
Evaluación de fitotoxicidad de herbicidas	22
Evaluaciones a la cosecha	24
CONCLUSIONES	28
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS	33
Anexo I. Evolución de las exportaciones de semilla de brócoli para siembra entre los años 2002 y 2009.	33
Anexo II. Evolución de las exportaciones de brócoli congelado entre los años 2002 y 2009.	34
Anexo III. Temperaturas mínimas, máximas y días grado acumulados durante el periodo del ensayo en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana.	35

CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos efectuados	8
--	---

Cuadro 2. Escala de evaluación para identificar daño por fitotoxicidad en brócoli.	11
Cuadro 3. Altura de plantas en las mediciones de las semanas 13 y 14.	16
Cuadro 4. Malezas con nomenclatura “Otras”, presentes en los diferentes tratamientos	18
Cuadro 5. Densidad de malezas a los 15 días postransplante (DPT)	19
Cuadro 6. Densidad de malezas a los 30 días postransplante (DPT)	19
Cuadro 7. Densidad de malezas a los 75 días postransplante (DPT)	20
Cuadro 8. Dominancia de malezas en peso fresco (g/m^2) a los 75 días postransplante (DPT)	21
Cuadro 9. Dominancia de malezas en peso seco (g/m^2) a los 75 días postransplante (DPT)	21
Cuadro 10. Diámetro de la inflorescencia central a la cosecha.	24
Cuadro 11. Peso (g) de la inflorescencia central a la cosecha.	25
Cuadro 12. Diámetro de la zona de corte (cm) de la inflorescencia central a la cosecha.	26
Cuadro 13. Color y consistencia de la inflorescencia central a la cosecha.	26
Cuadro 14. Rendimiento total v/s Rendimiento comercial de brócoli (t/ha).	27

FIGURAS

Figura 1. Escala de apreciación visual para determinar color y consistencia de la inflorescencia de brócoli.	12
Figura 2. Porcentaje de formación de pellas para cada tratamiento versus días grado acumulado en el periodo de crecimiento.	15
Figura 3. Evolución del desarrollo en altura del cultivo de brócoli para cada uno de los tratamientos en estudio.	16
Figura 4. Evolución del número de hojas de brócoli en los diferentes tratamientos herbicidas, dentro de un periodo de 17 semanas, desde el transplante hasta cosecha.	17
Figura 5. Densidad de malezas totales en tratamiento testigo para determinación de las tres malezas más importantes.	18
Figura 6. Porcentaje de fitotoxicidad observado en el follaje de plantas de brócoli a la semana después de la aplicación de los herbicidas Picloram y Clopyralid.	22
Figura 7. Epinastía versus plantas sanas. a) Planta de brócoli con tratamiento Picloram sufriendo epinastía foliar, b) Planta de brócoli sana en tratamiento testigo, c) Plántula de <i>Urtica urens</i> en tratamiento testigo sin control, d) Plántula de <i>Urtica urens</i> en tratamiento Picloram con hojas dobladas por epinastía, e) Hoja de brócoli en tratamiento Picloram con epinastía.	23
Figura 8. Foto veinte días antes de cosecha. a) Planta de brócoli con desarrollo normal de pella en tratamiento Clopyralid, b) Planta de brócoli con floración anticipada en tratamiento Picloram.	24

RESUMEN

Durante la temporada agrícola 2009 – 2010 se realizó un estudio en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, para determinar el efecto de la aplicación de diferentes herbicidas sobre el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.). El cultivar utilizado correspondió a Legacy. Los herbicidas utilizados fueron Oxyfluorfen, Pendimethalin, Clopyralid y Picloram en dosis de 0,6 - 1,5 – 0,7 y 0,2 L·ha⁻¹ de ingrediente activo, más un testigo sin aplicación. Se dispusieron los cinco tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Se evaluaron los días grado en las etapas fenológicas de inicio de formación de pella y cosecha de pella central. Se verificó presencia de fitotoxicidad luego de aplicados los herbicidas. Semanalmente, se evaluó altura de plantas y número de hojas mayores a un centímetro. Se realizó además una evaluación de densidad de malezas a los 15, 30 y 75 días y dominancia de malezas solo a los 75 días a través de un cuadrante de 25 cm de lado. A la cosecha se evaluó diámetro, peso y color de la inflorescencia como también el diámetro de la zona de corte del tallo de la planta. No se encontraron brotes laterales en las mediciones. El parámetro días grado solo mostró diferencias significativas entre Picloram y el resto de los tratamientos a la cosecha de pella central. Picloram también provocó fitotoxicidad leve en el follaje del cultivo. Los parámetros altura y número de hojas no presentaron diferencias estadísticas significativas. La densidad de malezas fue controlada en mejor forma por el tratamiento Oxyfluorfen y Pendimethalin, siendo *Urtica urens* la especie dominante. A la cosecha, los valores más bajos de diámetro, peso y color de la inflorescencia como también el diámetro de la zona de corte del tallo de la planta se observaron en el tratamiento con Picloram y los más altos valores en el tratamiento con Oxyfluorfen. Este último logró el mayor rendimiento total y comercial, sin ser en este caso diferente estadísticamente al resto de los tratamientos pero si de Picloram.

Palabras clave: brásicas, pendimethalin, picloram, oxyfluorfen, clopyralid.

ABSTRACT

During the 2009-2010 agricultural season, a study was conducted to determine the effect of the application of different herbicides on the yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck, .cv. Legacy) at the Antumapu Experimental Station, Faculty of Agricultural Sciences, University of Chile. The herbicides used were Oxyfluorfen, Pendimethalin, Clopyralid and Picloram in doses of 0.6, 1.5, 0.7 and 0.2 L/ha⁻¹ a.i. and a control without application. Five treatments were arranged in a randomized complete block design with five replications. Degree-days were evaluated at the beginning of the central floret formation and at central floret harvesting. Phytotoxicity presence was verified after applying the herbicides. Plant height and number of leaves greater than one centimeter were evaluated weekly. Weed density at 15, 30, 75 days and weed dominance only at 75 days were also evaluated using a 25 cm² quadrant. At harvest inflorescence diameter, weight and color as well as the diameter of the cutting area of the plant stem were determined. No side shoots were found in these measurements. The parameter degree-days only showed significant differences between Picloram and the rest of the treatments at harvest in the central floret. Picloram also caused slight phytotoxicity on the crop foliage. The parameters height and number of leaves showed no significant statistical differences. The best control of weed density was performed by the treatments Oxyfluorfen and Pendimethalin, *Urtica urens* being the dominant species. At harvest, the lowest values of diameter, weight and color of the inflorescences as well as the diameter of the cutting area of the plant stem were observed in the treatment with Picloram and the highest values in the treatment with Oxyfluorfen. The latter also had the greatest total and commercial yield, not being, in this case, statistically different to the other treatments excepting Picloram.

Key words: cole crops, pendimethalin, picloram, oxyfluorfen, clopyralid.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día están claras las ventajas de consumir frutas y verduras. Contienen antioxidantes, aportan fitoquímicos, vitaminas y fibras, previenen enfermedades y mejoran la calidad de vida. Existen más de 5.000 fitoquímicos en frutas y verduras, los cuales son sustancias bioactivas que tienen un efecto positivo en los mecanismos biológicos de las células. A pesar de ello, Chile tiene un consumo interno de solo 200 gramos por persona al día, aun cuando los requerimientos mínimos exigidos por la Organización Mundial de la Salud son de 400 gramos por persona al día. Las causas de esta situación están en el hábito alimenticio de los chilenos, por ejemplo, desayunos pobres en frutas o verduras, o snack en medio de las comidas, con alto contenido de azúcar, grasas y sal. Las personas se han acostumbrado a comer individualmente y en forma rápida alimentos de muy baja calidad nutricional (Vio, 2008)

Dentro de los productos con alta calidad nutricional destaca el brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.), que ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible. Su aporte de vitaminas, principalmente C (ácido ascórbico), B₂ (riboflavina) y pro vitamina A, es elevado; además suministra cantidades significativas de minerales como Calcio, Potasio y especialmente Fósforo (Krarup y Moreira, 1998). En los últimos años se le ha dado mayor importancia, debido a resultados de investigaciones que afirman su efectividad en la prevención y control del cáncer, por el alto contenido de ácido fólico, catalogado como el anticancerígeno número uno (FAO, 2006). Adicionalmente, el brócoli contiene algunos fitoquímicos importantes, tales como beta-caroteno, indoles e isotiocianatos. Estos fitoquímicos previenen la formación de sustancias cancerígenas evitando que lleguen a las células y promoviendo la formación de enzimas que eliminan las toxinas de los cancerígenos. Muchas frutas y vegetales contienen sustancias que bloquean las células cancerígenas antes de que se vuelvan mortales. El brócoli ocupa el primer lugar entre estas frutas y vegetales, puesto que contiene treinta tipos de estos agentes bloqueadores (Oleas, 2002).

Esta hortaliza pertenece a la familia de las Brassicaceas, junto con el repollo (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y la coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) (Aljaro, 2000). La zona noreste del Mediterráneo (desde Grecia hasta Siria) y Asia Menor, sería su centro de origen más probable (Krarup y Moreira, 1998), siendo conocida desde antes de la era cristiana. Su consumo a nivel mundial ha aumentado en los últimos 30 años, especialmente en el caso de Estados Unidos. En tanto en Chile, recién se empezó a conocer a partir de los años 80, con un paulatino aumento en su consumo (Giaconi y Escaff, 2004).

Esta especie dicotiledónea completa su ciclo de vida en una temporada, en la que se desarrolla vegetativamente y después produce sus flores y semillas (Bravo y Aldunate, 1986). La planta desarrolla un tallo principal relativamente grueso (3 a 6 cm diámetro), de 20 a 50 cm de alto, sobre el cual se disponen las hojas en forma helicoidal en entrenudos cortos. Las hojas son de tamaño grande, de hasta 50 cm de longitud y 30 cm de ancho y varían en número, de 15 a 30, según el cultivar. Su órgano de consumo es la inflorescencia que corresponde a un conjunto de primordios florales, fértiles que se

encuentran cerrados y agrupados en una estructura compacta denominada cabeza, pan o pella, de color verde. A diferencia de la coliflor, a partir de ramificaciones de las yemas axilares también puede desarrollar inflorescencias laterales (secundarias), de menor tamaño que la principal (Krarup y Moreira, 1998).

En zonas del Valle Central, el cultivo debe realizarse en verano y otoño para que la planta quede expuesta a las condiciones que favorecen su desarrollo y producción, es decir, temperaturas más altas para la fase de crecimiento vegetativo y temperaturas moderadas durante la formación del pan (Pontificia Universidad Católica de Chile – Corporación de Fomento de la Producción, 1986). Dependiendo de su estado de desarrollo, el cultivo presenta una ligera tolerancia a las heladas, donde el daño puede ser mínimo si la inflorescencia está formada pero no expuesta, de lo contrario se producen manchas de color marrón que señalan el deterioro del cultivo (SICA, 2004). Asimismo, temperaturas sobre 22 °C durante la formación del pan, hacen que éste se abra prematuramente y se presente como una estructura ramificada, con escaso valor comercial (Drager, 1981; Bravo y Aldunate, 1986).

En la actualidad las antiguas variedades han sido reemplazadas por híbridos, debido a que éstos últimos tienen ventajas como una mayor productividad y uniformidad en su desarrollo y pan. Éstos se desarrollan genéticamente en laboratorios y no producen semillas. En general estas variedades se clasifican según su ciclo (entre 50 y 150 días), en tempranas, medias y tardías. Las diferencias radican en el color, tamaño de la planta y de la inflorescencia, en el grado de desarrollo de los brotes laterales, en su adaptabilidad a distintos climas y suelos y en sus características genéticas. Entre las diferentes variedades están, Marathón, Legacy, Shogun, Arcadia (SICA, 2004). Para este estudio, se escogió la variedad híbrida Legacy, la cual para la época en que se desarrolló la investigación, presentaba las mejores características, entre las que destacan su excelente comportamiento tanto para fresco como para congelado, poseer cabezas grandes y pesadas, compactas y muy firmes de grano fino, tener forma de domo perfecto, floretes simétricos y de color verde oscuro, ofrecer un alto potencial de rendimiento y excelente calidad, poseer buena uniformidad y vigor, desarrollando pocos brotes laterales y estar mejor adaptado a condiciones frescas (cosechas de otoño invierno). Dependiendo de las condiciones ambientales, su ciclo varía entre los 85 a 90 días después del transplante (Semini vegetable seeds, 2004).

Según los resultados del Censo Agropecuario 2007, esta hortaliza tendría una superficie cultivada de 822 ha (INE, 2007), de las cuales el 63% estaría ubicado en la Región Metropolitana (Polit, 2009). Los problemas que presenta son fundamentalmente respecto a la demanda, ya que no se ha producido ningún incremento en los últimos años. Debido a esto, la superficie cultivada en Chile actualmente es baja y no se estima que en el corto plazo crezca (Pro Chile, 2006). Una estrategia para incrementar el consumo, sería promocionar a través de los medios de comunicación a la comunidad, de los beneficios que trae consigo el consumir dentro de la dieta diaria esta hortaliza (Oleas, 2002), ya que por su aporte nutritivo constituye un alimento interesante para regimenes dietéticos de bajo contenido de carbohidratos (Órdenes, 1999).

Bravo y Aldunate (1993) señalan que los rendimientos a nivel nacional fluctúan entre 8 y 14 t/ha. En ensayos realizados en Valdivia (siembra a mediados de diciembre y

transplante a fines de enero) por Krarup y Seemann (1990), con varios cultivares híbridos se llegó a la conclusión que las producciones de estas variedades fluctuaban entre 9 y 16 t/ha y en el caso del parámetro diámetro de pella los valores variaron entre 11.4 y 18.8 cm. De igual modo, López (1994), en ensayos realizados en Quillota, estimó rendimientos netos del orden de 14 a 16 t/ha con 32.000 a 38.000 panes/ha aproximadamente.

Esta especie se cultiva básicamente para la agroindustria de congelados, donde el principal destino es la exportación al mercado latinoamericano (Pro Chile, 2006), destinándose una pequeña fracción para consumo fresco. Las ventajas del producto congelado respecto al fresco, es que permite facilitar el manejo y hacer más duradero un producto de alta perecibilidad, permitiendo su exportación y disponibilidad por un periodo más prolongado (Fundación Chile, 1989). Actualmente en Chile la industria requiere que la producción se concentre entre mayo y octubre, ya que en estos meses la actividad en las plantas de proceso es escasa o nula (Krarup y Álvarez, 1997). También se exporta como semilla para siembras, principalmente a Estados Unidos y Japón. Según ODEPA (2009), las exportaciones de semilla alcanzaron el año 2009 un total de 43,2 t (Anexo I), especialmente a Estados Unidos (19,4 t) y Francia (8,1 t), mientras que las exportaciones de brócoli congelado ese mismo año (Anexo II) llegaron a 90,5 t, principalmente a Paraguay (20,4 t) y Brasil (20,3 t).

Malezas y herbicidas

Según Roberts (1982), el concepto de maleza sería el de una planta que crece donde no es deseable. Bajo esta definición cualquier especie de planta puede ser considerada una maleza, siendo sus atributos más importantes su eficiencia reproductiva y su capacidad de sobrevivir en condiciones adversas. Matthei (1995), señala que las malezas pueden tener un ciclo de vida anual de invierno, es decir, que germinan en otoño e invierno y mueren en verano, o anual de verano, que germinan en primavera y mueren en otoño. También existen las bienales, que viven más de un año pero menos de dos y por último las perennes que persisten por muchos años y se reproducen por semilla o vegetativamente (estolones, rizomas, tubérculos etc.).

Dentro de las prácticas culturales de toda explotación hortícola, una de las que merece primera prioridad es el control de las malezas, por afectar directamente el rendimiento del cultivo. La presencia de malezas significa una competencia por agua, elementos nutritivos, luz y otras dificultades (reservorio de plagas, dificultad de labores, etc.), por lo que deben ser controladas oportunamente, antes de que produzcan daño (Krarup, 1992; Qasem, 2003). Giaconi y Escaff (2004), indican que en el caso de la producción de semillas de brócoli, la presencia de malezas como yuyo (*Brassica campestris*) y rábano (*Raphanus sativus*), puede comprometer la pureza genética y rendimiento del cultivo.

Un método de control de malezas es el que se realiza con herbicidas, los cuales son productos químicos que alteran la fisiología de una planta durante un periodo suficientemente largo como para eliminar o reducir severamente su crecimiento

(Zimdahl, 1999). El rápido desarrollo de los herbicidas se produjo después de la Segunda Guerra Mundial. Hoy en día, hay más de 180 herbicidas selectivos diferentes en uso en el mundo, y varios en etapa experimental en avance hacia la comercialización (Hopkins, 1994 citado por Zimdahl, 1999). Según SICA (2004), el control de malezas en brócoli se debe realizar manualmente y no se recomienda el control químico con herbicidas debido a que el brócoli sería bastante sensible a este tipo de productos. Sin embargo, son varios los autores que sugieren alternativas con buenos resultados.

En Chile, a diferencia de otros países, el uso de herbicidas en brásicas no es habitual (Giacconi y Escaff, 2004). Algunos programas de control de malezas en brócoli, recomiendan el uso de herbicidas tales como Trifluralina antes del transplante o inmediatamente después de él, principalmente controlando malezas gramíneas y algunas de hoja ancha; Oxyfluorfen, en preemergencia o post emergencia temprana de las malezas, siempre antes del transplante, para el control de malezas de hoja ancha, y por último, Pendimethalin, para control de gramíneas y numerosas malezas de hoja ancha, bloqueando la división celular (Kogan y Pérez, 2003). En el país no existen muchos estudios al respecto. Un ejemplo, es la investigación realizada por Leverington (1992) para determinar el efecto de distintos herbicidas sobre el cultivo de brócoli, donde dentro de los resultados indica que los herbicidas Dicamba y Picloram, no tendrían incidencia en aspectos de crecimiento, color o malformaciones en brócoli.

Herbicidas de preemergencia o pretransplante incorporado como Pendimethalin y Oxyfluorfen están registrados en Chile para brócoli mientras que herbicidas de postransplante como Picloram y Clopyralid no están registrados para este cultivo en nuestro país. La importancia de estos últimos radica en que son reguladores de crecimiento selectivo a brásicas, indicado para el control de malezas de hoja ancha como el yuyo y rábano. Una investigación realizada en la Universidad de Arizona (Tickes, 2002), señaló que el uso de Clopyralid en brócoli, entregaría excelentes resultados.

En respuesta a la importancia de esta hortaliza respecto a la gran cantidad de propiedades que se le atribuyen, además de la escasa información de opciones de herbicidas que otorguen eficiencia en el control de malezas aplicados en postransplante para el desarrollo exitoso de este cultivo, es que se ha propuesto desarrollar esta investigación con la siguiente hipótesis y objetivo.

Hipótesis

El uso de herbicidas no afecta el rendimiento de brócoli.

Objetivo

Evaluar el efecto de distintos herbicidas sobre el rendimiento de brócoli, cultivar Legacy, bajo las condiciones de la Zona Central de Chile.

MATERIALES Y MÉTODO

El ensayo se llevó a cabo en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana en la temporada 2009 - 2010. Su localización geográfica es 33° 34' latitud sur y 70° 35' longitud oeste. Su altitud es 625 m.s.n.m.

El sector posee un clima de tipo mediterráneo semiárido, de estación seca larga e invierno lluvioso correspondiendo al clima tipo valle central de Chile (Santibáñez y Uribe, 1990). La precipitación promedio anual es de 365,4 mm. Presenta una temperatura promedio anual de 13,9° C, mientras que el promedio de temperatura para el mes más cálido (enero) es de 19,7° C y para el mes más frío (julio) de 8,5° C.

El suelo de Antumapu es de origen aluvial, pertenece cartográficamente a la serie de suelos Santiago (Comisión Nacional de Riego, 1981). Este suelo se caracteriza por tener una profundidad media de 60 cm, se presenta en una topografía plana, su textura es franco arenosa y tiene buen drenaje.

Materiales

Material Vegetal

Se utilizaron plántulas comerciales de Brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck.) cultivar Legacy. El cultivar utilizado fue sembrado el día 06 de marzo por un vivero proveedor y contaba con 46 días al momento del transplante, tres a cuatro hojas verdaderas y una altura entre 12 y 14 cm. La plántulas fueron sembradas en bandejas de speedling con un sustrato de turba-perlita (70-30%).

Herbicidas utilizados y características

Pendimethalin. Herbicida con modo de acción residual, perteneciente al grupo químico de las dinitroanilinas, selectivo, de pretransplante incorporado o preemergencia, para el control de malezas anuales gramíneas y algunas de hoja ancha en hortalizas. No controla malezas emergidas o establecidas, malezas perennes o vegetativas, crucíferas y compuestas. Actúa inhibiendo la división y elongación celular de los meristemas de raíces y tallos. Su efecto residual es de 60, 90 días o más (AFIPA, 2009).

Oxyfluorfen. Herbicida con modo de acción residual y de contacto, perteneciente al grupo químico difenil éter, de uso en pre y post emergencia para el control de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas anuales en hortalizas. No se utiliza después del transplante y normalmente se aplica una vez al año. En preemergencia actúa formando una barrera química residual en la superficie del suelo que daña y provoca la muerte de malezas durante su germinación y posterior emergencia. Actúa por contacto sobre

follaje de las malezas y en sus puntos de crecimiento, especialmente en las de hoja ancha anuales, como Ortiga y Verónica (AFIPA, 2009).

Picloram. Herbicida de acción sistémica, derivado del ácido picolínico, selectivo a cereales y crucíferas, controla malezas de hoja ancha incluyendo a las resistentes a herbicidas hormonales, como 2,4-D o MCPA, en postransplante, alterando la división celular y el metabolismo general de la planta (AFIPA, 2009). Picloram es muy persistente y dura desde varios meses hasta 1 año o más, pudiendo afectar a los cultivos siguientes. Es soluble en agua, no es fuertemente adsorbido, y por lo tanto es susceptible a la lixiviación (Zimdahl, 1999).

Clopyralid. Herbicida de acción sistémica que se absorbe por hojas y raíces, derivado del ácido picolínico, selectivo a cereales, crucíferas, gramíneas forrajeras y especies forestales. En postransplante controla malezas de hoja ancha, incluyendo especies resistentes a fenóxidos (AFIPA, 2009). Clopyralid es menos persistente y lixiviable que Picloram. Es especialmente eficaz sobre las familias Polygonaceae y Asteraceae (Zimdahl, 1999).

Método

Tratamientos y Diseño Experimental

Se establecieron cinco tratamientos de herbicidas (Cuadro 1) en un diseño en bloques completos al azar con cinco repeticiones. La unidad experimental fue de 36 plantas, lo que comprendió 180 plantas por tratamiento. La unidad muestral fue de 14 plantas de brócoli.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos efectuados

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis	Época aplicación
		-----L/ha de i.a-----	
T ₁	Testigo	0	---
T ₂	Pendimethalin	1,5	PTI ¹
T ₃	Oxyfluorfen	0,6	PTI
T ₄	Picloram	0,2	5 semanas POST ²
T ₅	Clopyralid	0,7	5 semanas POST

(1) PTI: Pre transplante incorporado; (2) POST: Post transplante

Establecimiento del ensayo

Las actividades se realizaron entre el 16 de abril y el 26 de agosto de 2009, período que abarcó desde el transplante hasta la cosecha del cultivo.

Se realizó una labranza el día 16 de abril de 2009 con un arado de discos. Cuatro días más tarde se realizaron las labores de mullimiento del suelo y aplicación de fertilizantes

con una rastra de discos. Posteriormente se prepararon los camellones con un cultivador a una distancia entre hilera de 0,7 m y se colocaron las cintas de riego.

Finalmente el día 23 de abril de 2009 se realizó el transplante de las plántulas de brócoli, con tres a cuatro hojas verdaderas y una altura entre 12 y 14 centímetros, colocadas sobre la hilera a una distancia de 0,3 m.

Aplicación de herbicidas

Los herbicidas de pre transplante (Pendimethalin y Oxyfluorfen), se aplicaron 1 día antes del transplante, incorporándolos con un rototiller.

Luego de cinco semanas de establecimiento en campo, cuando las plantas presentaron entre 8 y 9 hojas verdaderas, se aplicaron los herbicidas de postransplante Clopyralid y Picloram.

Los herbicidas se aplicaron con una pulverizadora manual de espalda de 15 L de capacidad, con boquillas de abanico plano 8002, calibrándose para un volumen de 186 L de mezcla por hectárea. Para evitar deriva de los herbicidas asperjados se utilizó aislamiento físico por cortina.

Riego

El primer riego se realizó inmediatamente terminado el transplante. Posteriormente se efectuó dos veces por semana mientras las temperaturas fueron elevadas. Al ir bajando las temperaturas este se disminuyó a una vez por semana. En algunas ocasiones no se utilizó el riego debido a abundantes precipitaciones. La humedad del suelo se verificó de manera visual y al tacto llegando hasta la zona de raicillas.

Fertilización

El análisis de nutrientes realizado al terreno, arrojó los siguientes resultados: Nitrógeno 62 mg/kg, Fósforo 19 mg/kg y Potasio 358 mg/kg. Para alcanzar la fertilización recomendada en base a los análisis de suelo realizados, se aplicaron 150 kg de N/ha en forma de urea, dividido en tres dosis. La primera aplicación al transplante, la segunda 25 días después del transplante y la última, 50 días después. Respecto al fósforo, se aplicaron 90 kg de P₂O₅/ha, en forma de SPT todo al transplante. Estos fertilizantes se aplicaron a una distancia de 10 cm de las plantas, en el fondo de una hilera paralela.

Plagas y enfermedades

Durante el transcurso del ensayo se observó infestación de pulgones (*Myzus persicae* Sulz y *Brevicoryne brassicae* L.). A su vez, huevos de mariposa blanca de la col (*Pieris brassicae* L.) se observaron al mes de realizado el transplante. Tal como lo menciona

Bravo y Aldunate (1986), la hembra de *Pieris* deposita sus huevos amarillos en la cara superior de las hojas, dejando grupos de 20 a 30 de ellos. No se registraron enfermedades.

Se realizó una primera aplicación para controlar pulgones con el insecticida Zero 5 EC (Ingrediente activo: lambda cialotrina) 150 cc/ha de producto comercial + 1% de coadyuvante Break (Ingrediente activo: trisiloxano poliéter). Se realizó una segunda aplicación para controlar huevos de *Pieris brassicae*, con el insecticida Mospilan (Ingrediente activo: acetamiprid) en una dosis/ha de 45 g de producto comercial/100 L agua + 30 cc de coadyuvante Break/100 L agua. Se realizó una última aplicación a los dos meses y medio postransplante, con Mospilan, en la misma dosis anterior para control mayoritariamente de pulgones.

Evaluaciones

Para cada una de las evaluaciones se tuvo especial cuidado que cada planta de la unidad muestral estuviese en competencia perfecta.

Evaluaciones ambientales

Días grado. En base a las temperaturas diarias se calcularon los días grado para las etapas fenológicas de inicio de formación de pellas (cuando visualmente se detectó la presencia de la inflorescencia con 0,5 cm de diámetro) y cosecha de pella central. No se realizó a cosecha de pellas laterales ya que el cultivo no las presentó.

Se utilizó la fórmula recomendada por Arnold (1959).

$$DG: \frac{\sum T^{\circ} \text{máx.} + T^{\circ} \text{mín.}}{2} - T^{\circ} \text{umbral}$$

Donde:

T° máx. = Temperatura máxima diaria (°C)

T° mín. = Temperatura mínima diaria (°C)

T° umbral = Temperatura umbral inferior (°C), por debajo de la cual no hay desarrollo del organismo.

Las temperaturas máximas y mínimas fueron provistas por el Centro de Agricultura y Medioambiente (AGRIMED) de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Evaluaciones de crecimiento del cultivo

Para las siguientes evaluaciones se midieron las 14 plantas que constituyeron la unidad muestral.

Altura de plantas. Semanalmente, se midió en centímetros a través de una cinta

métrica, a partir del trasplante del cultivo, desde la base de la planta hasta el ápice de las hojas extendidas.

Número de hojas visibles (mayores a 1 cm). Se contaron las hojas mayores a 1 cm desde el trasplante hasta la cosecha, cada siete días.

Evaluaciones de crecimiento de malezas

Se realizaron evaluaciones sobre la superficie de un cuadrante de 25 cm por lado, lanzado al azar sobre cada unidad experimental.

Densidad de malezas (Nº malezas/m²). Se evaluó la cantidad de malezas contenidas en el cuadrante para luego extrapolar esa información a 1 m². Esta evaluación se realizó a los 15, 30 y 75 días postransplante.

Dominancia de malezas (peso fresco y peso seco/m²). Se evaluó el peso fresco y seco de las malezas contenidas en el cuadrante para luego extrapolar esa información a 1 m². Esta evaluación se realizó a los 75 días post trasplante. Con los valores obtenidos para cada especie de maleza identificada se calculó la dominancia de las malezas presentes a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Dominancia (g/m}^2\text{)} = \frac{\text{Peso seco de individuos}}{\text{Unidad de superficie}}$$

Peso fresco de malezas (g). Se determinó llevándolas desde el campo al laboratorio en bolsas de papel en forma separada para cada tratamiento y repetición, luego fueron identificadas, separadas y pesadas con una balanza de precisión.

Peso seco de malezas (g). Las especies anteriormente evaluadas fueron secadas en una estufa a una temperatura de 70 °C por 48 horas o hasta peso constante y luego se determinó su peso con una balanza de precisión.

Evaluación de fitotoxicidad de herbicidas

Se evaluó visualmente el desarrollo de fitotoxicidad sobre las plantas de brócoli durante todo su periodo de crecimiento y se determinó la ubicación del daño y el porcentaje del cultivo afectado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala de evaluación para identificar daño por fitotoxicidad en brócoli.

Grado de daño en la planta	Porcentaje afectado	Ubicación del daño		
		Inflorescencia	Follaje	Tallos
Sin daño	0			
Levemente dañado	1-10			
Moderadamente dañado	11-50			
Gravemente dañado	51-100			

Adaptado de Ortega (2003).

Evaluaciones a la cosecha

Se realizó la cosecha de todo el ensayo el mismo día, en función del estado de los panes. Se consideró como índice de cosecha cuando el 80% de los panes presentaba un diámetro de la inflorescencia mayor o igual a 10 cm, con una estructura mayoritariamente compacta.

Diámetro de la inflorescencia central o pella (cm). Se evaluó el diámetro de la pella central en la zona ecuatorial, con pie de metro digital.

Diámetro del tallo de la pella central (cm). Se midió el diámetro de la zona de corte del tallo, ubicada a 8 centímetros bajo la inflorescencia, con pie de metro digital.

Peso de la pella central (g). Se evaluó el peso de la pella central mediante una balanza electrónica de precisión.

Color y consistencia de la inflorescencia. Se midieron en conjunto a través de una escala visual de 1 a 5 que se muestra a continuación (Figura 1). En esta escala, los valores 4 y 5 son considerados no comerciales, debido a la separación de las yemas florales y el inicio de la aparición de las puntas amarillas de los pétalos. El pan pierde compactibilidad (Bravo y Aldunate, 1986).

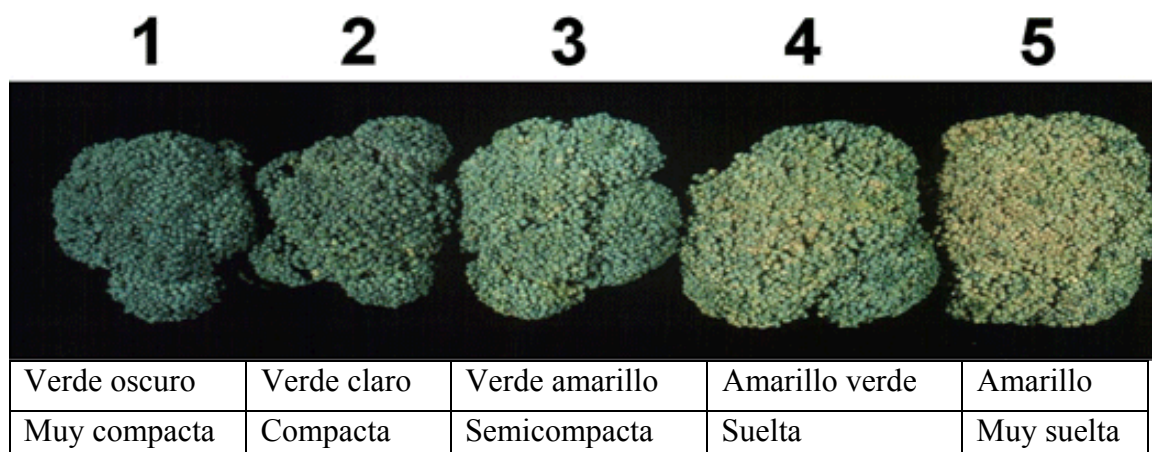


Figura 1. Escala de apreciación visual para determinar color y consistencia de la inflorescencia de brócoli.

Fuente. Suslow y Cantwell (2005). Department of Vegetable Crops, U. of California, Davis.

Número de inflorescencias laterales. Se consideró el número final de inflorescencias laterales, que tuvieron un diámetro mayor o igual a 5 cm.

Análisis estadístico

Los resultados de cada evaluación se sometieron a test de normalidad y de homogeneidad de varianza. Los valores registrados como porcentaje fueron sometidos a la transformación angular de Bliss ($y = \arcsin(\sqrt{\%/100})$) (Montgomery, 2005).

Una vez realizado lo anterior se realizó un análisis de varianza con un 95% de confianza. Los casos que mostraron diferencias estadísticas significativas fueron sometidos a la prueba de rango múltiple de Tukey para separar las medias de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones ambientales

Días grado

El clima constituye uno de los principales factores que afectan el desarrollo de los cultivos, las especies responden de manera diferencial a los elementos climáticos, de manera que la producción y los rendimientos son directamente influenciados por ellos (Reddy, K. R *et al.*, 1998). Dentro de los elementos climáticos está el fotoperiodo y la temperatura. El brócoli es una especie de fotoperiodo neutro, es decir, el largo del día no influye sobre la diferenciación de la inflorescencia, siendo la temperatura el factor de mayor influencia sobre el comportamiento de la planta (Giacconi, 1988). Considerando la temperatura como uno de los principales factores abióticos que determinan el crecimiento del cultivo, se pueden calcular los días grado (DG) que corresponden a la acumulación de unidades de calor sobre un umbral base, siendo un sistema preciso para caracterizar y predecir su desarrollo (Zalom y Wilson, 1999). Utilizando días grado en modelos matemáticos, se pueden predecir parámetros relacionados con la calidad comercial o la duración del ciclo del cultivo, y aún más específicamente se puede prever el momento de la diferenciación floral o estimar fecha de cosecha desde la diferenciación floral (Dufault, 1996, Dufault, 1997, Wurr *et al.*, 1995, Wurr *et al.*, 1991 citados por Francescangeli *et al.*, 2004). Proveen una excelente herramienta para evaluar agrónomicamente las condiciones del cultivo.

La temperatura umbral de crecimiento del cultivo de brócoli corresponde a 4 °C (CIREN, 1995). Luego para la inducción de la formación del pan, la temperatura adecuada es entre 5 y 10 °C por tres a cinco semanas. La inducción se produce en plantas jóvenes con cuatro a seis hojas y 15 cm de altura. Bravo y Aldunate (1986), indican que es conveniente distinguir la fase de crecimiento vegetativo, desde la germinación de la semilla hasta los primeros inicios de aparición del pan. Una vez que se produce la diferenciación y se inicia la formación del pan, la planta pasa a la fase reproductiva. En el crecimiento definitivo del pan, la temperatura mínima es de 5 a 7 °C; la óptima de 20 a 25 °C. Existen peligros de daños por heladas entre 0 y 1 °C en plantas jóvenes y entre -2 y -1 °C en plantas adultas (Aljaro, 2000).

En base a las temperaturas diarias se calcularon los días grado para las etapas fenológicas de inicio de formación de pellas y cosecha de pella central (Figura 2). Para inicio de formación de pellas se consideró 0,5 cm de diámetro de inflorescencia. El detalle de la acumulación de días grado se puede revisar en Anexo III.

Se observó que para inicio de formación de pellas se necesitaron 632,9 DG (09 julio 2009), y no se registraron diferencias estadísticas significativas entre las plantas de brócoli que crecieron sometidas a los diferentes tratamientos herbicidas.

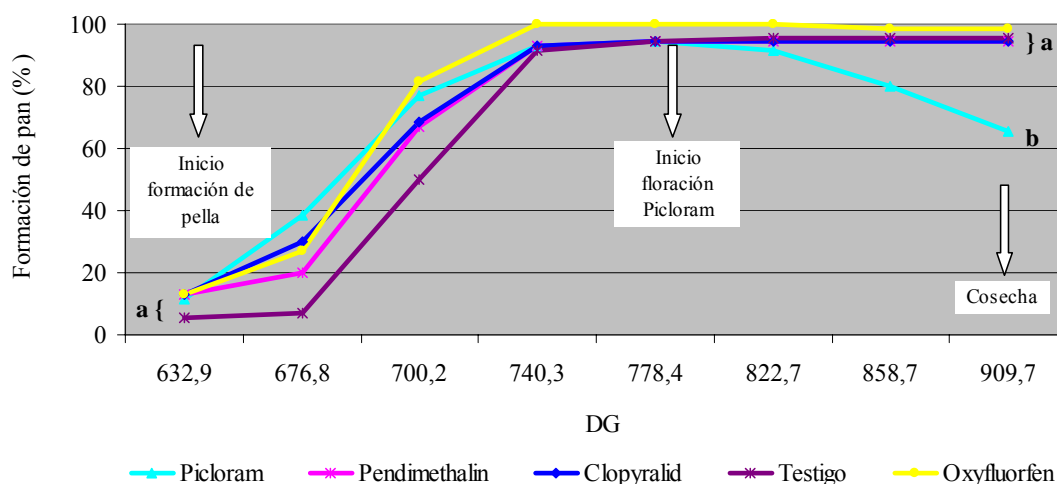


Figura 2. Porcentaje de formación de pellas para cada tratamiento versus días grado acumulado en el periodo de crecimiento.

Letras iguales no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

En la quinta semana de desarrollo de panes la acumulación fue de 778 DG y a partir de ese momento el tratamiento Picloram comienza a presentar floración de los mismos, lo que produce una disminución paulatina de panes comercializables debiendo eliminarse como desecho, por lo tanto a la cosecha la cifra es menor respecto al resto de los tratamientos evidenciando finalmente diferencias estadísticas significativas en la cosecha con 909 DG (26 agosto 2009).

Bravo y Aldunate (1986), señalan que temperaturas altas sobre 22 °C durante la formación del pan provocan que éste se abra prematuramente y se presente como una estructura ramificada, con escaso valor comercial. En este caso el descarte provocado en el tratamiento Picloram no sería a causa de esta situación ya que temperaturas mayores a 22 °C solo se registraron en una ocasión, el día 11 de agosto 2009 y fue de 23,6 °C, por lo tanto se puede atribuir el adelanto de la floración al efecto del herbicida (ver evaluaciones de fitotoxicidad de herbicidas, página 22).

Evaluaciones de crecimiento del cultivo

Altura de plantas

La altura de plantas presentó diferencias estadísticas significativas en las evaluaciones de las semanas 13 y 14, en los tratamientos Picloram y Clopyralid, como se observa en el Cuadro 3, sin embargo, a lo largo del resto del periodo de evaluaciones no se observaron diferencias estadísticas significativas, como se observa en la Figura 3, a pesar de la tendencia de las plantas que crecieron sometidas a la aplicación de Picloram a tener una menor altura.

Esto concuerda con el ensayo realizado por Leverington (1992), donde la altura de las plantas de brócoli no se vio afectada por ninguno de los tratamientos herbicidas.

Cuadro 3. Altura de plantas en las mediciones de las semanas 13 y 14.

Tratamientos	Altura semana 13		Altura semana 14	
	-----cm-----			
Testigo	47,61	ab	48,51	ab
Pendimethalin	45,70	ab	46,98	ab
Oxyfluorfen	47,01	ab	48,16	ab
Picloram	41,46	a	42,49	a
Clopyralid	49,82	b	50,83	b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Es posible que la diferencia producida en las semanas 13 y 14 entre las plantas sometidas a los tratamientos Picloram y Clopyralid se haya debido a que las plantas tratadas con Picloram eran más susceptibles debido a la toxicidad provocada por el herbicida en las plantas (ver evaluaciones de fitotoxicidad de herbicidas, página 22), sumado a las temperaturas de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, estas plantas se desarrollaron menos y esa es la tendencia mostrada en todo el periodo de crecimiento del cultivo.

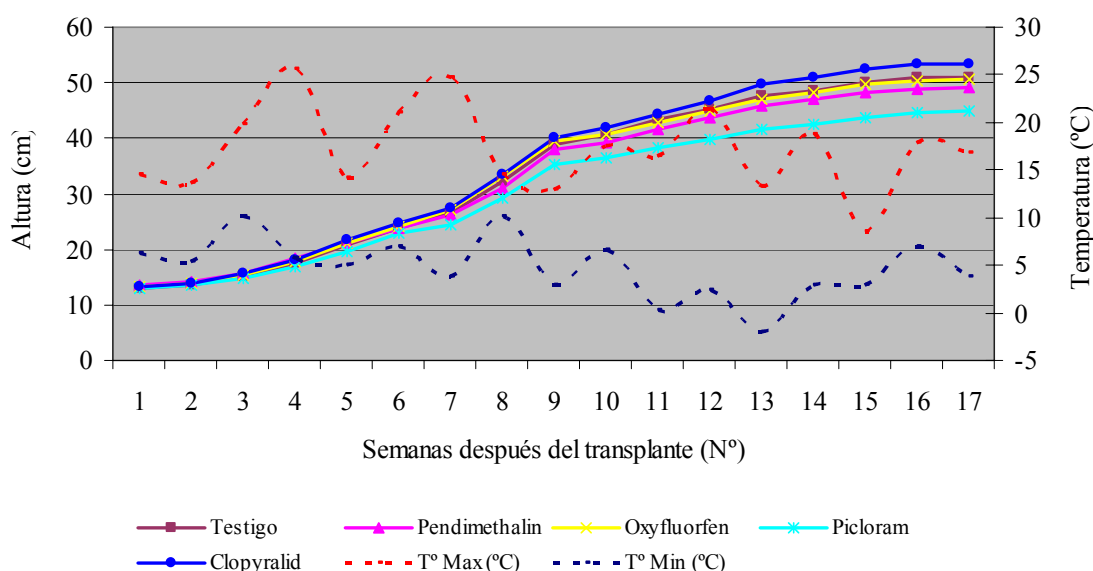


Figura 3. Evolución del desarrollo en altura del cultivo de brócoli para cada uno de los tratamientos en estudio.

Se observa que las plantas sometidas al tratamiento Clopyralid y al tratamiento Testigo tendieron a alcanzar las mayores alturas y esto coincide con que además presentaron la mayor abundancia de malezas (ver evaluaciones de crecimiento de malezas, página 17). La sombra que imparten las hojas e incluso la luz reflejada por plantas cercanas, ejercen un fuerte control sobre la extensión del tallo (Salisbury, 2000). Una escasez de luz y espacio por competencia con las malezas provoca un alargamiento del tallo del cultivo. También influye el mecanismo conocido como tropismo que es un movimiento de curvatura de los órganos vegetales inducido por un estímulo ambiental direccional que implica crecimiento. En este caso el estímulo es la luz y el movimiento recibe el nombre de fototropismo (Azcon-Bieto y Talon, 2008).

Número de hojas

Como se observa en la Figura 4, no se presentan diferencias estadísticas significativas en el número de hojas de las plantas de brócoli para ninguno de los tratamientos estudiados.

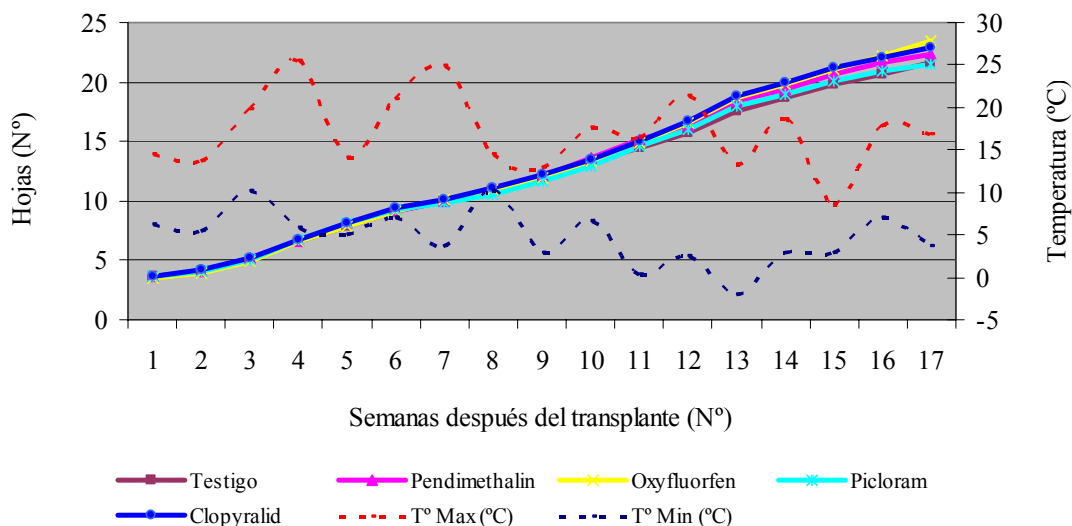


Figura 4. Evolución del número de hojas de brócoli en los diferentes tratamientos herbicidas, dentro de un periodo de 17 semanas, desde el trasplante hasta cosecha.

Leverington (1992), trabajando con brócoli, tampoco obtuvo diferencias estadísticas significativas en este parámetro. En este caso, las bajas temperaturas de las semanas 13 y 14 no afectaron el desarrollo de nuevas hojas.

Evaluaciones de crecimiento de malezas

En estas evaluaciones se midieron dos parámetros, que correspondieron a densidad y dominancia de malezas en peso fresco y seco. Para ello, se realizó un muestreo al azar de densidad de las malezas presentes en el tratamiento sin aplicación de herbicidas y se definió de este modo, las que constituían el 80% de las especies presentes. Así, las tres malezas más importantes en densidad, incluyeron a la monocotiledónea anual *Poa annua* (poa, piojillo) con un 36% de presencia y a las dicotiledóneas anuales *Urtica urens* (ortiga) con un 39% y *Veronica persica* (veronica) con un 10 % de presencia (Figura 5).

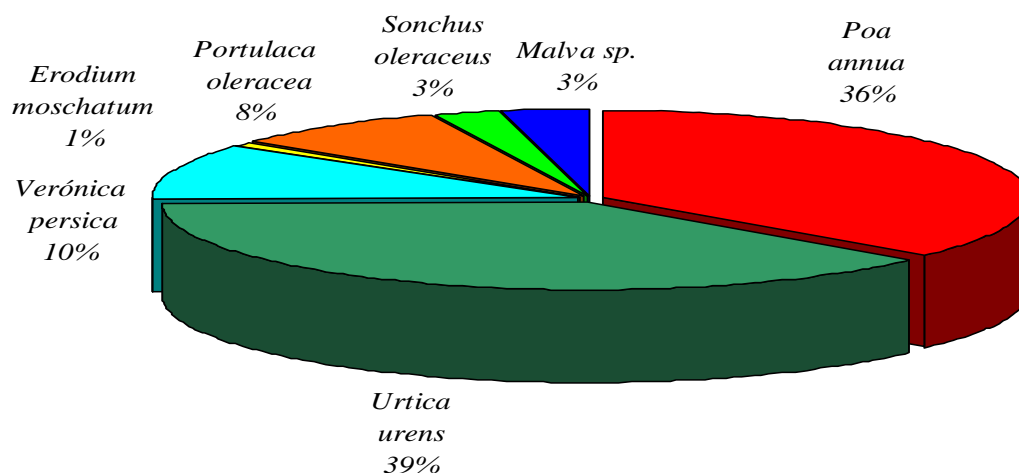


Figura 5. Densidad de malezas totales en tratamiento testigo para determinación de las tres malezas más importantes.

El resto de malezas que emergieron en algunos de los tratamientos y/o estuvieron presentes sólo en una evaluación, por su baja presencia se sumaron y se consideraron como “Otras”. Estas se indican en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Malezas con nomenclatura “Otras”, presentes en los diferentes tratamientos.

Nombre científico	Nombre común	Clasificación	
		Lámina	Ciclo de vida
<i>Polygonum aviculare</i>	sanguinaria	Dicotiledónea	Anual
<i>Bowlesia incana</i>	boulesia	Dicotiledónea	Anual
<i>Erodium moschatum</i>	alfilerillo	Dicotiledónea	Anual
<i>Portulaca oleracea</i>	verdolaga	Dicotiledónea	Anual
<i>Raphanus raphanistrum</i>	rábano silvestre	Dicotiledónea	Anual/bianual
<i>Capsella bursa pastoris</i>	bolsita del pastor	Dicotiledónea	Anual/bianual
<i>Chenopodium album</i>	quinhuilla	Dicotiledónea	Anual
<i>Senecio vulgaris</i>	senecio	Dicotiledónea	Anual/bianual
<i>Malva sp</i>	malva	Dicotiledónea	Perenne
<i>Sonchus oleraceus</i>	sonchus, ñilhue	Dicotiledónea	Anual
<i>Lamium amplexicaule</i>	gallito	Dicotiledónea	Anual

Densidad de malezas a los quince, treinta y sesenta días postransplante (DPT)

Para las dos primeras fechas solo se comparó la densidad de malezas en las parcelas que habían recibido la aplicación de herbicidas y el tratamiento testigo que se mantuvo permanentemente enmalezado. A los 60 días se analizaron todos los tratamientos.

La densidad de malezas, puede ser utilizada como un indicador de la emergencia de ellas, es decir, el efecto que tendrían los herbicidas para controlar malezas antes o durante el proceso de germinación. Como se observa en el Cuadro 5, a los 15 días después del trasplante se evidencian diferencias estadísticas significativas en las densidades de las tres malezas principales respecto al tratamiento Oxyfluorfen y al

tratamiento Testigo. Respecto a *Poa annua*, a pesar que Oxyfluorfen está indicado para controlar principalmente malezas de hoja ancha (AFIPA, 2009), este tratamiento no difiere del tratamiento Pendimethalin que si está indicado principalmente para gramíneas, posiblemente debido al efecto de contacto que posee Oxyfluorfen. Esta situación cambia con *Urtica urens*, donde el tratamiento Oxyfluorfen muestra su efectividad encontrándose sólo 9,6 individuos por metro cuadrado versus 268,8 individuos del tratamiento Pendimethalin, y finalmente en *Veronica persica*, el tratamiento Oxyfluorfen destaca en su control con un 100% de efectividad respecto al tratamiento testigo. Lo mismo se observa en el total de malezas.

Cuadro 5. Densidad de malezas a los 15 días postransplante (DPT)

Tratamientos	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	Otras	Total
-----Número/m ² -----					
Oxyfluorfen	67,2 a	9,6 a	0,0 a	12,8 a	89,6 a
Pendimethalin	80,0 a	268,8 b	19,2 ab	64,0 a	432,0 b
Testigo	179,2 b	188,8 b	51,2 b	73,6 a	492,8 b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

En coliflor, Qasem (2007) indicó que aplicaciones de pretransplante de Oxyfluorfen permitieron el control de semillas de malezas germinadas brevemente después de la aplicación, evitando una competencia activa con las plantas de cultivo, durante un corto período después del transplante. En tanto Leverington (1992), trabajando con brócoli, señaló que en su primer muestreo de malezas, no encontró diferencias estadísticas significativas. Esto último coincide con los resultados de este ensayo para *Poa annua*. En tanto, respecto de otras malezas, Leverington (1992) también señala que la germinación fue tardía por baja pluviometría en la temporada, correspondiendo a un tercer año de sequía, y luego de una plantación de trigo tratado con herbicidas y donde fue quemado el rastrojo, sin presentar posteriormente *Urtica urens* ni *Veronica persica*, por tal motivo diferencias estadísticas.

Transcurridos 30 días desde el transplante, se observan diferencias estadísticas entre ambos herbicidas y el tratamiento testigo tanto en la maleza monocotiledónea como en *Urtica urens* (Cuadro 6).

Cuadro 6. Densidad de malezas a los 30 días postransplante (DPT)

Tratamientos	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Veronica persica</i>	Otras	Total
-----Número/m ² -----					
Oxyfluorfen	150,4 a	9,6 a	64,0 a	44,8 a	268,8 a
Pendimethalin	185,6 a	25,6 a	25,6 a	73,6 a	310,4 a
Testigo	284,8 b	249,6 b	64,0 a	70,4 a	668,8 b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Como se observa en el cuadro anterior, la densidad de *Veronica persica* aumenta su número en el tratamiento con Oxyfluorfen igualándose así estadísticamente todos los tratamientos para esta maleza. Es probable que esto haya ocurrido debido a que *Urtica urens* mantuvo la misma densidad que a los 15 DPT, por lo tanto esta situación puede

haber permitido un mayor desarrollo de *Veronica persica* en las parcelas tratadas con este herbicida.

Según Qasem (2007), trabajando con coliflor, obtuvo un crecimiento de malezas significativamente menor, con la aplicación de Oxyfluorfen antes del trasplante.

En el Cuadro 7 se presentan los valores de densidad de malezas a los 75 días postransplante, lo que coincide con el periodo de inicio de formación de pella. En esta evaluación ya han transcurrido 36 días desde la aplicación de los herbicidas post emergentes.

Cuadro 7. Densidad de malezas a los 75 días postransplante (DPT)

Tratamientos	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Verónica persica</i>	Otras	Total
-----Número/m ² -----					
Oxyfluorfen	89,6 a	0 a	3,2 a	41,6 a	134,4 a
Pendimethalin	89,6 a	67,2 ab	3,2 a	134,4 b	294,4 ab
Clopyralid	278,4 b	220,8 b	44,8 b	156,8 b	700,8 bc
Picloram	236,8 b	230,4 b	54,4 b	172,8 b	694,4 bc
Testigo	364,8 b	224,0 b	70,4 b	179,2 b	838,4 c

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Según lo observado en el Cuadro 7, existen diferencias estadísticas significativas respecto a la densidad de *Poa annua* y *Veronica persica*, donde los tratamientos con los herbicidas asperjados en pre trasplante incorporado (PTI), difieren estadísticamente del tratamiento testigo y los herbicidas de post emergencia, mostrando un mayor control en la cantidad de malezas presentes. De igual modo Oxyfluorfen destaca por su efectividad en el control de *Urtica urens* y Otras, por sobre los tratamientos de postransplante y el testigo.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gutiérrez (1997), quien al usar una mezcla Pendimethalin-Oxyfluorfen en brócoli, obtuvo diferencias estadísticas significativas en relación al testigo a los 60 días post trasplante. Al comparar los herbicidas asperjados en post trasplante (POST), para *Poa annua* se observa que los tratamientos con Picloram y Clopyralid son estadísticamente iguales al testigo y esto sería un tanto normal ya que el espectro de acción de estos herbicidas se remite mayoritariamente al control de malezas de hoja ancha (AFIPA, 2009). El mismo resultado obtuvo Leverington (1992) en su ensayo con Picloram en brócoli.

Dominancia de malezas en peso fresco a los setenta y cinco días postransplante (DPT)

La dominancia de malezas, es un parámetro utilizado para cuantificar el crecimiento de ellas en biomasa, es decir, el efecto de supresión en el crecimiento que podrían ocasionar los herbicidas. Respecto a esta evaluación, se puede observar en el Cuadro 8 que existen diferencias estadísticas significativas en todas las especies.

Cuadro 8. Dominancia de malezas en peso fresco (g/m^2) a los 75 días postransplante (DPT)

Tratamientos	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Verónica persica</i>	Otras	Total
-----g/m ² -----					
Pendimethalin	26,2 a	41,6 a	1,6 a	263,9 b	333,4 ab
Oxyfluorfen	29,1 a	0,0 a	3,8 a	58,9 a	91,8 a
Picloram	89,6 ab	157,7 ab	48,3 ab	271,0 b	566,7 abc
Clopyralid	86,1 ab	531,8 b	65,6 b	302,7 b	986,2 c
Testigo	202,8 b	383,6 b	59,2 ab	294,4 b	940,2 bc

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Estos resultados concuerdan nuevamente con lo descrito por Gutiérrez (1997), quien comparando mezclas de herbicidas, Pendimethalin y Oxyfluorfen, logró un mayor control de malezas al aumentar la dosis de Oxyfluorfen, lo que arrojó diferencias estadísticas significativas respecto al tratamiento testigo.

Dominancia de malezas en peso seco a los setenta y cinco días postransplante (DPT)

Nuevamente los resultados concuerdan con los obtenidos en dominancia en peso fresco (Cuadro 9).

Cuadro 9. Dominancia de malezas en peso seco (g/m^2) a los 75 días postransplante (DPT)

Tratamientos	<i>Poa annua</i>	<i>Urtica urens</i>	<i>Verónica persica</i>	Otras	Total
-----g/m ² -----					
Pendimethalin	3,5 a	6,5 a	0,1 a	24,1 b	34,4 ab
Oxyfluorfen	3,9 a	0,0 a	0,2 a	6,3 a	10,5 a
Picloram	10,6 ab	16,9 ab	4,6 ab	23,9 b	56,1 abc
Clopyralid	9,1 ab	60,9 b	6,3 b	26,7 b	103,2 c
Testigo	21,1 b	46,6 b	4,7 ab	23,2 b	95,8 bc

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Esto podría deberse a que como Oxyfluorfen actúa por contacto y tiene efecto residual (AFIPA, 2009) pudo controlar antes del trasplante lo que existía, actuando por contacto y luego siguió ejerciendo su control por su efecto de persistencia. Así, las parcelas con este herbicida desde un comienzo estuvieron más limpias que el resto y las plantas pudieron desarrollarse sin competir con otras especies. Qasem (2007) trabajando con coliflor, indicó que Oxyfluorfen aplicado en pretrasplante, redujo casi a la mitad la biomasa de malezas respecto a su tratamiento enmalezado.

Evaluación de fitotoxicidad de herbicidas

Con la finalidad de apreciar los posibles daños por fitotoxicidad provocados por la aplicación de los diferentes herbicidas, se evaluó el daño en brócoli según la escala presentada anteriormente (Cuadro 2). Los resultados se observan en la Figura 6.

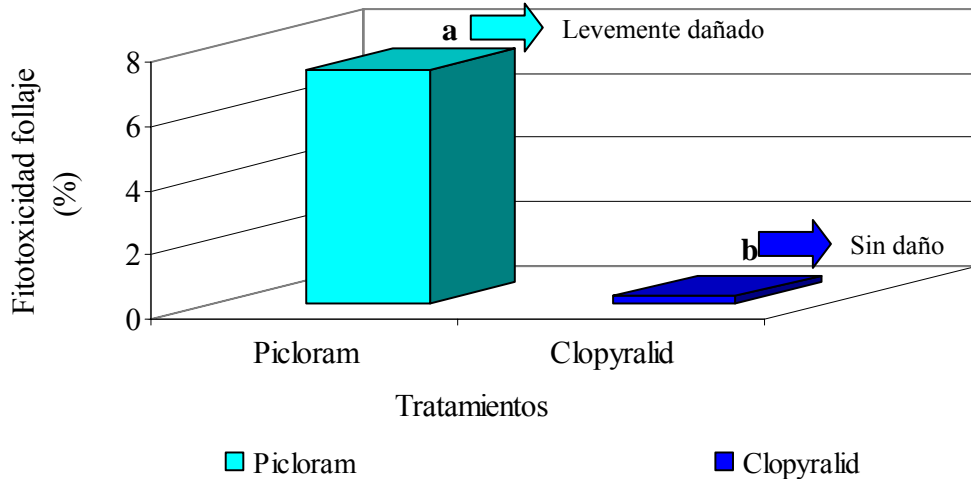


Figura 6. Porcentaje de fitotoxicidad observado en el follaje de plantas de brócoli a la semana después de la aplicación de los herbicidas Picloram y Clopyralid.

Los herbicidas de pretransplante Pendimethalin y Oxyfluorfen, a las dosis aplicadas, no mostraron ningún daño o síntoma en las plantas de brócoli que indicara perjuicio al cultivo, por lo tanto, no se registraron diferencias de ningún tipo. Este resultado es avalado por una investigación realizada por Johnson *et al* (1992), quienes tampoco obtuvieron daño al cultivo al asperjar dosis de 2 L p.c/ha de Oxyfluorfen. En tanto, Gutiérrez (1997), sostiene que Oxyfluorfen fue fitotóxico para las plantas de brócoli al aumentar la dosis del herbicida desde 2 a 4 L p.c/ha.

Por el contrario, los herbicidas de postransplante, Picloram y Clopyralid se evaluaron a la semana de aplicados, registrándose epinastia sólo en el follaje (crecimiento más fuerte en la superficie superior que en la inferior de una planta, que provoca que una parte de ella, como una hoja, se curve hacia abajo), además de una leve decoloración (Figura 7). Estos herbicidas corresponden a auxinas sintéticas. Los herbicidas auxínicos a menudo aumentan la producción de etileno, lo que está vinculado al desarrollo de síntomas de daño (Zimdahl, 1999), en este caso epinastia (Salisbury, 2000, Barceló, 2001). Según la escala de daño, las plantas sometidas al tratamiento Picloram resultaron levemente dañadas (entre 1 y 10 %) y en el tratamiento Clopyralid resultaron sin daño (entre 0 y 0,9 %). Los resultados para el herbicida Clopyralid son avalados por lo obtenido por Tickes (2002), quien a una dosis de 1,75 L p.c./ha, similar a los 1,71 L p.c/ha ocupados en este ensayo, tampoco obtuvo daño en el cultivo de brócoli.



Figura 7. Epinastia versus plantas sanas. a) Planta de brócoli con tratamiento Picloram sufriendo epinastia foliar, b) Planta de brócoli sana en tratamiento testigo, c) Plántula de *Urtica urens* en tratamiento testigo sin control, d) Plántula de *Urtica urens* en tratamiento Picloram con hojas dobladas por epinastia, e) Hoja de brócoli en tratamiento Picloram con epinastia.

El efecto fitotóxico se mantuvo en el tiempo disminuyendo su intensidad con el herbicida Clopyralid. En tanto las plantas del tratamiento Picloram mostraron además un acortamiento de su ciclo de desarrollo, lo que desencadenó en un menor crecimiento de las plantas y una floración anticipada con panes de menor calidad (Figura 8). Este resultado es explicado por que los herbicidas auxínicos perturban el equilibrio hormonal y afectan también la síntesis de proteínas para producir una serie de anomalías en el crecimiento (Zimdahl, 1999). Debido a la alta concentración de auxina se promueve la generación de etileno, el cual es responsable de la senescencia de la planta (Salisbury, 2000), y otros efectos asociados con maduración y envejecimiento. Las plantas adaptan su ciclo reproductivo a las condiciones óptimas para su desarrollo y perpetuación (Barceló, 2001).



Figura 8. Foto veinte días antes de cosecha. a) Planta de brócoli con desarrollo normal de pella en tratamiento Clopyralid, b) Planta de brócoli con floración anticipada en tratamiento Picloram.

Evaluaciones a la cosecha

Diámetro de la inflorescencia central

Los resultados de esta evaluación se muestran en el Cuadro 10, donde el tratamiento Testigo es igual estadísticamente al resto de los tratamientos y existen diferencias estadísticas significativas para el diámetro de la inflorescencia central entre las plantas de brócoli que recibieron la aplicación de Picloram y los tres restantes tratamientos herbicidas.

Cuadro 10. Diámetro de la inflorescencia central a la cosecha.

Tratamientos	Diámetro inflorescencia central
	-----cm-----
Picloram	9,94 a
Testigo	12,24 ab
Pendimethalin	13,74 b
Oxyfluorfen	14,21 b
Clopyralid	14,30 b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Estos resultados demostraron que las plantas sometidas a la aplicación del herbicida Picloram llegaron a la cosecha con panes pequeños y/o florecidos. Este efecto ha sido observado en coliflor, la cual puede formar cabezas tempranamente como consecuencia de ser estresada, lo que resulta en una planta pequeña con poca cuaja (Banse, 2005 citado por Qasem, 2007).

Esto puede ser explicado por el efecto herbicida provocado en las plantas que crecieron sometidas al tratamiento Picloram, las que al sufrir estrés disminuyen su crecimiento. Salisbury (2000), indica que el estrés biológico reside en cualquier alteración en las

condiciones ambientales que pueda influir de manera adversa en el crecimiento o desarrollo de una planta y por tanto, crecer menos.

Peso de la inflorescencia central

El peso de la inflorescencia central muestra diferencias estadísticas significativas entre las pellas de las plantas sometidas al tratamiento Picloram y las sometidas a los tratamientos Clopyralid y Oxyfluorfen. El peso de las pellas de los tratamientos Testigo y Pendimethalin es igual al del resto de los tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Peso (g) de la inflorescencia central a la cosecha.

Tratamientos	Peso inflorescencia central
	-----g-----
Picloram	154,18 a
Testigo	210,19 ab
Pendimethalin	269,63 ab
Clopyralid	284,72 b
Oxyfluorfen	316,30 b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Gutiérrez (1997), contrariamente a lo aquí planteado, sostiene que a una mayor dosis de Oxyfluorfen, el peso de las pellas de brócoli resulta menor. El mayor peso obtenido por este autor (270 g) se logró con un testigo comercial limpiado manualmente a los 15 DPT. A su vez, en concordancia con este autor, el peso de pella de su tratamiento testigo enmalezado (151 g) fue estadísticamente igual al resto de sus tratamientos, excepto al testigo comercial mencionado anteriormente, lo que se asemeja a los resultados obtenidos en este ensayo donde el peso de pella del tratamiento testigo no se diferencia del resto de los tratamientos. Por otra parte, resultados obtenidos por Leverington (1992), indican que no existen diferencias estadísticas significativas en relación al peso de la inflorescencia en brócoli.

Diámetro de la zona de corte de la inflorescencia central

Como se observa en el Cuadro 12, los resultados para esta evaluación indican que existen diferencias estadísticas significativas entre los tallos de las plantas que recibieron el tratamiento herbicida Picloram y los que recibieron los tratamientos de pretransplante Pendimethalin y Oxyfluorfen, al realizar un corte transversal a los ocho centímetros bajo la inflorescencia. Se observó con anterioridad que la aplicación de Oxyfluorfen no tuvo mayor incidencia de malezas por lo tanto compitió en menor medida con otras especies y eso favoreció que la planta se desarrollara en todo su potencial pero sin adelgazar su tallo por causa de un fototropismo. A su vez, las plantas que tuvieron menor crecimiento como en el tratamiento Picloram también desarrollaron tallos más delgados.

Cuadro 12. Diámetro de la zona de corte (cm) de la inflorescencia central a la cosecha.

Tratamientos	Diámetro de la zona de corte de la inflorescencia central	
	-----cm-----	
Picloram	2,01	a
Testigo	2,31	ab
Clopyralid	2,51	abc
Pendimethalin	2,58	bc
Oxyfluorfen	2,88	c

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Gutiérrez (1997) indica que en su mayor dosis de Oxyfluorfen (0,96 L/ha de i.a), el diámetro de la zona de corte fue el menor por efecto fitotóxico de tal cantidad. Además indica que a dosis de 0,48 L/ha de i.a, el diámetro de la zona de corte resultaría estadísticamente igual al testigo enmalezado lo que no concuerda con los resultados de este ensayo donde se utilizó una dosis de 0,6 L/ha de i.a, que logra el mayor diámetro de la zona de corte sin efecto fitotóxico posterior y diferente estadísticamente al testigo.

Kreisberg (1997), obtuvo un resultado parecido al testigo enmalezado de esta investigación, donde el diámetro promedio del tallo fue tan solo de 2,5 cm, el que aumentó de diámetro en las parcelas que no tuvieron malezas aunque sin usar herbicidas.

Color y consistencia de la inflorescencia central

Los resultados de esta evaluación se agruparon en una escala de 1 a 5 (Cuadro 13), donde se observan diferencias estadísticas significativas entre las plantas sometidas al tratamiento herbicida Picloram y el resto de los tratamientos.

Esta situación se evidenció desde el comienzo del desarrollo de la inflorescencia, donde las plantas pertenecientes al tratamiento Picloram, en general, florecieron antes que el resto de las parcelas. Esto último, tal como se mencionara anteriormente, debido a la dosis empleada, mostrando así un adelanto en su desarrollo lo que las hizo menos compactas y más cercanas al color amarillo que caracteriza la floración en los brócolis.

Cuadro 13. Color y consistencia de la inflorescencia central a la cosecha.

Tratamientos	Color y consistencia de la inflorescencia central	
	-----Valor de 1 a 5-----	
Testigo	1,08	a
Oxyfluorfen	1,22	a
Clopyralid	1,38	a
Pendimethalin	1,68	a
Picloram	3,04	b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Número de inflorescencias laterales

Para este parámetro sólo se encontraron 2 plantas en todo el ensayo con brotes laterales, por lo tanto, se consideró información no relevante como para definir resultados.

Rendimiento

Como se observa en el Cuadro 14, las plantas sometidas al tratamiento Picloram obtuvieron el menor rendimiento total y comercial, resultando estadísticamente diferentes al tratamiento Oxyfluorfen y sólo en rendimiento comercial fueron diferentes también a Clopyralid. Básicamente la dosis empleada en el tratamiento Picloram afectó el desarrollo idóneo de los panes, adelantando la floración, por lo que al momento de la cosecha gran parte de las pellas ya no eran comerciales, mientras que los panes de las plantas en el tratamiento Oxyfluorfen no fueron afectados, demostrando el cultivo todo su potencial, lo que se vio reflejado en el diámetro, peso y diámetro de la zona de corte de la inflorescencia central, que finalmente se tradujo en el más alto rendimiento.

Cuadro 14. Rendimiento total v/s Rendimiento comercial de brócoli (t/ha).

Tratamientos	Rendimiento total de brócoli	Rendimiento comercial de brócoli
	-----t/ha-----	
Picloram	6,19 a	3,50 a
Testigo	7,84 ab	7,84 ab
Pendimethalin	10,07 ab	10,07 ab
Clopyralid	11,12 ab	11,12 b
Oxyfluorfen	13,24 b	13,24 b

Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$).

Qasem (2007) al aplicar Oxyfluorfen en dosis de 0,6 L/ha de i.a, previo al transplante, obtuvo la mayor producción de cabezas de coliflor, incluso superior al control libre de malezas. A su vez, Leverington (1992) no obtuvo diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento Testigo y Picloram, en brócoli, de igual modo que en este ensayo. Comparando sólo el tratamiento testigo, Alfaro (2006) al trabajar con brócoli variedad Legacy en Chincolco, logró un rendimiento bruto de 11,66 t/ha y un rendimiento comercial de 11,19 t/ha.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este ensayo, y en respuesta a la hipótesis planteada al comienzo del estudio, que señala: “El uso de herbicidas no afecta el rendimiento de brócoli”, se concluye:

1. Existen herbicidas que a ciertas dosis pueden perjudicar el desarrollo del cultivo.
2. A la dosis de 0,2 L/ha de i.a, la sumatoria de parámetros afectados por el tratamiento Picloram en las plantas de brócoli, conducen a menor rendimiento.
3. Los parámetros altura y número de hojas no se alteran por el uso de los herbicidas Pendimethalin, Oxyfluorfen, Picloram y Clopyralid.
4. El mejor control de malezas y menor daño al cultivo se obtiene aplicando Oxyfluorfen a la dosis utilizada, lo que contribuye a maximizar el rendimiento.

Como recomendación se sugiere realizar ensayos con el herbicida Picloram en dosis menores a 0,2 L/ha de i.a, para cuantificar el posible efecto fitotóxico en relación al control de malezas.

BIBLIOGRAFÍA

- AFIPA, 2009. Manual Fitosanitario 2009-2010. Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Plaguicidas Agrícolas A. G. (Chile). Santiago, Chile. 973 p.
- ALFARO, S. 2006. Alternativas de producción en dos agroclimas de la comuna de Petorca, V Región. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 171 p.
- ALJARO, A. 2000. Cultivos de Brásicas: repollo, coliflor, brócoli, repollito de bruselas. Tierra Adentro (34):12-13.
- ARNOLD, C. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proc. Am. Soc Hort. Sci. 74: 430-445.
- AZCON-BIETO, J. y M, TALON. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ª ed. Interamericana McGraw-Hill, Madrid. 651 p.
- BARCELÓ, J. 2001. Fisiología vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid. 566 p.
- BRAVO, A. y P, ALDUNATE. 1986. El cultivo del brócoli. El Campesino 117:24-40.
- BRAVO, A. y P, ALDUNATE. 1993. El brócoli. Chile Hortofrutícola 6(29): 22-35.
- CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES, (CIREN) 1995. Requerimientos de clima y suelo de chacras y hortalizas. Publicación CIREN N° 107. Santiago, Chile. 196 p.
- COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo (4 volúmenes y 1 mapa). Agrolog Chile Limitada, Santiago, Chile. 802 p.
- DRAGER, J. 1981. El cultivo del brócoli. El Campesino. Chile. 112(6):28-34.
- FRANDESCANGELI, N., M. I. STOPPANI y H. R. MARTÍ, 2004. Aptitud de modelos de temperaturas y de tiempo térmico en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). AgriScientia XXI (2):51-57.
- FUNDACIÓN CHILE, 1989. Brócoli y coliflor destinados a la elaboración de congelados. Informativo Agroeconómico, Chile. Año VI (6):25-34.
- GIACONI, V. 1988. Cultivo de hortalizas. 6ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 308 p.
- GIACONI, V. y M. ESCAFF, 2004. Cultivo de Hortalizas. 15ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 337 p.

GUTIÉRREZ, D. 1997. Evaluación de tratamientos herbicidas [Clopyralid, Haloxyfop-metil, Oxyfluorfen, Pendimethalin, Trifluralina] para el cultivo por almacigo - trasplante de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 46 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), 2007. Censo Nacional Agropecuario 2007. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/home.php. Leído el 28 de marzo de 2009.

JOHNSON, D., J. McCARTY, B. CAREY, and R. TALBERT, 1992. Broccoli, cabbage and cauliflower herbicides evaluated. Arkansas Agricultural Experiment Station. Arkansas Farm Research 41(5): 12-13.

KOGAN, M. y A. PEREZ, 2003. Herbicidas: Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 333 p.

KRARUP, A. y P. SEEMANN, 1990. Investigación de alternativas agrícolas para la Décima Región. Proyecto Fondo de Innovación Agraria, Universidad Austral de Chile-Ministerio de Agricultura. 224 p.

KRARUP, C. 1992. Cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck). Proyecto 518-0019, USAID/ANDE/FEDEXPOR/PROEXANT, Quito, Ecuador, 26 p.

KRARUP, C. y X. ÁLVAREZ. 1997. Requerimientos y variedades de especies hortícolas para congelado. Agroeconómico, Fundación Chile. Octubre – Noviembre: 20-27.

KRARUP, C., I. MOREIRA. 1998. Hortalizas de estación fría: biología y diversidad cultural. Texto docente. P. Universidad Católica de Chile, VRA-Agronomía, 163 p.

KREISBERG, D. 1997. Periodo crítico de interferencia del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) bajo dos sistemas de establecimiento. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 55 p.

LEVERINGTON, R. 1992. Efecto de cinco herbicidas y control manual de malezas en el cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), y aproximación al período crítico de competencia. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso. 66 p.

LÓPEZ, A. 1994. Evaluación de distintas variedades de crucíferas cultivadas al aire libre en época normal de establecimiento. Provincia de Quillota, V Región. Taller de Licenciatura. Ing. Agr. Quillota. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. 70 p.

MATTHEI, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabetá impresores. Santiago, Chile. 545 p.

MONTGOMERY, D. 2005. Diseño y análisis de Experimentos. 2º Edición Limusa Wiley. México D.F., México 686 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 2006. Fichas técnicas. Disponible en: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pfrescos/BROCOLI.HTM> Leído el 28 de marzo de 2009.

ORTEGA, P. 2003. Control químico de malezas en espinaca (*Spinacea oleracea* var. bolero) y persistencia en el suelo de tres herbicidas utilizados previo al cultivo. Memoria Ing Agr. Santiago, Universidad de Chile. 48 p.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA), 2009. Estadísticas y precios/ comercio exterior/ Avance por producto país. . Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb>. Leído el 11 de noviembre de 2009.

OLEAS, M. 2002. Análisis de competitividad de la cadena agroalimentaria del brócoli: brócoli fresco/brócoli congelado. Disertación de grado Economista. Quito, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 135 p.

ÓRDENES, P. 1999. Desarrollo reproductivo de dos cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* convar. *botrytis* var. *italica*) en diferentes fechas de transplante. Tesis Ing Agr. Concepción, Universidad de Concepción. 30 p.

POLIT, E. 2009. Empresas silvoagropecuarias, empleo y remuneraciones. ODEPA, Ministerio de Agricultura, Chile. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2160.pdf>. Leído el 28 de marzo de 2009.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN, 1986. Monografías hortícolas: tomate, arveja, brócoli, zanahoria. Santiago, Universidad Católica de Chile. 99 p.

PRO CHILE, 2006. Hortalizas: Perspectivas de un sector en potencia. Revista Mundo del Agro. Disponible en: http://www.prochile.cl/valparaiso/ver_noticia.php?IdNoticia=166. Leído el 29 de marzo de 2009.

QASEM, J. R, 2003. Weeds and their Control. University of Jordan. Publications, Amman, Jordan, 628 p.

QASEM, J. R, 2007. Weed control in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) with herbicides. Crop Protection 26(7):1013–1020.

RAMÍREZ, D. 1995. Evaluación de diez cultivares de brócoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) en un suelo trumao de Valdivia. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 68 p.

REDDY, K. R., H F. Hodges, W. McCarty y J. McKinion. 1998. Weather and Cotton Growth: Present and future. Ed. USDA. Mississippi. 27 p.

ROBERTS, H. A. 1982. Weed control handbook: Principles. 7^a Edition. Blackwell Scientific Publications. Londres, Inglaterra. 533 p.

SANTIBÁÑEZ F y J URIBE. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago, Chile. 65 pp.

SALISBURY, F. 2000. Fisiología de las plantas. Vol 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Editorial Paraninfo-Thomson Learning, Madrid. 988 p.

SEMINIS VEGETABLE SEEDS 2004. Brócoli, variedad Legacy. Disponible en: <http://www.seminis.cl/products/broccoli/legacy.asp>. Leído el 28 de marzo de 2009.

SISTEMA DE LA INTEGRACIÓN CENTROAMERICANA (SICA). 2004. Antecedentes del brócoli. Disponible en: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/broccoli/orpei.pdf>. Leído el 28 de marzo de 2009.

SUSLOW, T and M. CANTWELL, 2005. Broccoli, recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research Information Center. Department of Plant Sciences, University of California, Davis. Disponible en: http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Veg/full_broccoliyellowscale.shtml. Leído el 27 de marzo de 2009.

TICKES, B. 2002. Evaluation of Stinger (Clopyralid) for weed control in Broccoli. 2002 Vegetable Report, University of Arizona College of Agriculture and Life Sciences.

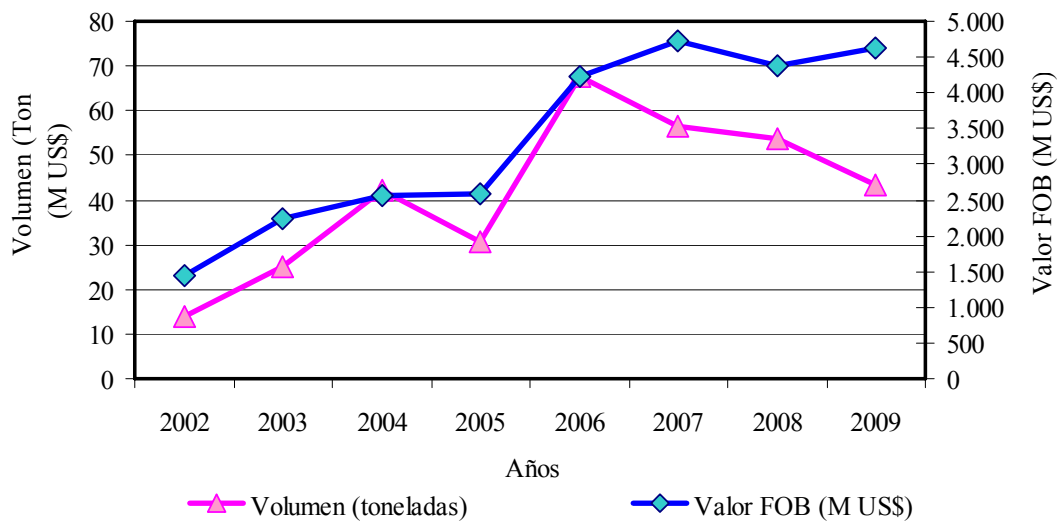
VIO, F. 2008. Consumo de frutas y verduras en Chile. Cuarto Congreso Panamericano. Nutrición XXI 22:5-6.

ZALOM, F and L, WILSON. 1999. Predicting phenological events of California processing tomatoes. Acta Hort 487:41-47.

ZIMDAHL, R. 1999. Fundamentals of Weed Science. Department of Bioagricultural Sciences and Pest Management. Colorado State University, Colorado, USA. 556 p.

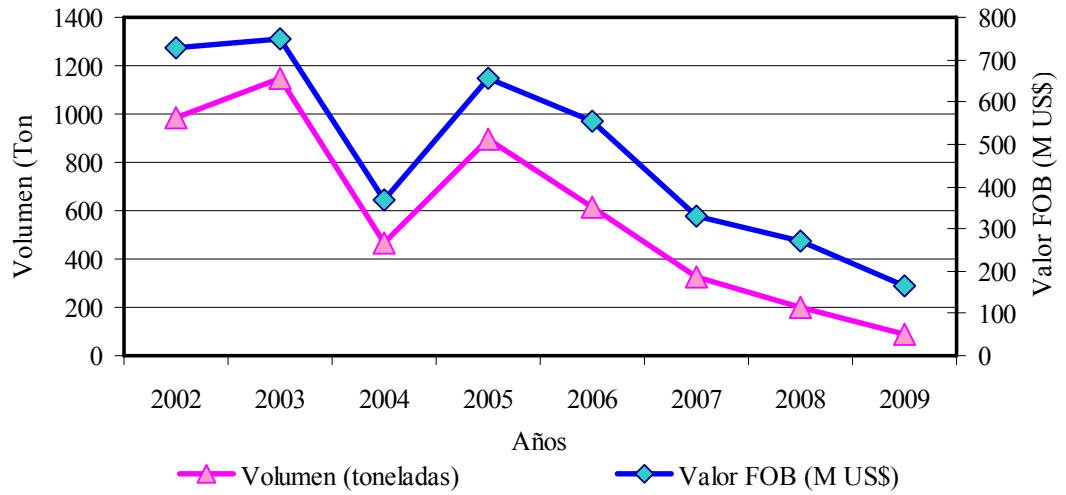
ANEXOS

Anexo I. Evolución de las exportaciones de semilla de brócoli para siembra entre los años 2002 y 2009.



Fuente: ODEPA, elaboración del autor.

Anexo II. Evolución de las exportaciones de brócoli congelado entre los años 2002 y 2009.



Fuente: ODEPA, elaboración del autor.

Anexo III. Temperaturas mínimas, máximas y días grado acumulados durante el periodo del ensayo en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana.

Fecha	T° Máx.	T° Mín	(T° Máx. + T° Mín)/2 (°C)	T° Umbral	Dg	Dg acumulado Σ
21-04-2009	27,12	9,82	18,47	4,00	14,47	4,65
22-04-2009	26,34	10,21	18,28	4,00	14,28	18,93
23-04-2009	23,24	10,21	16,73	4,00	12,73	31,65
24-04-2009	25,17	7,03	16,10	4,00	12,10	43,75
25-04-2009	25,95	7,03	16,49	4,00	12,49	56,24
26-04-2009	27,12	7,03	17,08	4,00	13,08	69,32
27-04-2009	23,24	6,62	14,93	4,00	10,93	80,25
28-04-2009	22,48	6,22	14,35	4,00	10,35	90,60
29-04-2009	20,95	4,15	12,55	4,00	8,55	99,15
30-04-2009	14,47	6,22	10,35	4,00	6,35	105,49
01-05-2009	25,95	2,46	14,21	4,00	10,21	115,70
02-05-2009	13,70	2,46	8,08	4,00	4,08	119,78
03-05-2009	16,38	6,22	11,30	4,00	7,30	127,08
04-05-2009	19,81	7,03	13,42	4,00	9,42	136,50
05-05-2009	25,17	4,99	15,08	4,00	11,08	147,58
06-05-2009	16,38	7,03	11,71	4,00	7,71	155,28
07-05-2009	13,70	5,40	9,55	4,00	5,55	160,83
08-05-2009	23,63	4,99	14,31	4,00	10,31	171,14
09-05-2009	21,33	7,03	14,18	4,00	10,18	181,32
10-05-2009	17,14	6,22	11,68	4,00	7,68	189,00
11-05-2009	18,66	10,60	14,63	4,00	10,63	199,63
12-05-2009	20,19	10,60	15,40	4,00	11,40	211,03
13-05-2009	17,90	12,16	15,03	4,00	11,03	222,06
14-05-2009	19,81	10,21	15,01	4,00	11,01	233,07
15-05-2009	21,71	8,23	14,97	4,00	10,97	244,04
16-05-2009	18,28	9,03	13,66	4,00	9,66	253,69
17-05-2009	16,00	10,60	13,30	4,00	9,30	262,99
18-05-2009	21,33	10,21	15,77	4,00	11,77	274,76
19-05-2009	24,40	6,62	15,51	4,00	11,51	286,27
20-05-2009	22,09	6,22	14,16	4,00	10,16	296,43
21-05-2009	25,56	5,81	15,69	4,00	11,69	308,11
22-05-2009	25,95	7,43	16,69	4,00	12,69	320,80
23-05-2009	22,86	6,62	14,74	4,00	10,74	331,54
24-05-2009	16,00	10,60	13,30	4,00	9,30	340,84
25-05-2009	13,32	10,21	11,77	4,00	7,77	348,61
26-05-2009	15,62	5,81	10,72	4,00	6,72	355,32
27-05-2009	13,70	3,31	8,51	4,00	4,51	359,83
28-05-2009	14,09	4,99	9,54	4,00	5,54	365,37
29-05-2009	12,55	6,22	9,39	4,00	5,39	370,75
30-05-2009	13,70	7,43	10,57	4,00	6,57	377,32
31-05-2009	20,19	3,74	11,97	4,00	7,97	385,28
01-06-2009	24,01	4,57	14,29	4,00	10,29	395,57
02-06-2009	25,17	6,22	15,70	4,00	11,70	407,27

03-06-2009	21,33	7,03	14,18	4,00	10,18	417,45
04-06-2009	20,95	7,03	13,99	4,00	9,99	427,44
05-06-2009	24,79	4,57	14,68	4,00	10,68	438,12
06-06-2009	19,81	3,74	11,78	4,00	7,78	445,89
07-06-2009	9,03	4,99	7,01	4,00	3,01	448,90
08-06-2009	19,42	4,99	12,21	4,00	8,21	457,11
09-06-2009	20,57	2,46	11,52	4,00	7,52	464,62
10-06-2009	21,33	3,74	12,54	4,00	8,54	473,16
11-06-2009	24,79	3,74	14,27	4,00	10,27	483,42
12-06-2009	20,57	2,89	11,73	4,00	7,73	491,15
13-06-2009	15,62	4,99	10,31	4,00	6,31	497,46
14-06-2009	9,03	5,81	7,42	4,00	3,42	500,88
15-06-2009	10,21	5,81	8,01	4,00	4,01	504,89
16-06-2009	17,14	4,57	10,86	4,00	6,86	511,74
17-06-2009	16,38	9,42	12,90	4,00	8,90	520,64
18-06-2009	14,47	10,21	12,34	4,00	8,34	528,98
19-06-2009	11,38	7,83	9,61	4,00	5,61	534,59
20-06-2009	9,42	6,62	8,02	4,00	4,02	538,61
21-06-2009	11,77	4,15	7,96	4,00	3,96	542,57
22-06-2009	8,63	0,73	4,68	4,00	0,68	543,25
23-06-2009	14,47	-1,06	6,71	4,00	2,71	545,95
24-06-2009	16,38	0,29	8,34	4,00	4,34	550,29
25-06-2009	12,93	2,89	7,91	4,00	3,91	554,20
26-06-2009	17,52	4,15	10,84	4,00	6,84	561,03
27-06-2009	15,23	6,22	10,73	4,00	6,73	567,76
28-06-2009	9,03	5,40	7,22	4,00	3,22	570,97
29-06-2009	12,93	1,60	7,27	4,00	3,27	574,24
30-06-2009	12,16	6,62	9,39	4,00	5,39	579,63
01-07-2009	14,09	4,15	9,12	4,00	5,12	584,75
02-07-2009	17,52	6,62	12,07	4,00	8,07	592,82
03-07-2009	15,23	7,83	11,53	4,00	7,53	600,35
04-07-2009	10,99	7,03	9,01	4,00	5,01	605,36
05-07-2009	14,09	7,43	10,76	4,00	6,76	612,12
06-07-2009	18,28	4,99	11,64	4,00	7,64	619,75
07-07-2009	14,47	2,89	8,68	4,00	4,68	624,43
08-07-2009	15,62	0,73	8,18	4,00	4,18	628,61
09-07-2009	16,38	0,29	8,34	4,00	4,34	632,94
10-07-2009	15,23	2,89	9,06	4,00	5,06	638,00
11-07-2009	19,42	2,03	10,73	4,00	6,73	644,73
12-07-2009	10,21	2,89	6,55	4,00	2,55	647,28
13-07-2009	18,66	2,89	10,78	4,00	6,78	654,05
14-07-2009	20,57	5,40	12,99	4,00	8,99	663,04
15-07-2009	15,23	4,57	9,90	4,00	5,90	668,94
16-07-2009	21,33	2,46	11,90	4,00	7,90	676,83
17-07-2009	15,23	4,99	10,11	4,00	6,11	682,94
18-07-2009	14,47	2,46	8,47	4,00	4,47	687,41
19-07-2009	10,60	2,03	6,32	4,00	2,32	689,72
20-07-2009	12,93	6,22	9,58	4,00	5,58	695,30

21-07-2009	9,82	3,31	6,57	4,00	2,57	697,86
22-07-2009	8,23	1,17	4,70	4,00	0,70	698,56
23-07-2009	13,32	-1,97	5,68	4,00	1,68	700,24
24-07-2009	16,76	-1,06	7,85	4,00	3,85	704,09
25-07-2009	16,00	1,17	8,59	4,00	4,59	708,67
26-07-2009	17,90	0,29	9,10	4,00	5,10	713,77
27-07-2009	14,85	4,57	9,71	4,00	5,71	719,48
28-07-2009	18,66	1,60	10,13	4,00	6,13	725,61
29-07-2009	21,71	2,03	11,87	4,00	7,87	733,48
30-07-2009	18,66	2,89	10,78	4,00	6,78	740,25
31-07-2009	13,70	4,99	9,35	4,00	5,35	745,60
01-08-2009	17,90	0,73	9,32	4,00	5,32	750,91
02-08-2009	21,71	3,74	12,73	4,00	8,73	759,64
03-08-2009	21,33	4,15	12,74	4,00	8,74	768,38
04-08-2009	12,93	4,15	8,54	4,00	4,54	772,92
05-08-2009	12,16	3,31	7,74	4,00	3,74	776,65
06-08-2009	8,63	2,89	5,76	4,00	1,76	778,41
07-08-2009	12,93	2,03	7,48	4,00	3,48	781,89
08-08-2009	16,76	-1,06	7,85	4,00	3,85	785,74
09-08-2009	16,76	0,73	8,75	4,00	4,75	790,49
10-08-2009	20,95	1,60	11,28	4,00	7,28	797,76
11-08-2009	23,63	4,99	14,31	4,00	10,31	808,07
12-08-2009	12,55	7,83	10,19	4,00	6,19	814,26
13-08-2009	17,90	7,03	12,47	4,00	8,47	822,73
14-08-2009	17,14	9,82	13,48	4,00	9,48	832,21
15-08-2009	9,82	3,74	6,78	4,00	2,78	834,99
16-08-2009	13,32	4,15	8,74	4,00	4,74	839,72
17-08-2009	10,21	4,57	7,39	4,00	3,39	843,11
18-08-2009	8,63	5,40	7,02	4,00	3,02	846,13
19-08-2009	16,00	4,57	10,29	4,00	6,29	852,41
20-08-2009	16,76	3,74	10,25	4,00	6,25	858,66
21-08-2009	14,85	8,23	11,54	4,00	7,54	866,20
22-08-2009	15,62	7,03	11,33	4,00	7,33	873,53
23-08-2009	15,23	4,57	9,90	4,00	5,90	879,43
24-08-2009	16,76	7,03	11,90	4,00	7,90	887,32
25-08-2009	22,48	4,57	13,53	4,00	9,53	896,85
26-08-2009	25,17	8,63	16,90	4,00	12,90	909,75
27-08-2009	27,12	7,43	17,28	4,00	13,28	923,02

Fuente: AGRIMED, elaboración del autor.